

# IMPORTÂNCIA DAS REGRAS DE EXPLORAÇÃO, INSPEÇÕES E MANUTENÇÃO DOS ÓRGÃOS DE SEGURANÇA E EXPLORAÇÃO DE BARRAGENS

José Falcão de Melo

Investigador Auxiliar  
Departamento de Hidráulica e Ambiente, LNEC



Maputo, 18 de novembro de 2014





Contributed by Gary Martin  
Taken at Lake Lavon near Dallas, TX



# Exploração de barragens

- Barrar os rios para:
  - Captar água - consumo humano, industrial e agrícola
  - Produzir energia
  - Permitir armazenamento de excesso de electricidade da produção eólica ou térmica – grupos reversíveis
  - Laminar cheias
  - Reter a água – albufeiras para fins lúdicos
  - Regularizar a água escoada - fins ambientais
  - Desviar a água – transvases ou by-passes (refrigeração de centrais)
- Não se aborda casos especiais como barragens de rejeitados (mineração) e outros casos específicos.

Contributed by Gary Martin  
Taken at Lake Lavon near Dallas, TX



# Exploração de barragens

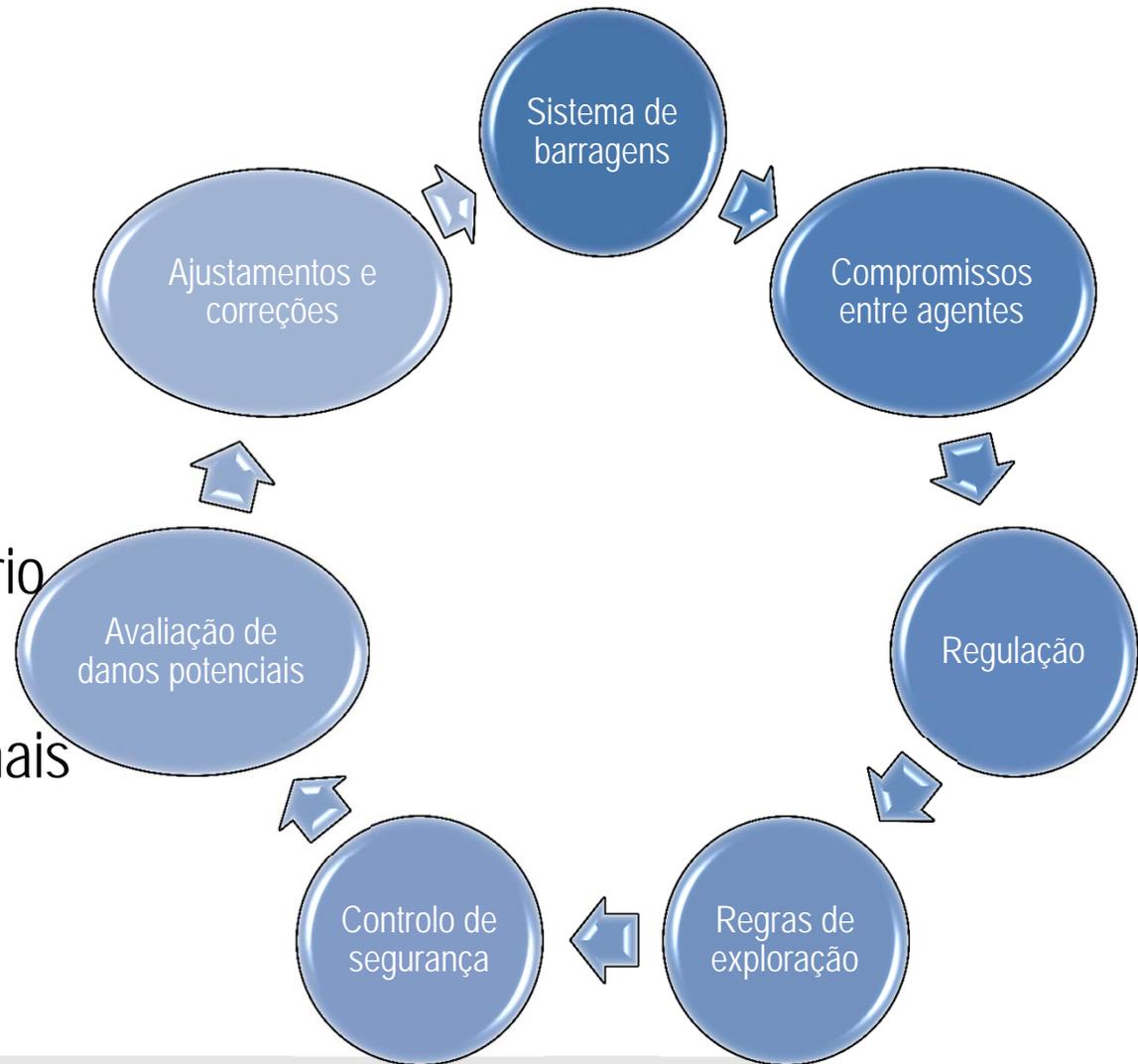
Envolve diferentes:

- usos para a água
- entidades a captar água
- donos de barragens num rio
- tipos de beneficiários
- interesses públicos nacionais
- interesses internacionais

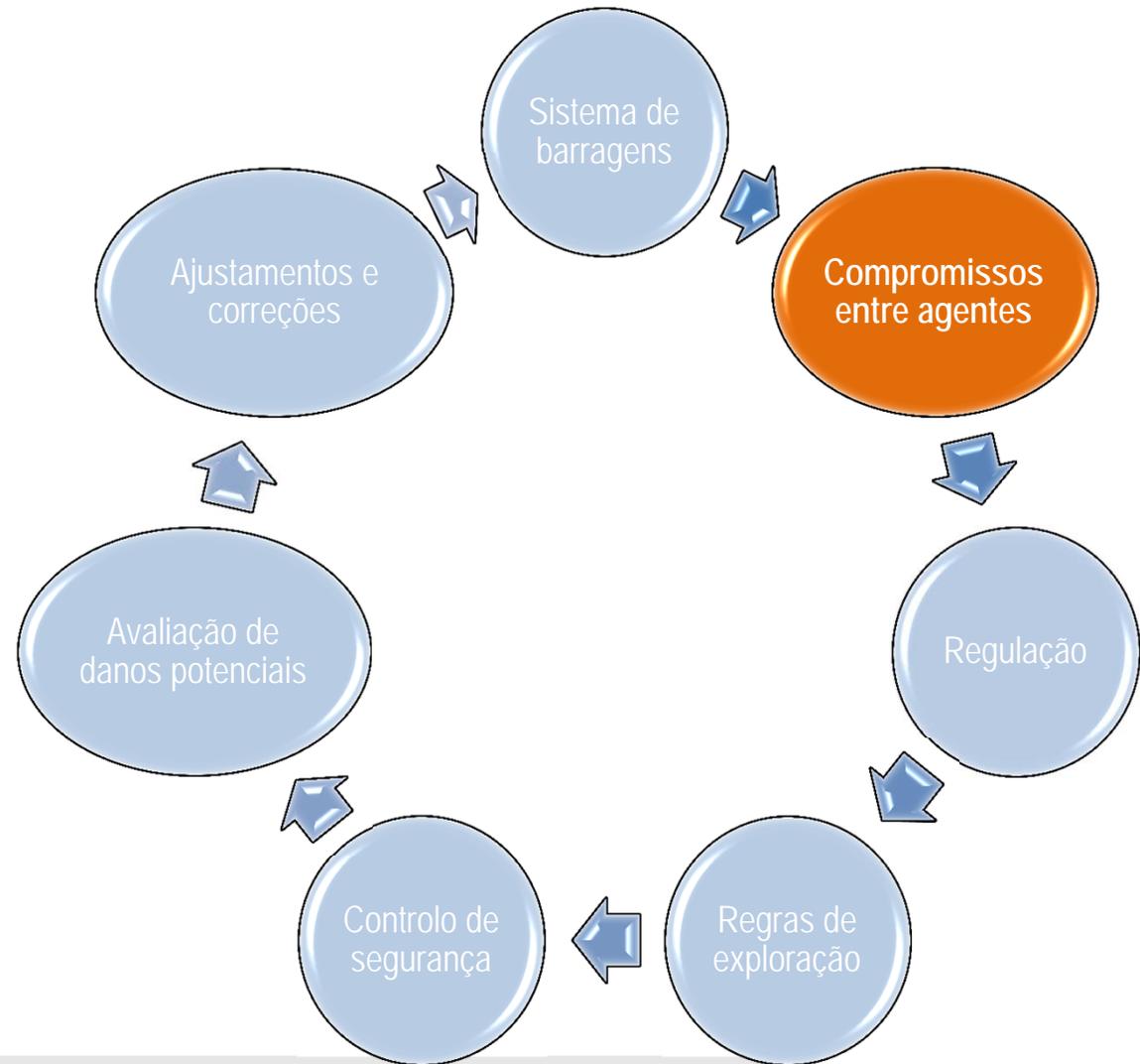
# Exploração de barragens

Diferentes:

- usos para a água
- entidades a captar água
- donos de barragens num rio
- tipos de beneficiários
- interesses públicos nacionais
- interesses internacionais

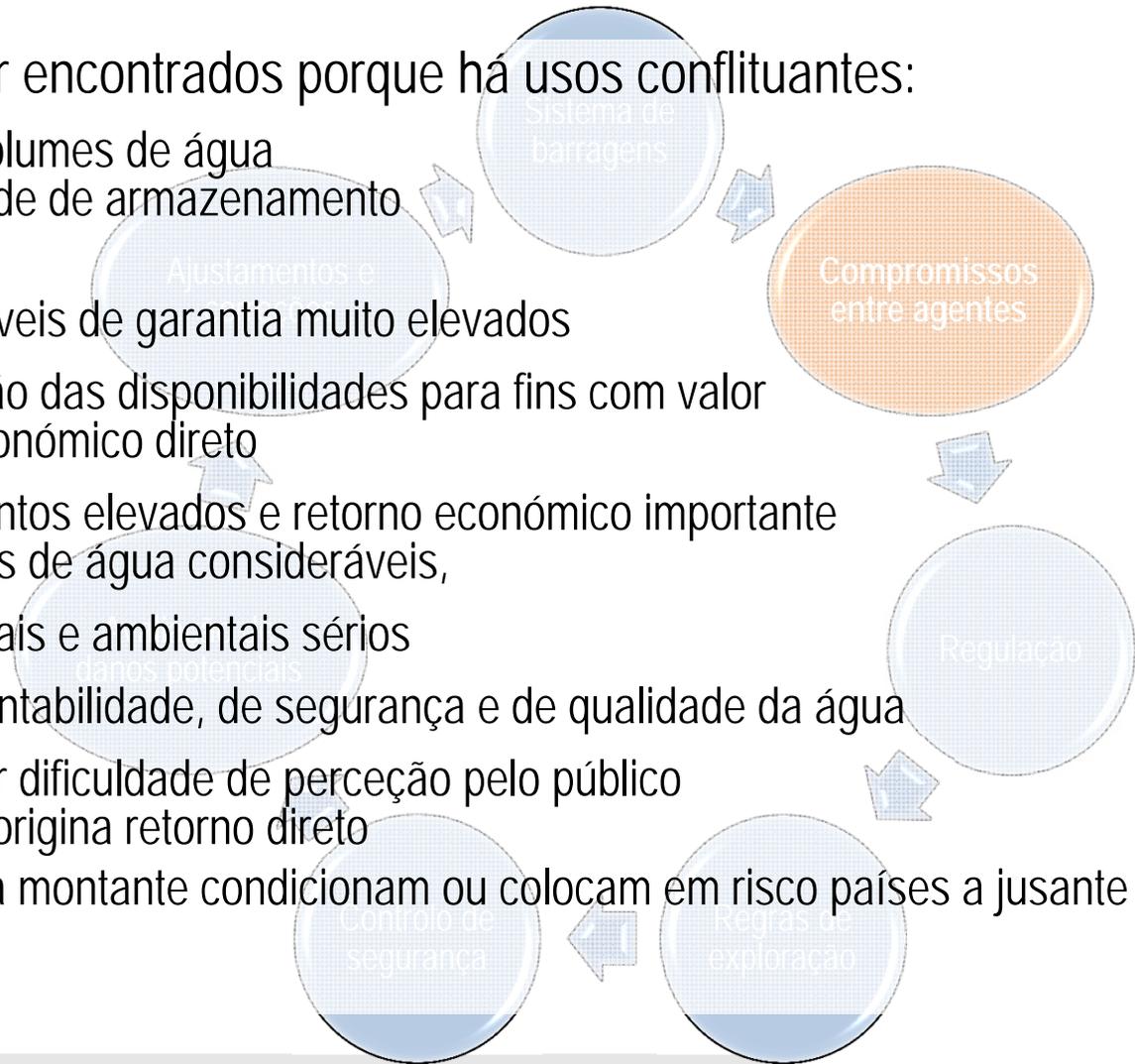


# Compromissos entre agentes



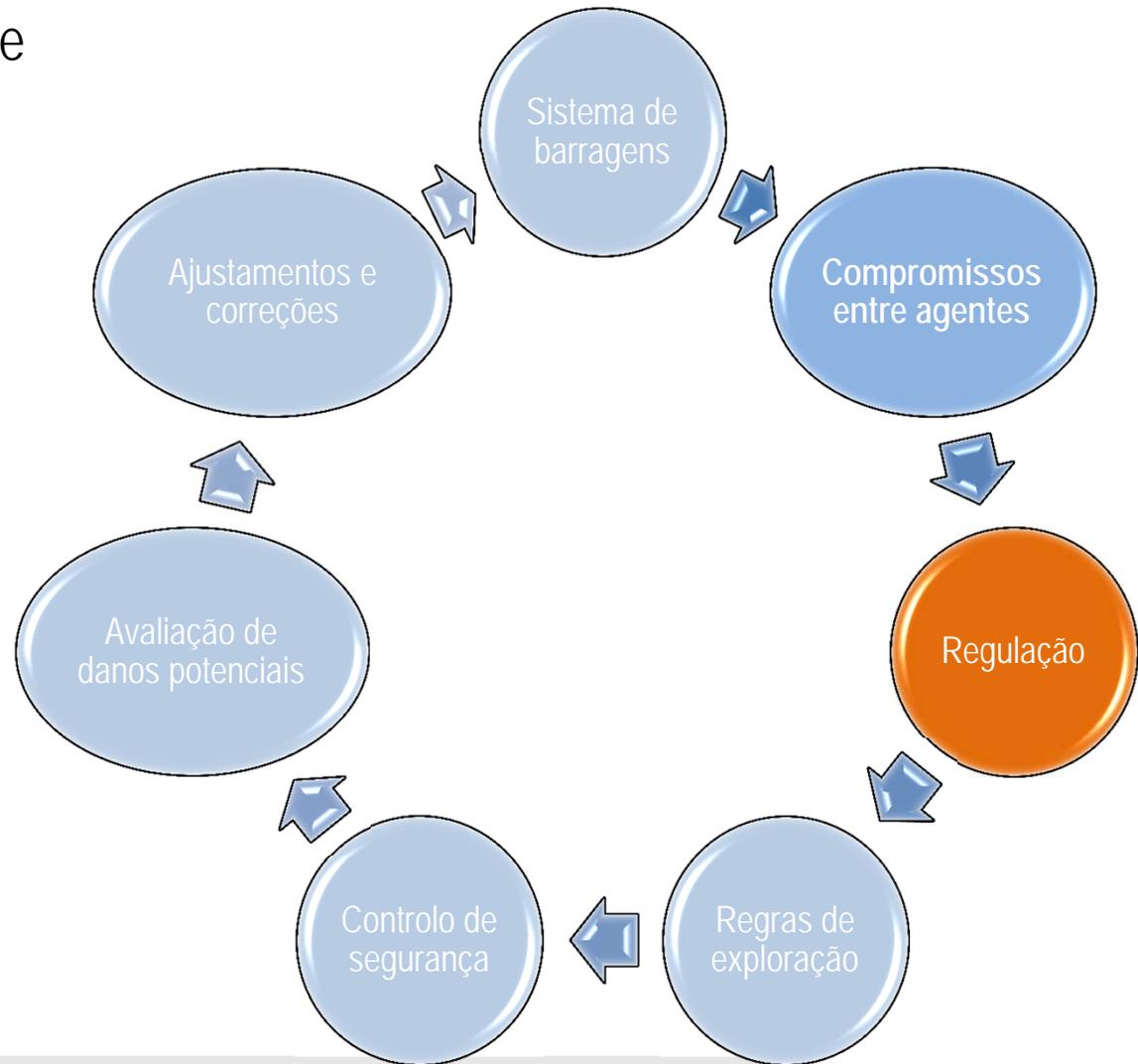
# Compromissos entre agentes

- Os compromissos têm que ser encontrados porque há usos conflitantes:
  - **Irrigação** – uso de grandes volumes de água
    - grandes capacidade de armazenamento
    - sazonalidade
  - **Abastecimento humano** – níveis de garantia muito elevados
  - **Caudais ecológicos** – redução das disponibilidades para fins com valor económico direto
  - **Hidroeletricidade** - investimentos elevados e retorno económico importante consumos de água consideráveis,
  - **Transvases** – problemas sociais e ambientais sérios
  - **Lúdicas** –problemas de sustentabilidade, de segurança e de qualidade da água
  - **Defesa contra cheias** – maior dificuldade de perceção pelo público não origina retorno direto
  - **Rios internacionais** - países a montante condicionam ou colocam em risco países a jusante

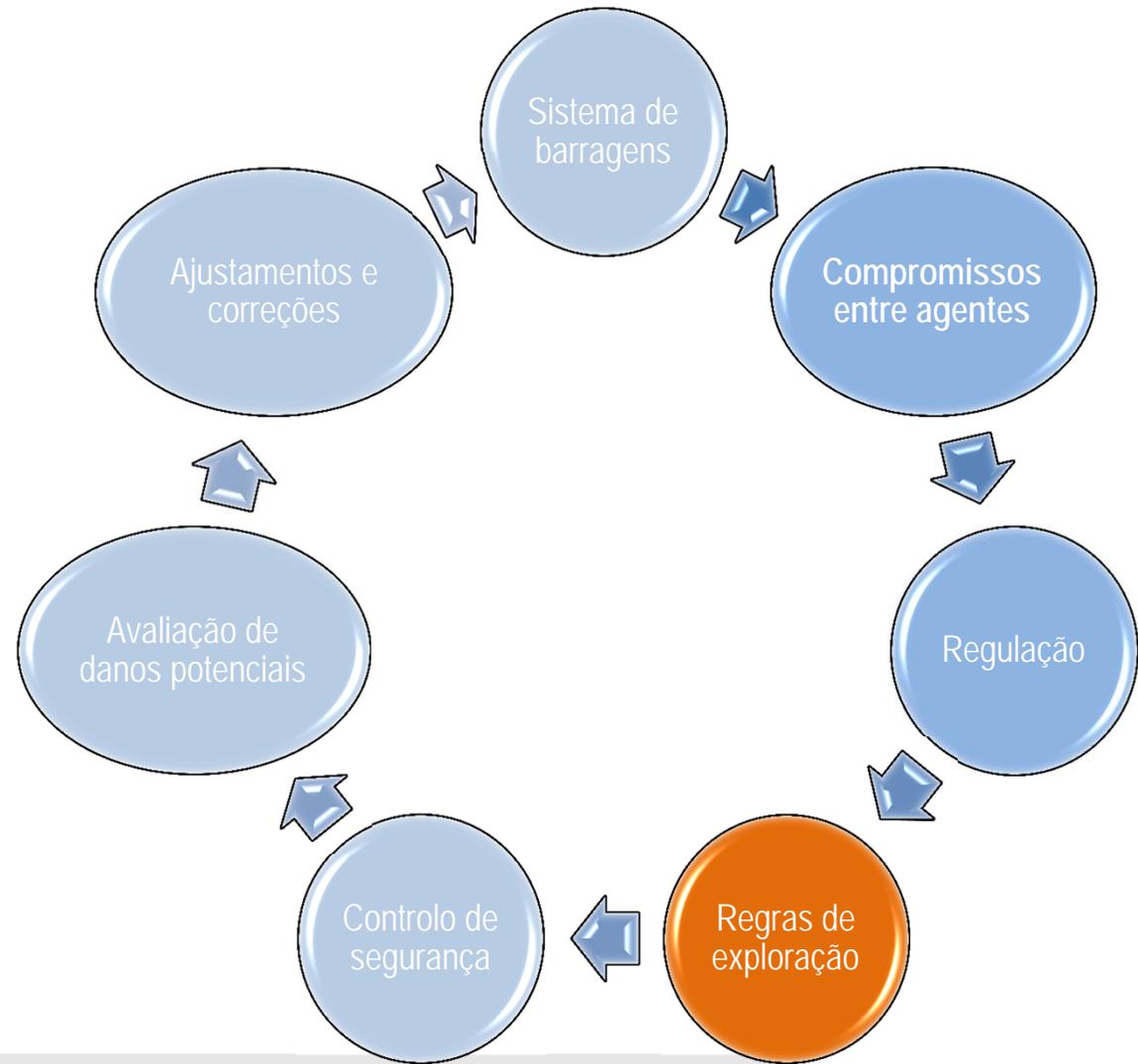


# Regulação

- Acesso a água com equidade e em segurança
- Estado com o papel de regulador do uso da água
- Estado estabelece
  - Leis
  - Normas
- Estado licencia
- Estado fiscaliza
  - Inspeções
  - ...

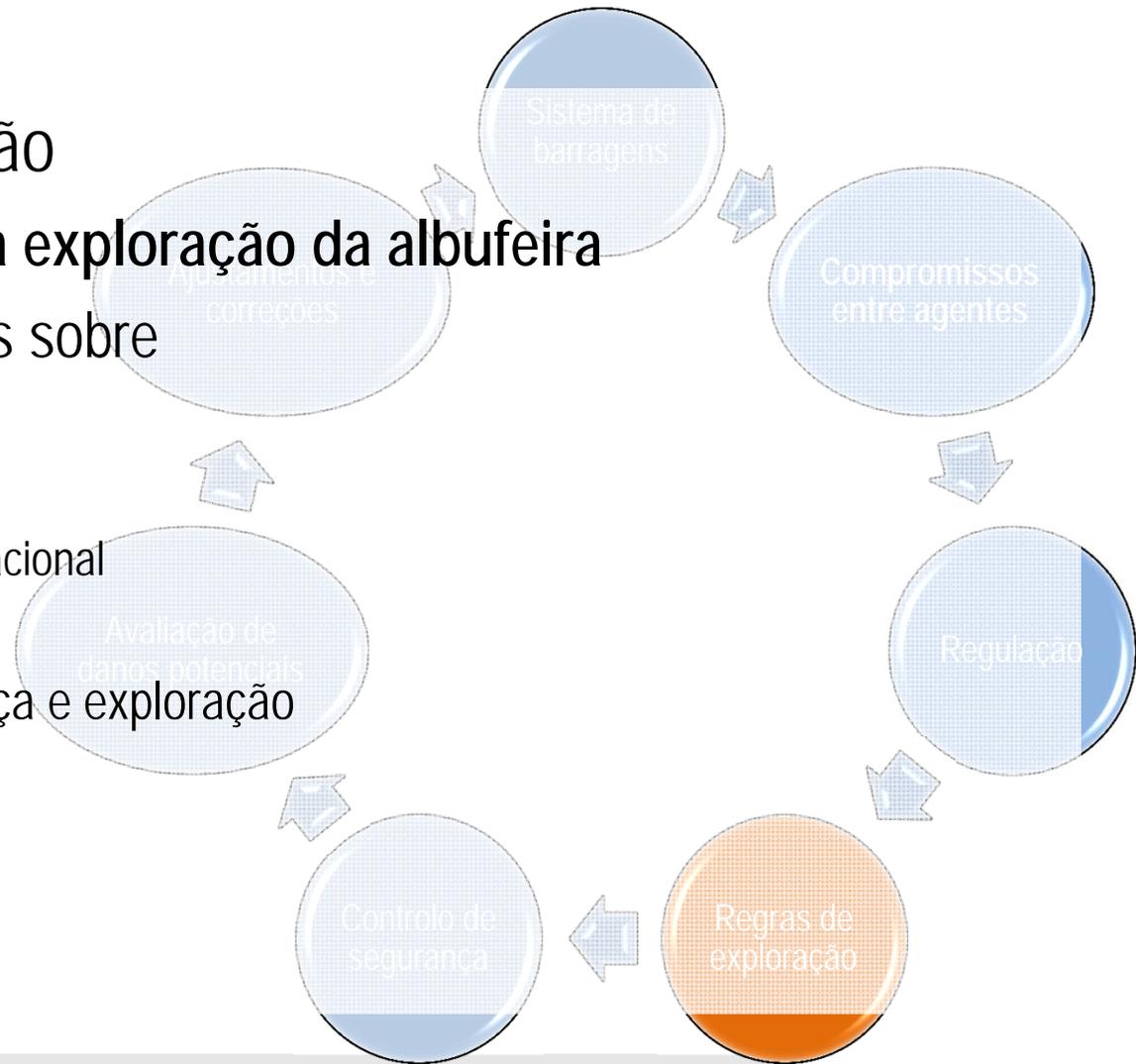


# Regras de Exploração (ex. do RSB)



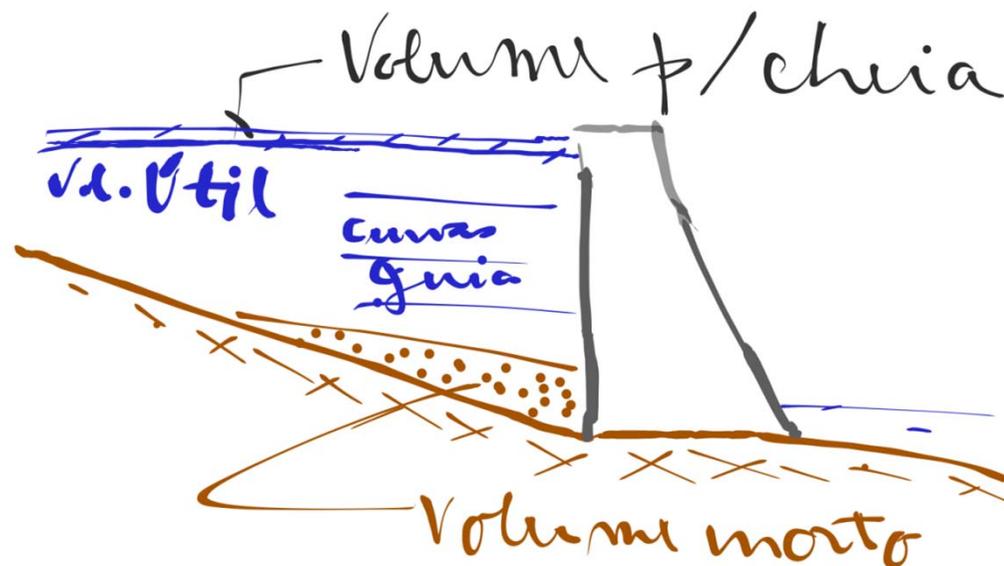
# Regras de Exploração (ex. do RSB)

- Regras de exploração
  - Normas relativas à exploração da albufeira
  - Contém disposições sobre
    - Segurança
      - estrutural
      - hidráulico-operacional
      - ambiental
    - órgãos de segurança e exploração
      - Operação
      - Manutenção
      - Conservação



# Normas de Exploração

Page 8



O volume disponível para os utilizadores (Volume útil):

- ser gerido pelo dono de obra (regras de exploração, curvas guia, etc)
- a gestão deve ser fiscalizada pelas autoridades

# Regras de Exploração

- Regras de exploração
  - Normas relativas à exploração da albufeira
  - Contém disposições sobre
    - Segurança
      - estrutural
      - hidráulico-operacional
      - ambiental
    - **órgãos de segurança e exploração**



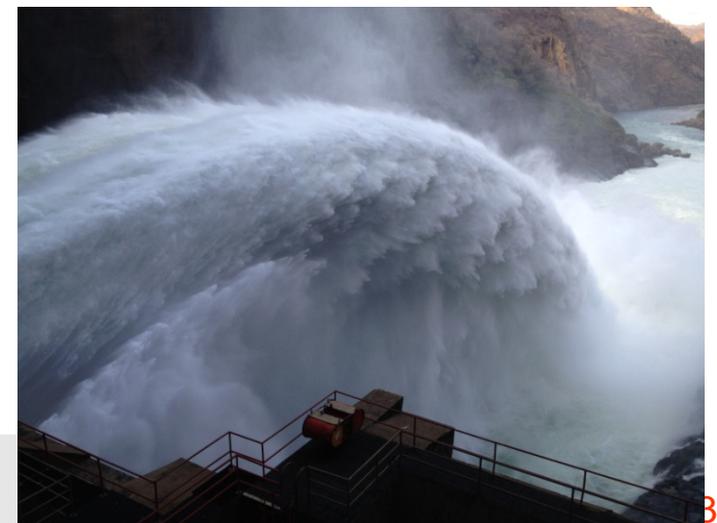
# Descarregadores de cheia

Órgãos fundamentais para a segurança da barragem, permitindo:

- a passagem de cheias
- rebaixar parcial ou totalmente a albufeira

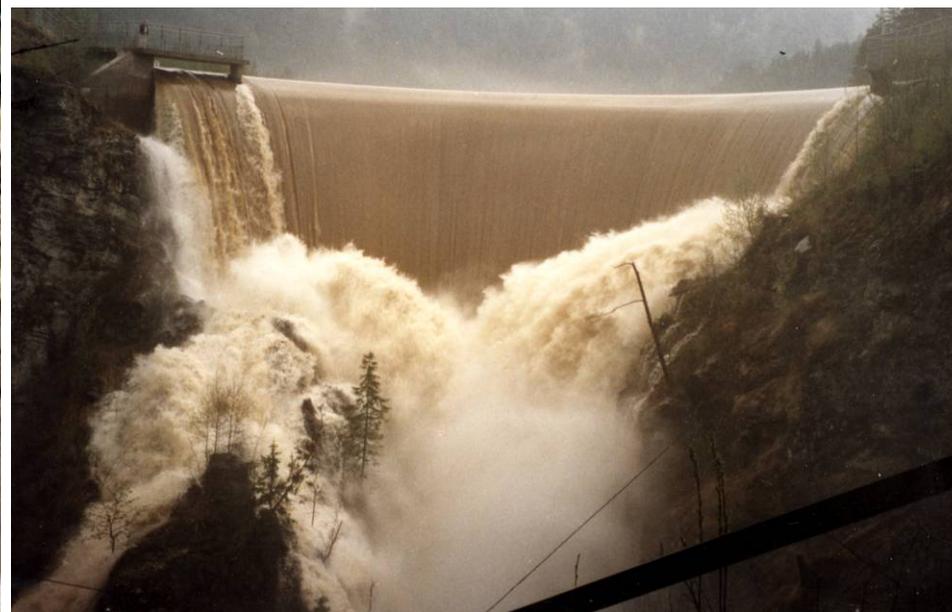
Em situações de emergência há que assegurar a sua operacionalidade

São essenciais as inspeções visuais de rotina e excepcionais



## Segurança hidráulico-operacional de barragens

- Há que garantir a operacionalidade em situações de emergência



# Descargas de Fundo

Permitem:

- Regular o nível na albufeira
- Criar capacidade de encaixe de cheias
- Controlar níveis no 1º enchimento
- Evitar descargas muito baixas pelo descarregador de cheias
- Asseguram caudais mínimos para jusante
- Varrer sedimentos da albufeira
- Promover a renovação da água na zona inferior da albufeira



# Tomadas de água

- Permitem:
  - abastecimento público, industrial e agrícola
  - produção hidroelétrica
  - abastecer circuitos de refrigeração
  - assegurar caudais ecológicos para jusante
- Normalmente feitas:
  - através da barragem ou em torre adjacente (betão)
  - torre separada do corpo da barragem
  - localizada numa encosta seguida de túnel
  - em jangada
  - ...
- Possibilidade de captar a diferentes cotas, na zona superior da massa de água, assegurando:
  - arejamento e oxigénio dissolvido na água
  - que se deu a sedimentação das partículas em suspensão
  - uma baixa carga bacteriana



# Deteriorações em órgãos hidráulicos



## Segurança hidráulico-operacional de barragens

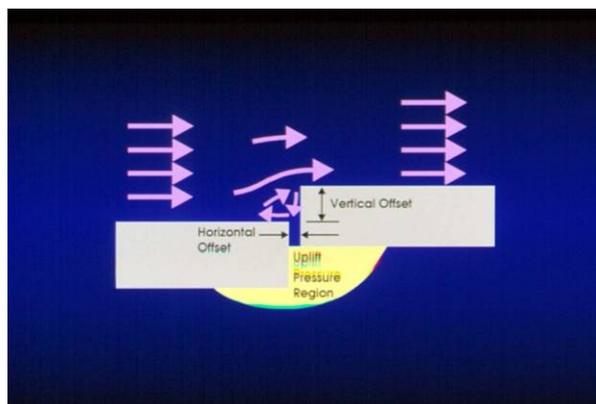
### O que pode correr mal?

- Inoperacionalidade ou mau desempenho dos órgãos de segurança
- Deficiente avaliação do caudal de projeto ou ocorrência de alterações no regime hidrológico (alterações na bacia hidrográfica, alterações climáticas)
- Capacidade insuficiente do descarregador (dimensionamento inadequado ou solução insatisfatória)



# Segurança hidráulico-operacional de barragens

## Deteriorações por acção do escoamento



*(juntas defeituosas, desalinhamentos da soleira, deslocamento de lajes e erosão da fundação))*

# Segurança hidráulico-operacional de barragens

## Deteriorações por acção do escoamento de elevada potência

Essencialmente potenciadas por:

- Velocidades significativas
- Caudais elevados
- Permanência de escoamento durante períodos significativos
- Turbulência



A operação dos descarregadores de cheias envolve escoamentos com **elevada potência**



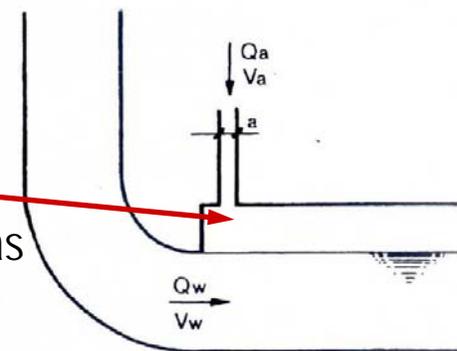
# Segurança hidráulico-operacional de barragens

## Deteriorações por acção do escoamento - Cavitação

- A jusante de comportas e válvulas
- Em descarregadores (locais de separação do escoamento, blocos dispersores, blocos de amortecimento, juntas)



- Deficiente arejamento em galerias

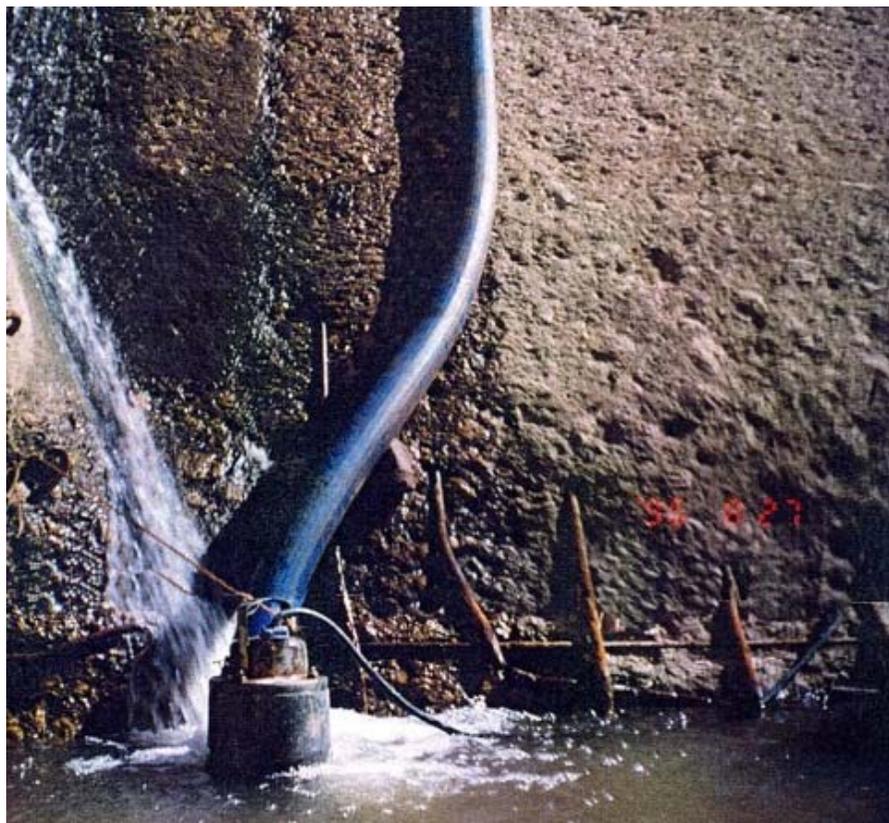


**Cavitação**

# Segurança hidráulico-operacional de barragens

## Deteriorações por acção do escoamento - Abrasão

- “Erosões” nas superfícies
- Abrasão (bacias de dissipação, transições entre poços e túneis)



**Bacia de dissipação da barragem de  
Funcho**

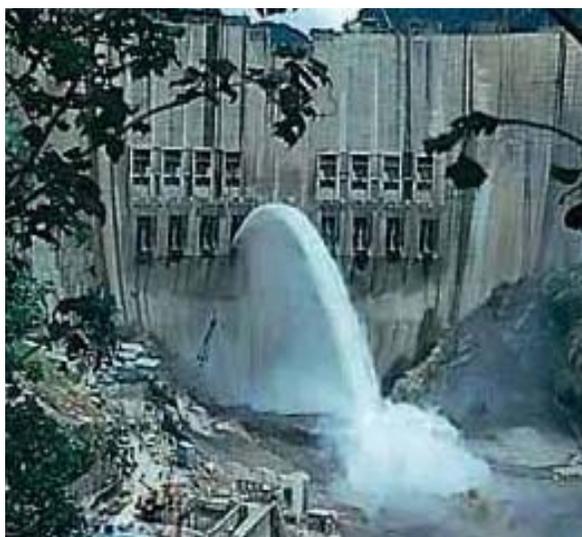
# Segurança hidráulico-operacional de barragens

## Deteriorações por acção do escoamento



### Bacias de dissipação por ressalto

- Obstrução a jusante
- Danos nas lajes da soleira
- Recirculações a jusante do descarregador,
- correntes de retorno
- erosões regressivas no leito a jusante
- Arrastamento de blocos para dentro da bacia
- Instabilização de encostas a jusante



### Salto de esqui:

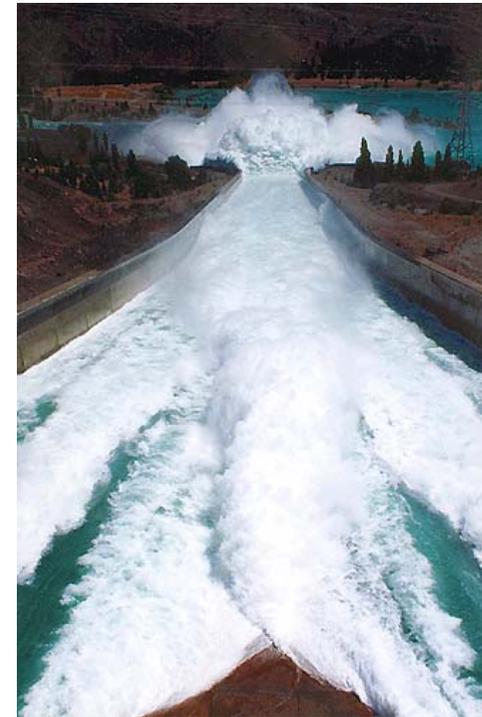
- Deficiente forma do salto de esqui
- Alcance dos jatos
- Instabilização das obras e das encostas
- Assimetrias na operação das comportas
- Correntes de retorn
- Fossa de erosão no leito e barras a jusante

# Segurança hidráulico-operacional de barragens

## Deteriorações devidas a alterações significativas de geometria

Galgamento dos muros:

- Geometrias convergentes
- Mudanças de direcção em curva
- Ondas estacionárias e ondulação anómala
- Emulsão de ar
- Projecções de água em canais descarregadores
- Erosões ao longo dos muros do canal



# Inspeções a órgãos hidráulicos



## Segurança hidráulico-operacional de barragens

*Como garantir a funcionalidade e a segurança?*

- Deterioração desenvolve-se em regra de modo progressivo

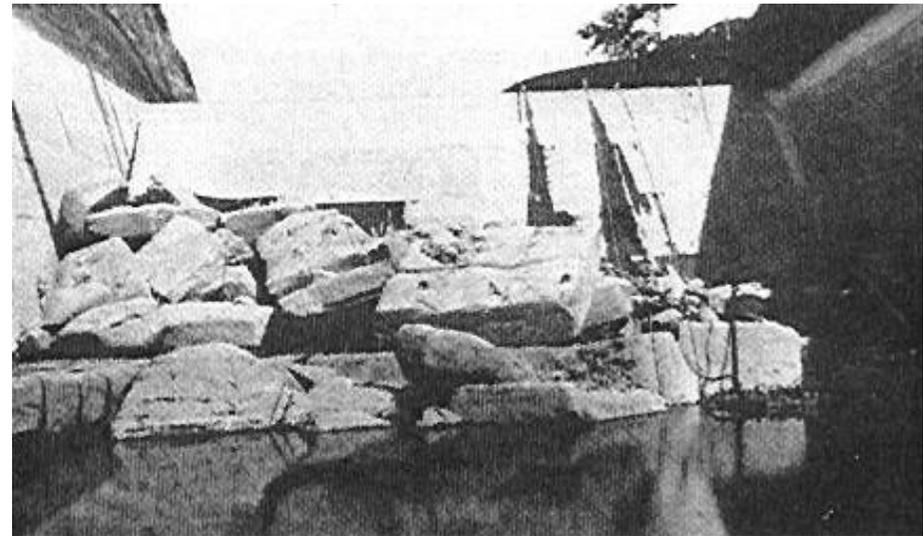


## Segurança hidráulico-operacional de barragens

### *Como garantir a funcionalidade e a segurança?*

Para não comprometer a segurança, é essencial promover inspecções

- de rotina (identificar problemas e ver sua evolução, controlando-os)
- após ocorrência de cheias



## Segurança hidráulico-operacional de barragens

### *Como garantir a funcionalidade e a segurança?*

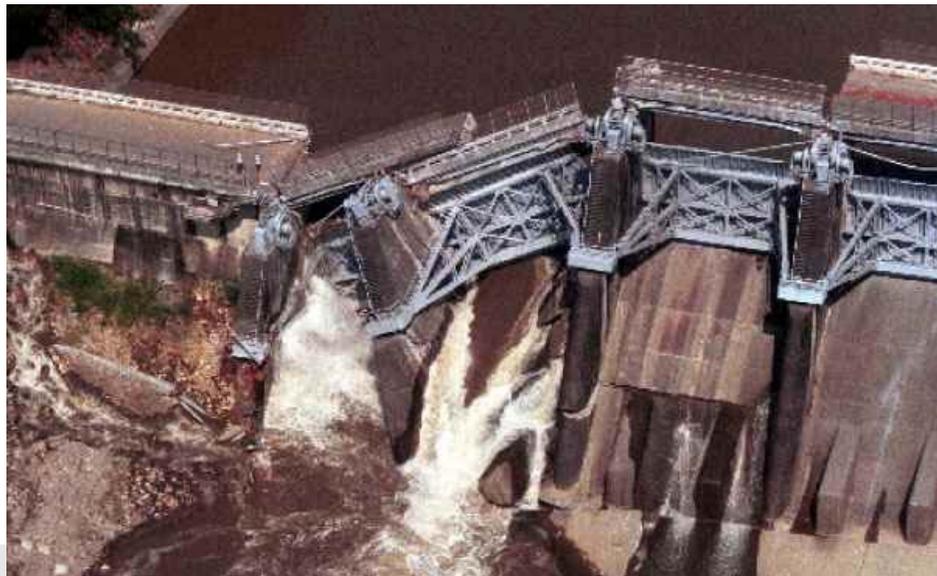
- Para não comprometer a segurança, é essencial promover inspecções
  - de rotina (identificar problemas e ver sua evolução, controlando-os)
  - após ocorrência de cheias
  - após períodos prolongados de operação



## Segurança hidráulico-operacional de barragens

### *Como garantir a funcionalidade e a segurança?*

- Para não comprometer a segurança, é essencial promover inspecções
  - de rotina (identificar problemas e ver sua evolução, controlando-os)
  - após ocorrência de cheias
  - após períodos prolongados de operação
  - Após ocorrência de sismos
  - Outros fenómenos ou ocorrências que possam afectar os órgãos de seg. e exploração



## Segurança hidráulico-operacional de barragens

### inspeção a descarregadores

- aspetos a examinar na zona da **ENTRADA**
  - Riscos de obstrução
    - Vegetação (arbustos, árvores)
    - Taludes instáveis – sem coberto vegetal, encostas muito inclinadas junto à entrada sem medidas para sua contenção
    - Restos de desmatamento ou vegetação morta
    - Acumulação anormal de sedimentos
    - Colmatação de grades de protecção de condutas em túnel
    - Vandalismo ou intervenções ilegais – subida da crista da soleira, por ex.

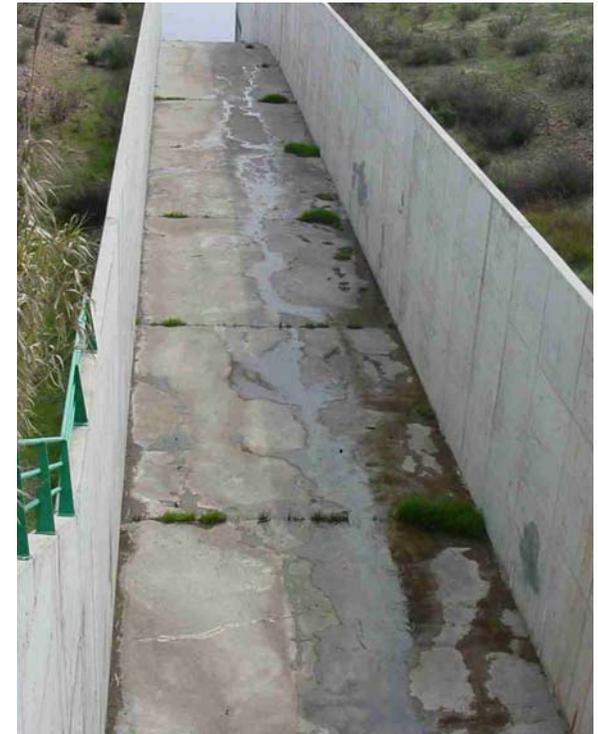


## Segurança hidráulico-operacional de barragens

### inspeção a descarregadores

## Aspetos a examinar na zona de **TRANSIÇÃO**

- Estado geral de conservação
- Riscos de obstrução
- Erosões ao longo do canal devido a galgamentos
- Drenos de alívio - risco de danos por subpressão



## Segurança hidráulico-operacional de barragens

### inspeção a descarregadores

#### Aspetos a examinar na zona de **RESTITUIÇÃO**

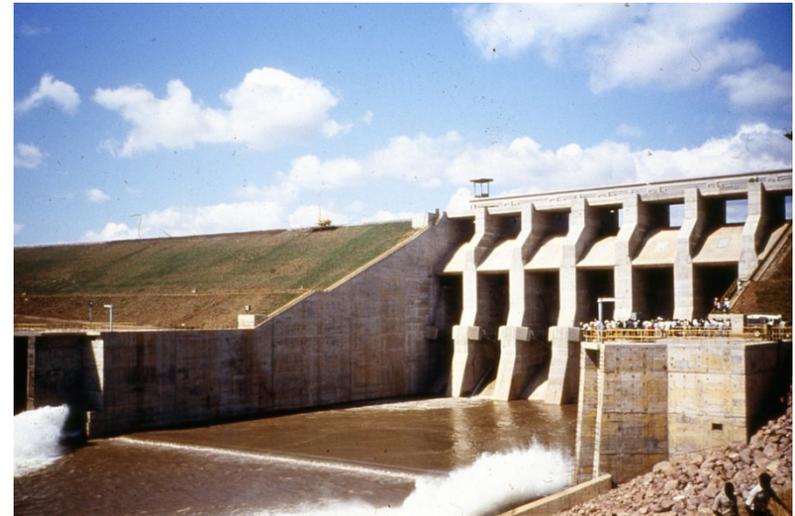
- Averiguar a evolução dos processos erosivos
  - Risco para a barragem?
  - Risco para a estrutura de restituição?
  - Risco de bens na vizinhança?
  - Risco de instabilizar encostas?
  
- Vegetação excessiva
  
- Averiguar o estado da estrutura de dissipação quando exista
  - Previamente colocar a seco a estrutura
  - Ver se há indícios de erosão de cavitação ou abrasão
  - Estado das lajes, muros e acessórios
  - Existência de pedras ou sedimentos na bacia de dissipação



## Segurança hidráulico-operacional de barragens

### Inspeção a descargas de fundo

- Inspeções visuais em geral limitadas por estarem submersas:
  - Entrada
  - Conduita
- Apesar desta limitação deve ser avaliado o risco de obstrução:
  - Acumulação de sedimentos
  - Colmatação da grade
  - Deterioração da conduita
- Restituição normalmente inspecionável
  - Aplicável o exposto para a restituição dos descarregadores de cheias
  - Necessidade de adaptar – operação mais frequente com muito menores caudais



# Segurança hidráulico-operacional de barragens

## inspeção aos equipamentos hidro-mecânicos

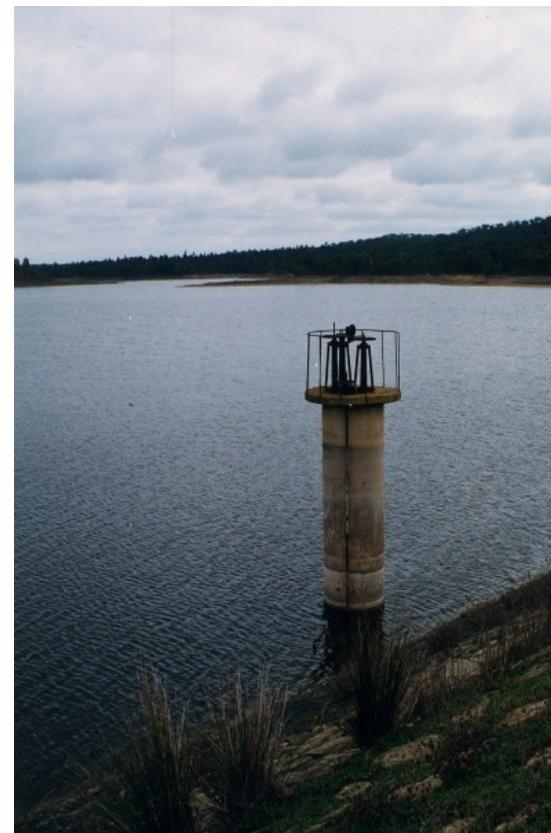
- Incide basicamente em
  - Comportas
  - Válvulas
  - e ainda: guinchos, motores; grades, grelhas; limpa-grelhas; blindagens; circuitos eléctricos ...
- Visita de rotina a inspeção visual deve em regra abranger:
  - Apreciação do estado geral (operacionalidade)
  - Componentes mecânicas (corrosão, lubrificação)
  - Componentes eléctricos (segurança dos circuitos)
  - Sobresselentes essenciais
- Verificação dos acessos aos locais de comando
  - Assegurada em situação de emergência ao operador
  - Impedida contra intrusões
- Conformidade com a regulamentação
  - por exemplo, RSB em Portugal:
    - Fonte de energia alternativa
    - Comando à distância
    - Modo de manobra manual
    - Exigências regulamentares de projeto

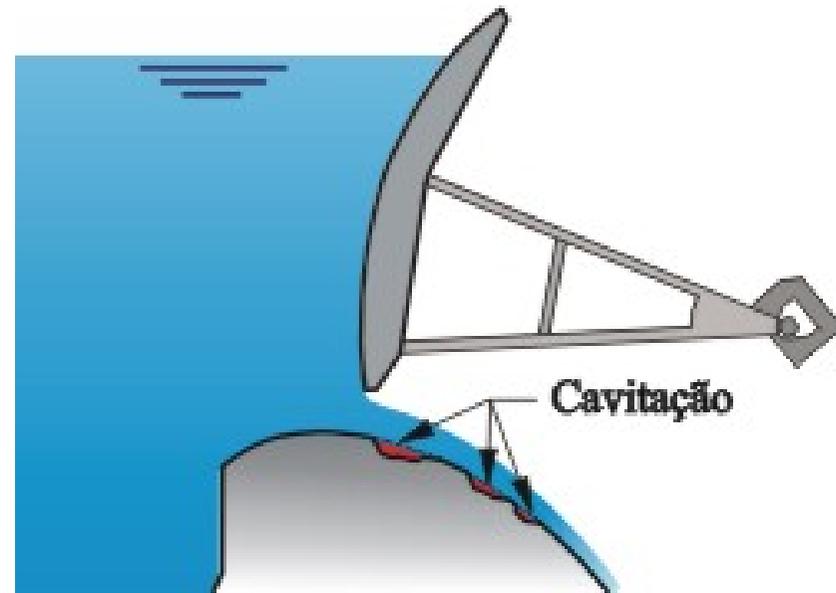


## Segurança hidráulico-operacional de barragens

### inspeção aos equipamentos hidráulico-mecânicos

- Manobras de verificação de funcionamento de comportas e válvulas
  - Condicionamentos
    - Disponibilidade no local do equipamento necessário
    - Acesso aos locais de comando
    - Aviso a jusante (sistemas de alerta)
    - Eventual perda de água
    - Risco de encravamento na manobra de fecho
    - Níveis de água na albufeira (verificação em carga)
  - Operação de todas as comportas e válvulas
  - Manobras de: Abertura e Fecho, Parciais e Totais, Carga e vazio, Comando à distância e local, Fontes de energia alternativas





*Obrigado pela atenção*



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL