

Barragens de Rejeitos em Mineração

Eng. Aloysio Saliba

Prof. Adjunto

Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos
Hídricos da EEUFMG

Março de 2016

BARRAGENS DE REJEITOS

- Para compreender as Barragens de Rejeitos, é necessário responder às seguintes perguntas:
 - O que é Mineração?
 - O que são Rejeitos?
 - O que são Barragens de Rejeitos? Quais os tipos e riscos?
- Perspectivas
- Comentários Finais

O QUE É MINERAÇÃO?

- Mineração:

“De um modo genérico, pode-se definir mineração como a extração de minerais existentes nas rochas e/ou no solo. Trata-se de uma atividade de natureza fundamentalmente econômica que também é referida, num sentido lato, como indústria extrativa mineral ou indústria de produtos minerais.”

<http://www.dnpm-pe.gov.br/Geologia/Mineracao.php>

- Definição de minério: critério econômico (teor de corte)

O QUE É MINERAÇÃO?

- Processos de Mineração

- Extração: minério + estéril → **Pilhas**



- Britagem / Lavagem
 - Moagem / Flotação
 - Lixiviação



Rejeitos



Produto

O QUE É MINERAÇÃO?

- Processamento mineral: obtenção do produto por processos hidro ou pirometalúrgicos
- Processo hidrometalúrgico: cerca de 90% da demanda hídrica é devida à flotação
- Resultado: Minério Concentrado e Resíduos (Rejeitos na forma de polpa, com água em excesso)
- Preocupações ambientais de disposição dos rejeitos: cada tipo de estrutura de contenção oferece diferentes riscos ao meio ambiente e às comunidades

O QUE É MINERAÇÃO?

- Importância da Análise Riscos
 - **Risco** é o valor obtido a partir da consideração de **consequências possíveis** (designadamente, perdas de vidas e custos) de acontecimentos indesejáveis, conjugada com a **probabilidade de ocorrência** de fatores (exógenos e endógenos) intervenientes no processo (VEIGA PINTO, 2008)
- *A escolha da alternativa de disposição de rejeitos deve considerar os riscos associados ainda na etapa de viabilidade ambiental*

O QUE SÃO REJEITOS?

- Rejeitos são resíduos do processamento mineral
- Métodos de disposição:
 - Barragens (com ou sem espessamento prévio)
 - Desaguamento para Empilhamento
 - Espessamento para Empilhamento (Pasta)
 - *Backfill* (minas subterrâneas)
- Escolha do método depende:
 - Do processo
 - Dos custos e problemas ambientais envolvidos
 - Das propriedades reológicas e geotécnicas dos rejeitos

O QUE SÃO REJEITOS?

- Polpa
 - Bombas centrífugas
 - Lançamento direto
 - Espigotamento/ciclonagem
- Pasta
 - Bombas de deslocamento positivo
 - Lançamento em torres, com espalhamento
- Torta
 - Caminhões / Correia transportadora
 - Empilhamento (*dry stacking*)



Fonte: Lara (2011)



Fonte: Lara (2011)



Fonte: Araújo (2006)

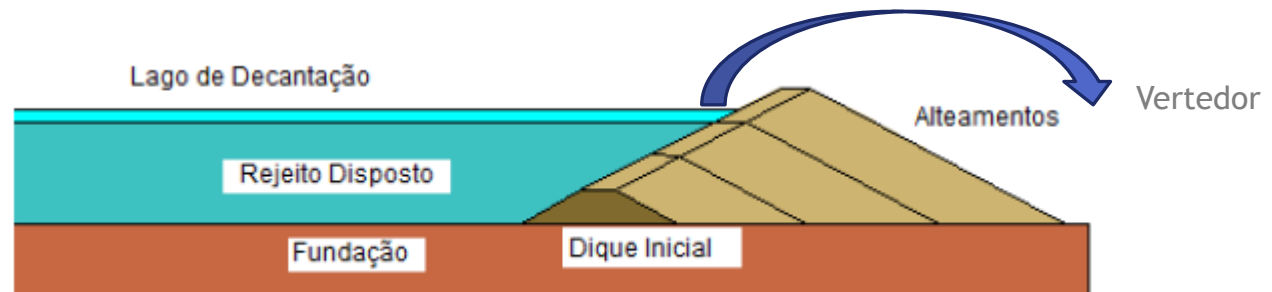
O QUE SÃO BARRAGENS DE REJEITOS?

- Barragens de Rejeitos: barragens cujos reservatórios serão assoreados pelos rejeitos para conter os sólidos e permitir a recirculação de água para o processo
- Em geral, estão localizadas nas cabeceiras, próximas às áreas de processamento
- Precisam garantir a manutenção de vazão residual
- Efluentes: precisam atender ao enquadramento dos cursos de água
- São fundamentais para o balanço hídrico do empreendimento

O QUE SÃO BARRAGENS DE REJEITOS?

- Métodos construtivos

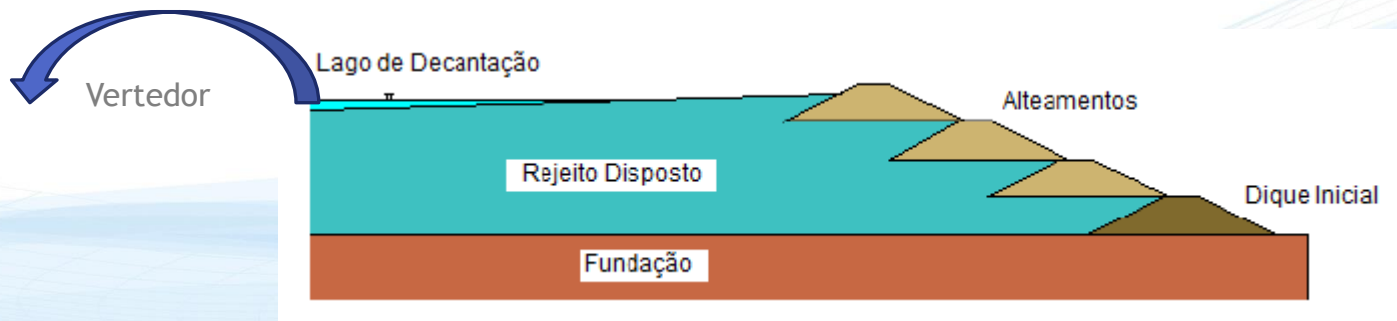
- Jusante



- Linha de Centro



- Montante

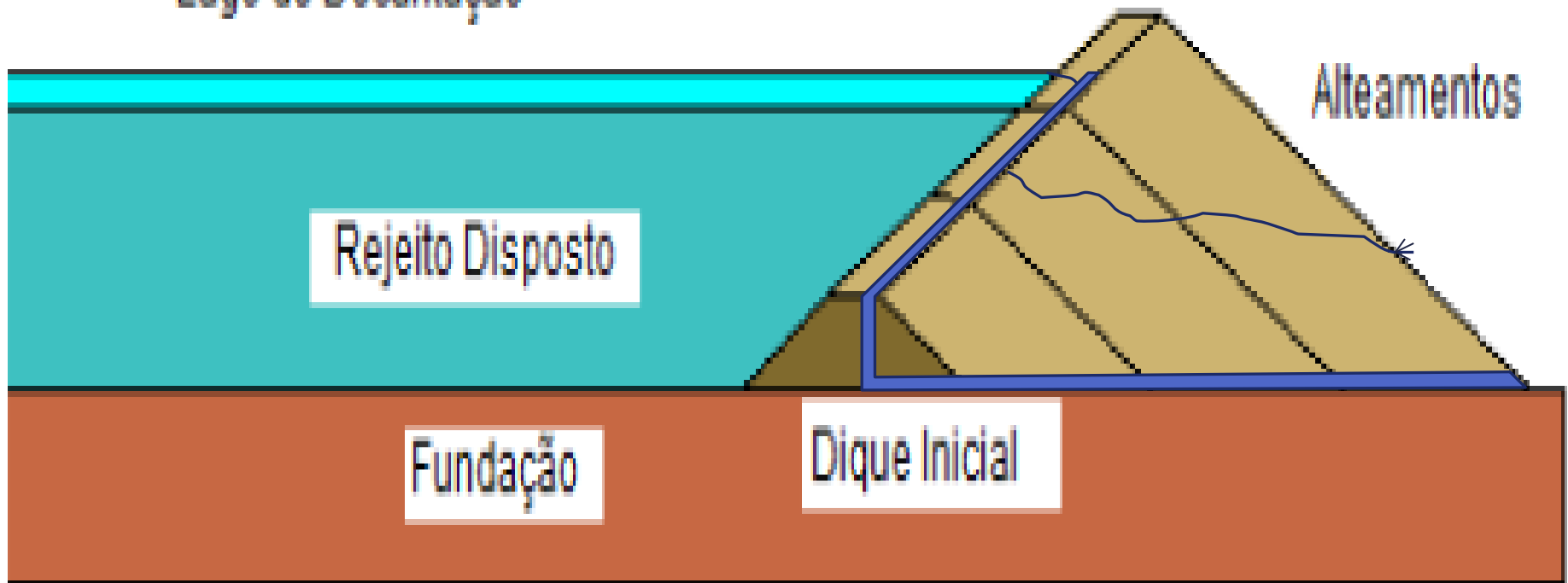


MECANISMOS DE RUPTURA

- Mecanismos de ruptura
 - Erosão interna ou *piping*
 - Ruptura pela fundação
 - Galgamento
 - Liquefação

PIPING

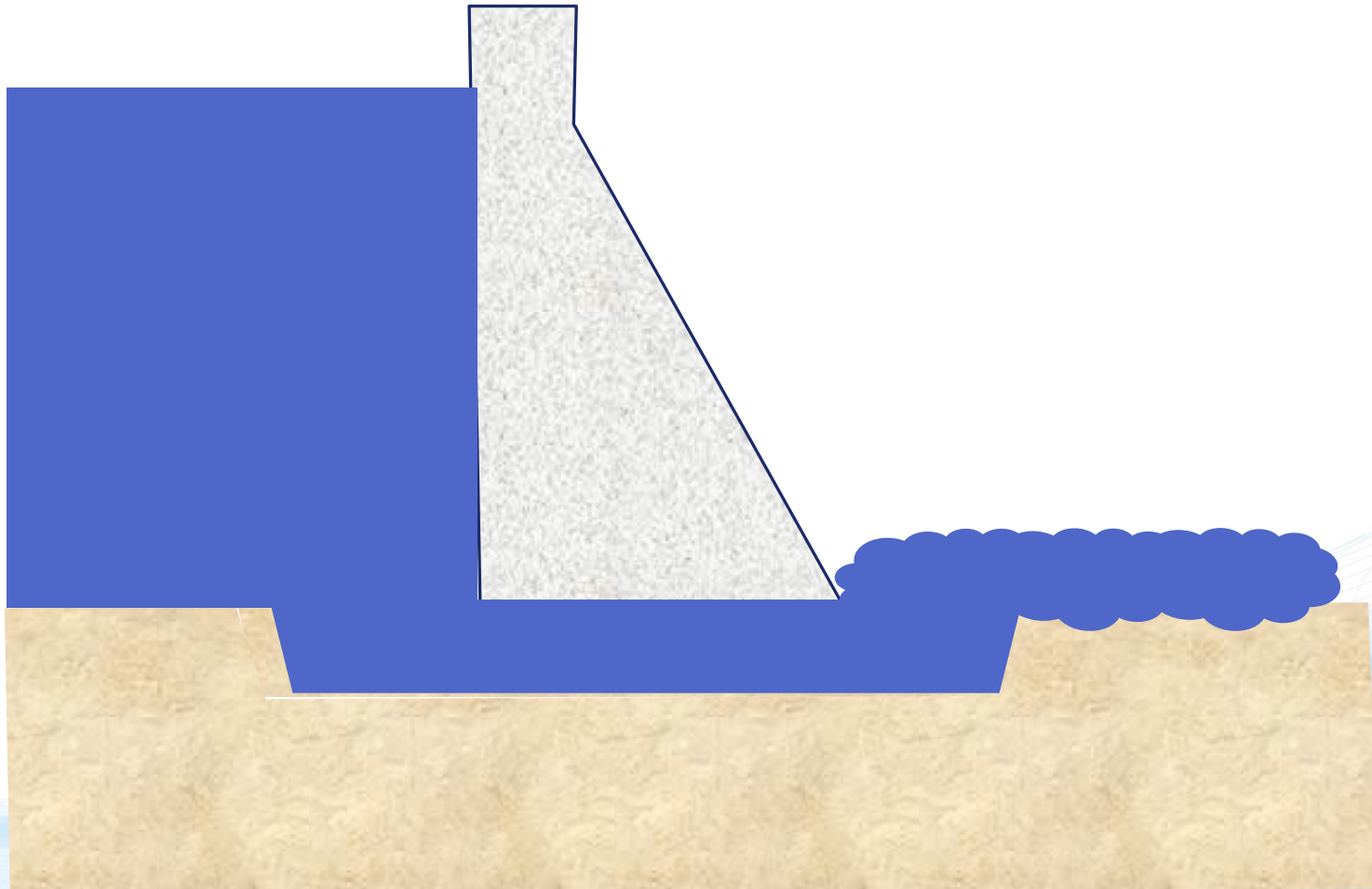
Lago de Decantação



PIPING



RUPTURA PELA FUNDAÇÃO



RUPTURA PELA FUNDAÇÃO



RUPTURA PELA FUNDAÇÃO



GALGAMENTO

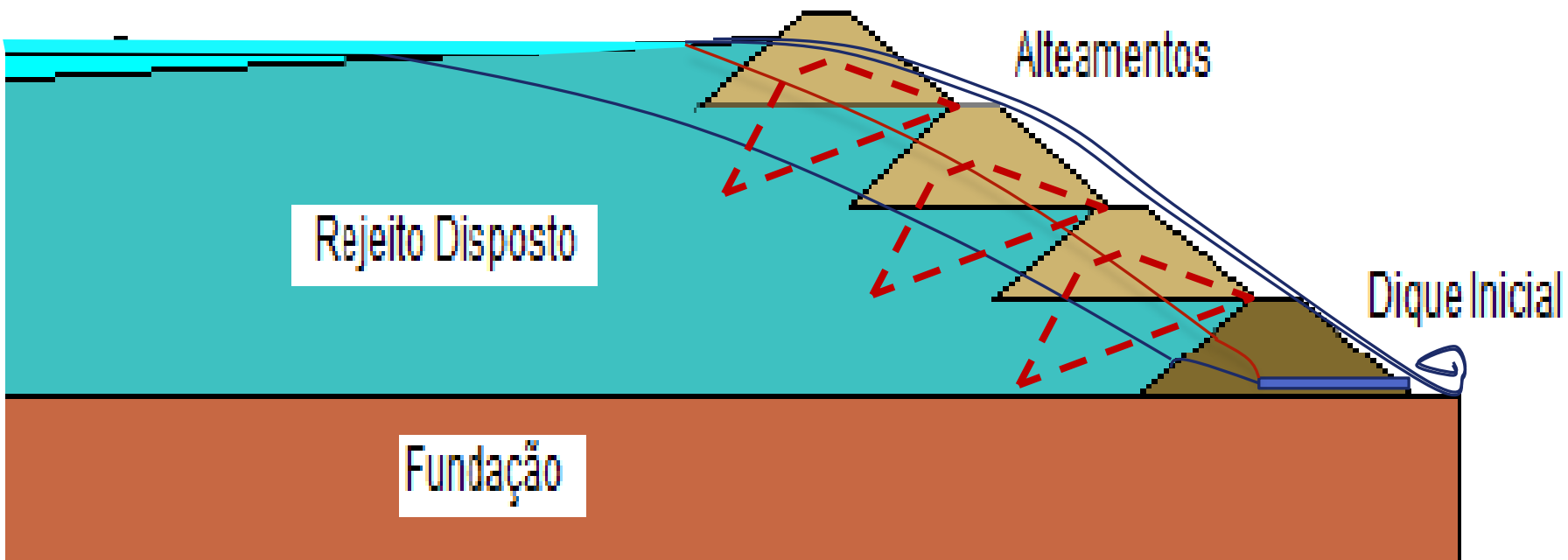


GALGAMENTO



LIQUEFAÇÃO

Lago de Decantação



Rejeito Disposto

Alteamentos

Dique Inicial

Fundação

LIQUEFAÇÃO



LIQUEFAÇÃO



PERSPECTIVAS

- Os acidentes envolvendo barragens de rejeitos têm evidenciado uma falha no processo de licenciamento: a falta de análise de risco
- Risco
 - Probabilidade x Consequência (R\$)
 - Ex:
 - Liquefação: 24 em 221 acidentes (até 2000)
 - Davies (2002): 3500 barragens de rejeitos no mundo
 - Consequências (danos a jusante):
R\$ 20 bilhões: 20×10^9
 - Risco anual: $24/3500 \times 20 \times 10^9 = \text{R\$ } 137 \times 10^6$ (!!!)

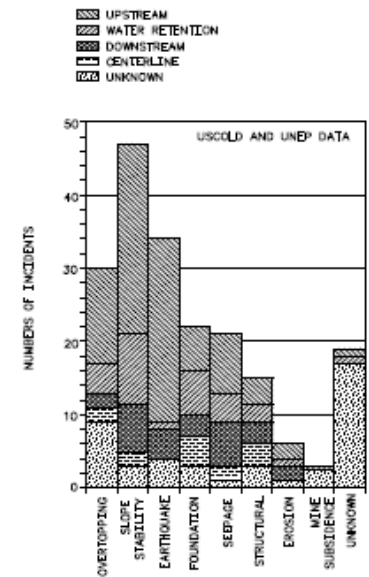


Figure 9. Tailings dam incident cause comparison with dam type.

Fonte: ICOLD, 2001

**O LICENCIAMENTO AMBIENTAL PRECISA SER MAIS ABRANGENTE
E INCLUIR ANÁLISE DE RISCOS**

COMENTÁRIOS FINAIS

- Mineração
 - Setor que recircula grande parte da água utilizada e depende das barragens para isso
 - No âmbito local, as necessidades de água nova podem ser comparáveis às das comunidades no entorno
 - Barragens oferecem riscos que precisam ser conhecidos por todos
 - Outras alternativas tecnológicas estão disponíveis, mas são preteridas pelos custos, que não incorporam os riscos associados
 - Licenciamento ambiental precisa incorporar análise de riscos

OBRIGADO!

The background features a light blue gradient with a subtle grid pattern. A prominent, wavy, semi-transparent blue line runs across the lower portion of the image, creating a sense of depth and movement.

REFERÊNCIAS

- <http://www.ampmineral.com/equipos/hidrociclones.php>
- ARAÚJO, C.B. Contribuição ao Estudo do Comportamento de Barragens de Rejeito de Mineração de Ferro. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, Setembro de 2006.
- <http://www.brasmicmineracao.com.br/novo/Produtos.aspx>
- DAVIES, M.P. Tailings Impoundment Failures: Are Geotechnical Engineers Listening? Geotechnical News, September, p. 31-36. 2002.
- GUIMARÃES, N.C.; VALADÃO, G.E.S.; PERES, A.E.C. Filtragem de rejeitos de minério de ferro visando à sua disposição em pilhas. Revista da Escola de Minas. V. 65. n. 4. p.453-458. Dezembro de 2012.
- <http://www.dnpm-pe.gov.br/Geologia/Mineracao.php>
- <http://joseliocarneiro.blogspot.com.br/2011/06/rompimento-da-barragem-camara-completa.html>
- <http://www.jfjb.jus.br/arquivos/fotos/camara6.jpg>
- ICOLD (International Commission on Large Dams). Tailings Dams, Risk of Dangerous Occurrences, Lessons Learnt from Practical Experiences. Bulletin 121. 2001.
- LARA, A.F.M. Espessamento e Transporte de Pasta Mineral. Curso de Especialização em Engenharia de Recursos Minerais. UFMG, Departamento de Engenharia de Minas, Fevereiro de 2011. Disponível em <http://www.ceermin.demin.ufmg.br/monografias/50.PDF>. Acesso em 28/02/2016.
- RAFAEL, H.M.A.M. Análise do Potencial de Liquefação de uma Barragem de Rejeito. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2012.
- TEIXEIRA, E.D.; FRANCA, P.R.B.; VIANA, E.M.F; FARIA, M.T.C.; SALIBA, A.P.M.; MARTINEZ, C.B.M. Modelo hidráulico reduzido da barragem de rejeitos Forquilha IV. *Revista da Escola de Minas*. v. 68. n. 1. Março de 2015.
- VEIGA PINTO, A. Gestão de Riscos e Segurança de Barragens. *In: 3º Simpósio de Segurança de Barragens e Riscos Associados*. Salvador: Comitê Brasileiro de Barragens, Novembro de 2008.