



TECNOLOGIAS DE BAIXO RISCO PARA A DISPOSIÇÃO DE REJEITOS

Experiência da Pimenta de Ávila Consultoria

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

METODOLOGIA CLÁSSICA E MAIS UTILIZADA



RETENÇÃO DE REJEITOS EM BARRAGENS



- BARRAGEM IMPERMEÁVEL
- REJEITO SATURADO
- MANEJO DAS ÁGUAS
- CONTROLE DA EROSÃO INTERNA
- CONTROLE DA ESTABILIDADE
- MAIOR RISCO



ÁGUA: AGENTE INSTABILIZADOR

**ATUA TANTO NA PROBABILIDADE
QUANTO NA CONSEQUÊNCIA**

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REDUÇÃO DE RISCO → REDUÇÃO DOS EFEITOS DA ÁGUA

ESCOLHA DA SOLUÇÃO DEPENDE DAS
CARACTERÍSTICAS DOS REJEITOS

GRANULARES

FINOS

Ex.: Rejeitos de Flotação de Minério de Ferro (Itabirito): Barragem Germano e Cava Germano

Ex.: Rejeitos de Bauxita, Resíduos de Alumina (*Red Mud*), Lamas de Minério de Ferro

Estrutura permeável: Barrar rejeitos / não água;
Emp. Drenado → Desaguar por gravidade

- Espessamento
- Espessamento + evaporação
- Filtragem (Reduz grau de saturação)

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REJEITOS GRANULARES: CARACTERÍSTICAS RELEVANTES

- Baixa fração argila;
- Alta permeabilidade → Desaguamento por gravidade;
- Elevado ângulo de atrito, permitindo maiores ângulos de deposição, quando não saturado.

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

EXEMPLOS: EMPILHAMENTO DRENADO DE REJEITOS GRANULARES

REFERÊNCIA DE
CRITÉRIO DE PROJETO:

GRANULOMETRIA
<10% DE ARGILA,
Máx 60% <#200



Vista Aérea da Pilha a Jusante da Barragem do Germano em estágio inicial de Construção – Germano Jusante

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

EXEMPLOS: EMPILHAMENTO DRENADO DE REJEITOS GRANULARES



Vista Geral da Pilha da Cava do Germano

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

EXEMPLOS: EMPILHAMENTO DRENADO DE REJEITOS GRANULARES



Vista da Superfície dos Rejeitos Lançados alguns dias após a paralização do lançamento

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

EXEMPLOS: EMPILHAMENTO DRENADO DE REJEITOS GRANULARES



**Vista da Superfície dos Rejeitos Sendo Escavados para
Obtenção de Material para Construção do Dique de Alçamento**

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

EXEMPLOS: EMPILHAMENTO DRENADO DE REJEITOS GRANULARES



Vista da Estrutura de uma Correia Transportadora apoiada na Superfície dos Rejeitos da Pilha

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

EXEMPLOS: EMPILHAMENTO DRENADO DE REJEITOS GRANULARES



Vista do Talude Final com o Fechamento Progressivo

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REJEITOS GRANULARES

EMPILHAMENTO DRENADO → OBJETIVOS PRINCIPAIS



- Estrutura drenante: desaguamento por gravidade;
- Maciço não saturado, com maior densidade e maior vida útil;
- Melhores condições de estabilidade e minimização do risco de liquefação;
- Menor potencial de dano no caso de ruptura;
- Melhores condições para fechamento → fechamento progressivo.

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REJEITOS FINOS: CARACTERÍSTICAS RELEVANTES

- Elevada fração argila (Em geral: 100% <#200, ≈80% <#400);
- Baixa permeabilidade (10E-6 cm/s a 10E-8 cm/s);
- Propriedade importante: **Reologia**



Determina:

- ✓ Ângulo de repouso: Drenagem das águas superficiais
- ✓ Bombeabilidade da Polpa → Tipo de bomba ou limite viável
- ✓ Comportamento durante uma ruptura hipotética

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REJEITOS FINOS: REOLOGIA

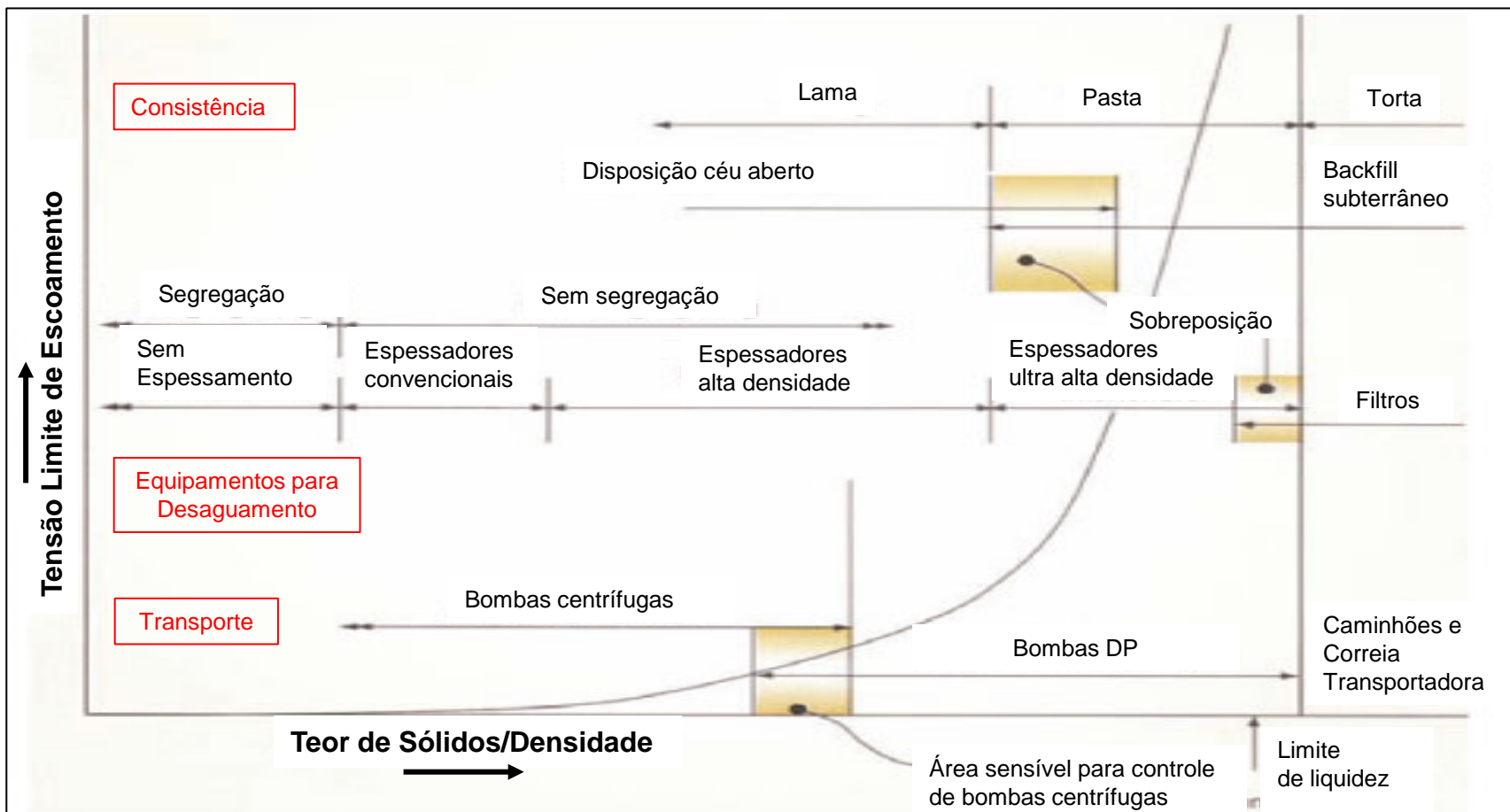


Ilustração de faixas de parâmetros associados à reologia – Modificado de Jewell and Fourie (2006)

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REJEITOS FINOS – DISPOSIÇÃO COM ESPESSAMENTO E SECAGEM

TESTES PILOTOS DE SECAGEM



Lançamento → TS = 33%



30 dias → TS >60%



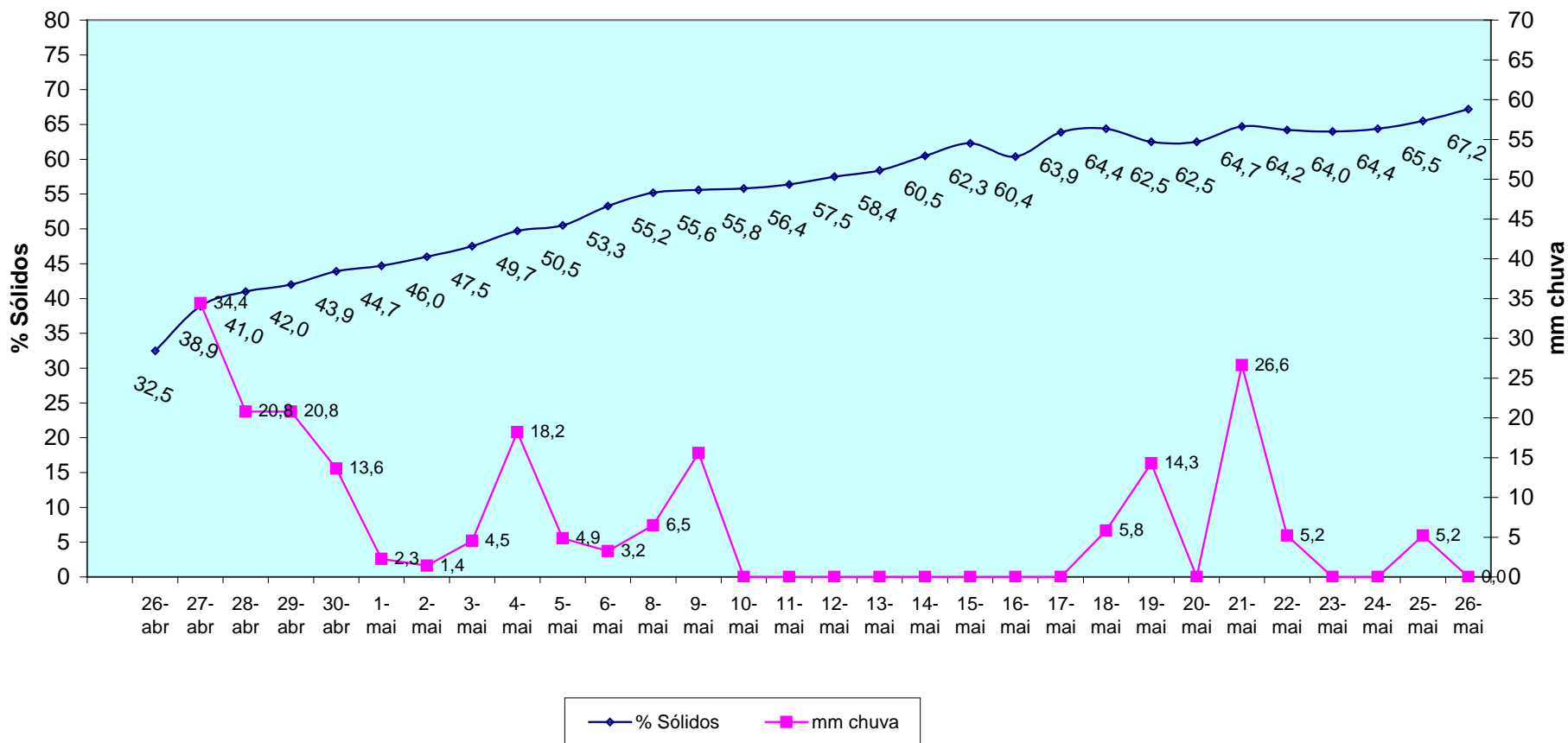
76 dias → TS ≈ 95%

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REJEITOS FINOS – DISPOSIÇÃO COM ESPESSAMENTO E SECAGEM

TESTES PILOTOS DE SECAGEM

Curva de Secagem



TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REJEITOS FINOS – DISPOSIÇÃO COM ESPESSAMENTO E SECAGEM

ESPESSAMENTO: USO DE ESPESSADORES OU TANQUES DE SEDIMENTAÇÃO E ADENSAMENTO



TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REJEITOS FINOS – DISPOSIÇÃO COM ESPESSAMENTO E SECAGEM

ESPESSAR ATÉ A MAX. DENSIDADE BOMBEÁVEL (CENTRÍFUGA OU DP);

- **MAIOR DECLIVIDADE;**
- **MAIOR DRENAGEM;**
- **MAIOR EVAPORAÇÃO**



Lançamento de rejeitos

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REJEITOS FINOS – DISPOSIÇÃO COM ESPESSAMENTO E SECAGEM

ÁREA SUFICIENTE PARA A SECAGEM → RODÍZIO DE LANÇAMENTO
CLIMA E RELEVOS ADEQUADOS
BONS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM → MAXIMIZAR A EVAPORAÇÃO



Rejeitos finos em processo inicial de secagem

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REJEITOS FINOS – DISPOSIÇÃO COM ESPESSAMENTO E SECAGEM

ÁREA SUFICIENTE PARA A SECAGEM → RODÍZIO DE LANÇAMENTO
CLIMA E RELEVOS ADEQUADOS
BONS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM → MAXIMIZAR A EVAPORAÇÃO



Rejeitos finos em processo avançado de secagem

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REJEITOS FINOS – DISPOSIÇÃO COM ESPESSAMENTO E SECAGEM



Início de recuperação ambiental após secagem

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REJEITOS FINOS – DISPOSIÇÃO COM ESPESSAMENTO E SECAGEM

OBJETIVOS PRINCIPAIS



- Redução da água no reservatório → Melhor estabilidade das paredes;
- Aumento da densidade e vida útil;
- Redução dos riscos (Menor Probabilidade x Menor Consequência);
- Melhores condições de descomissionamento (revegetação)

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REJEITOS FINOS – DISPOSIÇÃO COM FILTRAGEM

FILTROS TAMBORES → EFICIENTE ATÉ 50-60 % SÓLIDOS

- Alto TS (mas ainda saturado);
- Difícil bombeabilidade;
- Elevado ângulo de repouso;
- Maior drenagem;
- Maior evaporação.



Empilhamento de resíduos (*red mud*) com elevado teor de sólidos (*Dry Stacking*)

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REJEITOS FINOS – DISPOSIÇÃO COM FILTRAGEM

FILTROS PRENSA → EFICIENTE ATÉ 80 % SÓLIDOS

- Baixa umidade;
- Transporte por correia ou caminhões;
- Possível compactação.



**Resíduo filtrado por filtros prensa –
baixo teor de umidade**

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REJEITOS FINOS – FILTRO PRENSA: TESTES PILOTO



Testes de Bancada para pré dimensionamento da quantidade de filtros

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REJEITOS FINOS – FILTRO PRENSA: TESTES PILOTO



Filtros em escala reduzida para teste piloto –
geração de tortas para testes experimentais

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REJEITOS FINOS – FILTRO PRENSA: TESTES PILOTO



Tortas na saída dos filtros piloto

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

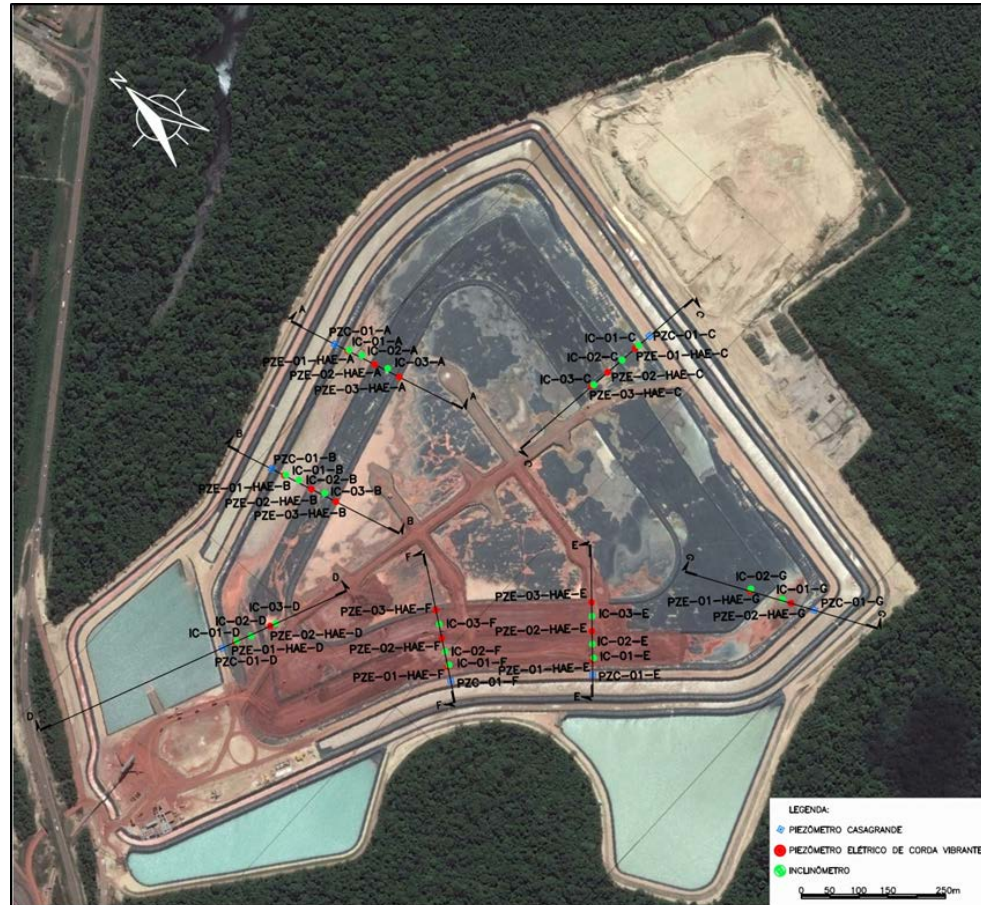
REJEITOS FINOS – FILTRO PRENSA: TESTES PILOTO

- Amostragem deformada para ensaios;
- Simulação da pilha de estoque;
- Espalhamento e compactação;
- Simulação de chuva;
- Controle de compactação;
- Coleta de amostras indeformadas;
- Ensaios de laboratório.



TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REJEITOS FINOS – FILTRO PRENSA



Método de disposição resíduo de filtro prensa – Hydro Alunorte

TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REJEITOS FINOS – FILTRO PRENSA

- Testes piloto;
- Estudos de trade off;
- Projeto conceitual/básico/detalhado;
- Manual de operação;
- Operação assistida.



TECNOLOGIAS DE MENOR RISCO

REJEITOS FINOS – REJEITOS FILTRADOS / FILTRO PRENSA

PRINCIPAIS VANTAGENS

- Reduzido custo da infraestrutura inicial (comparado à barragens);
- Taludes mais inclinados e maior densidade do material compactado → grande aproveitamento da área ocupada e aumento de vida útil
- Menores riscos: Menor probabilidade e menor consequência (Stack break);
- Fechamento progressivo;
- Disponibilidade hídrica → Reaproveitamento da água no processo de filtragem.

OBRIGADO PELA ATENÇÃO

**joao.pimenta@pimentadeavila.com.br
pimentadeavila@pimentadeavila.com.br**