

# **SOMINCOR – Mina de Neves Corvo**

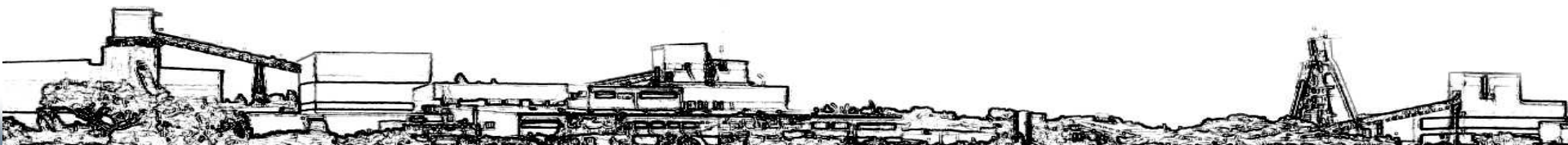
## **A problemática da Gestão dos Resíduos Mineiros**

**Mafalda Oliveira, Somincor**

**Jornadas de Investigação e Inovação do LNEC**

**Lisboa**

**26 de Março de 2012**

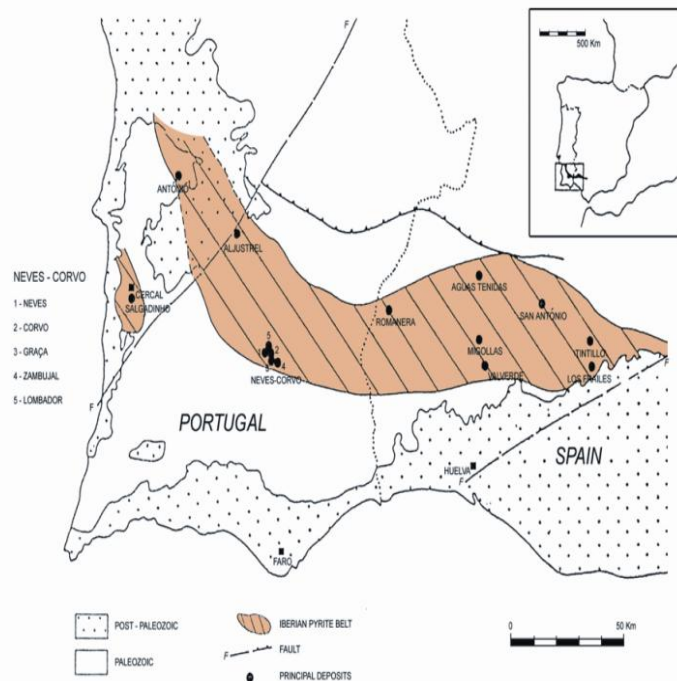


# Mina de Neves Corvo – introdução



- A Mina de Neves Corvo localiza-se no concelho de Castro Verde, a cerca de 200 km a sul de Lisboa, na faixa piritosa ibérica
- O jazigo foi descoberto em 1977, estando a mina em exploração desde 1988, pela Somincor - Sociedade Mineira de Neves-Corvo SA, empresa subsidiária integral do grupo Lundin Mining Corporation do Canadá.
- É a maior mina de Portugal sendo também uma mina de classe mundial pelos seus teores anormalmente elevados em Cobre, Zinco e Estanho.

# Mina de Neves Corvo – valores produção 2011



- Mina subterrânea, de sulfuretos maciços vulcanogénicos polimetálicos
- 3.3M tons de minério tratado
- 1 MTon escombros extraído
- 2.9 MTon de rejeitados produzidos no processo de concentração nas lavarias
- 0.9 MTon são reutilizados no enchimento dos desmontes
- 2 MTon são armazenados na Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo (IRCL)



# Complexo Mineiro de Neves Corvo





# Resíduos Mineiros - legislação

---

- A actividade de industrial da Somincor de extracção minério e produção de concentrados gera dois resíduos mineiros que são **o escombro e os rejeitados**.
- A gestão destes resíduos está regulamentada pelo disposto do Decreto-Lei nº 10/2010, de 4 de Fevereiro, que transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva nº 2006/21/CE do parlamento Europeu e do Conselho, sendo a entidade licenciadora a DGEG.
- Deverão ainda ser seguidas as recomendações do “Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities” que estabelece as Melhores Técnicas Disponíveis (MTD) para a gestão destes resíduos.

# Escombros - caracterização

---

- O material rochoso (rocha encaixante do jazigo) desmontado durante os trabalhos de desenvolvimento da infra-estrutura da mina de Neves Corvo é designado por escombros
- Uma parte do escombros é extraída para a superfície, após britagem no fundo da mina, tendo uma granulometria de 0 a 200 mm.
- O escombros é constituído por rochas vulcânicas ácidas e alguns xistos negros, contendo sulfuretos disseminados → resíduos não inertes

# Escombros - localização das escombreadas



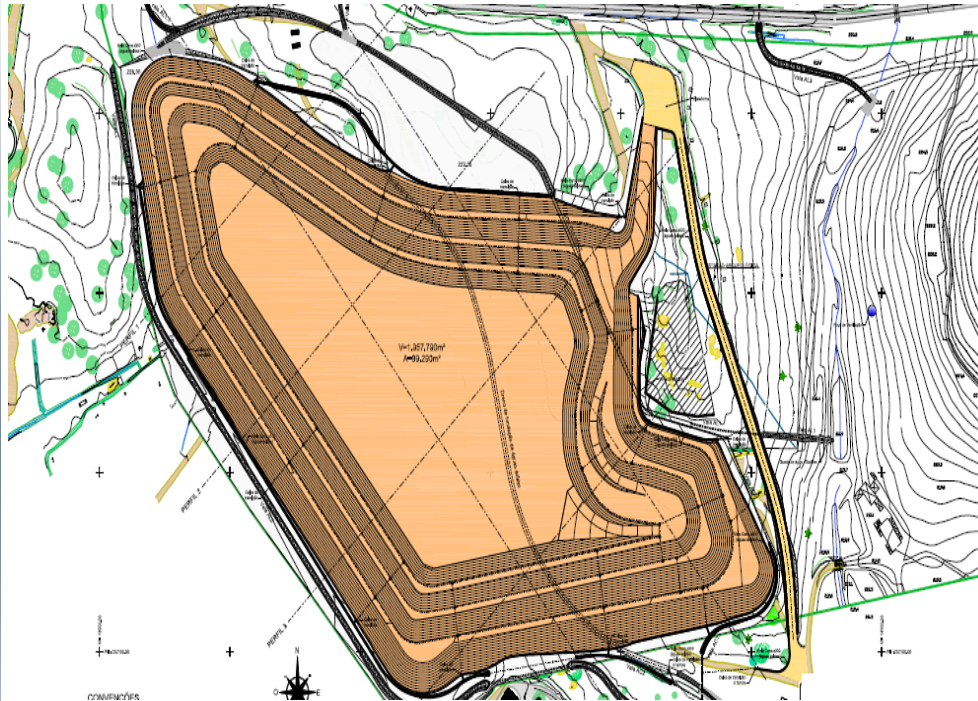


# Escombros - armazenamento actual



- O escombros extraído é armazenado à superfície em dois depósitos designados por escobreiras E1A e E1B, localizados no extremo este do complexo mineiro, próximo da Ribeira de Oeiras (rede natura 2000).
- Estes depósitos são temporários não podendo existir no final da vida da mina : situação a resolver
- No final de 2011 estavam armazenados nas escobreiras da Somincor 4.5 MTon de escombros, ocupando 1,8 Mm<sup>3</sup>

# Escombros - armazenamento futuro



- Nova escombreira, designada por E2, localizada a norte do complexo mineiro
- Projecto elaborado de acordo com todos os requisitos da legislação actual:
- Construção a iniciar em 2013

Capacidade para 2 Mm<sup>3</sup>

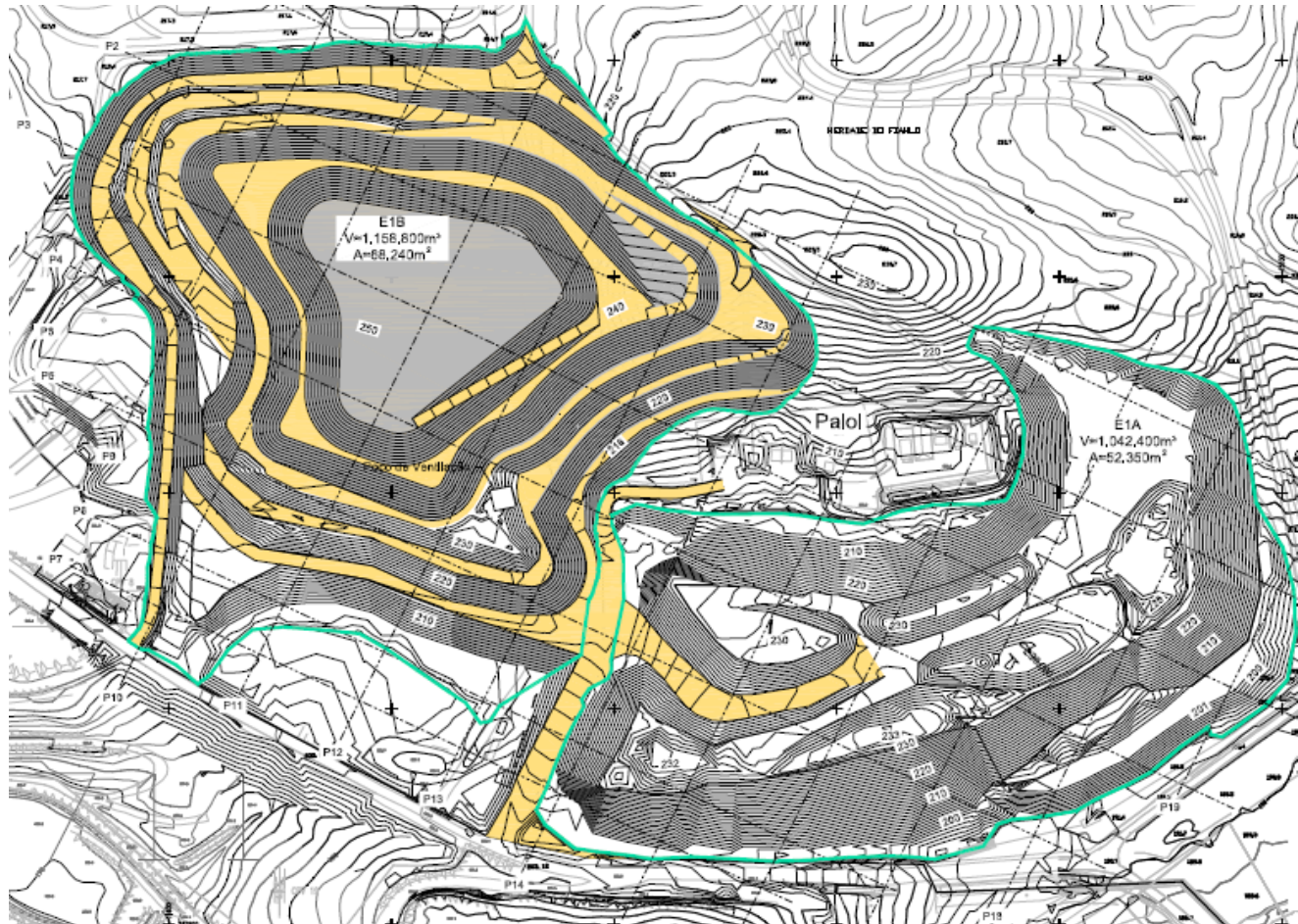
# Escombreyras – reabilitação e monitorização

---

- Grandes sinais de instabilidade: fendas de tracção e escorregamentos
- Campanha de caracterização geotécnica → Projecto de reabilitação:
  - Reabilitação de taludes e construção de faixa de protecção
  - Reabilitação da rede de drenagem
- Plano de Monitorização:
  - Inspeção Visual Aterros e Sistema Drenante
  - Controlo das quantidades depositadas
  - Controlo do método de deposição
  - Monitorização de 6 Piezómetros entre E1 e Ribeira Oeiras:
    - Níveis piezométricos
    - Qualidade da água subterrânea



# Escombros – reabilitação das escombreyras E1A e E1B



# Escombreiras – reabilitação de taludes e faixa de protecção





# Escombreiras – reabilitação da rede de drenagem



Limite NW da E1A



# Escombreiras – reabilitação da rede de drenagem



Limite NE da E1B

# Escombreiras – reabilitação da rede de drenagem



Tanques na base da E1A



# Escombreiras – reabilitação da rede de drenagem



Limite NNE da E1A



# Escombreiras – reabilitação da rede de drenagem



Limite Este da E1A

# Rejeitados – deposição e gestão

---

- Os rejeitados produzidos nas lavarias do Cobre e do Zinco têm grande potencial de acidificação
- Foram até final de 2010 depositados subaquaticamente na albufeira da Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo (IRCL)
- Este método de deposição permite uma minimização da oxidação sendo considerado uma MTD para gestão de rejeitados de sulfuretos
- Obriga a uma cobertura de água permanente e ao encerramento no final da vida da mina ou da vida da instalação
- Região de clima semi-árido em que a evaporação é o triplo da precipitação

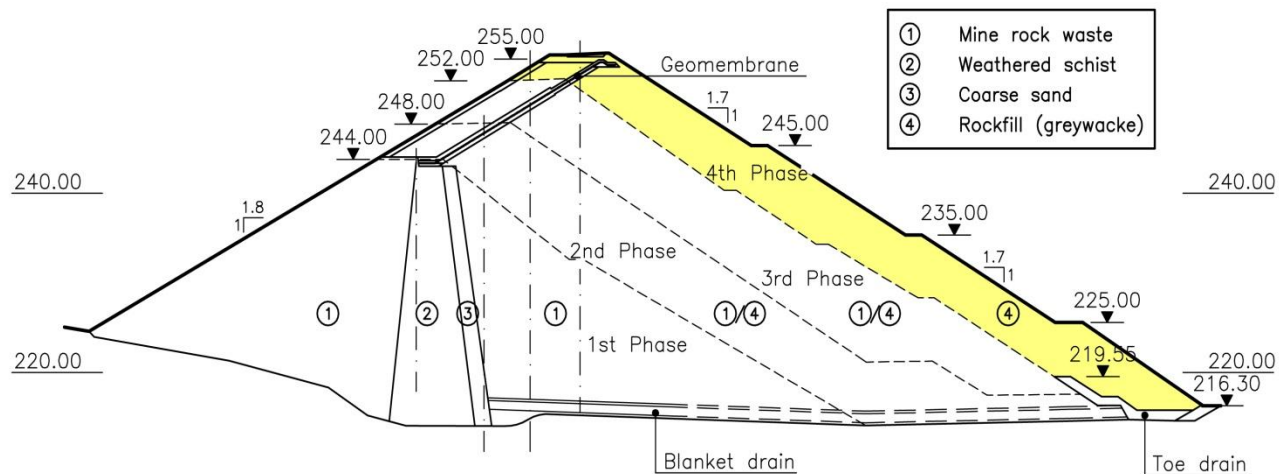
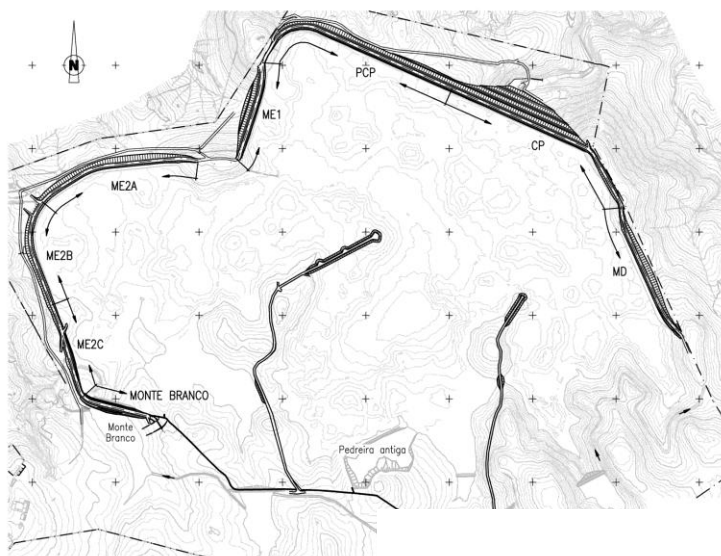
# Instalação de Resíduos do Cerro do Lobo (IRCL) – descrição geral



- A IRCL corresponde a uma estrutura construída em forma de barragem de enrocamento, criando uma albufeira com capacidade total de 20 Mm<sup>3</sup> e 17Mm<sup>3</sup> para armazenamento subaquático de rejeitados.
- A barragem é constituída pelo corpo principal e 3 portelas, tendo 3,3 Km de desenvolvimento total ao nível do coroamento e 42 m de altura máxima acima da fundação.
- Construída em 4 fases distintas, com alteamentos para jusante
- Descarga nula para o meio ambiente



# IRCL – planta geral e perfil transversal do corpo principal



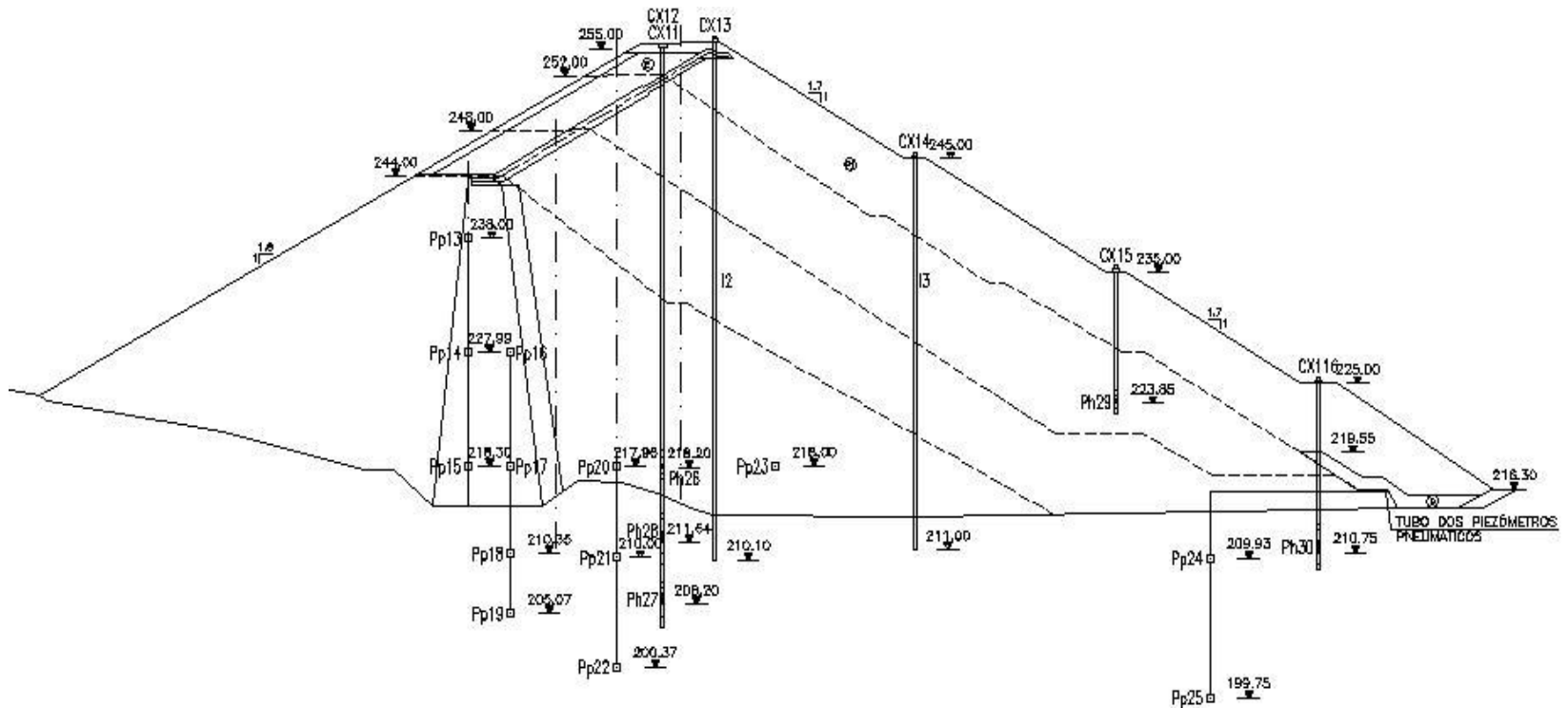
# IRCL – plano de monitorização

---

- O plano de monitorização da IRCL baseia-se nas seguintes legislações nacionais:
  - Regulamento de Segurança de Barragens RSB – Decreto-Lei nº 344/2007
  - Normas para Observação e Inspeção de Barragens NOIB – Portaria nº 847/93
  - Gestão de resíduos das explorações de depósitos minerais e massas minerais . Decreto-Lei nº 10/2010

tendo por objectivo promover e assegurar a estabilidade hidráulica, estrutural e ambiental da instalação.

# IRCL – instrumentação instalada no corpo principal





# IRCL – plano de monitorização

---

- Inspeção visual (rotina, especialidade e excepcional )
- caudal de infiltrações (19 poços)
- Medições piezométricas nos aterros e fundação: 35 piezómetros pneumáticos e 18 piezómetros hidráulicos em 10 perfis de observação
- Medições piezométricas no aquífero: 36 piezómetros Casagrande
- Medição dos deslocamentos horizontais e verticais dos aterros : 41 marcas topográficas
- Medição de deslocamentos internos: 4 inclinómetros no corpo principal

# IRCL – plano de monitorização

---

- Monitorização de eventos sísmicos: 2 acelerómetros na fundação e aterro
- Medição da cota da albufeira
- Medição da cota dos rejeitados
- Dados meteorológicos e balanço de águas
- Taxas de produção de rejeitados
- Monitorização da qualidade da água na albufeira, poços de infiltrações e piezómetros Casagrande
- Duas auditorias externas anuais realizadas uma pelo projectista e outra por um consultor independente
- Produção de relatórios anuais de monitorização para envio à Autoridade.

# IRCL – frequência da monitorização hidráulica e estrutural

Parâmetro	Frequência	Frequência Recomendada
Inspeção Visual de Rotina	Diária com registo mensal	Mensal
Inspeção Visual de Especialidade	Anual	Anual
Inspeção Visual Excepcional	Após um evento	Após um evento
Movimentos Superficiais	Semestral	Bienal
Movimentos Internos	Semestral	Semestral
Caudal de Infiltrações	Diária (análise mensal)	Mensal
Níveis Piezométricos	Mensal	Trimestral
Cota da albufeira	Diária	Diária
Cota dos Rejeitados	Anual	
Registos Meteorológicos	Diária	Diária
Registos Sísmicos	Permanente	Permanente

Plano de Monitorização da IRCL - Frequência



# IRCL – frequência da monitorização ambiental

<p align="center"><u>Água da albufeira:</u></p> <p>pH pH, Condutividade, Sulfatos e Ca As, Cu, Fe e Zn Hg</p>	<p>Diária Mensal Trimestral Semestral</p>
<p align="center"><u>Água recirculada da albufeira:</u></p> <p>pH, Condutividade, Ox. Diss., Sulfatos, Cloretos, Cu SST, CQO, CBO<sub>5</sub>, Ca, As, FE e Zn Nitratos, Azoto amoniacal, Azoto Kjeldahl, Carbonatos, Alcalinidade, Dureza Total e SDT Cd, Pb, Cr, Ni, Hg, e Mn Hidrocarbonetos dissolvidos totais, óleos e gorduras</p>	<p>Quinzenal Mensal Trimestral</p> <p>Anual 2 X ano</p>
<p align="center"><u>Água das infiltrações:</u></p> <p>pH pH, Condutividade, SST, Sulfatos, Cloretos, Ca, As, Cu Ox. Diss., Dureza Total, Nitritos, Azoto amoniacal, Na, K, Fe, Pb, Mn, Hg, e Zn</p>	<p>Diária Trimestral</p> <p>Anual</p>
<p align="center"><u>Água piezómetros Casagrande:</u></p> <p>pH, Condutividade, Sulfatos, Cloretos, Ca, As, Cu e Nitratos SST, Ox. Diss., Dureza Total, Nitritos, Azoto amoniacal, Na, K, Fe, Pb, Mn, Hg, Zn, Sn e Hidrocarbonetos aromáticos polinucleares.</p>	<p>Trimestral</p> <p>Anual</p>

Plano de Monitorização ambiental da IRCL - Frequência

# Rejeitados – alternativa de deposição e gestão

---

- A capacidade da albufeira da IRCL atingiria o seu limite no final de 2011, no entanto as reservas entretanto descobertas permitiam um prolongamento da vida da mina até 2028
- Devido a razões económicas, de segurança, topográficas e capacidade não seria possível promover um novo alteamento da IRCL pelo que a Somincor decidiu em 2001, e de modo a responder atempadamente a esta situação sem comprometer a sustentabilidade da operação, dar início à investigação de um método alternativo de deposição de rejeitados

# Rejeitados – projecto da pasta

---

- O novo método consiste na deposição ao ar de pasta de rejeitados que considerou três diferentes aspectos:
  - O estudo da possibilidade de produzir pasta de rejeitados usando para o efeito um Espessador de Cone Profundo, antes da sua deposição na albufeira da IRCL
  - Estudar a possibilidade de criar áreas mais pequenas de deposição à custa da construção de bermas/diques com o escombros da mina de modo a minimizar o tempo de exposição
  - Estudar a possibilidade de também armazenar na albufeira do IRCL o escombros armazenado à superfície, dado o carácter temporário das escombreciras.



# Rejeitados – fases do projecto da pasta

---

## ■ Estudos e Engenharia:

- Estudos de pré-viabilidade – 2001
- Testes laboratoriais – 2002
- Ensaios de campo – Set. 2002 a Set. 2005
- Investigação hidrogeológica do aquífero e modelo hidrogeológico e geoquímico 2003
- Teste Piloto – 2004 até 2010
- Estudo de viabilidade Concluído em Dezembro 2007
- Engenharia de Base – Concluído em Julho 2008
- Avaliação da estabilidade da deposição de pasta for Paste - Junho 2009
- Projecto de execução – Concluído em Julho 2009

## ■ Construção

- Central de Produção de pasta - Agosto 2009 a Novembro 2010
- Células para deposição de pasta – Outubro 2009 até à data

# Rejeitados – resultados obtidos no projecto da pasta

---

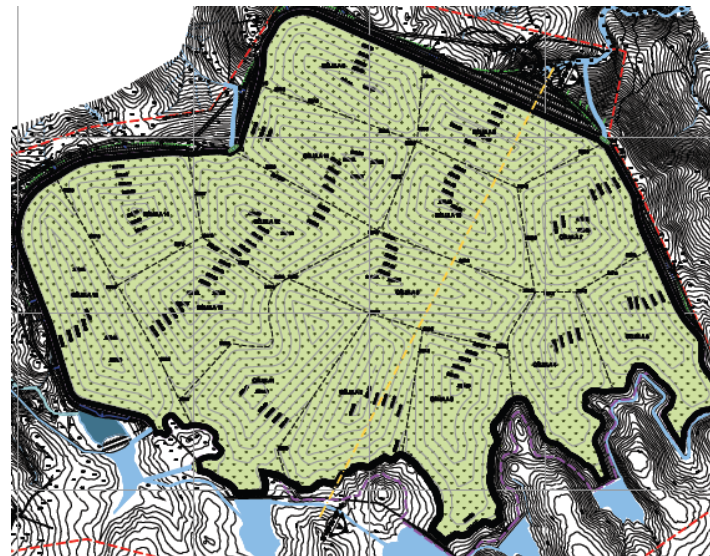
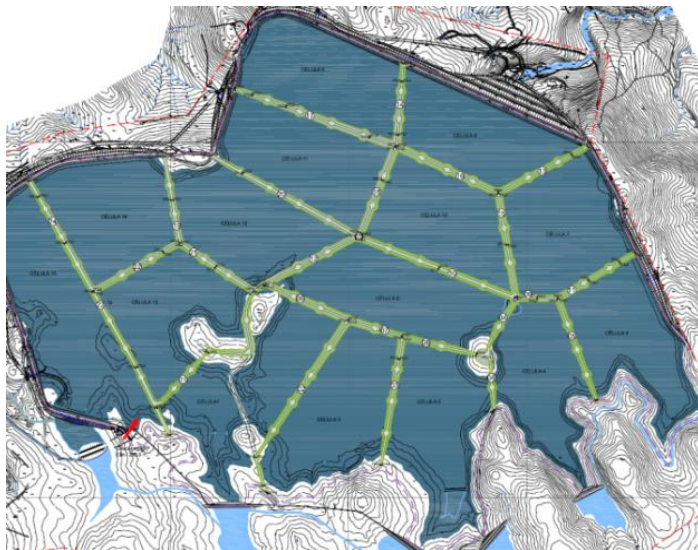
- Construção sequencial de células na albufeira da IRCL, usando escombros na construção dos diques delimitadores, o que permite a redução das áreas de exposição e o encerramento progressivo da IRCL
- Encerramento imediato de cada célula de deposição com uma cobertura, que inclui uma camada de escombros, estudada para manter níveis de saturação elevados da pasta
- Minimização de impactos ambientais (redução da oxidação dos sulfuretos e geração de lixiviados)
- Encerramento progressivo da albufeira da IRCL durante a fase de operação da empresa
- Optimização da estabilidade geoquímica, geotécnica e hidrogeológica
- Capacidade de armazenamento do escombros a produzir

# Rejeitados – Inovações do projecto da pasta da Somincor

---

- O projecto da pasta da Somincor é pioneiro a nível nacional e internacional. Pela primeira vez na Europa se está a produzir pasta de rejeitados com elevado teor em sulfuretos, para deposição a céu aberto, sobre rejeitados depositados subaquaticamente, numa região com clima semi-árido e numa área sem impermeabilização.
- Também pela primeira vez a nível mundial se constroem células de deposição, para co-deposição de rejeitados e escombros, o que permitirá um enchimento e encerramento progressivo da IRCL e um encerramento das escombreliras.

# Rejeitados – layout original das células

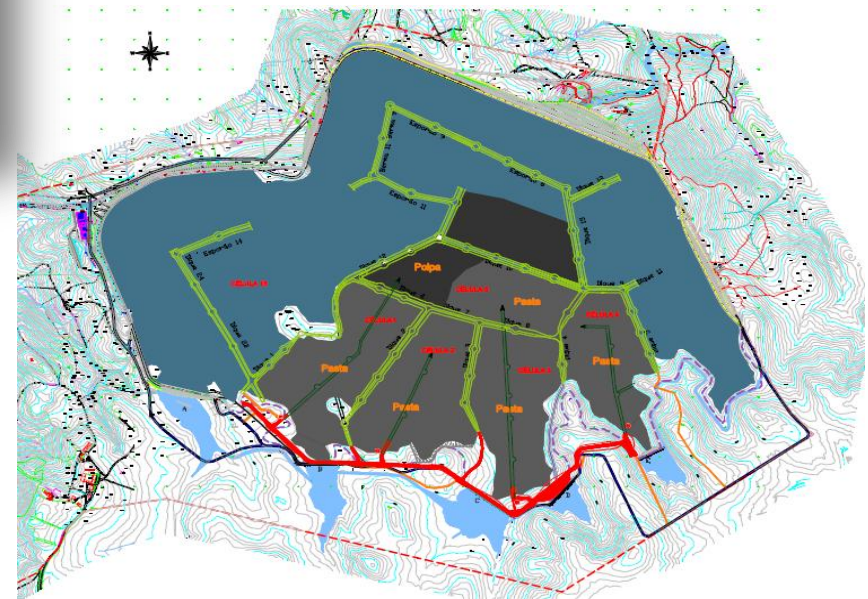


A deposição de pasta de rejeitados implica a :

- Divisão da albufeira da IRCL em 15 células
- Construção de diques com escombro sobre rejeitados subaquáticos
- Cobertura das células após enchimento



# Rejeitados – central da pasta e layout actual



# Rejeitados – construção dos diques



Diques com 7 m de largura no coroamento, alturas variáveis e inclinação de taludes de 1:1.5 V:H

**Consumo de 2.2 Mton de escombros**

# Monitorização da deposição de pasta – cotas de deposição

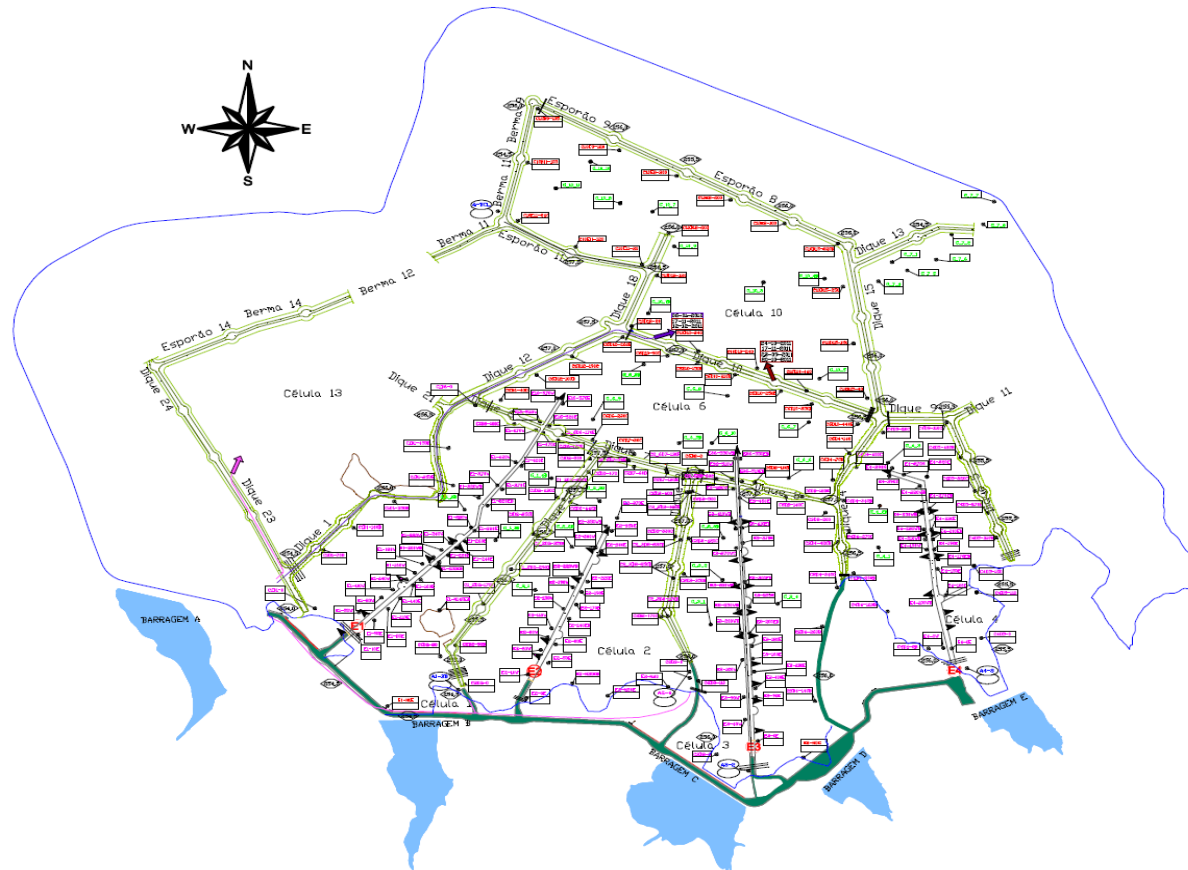


*Estaca activa, em local onde decorre a deposição de pasta*



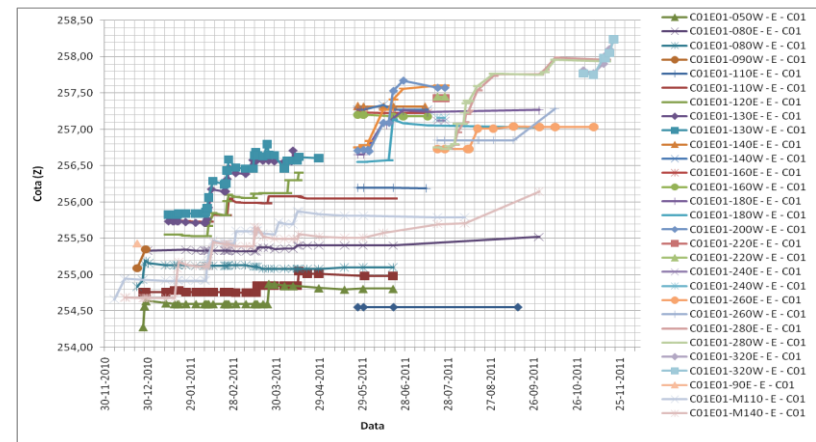
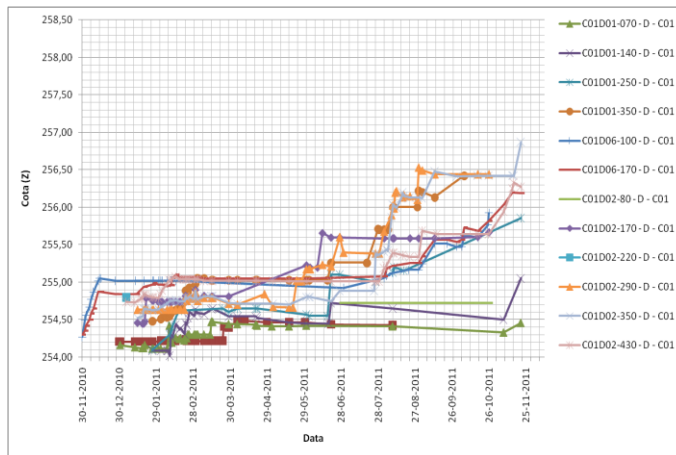
*Estaca inactiva, em local onde ocorreu deposição de pasta há cerca de 2 meses*

# Monitorização da deposição de pasta – cotas de deposição





# Monitorização da deposição de pasta – cotas de deposição

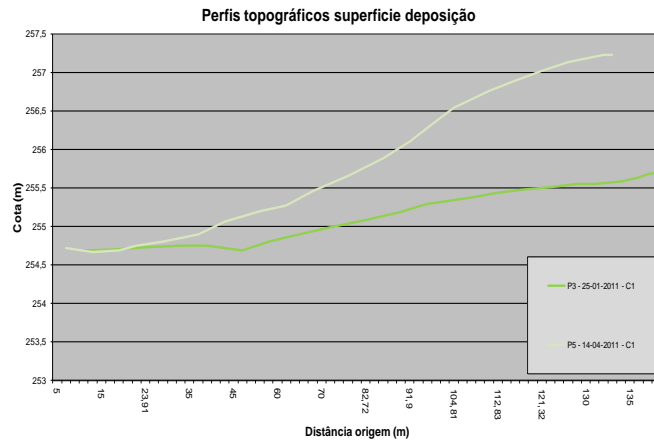


# Monitorização da deposição de pasta – ângulos de deposição

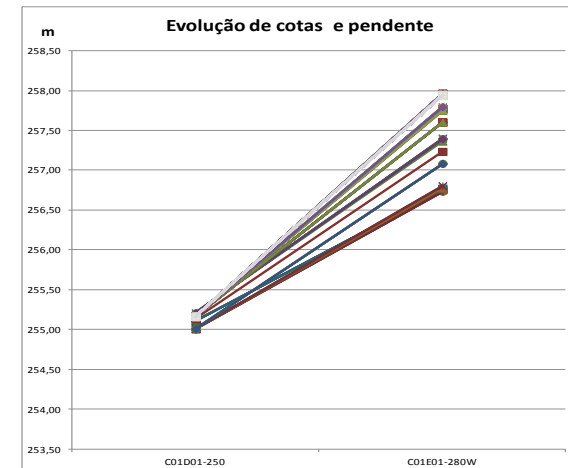
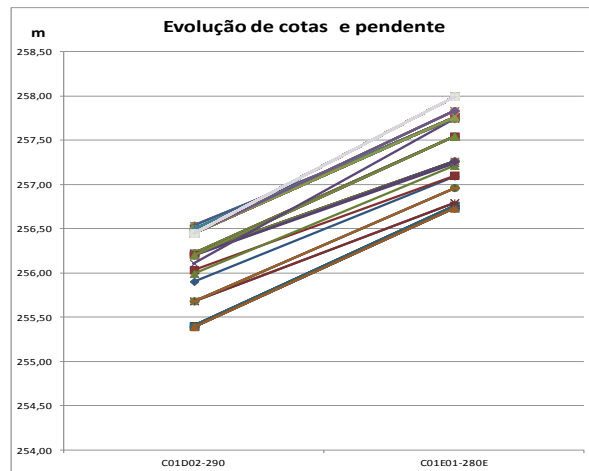


Equipamento utilizado no levantamento topográfico da superfície do material depositado e execução de um perfil de medição.

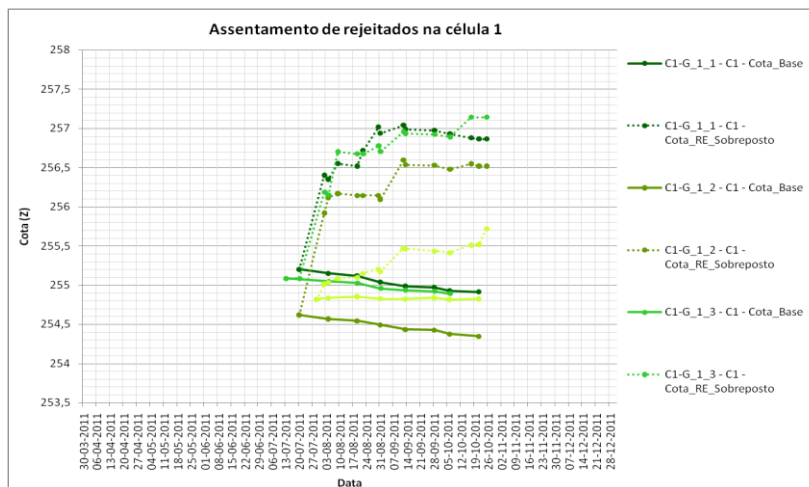
# Monitorização da deposição de pasta – ângulos de deposição



Utilização dos “trenós”  
e redes de estacas



# Monitorização da deposição de pasta – assentamentos



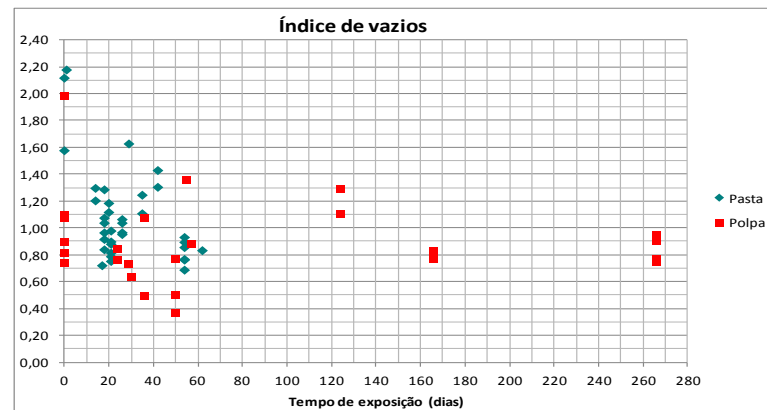
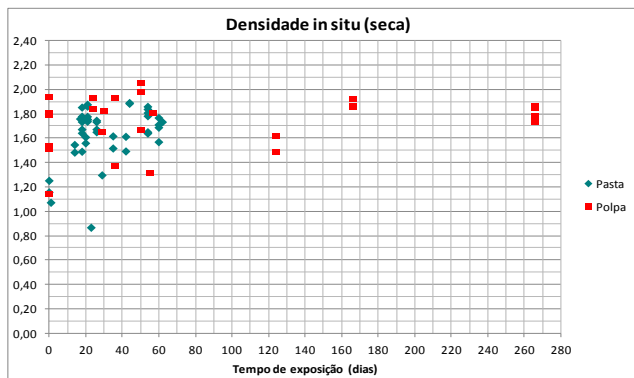


# Monitorização da deposição de pasta – amostragens para ensaios laboratoriais



*Recolha de amostras para determinação de densidade in situ, índice de vazios e análise granulométrica*

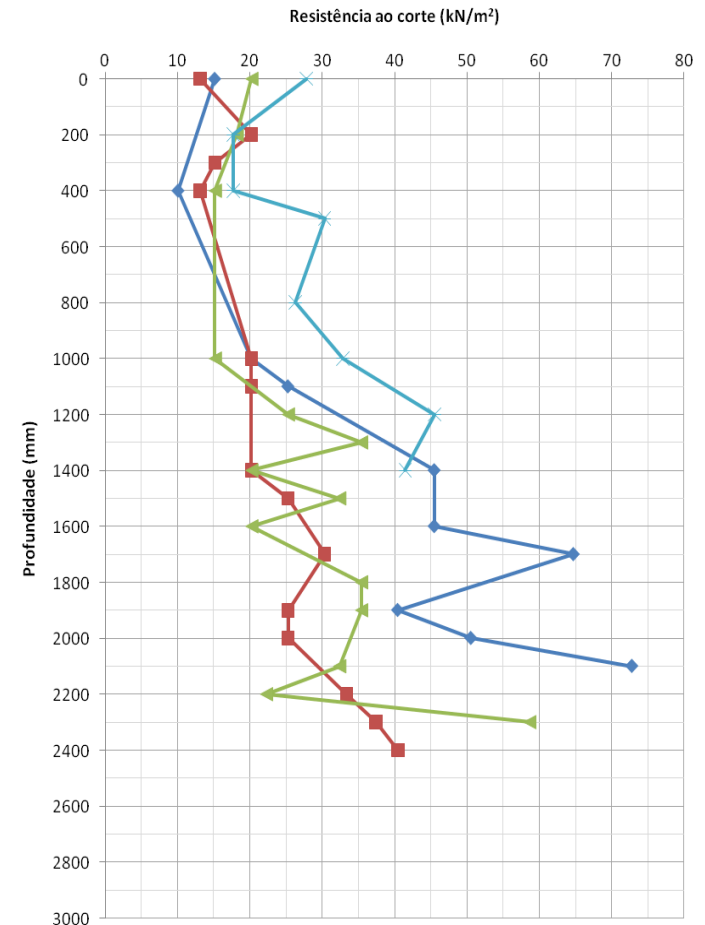
# Monitorização da deposição de pasta – densidades “in situ” e índice de vazios



# Monitorização da deposição de pasta – medição da resistência ao corte

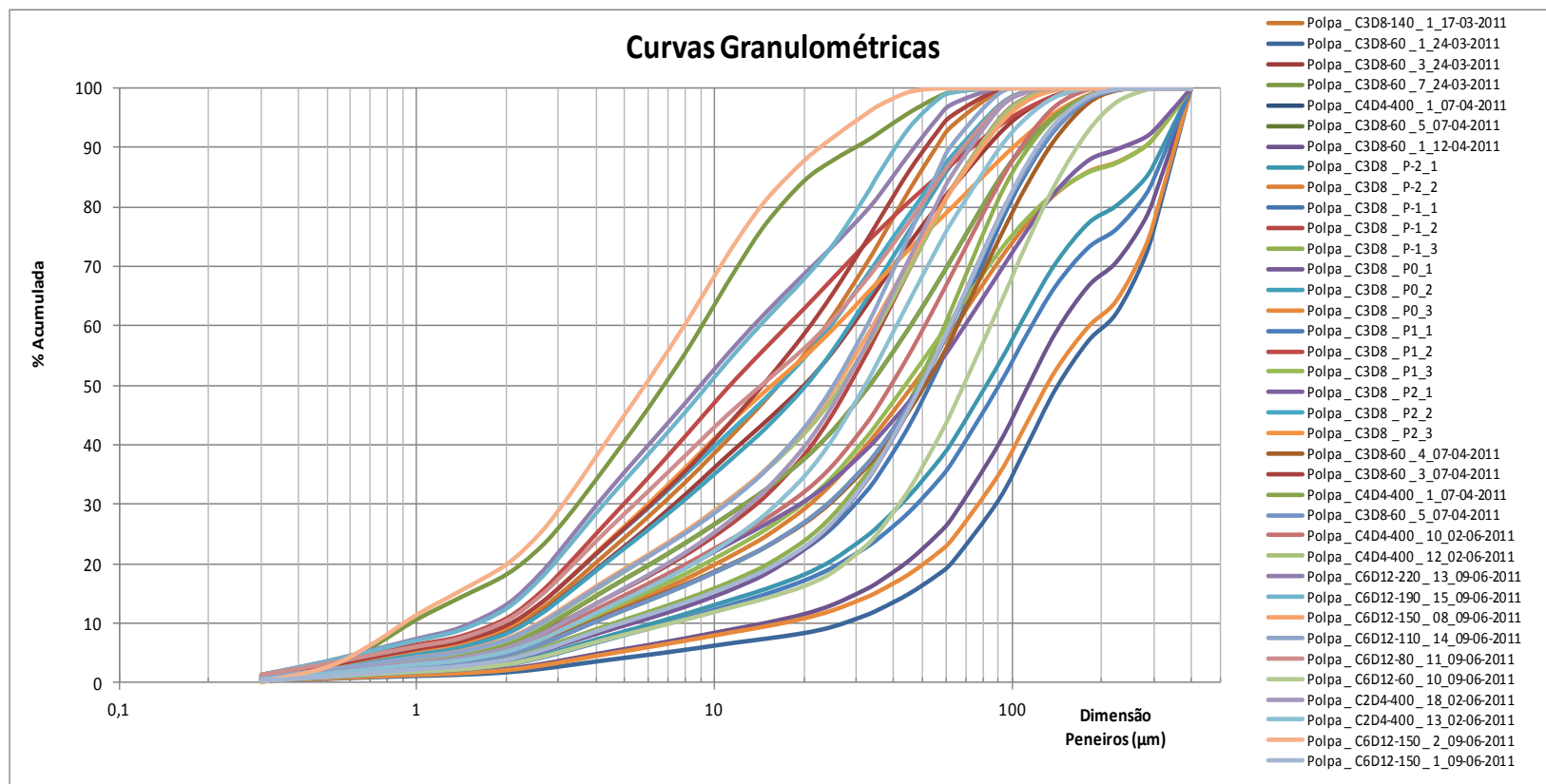


Ensaio de resistência ao corte  
(vane test)



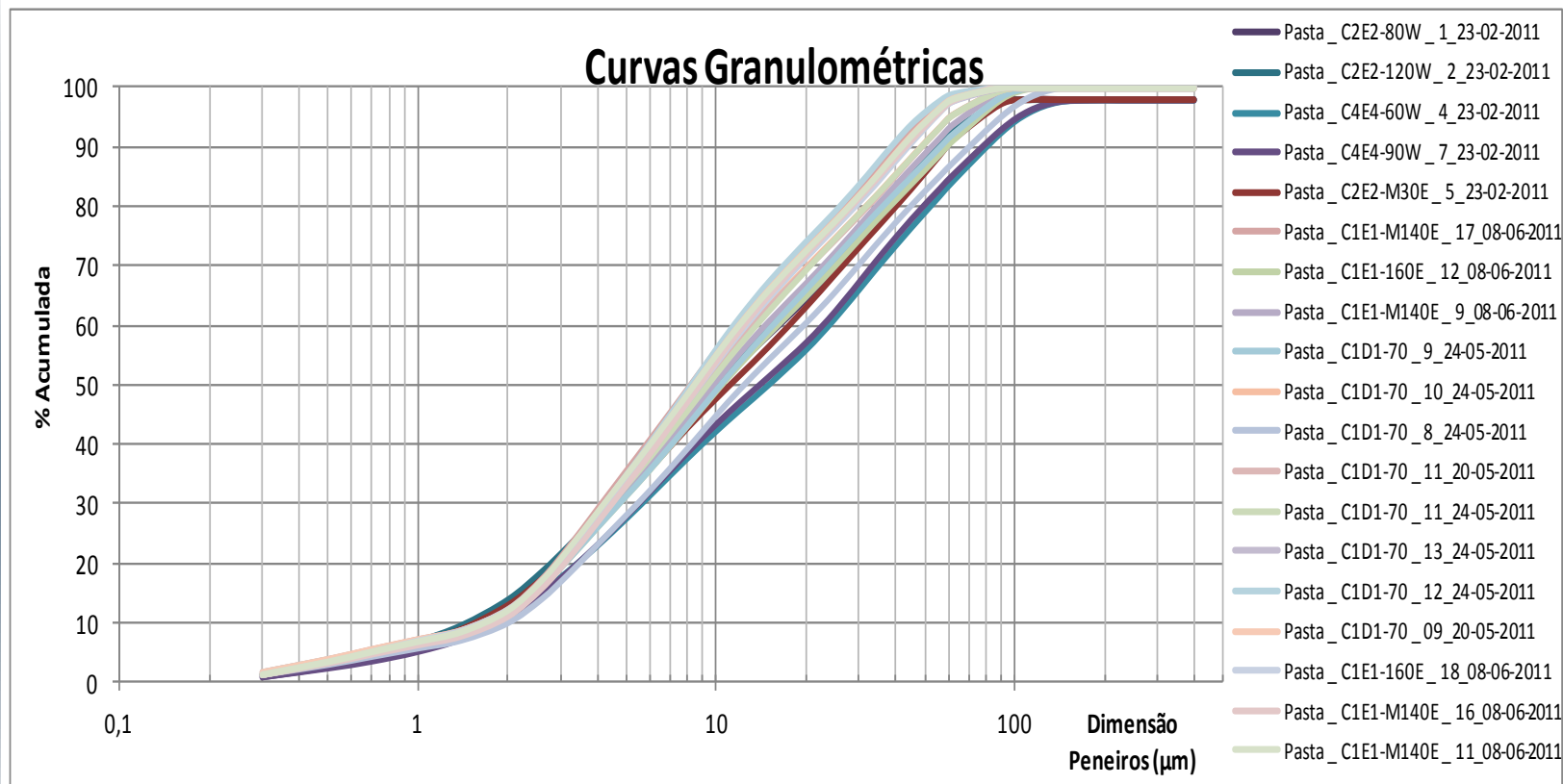


# Monitorização da produção de pasta – distribuição granulométrica da polpa





# Monitorização da produção de pasta – distribuição granulométrica da pasta

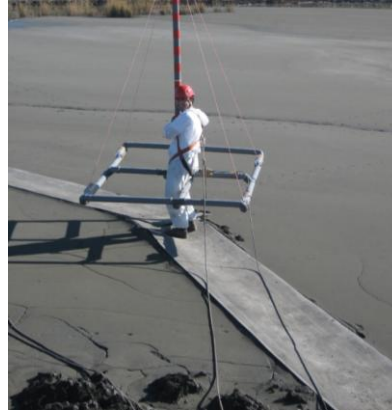


# Monitorização da deposição de pasta – medição das pressões neutras



Cravação de piezómetro “push-in”

# Monitorização da deposição de pasta – medição das pressões neutras



Instalação de piezómetro em  
marca de assentamento



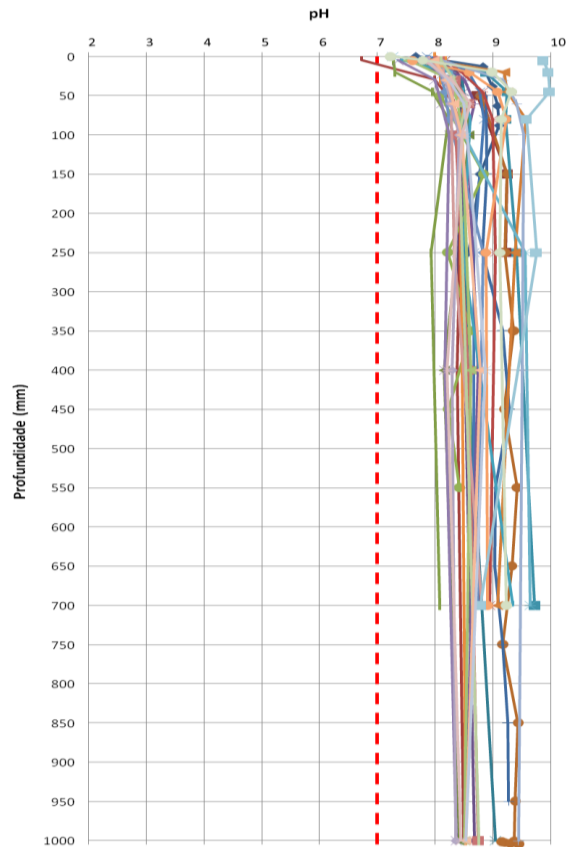


# Monitorização da deposição de pasta – amostragens para ensaios geoquímicos

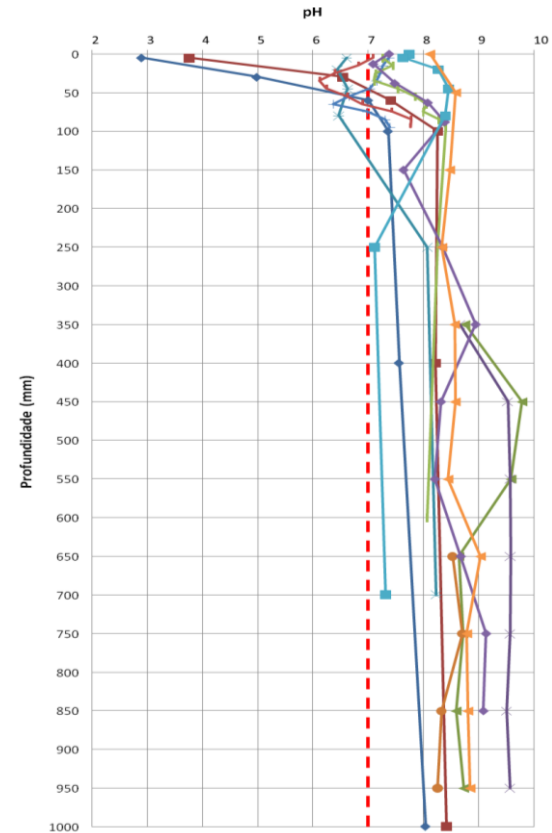




# Monitorização da deposição de pasta – medição de pH na pasta e polpa

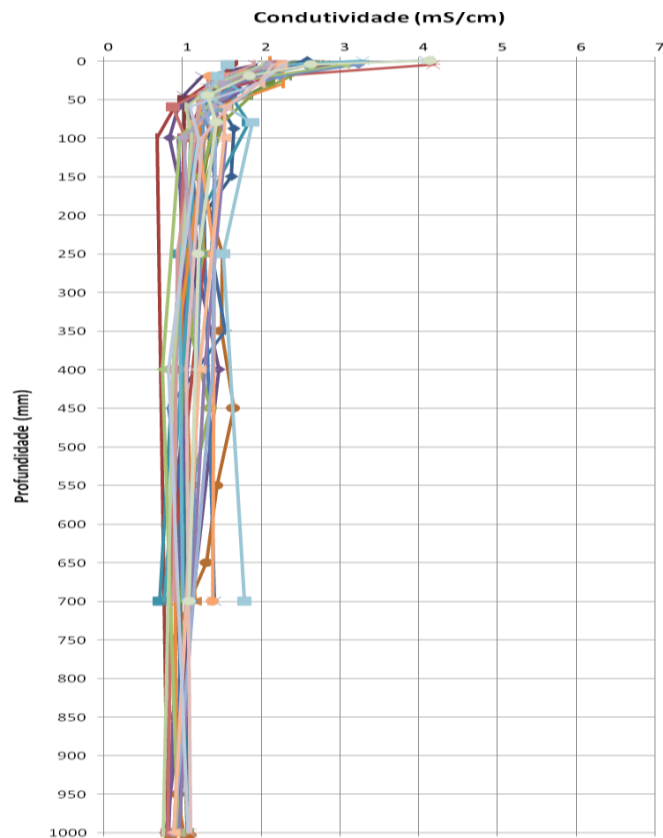


Pasta

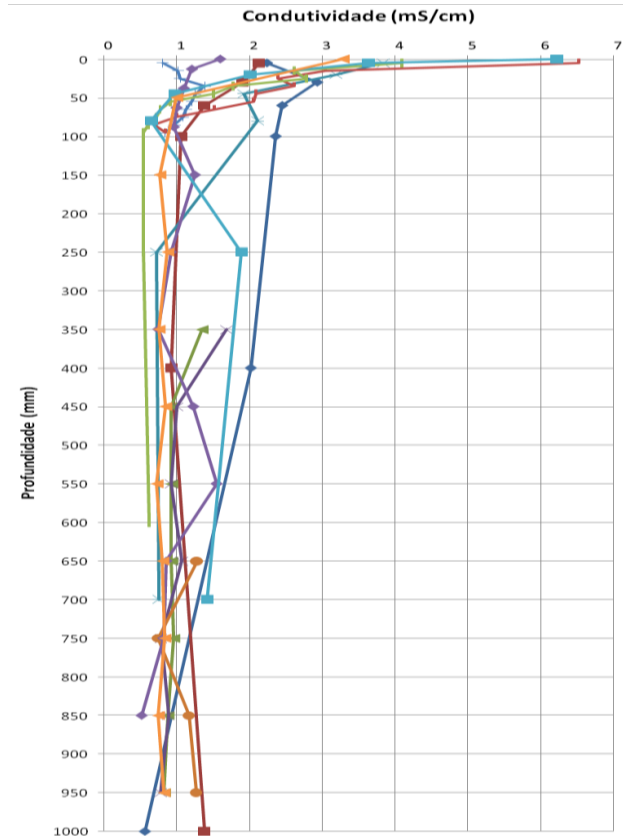


Polpa

# Monitorização da deposição de pasta – medição de condutividade



Pasta



Polpa

# Monitorização da deposição de pasta - programa geral



Expansão da Instalação de Resíduos de Cerro do Lobo  
Utilizando Tecnologia da Pasta/Rejeitados Espessados  
Plano de Monitorização de Deposição



Testes/Informação		Periodicidade (Período Operação)	Em curso
Clima	Temperatura	d	X
	Precipitação	d	X
	Evaporação	d	X
Informação Lavaria	Tipo de Rejeitados (OverflowVsTotais)	2h/2h	X
	DBO, DBO, D10	d	X
	Densidade rejeitados	2h/2h	X
	Caudal rejeitado enviado para barragem	2h/2h	X
	Toneladas de sólidos enviado para lavaria	2h/2h	X
	Caudal rejeitado para espessador	2h/2h	X
	Toneladas de sólidos processados pelo espessador	2h/2h	X
	Pressão cilindro espessador	2h/2h	X
	Nível camra espessador	2h/2h	X
	Dosagem flocculente	2h/2h	X
Informação Central de Espessamento	Torque espessador	2h/2h	X
	Densidade underflow	2h/2h	X
	Cálculo de deposição	2h/2h	X
	N. sólidos underflow	2h/2h	X
	Pressão na conduta de pasta	2h/2h	X
	Diferença de pressão por metro	2h/2h	X
	Slump tests	2h/2h	X
	Field Stress (30 cent)	2h/2h	X
	Field Stress e Viscosidade	d	X
	Ponto de deposição polos e pasta activos	d	X
Deposição	Pontos de subida de cota de polpa e pasta	d	X
	Pontos de subida de cota de água dentro das células e na alfubeira	d	X
	Ângulos de deposição	d	X
	Inspeção diques	s	X
	Desenho de configuração de deposição	15d/15d	X
	Modelação 3D	m	X
	Apareamento in situ	15d/15d	X
Geotécnicos	Testes de sedimentação/assentamento	contínuo	X
	Densidade "in situ" e índice vazios - amostrador Shelby	m	X
	Densidade "in situ" e índice vazios - amostrador pistão	s	X
	Resistência ao corte - vane tests	m	X
	Distribuição granulométrica	Postural	X
	Testes de caracterização física (granulometria, limite de plasticidade, peso específico)	s	X
	Índice de vazios e permeabilidade - perfis verticais CPTU's	s	X
	Resistência penetração - perfis verticais CPTU's	s	X
	Ensaio Triaxial	3 a 5a (dependendo da variabilidade dos materiais)	X
	Ensaio Edométrico	3 a 5a	X
	SWCC - Soil Water Characteristic Curve tests	(dependendo da variabilidade dos materiais)	X
	Curvas de sedimentação e Consolidação	3 a 5a (dependendo da variabilidade dos materiais)	X
	Curva de índice vazios crítico	3 a 5a (dependendo da variabilidade dos materiais)	X
	Piezometria e Evolução de pressões de poro	evól. de diária a mensal a anual dependendo da evolução	X
	Sucção Matricial	m	X
Geoquímica	Qualidade da água de poro	evól. de mensal para trimestral para anual e depois para quinzenal	X
	Nível freático nos rejeitados	m	X
	Grau de saturação	m	X
	pH and condutividade da água nos células	s	X
	pH and condutividade superficial nos rejeitados	s	X
pH and condutividade em perfil nos rejeitados	evól. de mensal a trimestral a anual, dependendo da evolução	X	

# Monitorização da deposição de pasta - programa geotécnico

	Testes/Informação	Periodicidade (Período Operação)	Em curso
Geotecnia	Assentamento in Situ	15d/15d	X
	Testes de sedimentação/assentamento	pontuais	X
	Densidade "in situ" e índice vazios - amostrador shelby	m	X
	Densidade "in situ" e índice vazios - amostrador pistão	s	
	Resistência ao corte - vane teste	m	X
	Distribuição granulométrica	Pontual	X
	Testes de caracterização física (granulometrias, limites plasticidade, peso específico)	a	X
	Índice de vazios e permeabilidade - perfis verticais CPTU's	a	X
	Resistência penetração - perfis verticais CPTU's	a	X
	Ensaio Triaxiais	3 a 5a (dependendo da variabilidade dos materiais)	X
	Ensaio Edométricos	3 a 5a	X
	SWCC - Soil Water Characteristic Curve tests	3 a 5a (dependendo da variabilidade dos materiais)	
	Curvas de sedimentação e Consolidação	3 a 5a (dependendo da variabilidade dos materiais)	
	Curva de Índice vazios crítico	3 a 5a (dependendo da variabilidade dos materiais)	
	Piezometria e Evolução de pressões de poro	evolui de diária a mensal a anual dependendo da evolução	
Sucção Matricial	m		



# Rejeitados – deposição e secagem da pasta



# Rejeitados – evolução da exploração da IRCL





# Mina de Neves Corvo

## A problemática da gestão dos Resíduos Mineiros

---

Muito obrigada pela vossa atenção

