



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

***PMI-3236***

***PROJETO DE LAVRA DE MINAS***

***AULA 02 - 2023***

***Fases de Projeto de Lavra***

***Prof. Giorgio de Tomi***

***Prof. Ricardo Cabral de Azevedo***

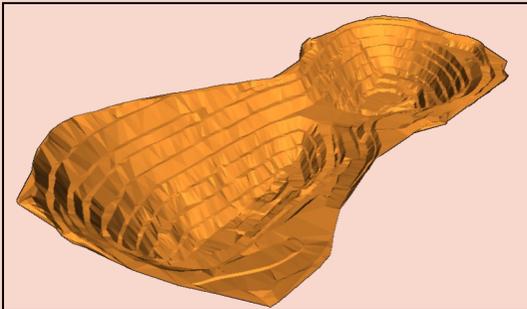


## SUMARIO

- QUIZ Aula 02
- Cadeia de Valor Mineral
- Abordagem FEL
- Fases FEL em projetos de lavra
- Exemplos
- Revisão
- Pós-aula

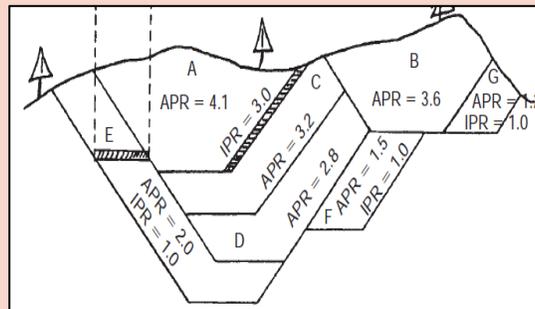
## PMI-3325 LAVRA A CÉU-ABERTO

- Métodos de Lavra (Lavra em bancadas, em tiras, de rochas ornamentais, métodos hidráulicos)
- Desenho de cava (atividades [Modelo Geológico, Topográfico e Geotécnico, Termo de Referência, Mecanismos, Produtos], geometrias básicas)
- IPCC
- Micromine (projeto prático de desenho de cava)



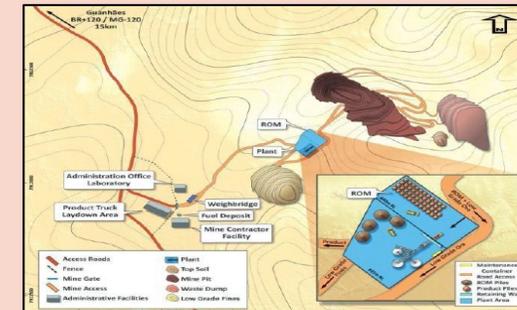
## PMI-3220 PLANEJAMENTO DE LAVRA DE MINAS

- Cadeia de Produção Mineral (Conceito, Gestão e Governança)
- Códigos internacionais de Recursos e Reservas Mineiras
- Fatores Modificadores de conversão de recursos para reservas
- Planejamento de Lavra (Ciclo, Horizonte [Longo, médio e curto])
- Micromine (Projeto prático de planejamento de lavra)



## PMI-3236 PROJETO DE LAVRA DE MINA

- Revisão (desenho de cava, ciclo de planejamento de lavra)
- Fases do Projeto (FEL1, FEL2, FEL3, Detalhamento, Construção, outros)
- Planejamento (PMBok, Project charter, EAP...)
- Aspectos socioambientais
- Gerenciamento de Risco
- Documentação
- Trade-offs
- Plano Diretor de Mineração

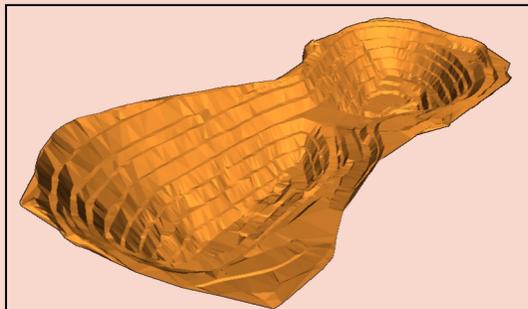


**PMI-3325  
LAVRA A CÉU-ABERTO**

- Métodos de Lavra (Lavra em bancadas, em tiras, de rochas

- **FOCO:**  
*Desenho de cava (geometria)*

- Micromine (projeto pratico de desenho de cava)

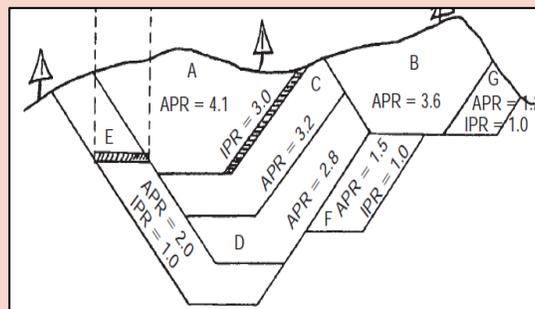


**PMI-3220  
PLANEJAMENTO DE LAVRA DE MINAS**

- Cadeia de Produção Mineral (Conceito, Gestão e

- **FOCO:**  
*Cenários de lavra (LT, MP, CP)*

- Micromine (Projeto pratico de planejamento de lavra)

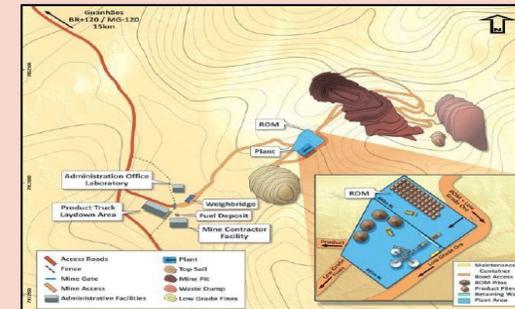


**PMI-3236  
PROJETO DE LAVRA DE MINA**

- Revisão (desenho de cava, ciclo de planejamento de lavra)

- **FOCO:**  
*Plano diretor de mineração (Técnico, socioambiental)*

- Plano Diretor de mineração



**PMI-3325  
LAVRA A CÉU-ABERTO**

- Métodos de Lavra (Lavra em bancadas, em tiras, de rochas

**PMI-3220  
PLANEJAMENTO DE LAVRA DE MINAS**

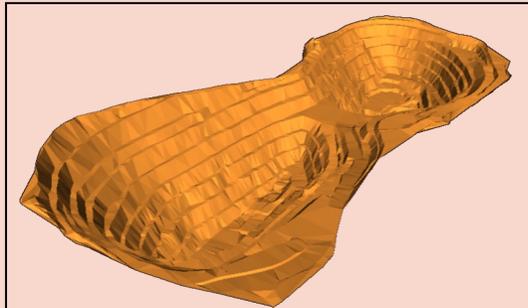
- Cadeia de Produção Mineral (Conceito, Gestão e

**PMI-3236  
PROJETO DE LAVRA DE MINA**

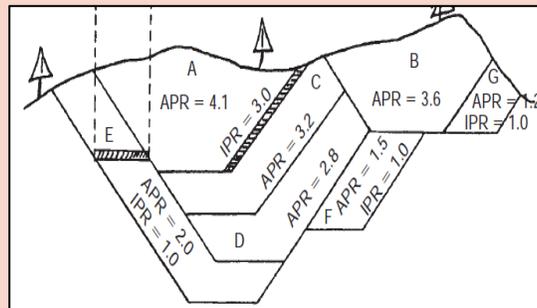
- Revisão (desenho de cava, ciclo de planejamento de lavra)

***META: Proporcionar produtos efetivos para a empresa colaboradora***

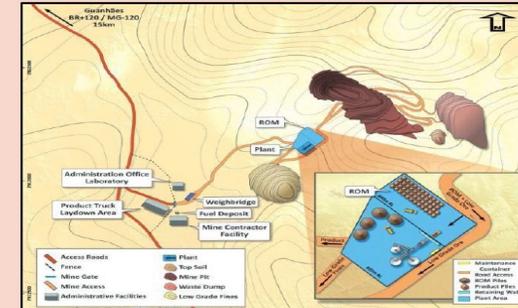
- Micromine (projeto pratico de desenho de cava)



- Micromine (Projeto pratico de planejamento de lavra)



- Plano Diretor de Mineração





## ***Rules of Engagement***

- **Trabalhos em grupo: mínimo** de um computador/notebook por grupo. O acesso será via rede WIFI do laboratório (orientado pelos monitores)
- **Responsável:** Professores G. de Tomi e Ricardo C. de Azevedo, com apoio dos monitores Alunos de Pós-Graduação (Rafael, Gabriel e Gaby) e monitores Alunos de Graduação (Eduardo e Joao Vittor)
- **Empresa colaboradora:** a ser definida junto aos monitores
- **Gravações:** Os docentes não permitem gravação de vídeo e áudio.
- **Atenção:** Respeitar os horários de início das aulas



## CONTEÚDO 2022

Introdução e fases de projeto de lavra
Ciclo de vida da mina e as fases de projeto de lavra
Papel do plano diretor de mineração
Gestão de projetos - PMBoK e project charter
Códigos internacionais de recursos e reservas minerais
Código CBRR e os Estudos Técnicos para Recursos e Reservas
Oficinas (blocos de aulas práticas)
Entrega dos trabalhos e apresentação dos grupos



## SUMARIO

- QUIZ Aula 02
- Cadeia de Valor Mineral
- Abordagem FEL
- Fases FEL em projetos de lavra
- Exemplos
- Revisão
- Pós-aula

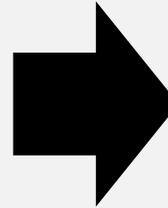


## QUIZ Aula 02

**FASE DE PROJETO:  
Orçamento da implantação**



**CUSTO PREVISTO**



**FASE DE IMPLANTAÇÃO:  
Custo efetivo de implantação**



**CUSTO REAL**

*Na mineração, o custo real é sempre exatamente igual ao custo previsto?*

*Qual a tolerância aceitável?*





## QUIZ Aula 02

### Atividade (em grupo):

Todo projeto de mineração consegue cumprir o orçamento de implantação? A acurácia do orçamento é sempre próxima a 100%?



Sugira os níveis de acurácia em projetos de mineração nas seguintes faixas de orçamento de implantação:

Orçamento de Implantação	Nível de Acurácia
US\$ 100 milhões	_____ %
US\$ 600 milhões	_____ %
US\$ 1,0 bilhão	_____ %
US\$ 2,5 bilhão	_____ %

Tempo: 20 minutos

Resultado\*: ao terminar o seu texto, submeta INDIVIDUALMENTE os resultados do seu grupo na tarefa da Aula 02 no edisciplinas.



## A Cadeia de Valor Mineral: as fases da mineração



- O **objetivo da mineração** é produzir as substâncias minerais demandadas pela sociedade, contribuindo com o **desenvolvimento sustentável** das comunidades
- O **aproveitamento responsável** dos bens minerais passa por **desafios econômicos, sociais, ambientais e de governança**, os quais devem ser incorporados na tomada de decisões do negócio
- E o que é “**MINERAÇÃO RESPONSÁVEL**”?  
Segundo *Hustrulid, Kutcha & Martin* (2013), a regra da mineração responsável é:

**“PLANEJE SUA MINA; CUMPRA SEU PLANO”**



Home > Quem somos

# Propósito



Fotógrafo: Marcelo Coelho



Fotógrafo: Daniel Mansur

Acreditamos que a mineração é essencial para o desenvolvimento do mundo e só servimos à sociedade ao gerar prosperidade para todos e cuidar do planeta.

Por isso, nós existimos. Para melhorar a vida e transformar o futuro. Juntos.

Fechamento de Mina

idades

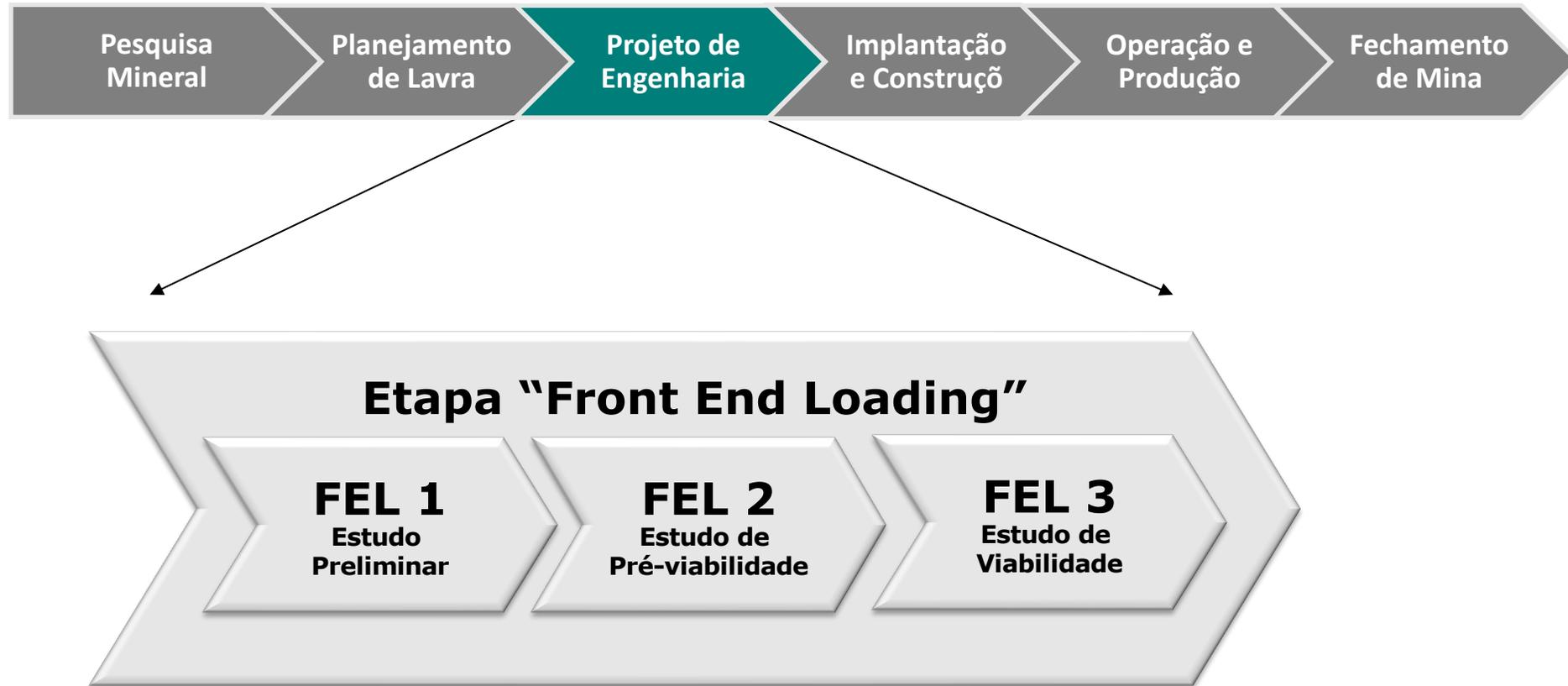
mada

vel é:

## MINA; CUMPRA SEU PLANO”



## A Cadeia de Valor Mineral: a fase de PROJETO



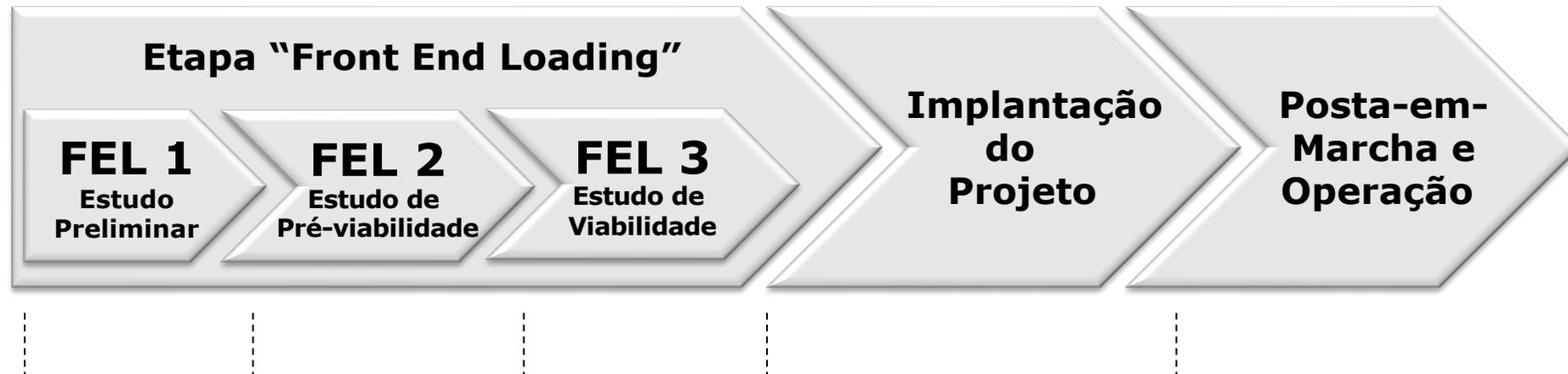


## ***Front End Loading***

- “Front End Loading” (ou “FEL”) é a nomenclatura comumente usada na indústria mineral para identificar as fases preliminares de um projeto de empreendimentos de mineração, quando é feita a análise de viabilidade do empreendimento, antecipando a discussão sobre riscos e incertezas.
- Normalmente, a etapa de “Front End Loading” inclui 3 fases:
  - Estudo Preliminar ou Plano Estratégico (“Scoping Study”)
  - Estudo de Pré-viabilidade (“Pre-Feasibility Study”)
  - Estudo de Viabilidade (“Feasibility Study”)
- O nível de detalhamento do projeto cresce gradualmente nessas três fases do “Front End Loading”.
- Ao final de cada fase específica do “Front End Loading”, existe um “portal de tomada de decisão”, antes de iniciar a execução da fase seguinte.



## A etapa “Front End Loading”

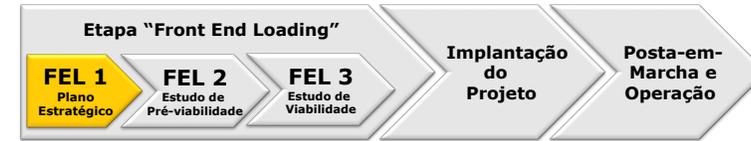


Níveis estimados de Acurácia <sup>1</sup> :				
20% a 30%	15% a 20%	10% a 20%	até 10%	n/a

<sup>1</sup> **O nível de acurácia é um valor a ser acrescentado nas estimativas para todos os itens, condições ou eventos associados a incertezas, as quais, por experiências anteriores, podem ter impacto nos custos finais. É comum cada empresa ter seu próprio padrão e nomenclatura para esses níveis de incerteza (Noort DJ & Adams C, 2006).**



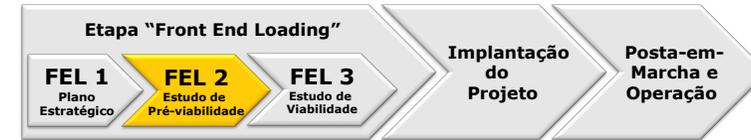
# Conteúdo típico do FEL 1



- Estudo e classificação dos recursos minerais
- *Business-cases* (cenários de negócio)
- Objetivos estratégicos da operação
- Análise econômica e *benchmarking* de custos
- Expectativas de produção
- Análise de mercado
- Revisão da concorrência (*cash-cost*, disponibilidade geográfica)
- Expectativas e demandas socioambientais, legais e políticas
- Análise de riscos e medidas de mitigação



## Conteúdo típico do FEL 2



- Detalhamento de todos os aspectos do FEL 1
- Estudo e classificação das reservas minerais
- Revisão dos desafios socioambientais e políticos
- Detalhamento das rotas de processo
- Projeto básico da operação e da infraestrutura
- Dimensionamento equipamentos, suprimentos e serviços de apoio
- Licenciamento operacional e ambiental
- Programação de produção
- Revisão das expectativas e demandas socioambientais, legais e políticas
- Análise de riscos e medidas de mitigação



## Conteúdo típico do FEL 3



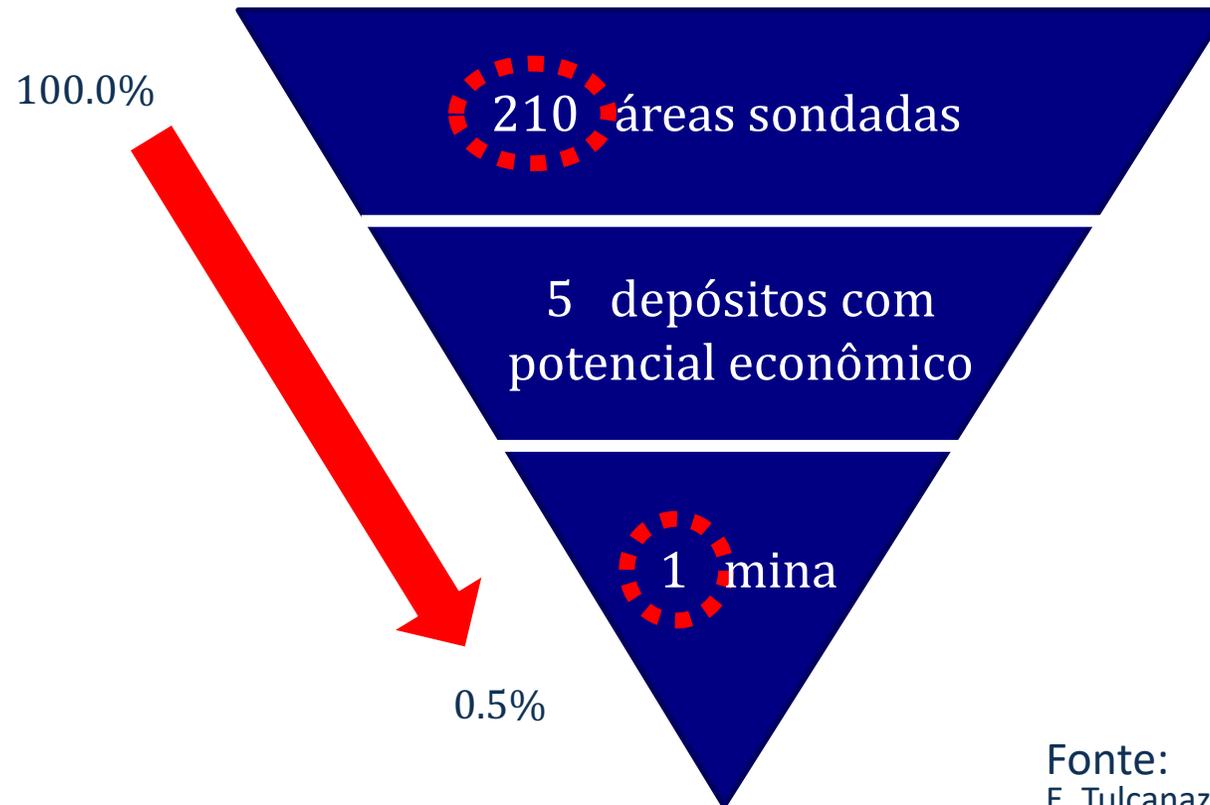
- Detalhamento de todos os aspectos do FEL 1 e 2
- Engenharia de detalhe das rotas de processo
- Planejamento de mina e sequenciamento de lavra
- Projeto detalhado da operação e da infraestrutura, incluindo mapas, desenhos, e especificações para implantação
- Folhas de dados com o dimensionamento detalhado de equipamentos, suprimentos e serviços de apoio
- Licenciamento operacional e ambiental
- Programação de produção
- Revisão das expectativas e demandas socioambientais, legais e políticas
- Análise de riscos e medidas de mitigação
- Orçamento e programação detalhados da implantação e posta-em-marcha



## Aspectos gerais da abordagem FEL

- As fases FEL corresponde à definição dos investimentos de um projeto para atingir as metas do negócio
- Planejamento adequado + Disciplina FEL = melhores resultados para o projeto
- As perguntas as serem respondidas nas fases FEL:
  - *Porque?* (“justificativa e benefícios do projeto”)
  - *Quanto?* (“investimentos necessários para atingir os benefícios”)
  - *O que?* (“escopo”)
  - *Quando* (“cronograma”)
  - *Como* (“abordagem e logística”)
  - *Onde* (“localização”)
  - *Quem* (“equipe”)

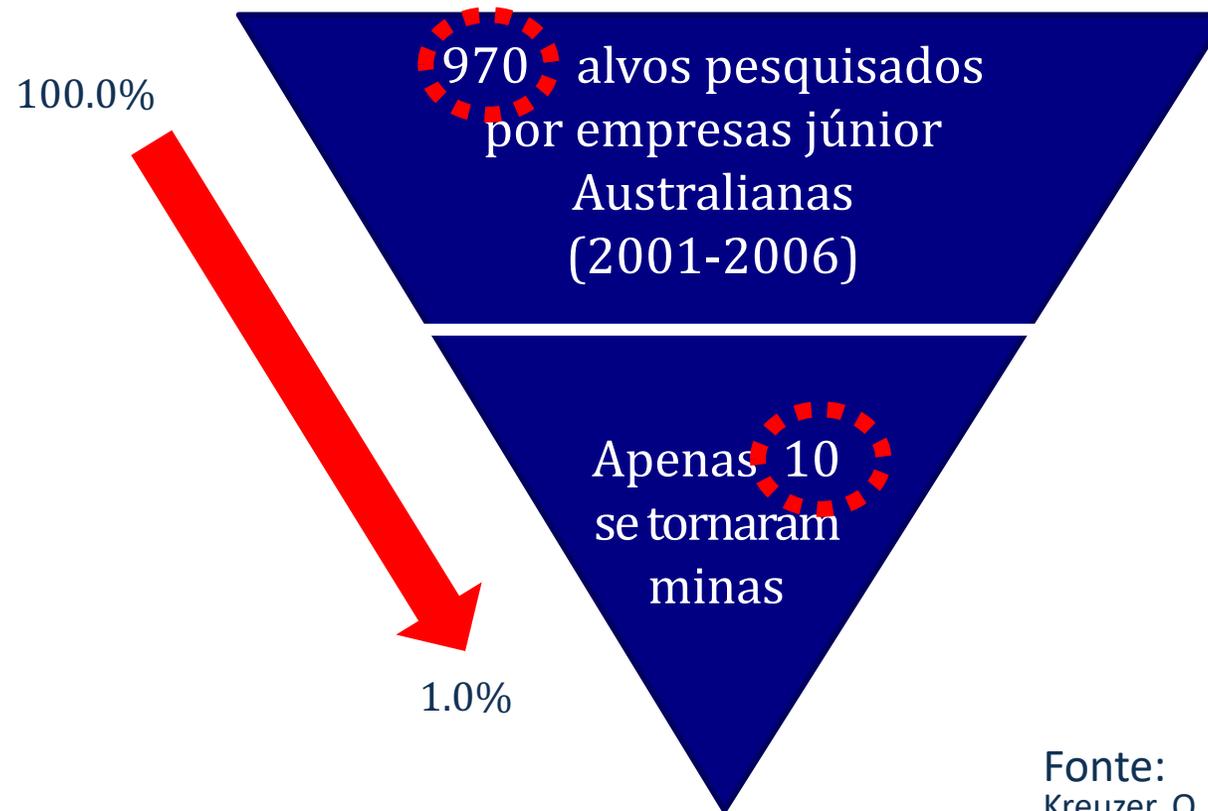
## Mas ter sucesso na mineração é difícil....



Fonte:

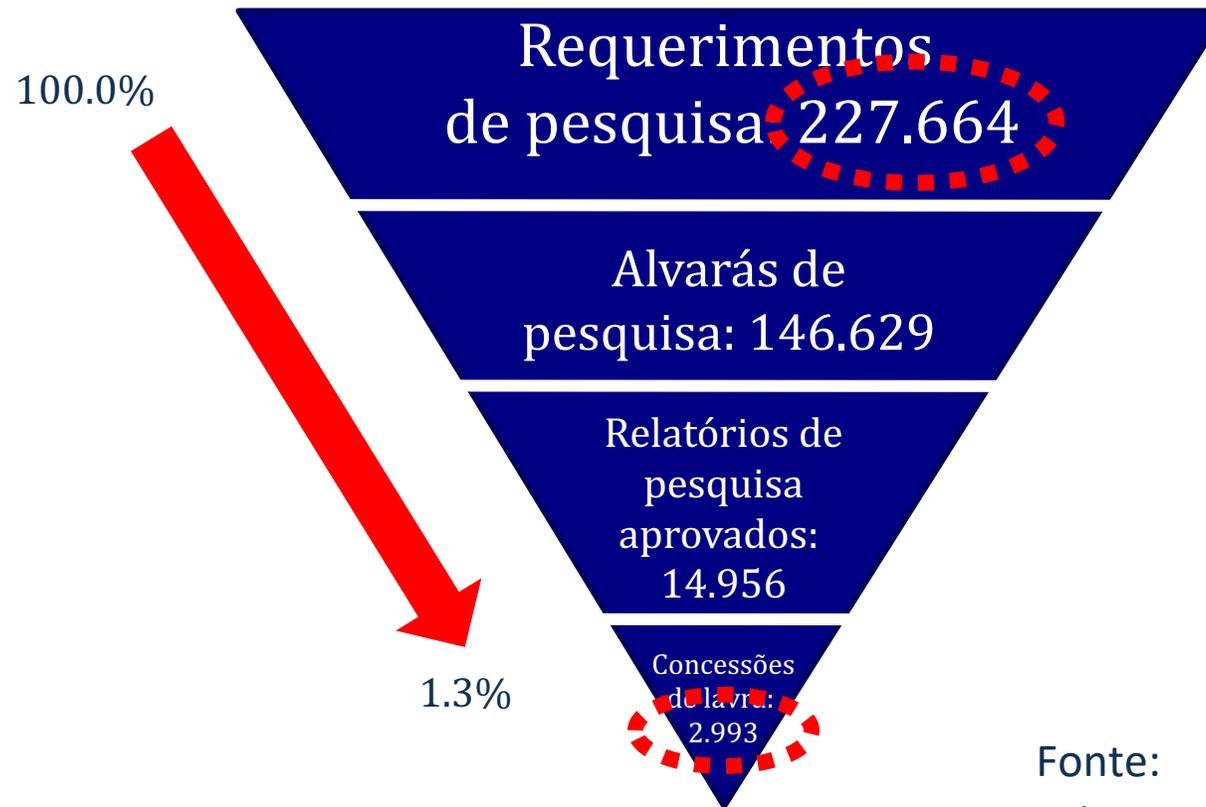
E. Tulcanaza (2015), modificado de Alessandro H.M. Silva (2020). "Códigos Internacionais de Recursos e Reservas Minerais". *Comissão Brasileira de Recursos e Reservas (CBRR)*, maio 2020.

## Mas ter sucesso na mineração é difícil....



Fonte:  
Kreuzer, O. P., Etheridge, M. A., & Guj, P. (2007). "Australian junior exploration floats, 2001–06, and their implications for IPOs".  
*Resources Policy*, 32(4), 159-182

# Mas ter sucesso na mineração é difícil....



Fonte:

Agência Nacional de Mineração  
(ANM) 2008-2018



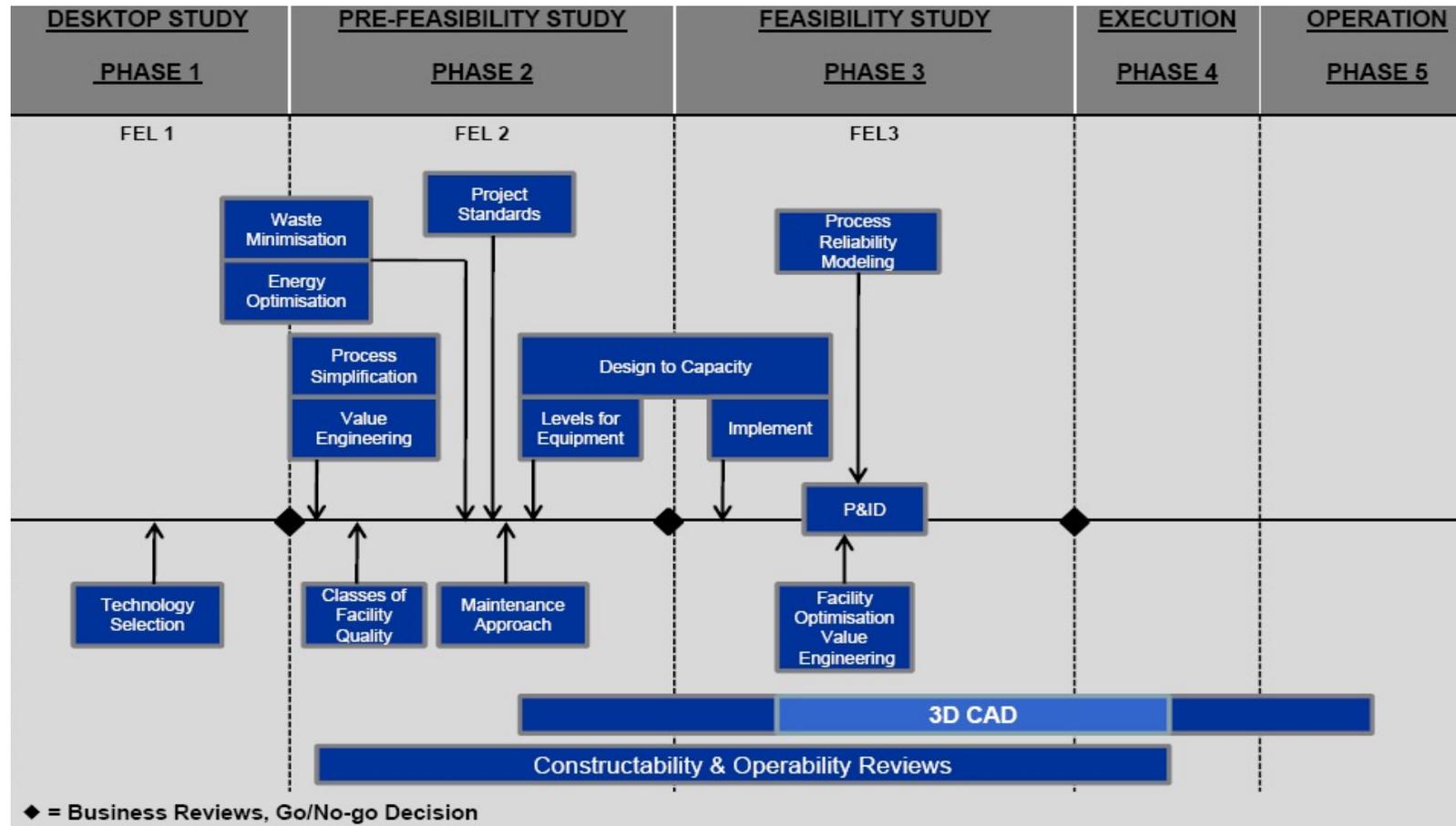
## A Cadeia de Valor Mineral: a fase de PROJETO



**A fase de projeto é crítica para o sucesso do empreendimento mineral**

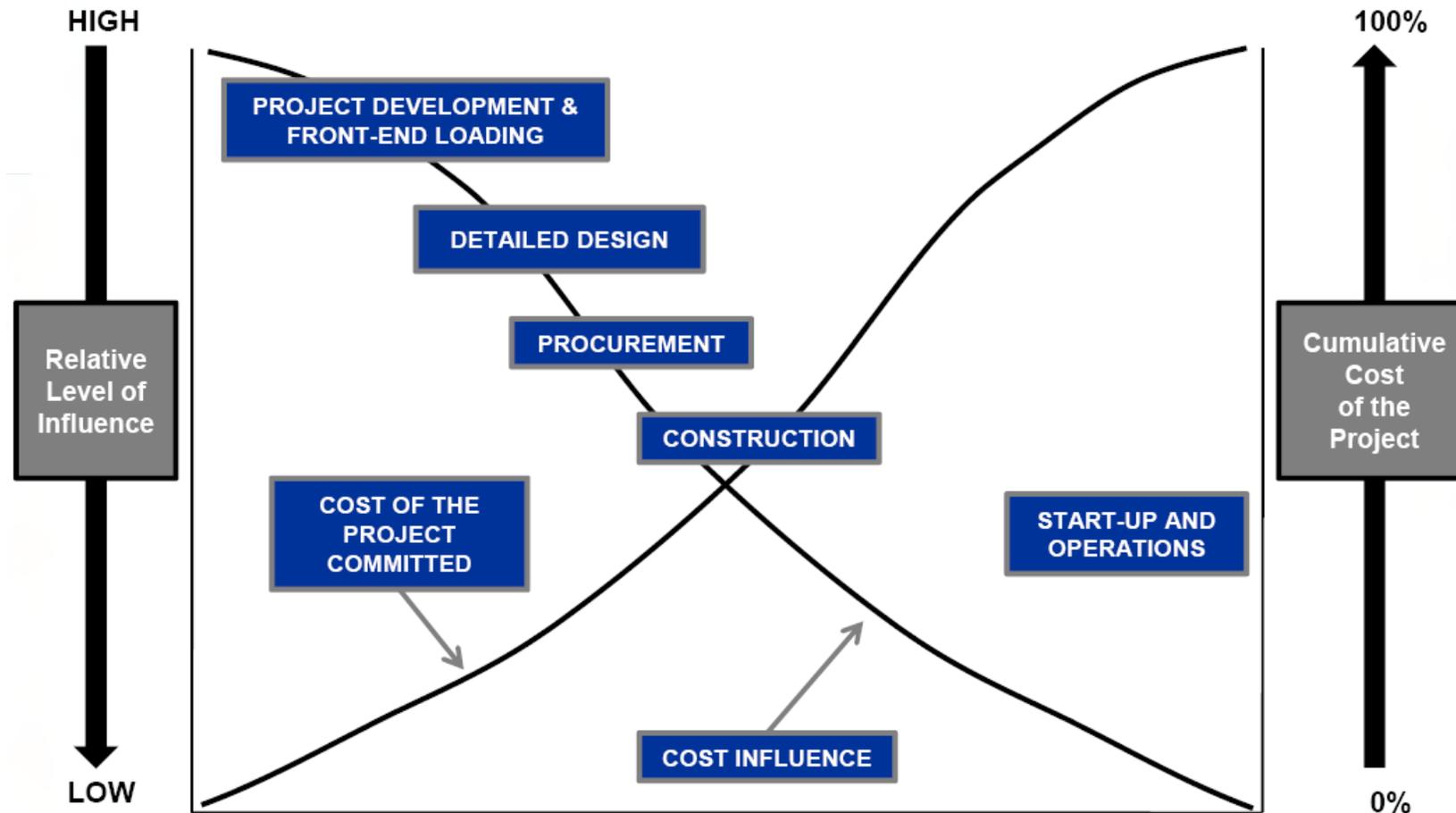


# Fase de Projeto: Atividades Principais vs. Linha de Tempo (Exemplo da TWP/Amec)



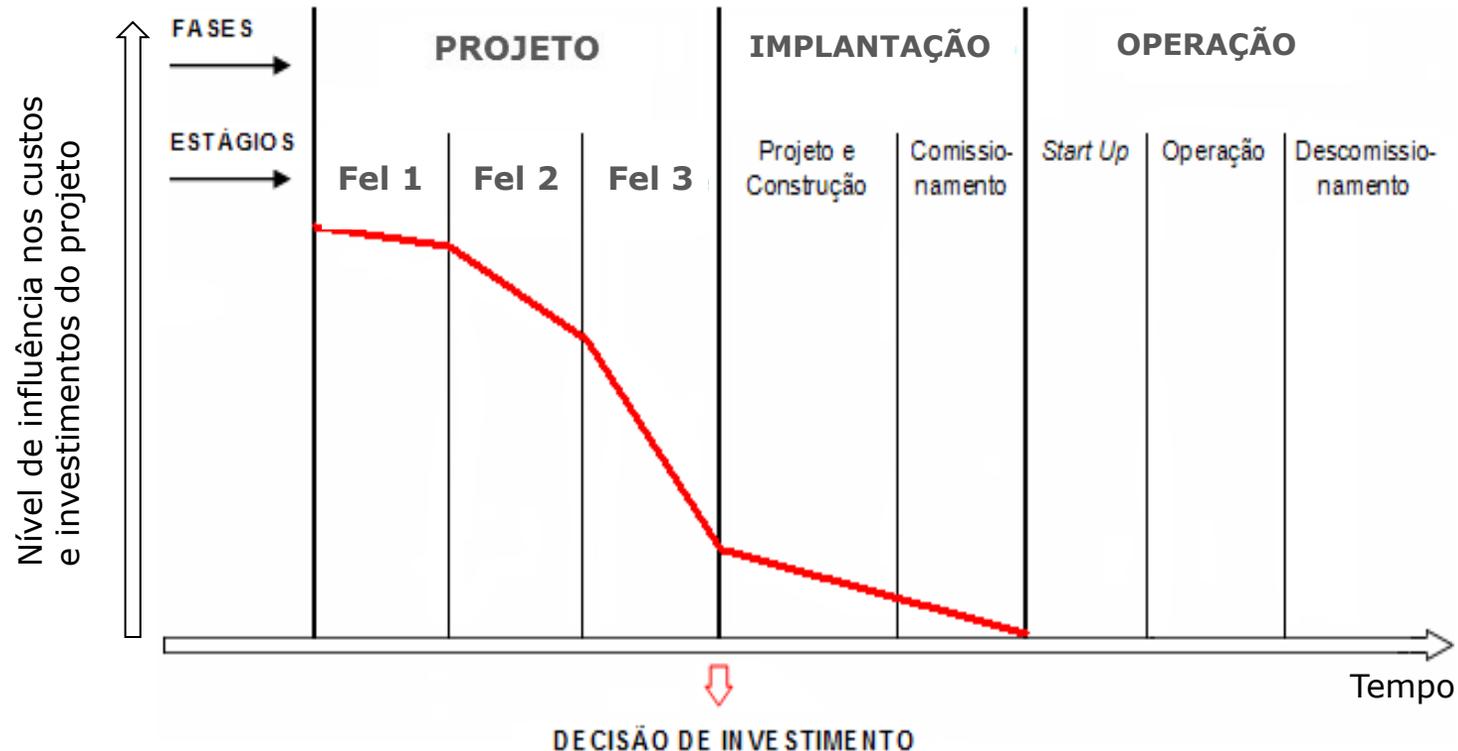


# Fase de Projeto: As decisões de impacto são tomadas cedo...



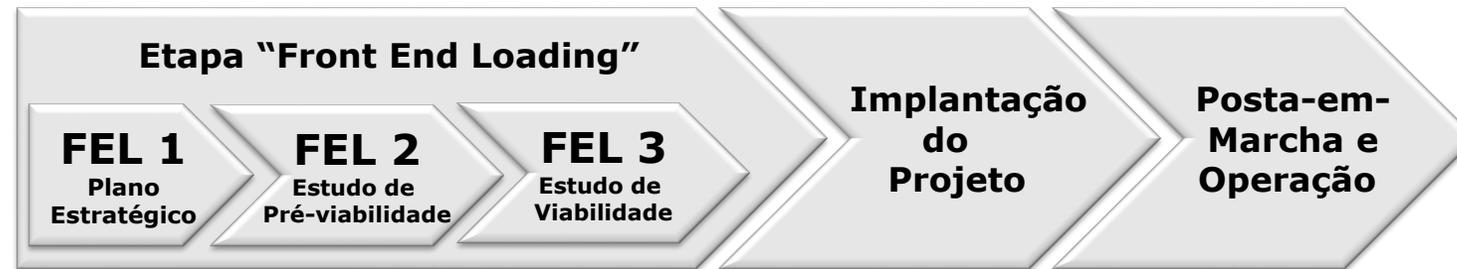


# Influência nos custos totais do projeto durante as fase de projeto, implantação e operação





## Nomenclatura Tradicional de Projeto: Conceitual, Básico e Executivo



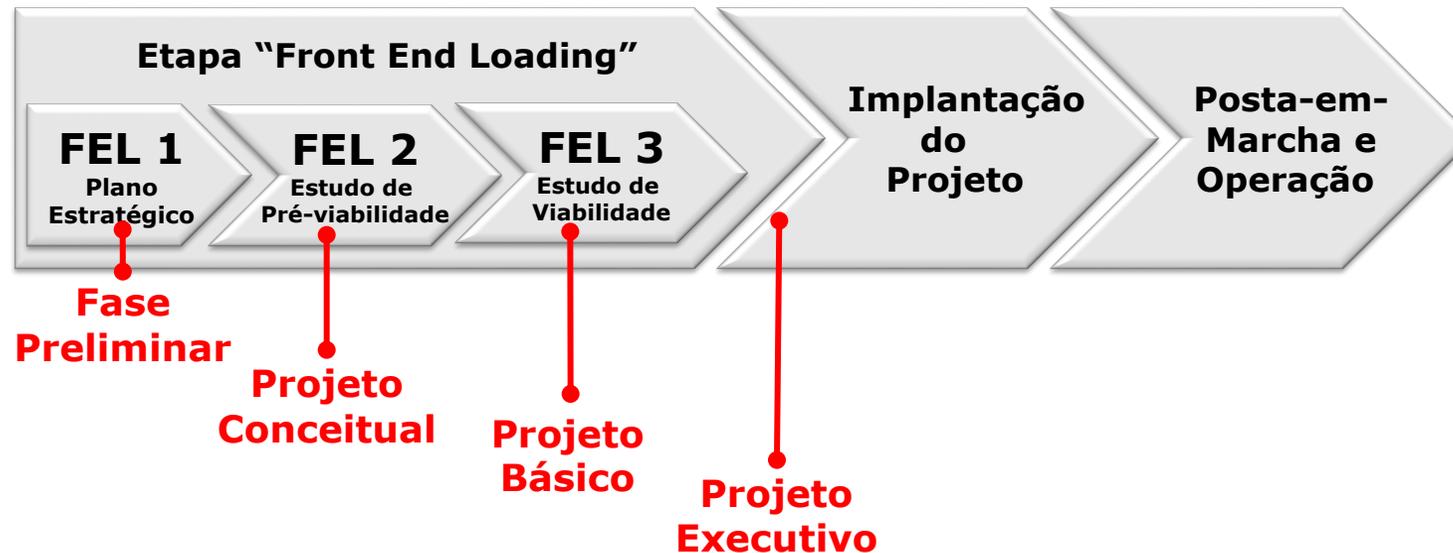
Posicionar a nomenclatura tradicional:

***Projeto Conceitual, Projeto Básico e Projeto Executivo***

no diagrama.



# Nomenclatura Tradicional de Projeto: *Conceitual, Básico e Executivo*

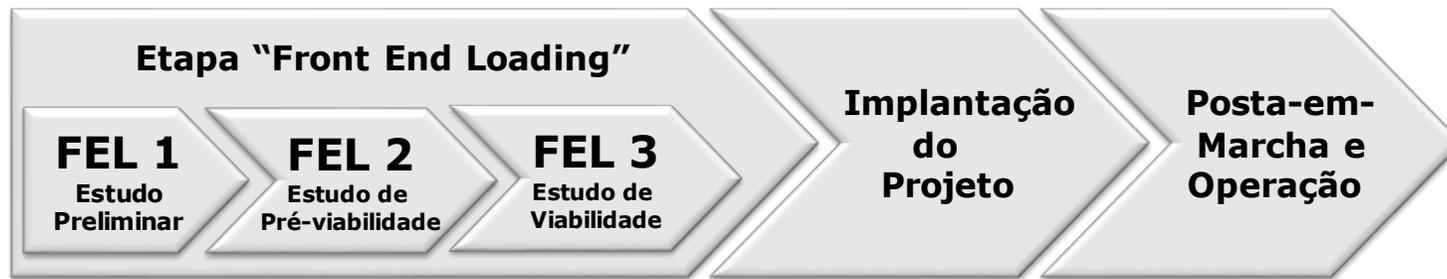




# Gestão de Projetos na Mineração

*List of recent major mining project cost overruns.*

Project	Company	Feasibility budget cost <b>Fel 3?</b>	Actual/ forecast cost overrun
Ravensthorpe/ Yabilu Expansion	BHP Billiton	A\$1.4 billion	30%
Spence (Chile)	BHP Billiton	US\$990 million	10%
Telfer Mine	Newcrest	A\$1.19 billion	17.5%
Stanwell Magnesium	AMC	A\$1.3 billion	30%
Boddington	Newmont	A\$866 million	100%
Goro Project (Indonesia)	Inco	US\$1.45 billion	15%
Prominent Hill Project	Oxiana	A\$350 million	51%



Níveis estimados de Acurácia <sup>1</sup> :				
20% a 30%	15% a 20%	10% a 20%	até 10%	n/a

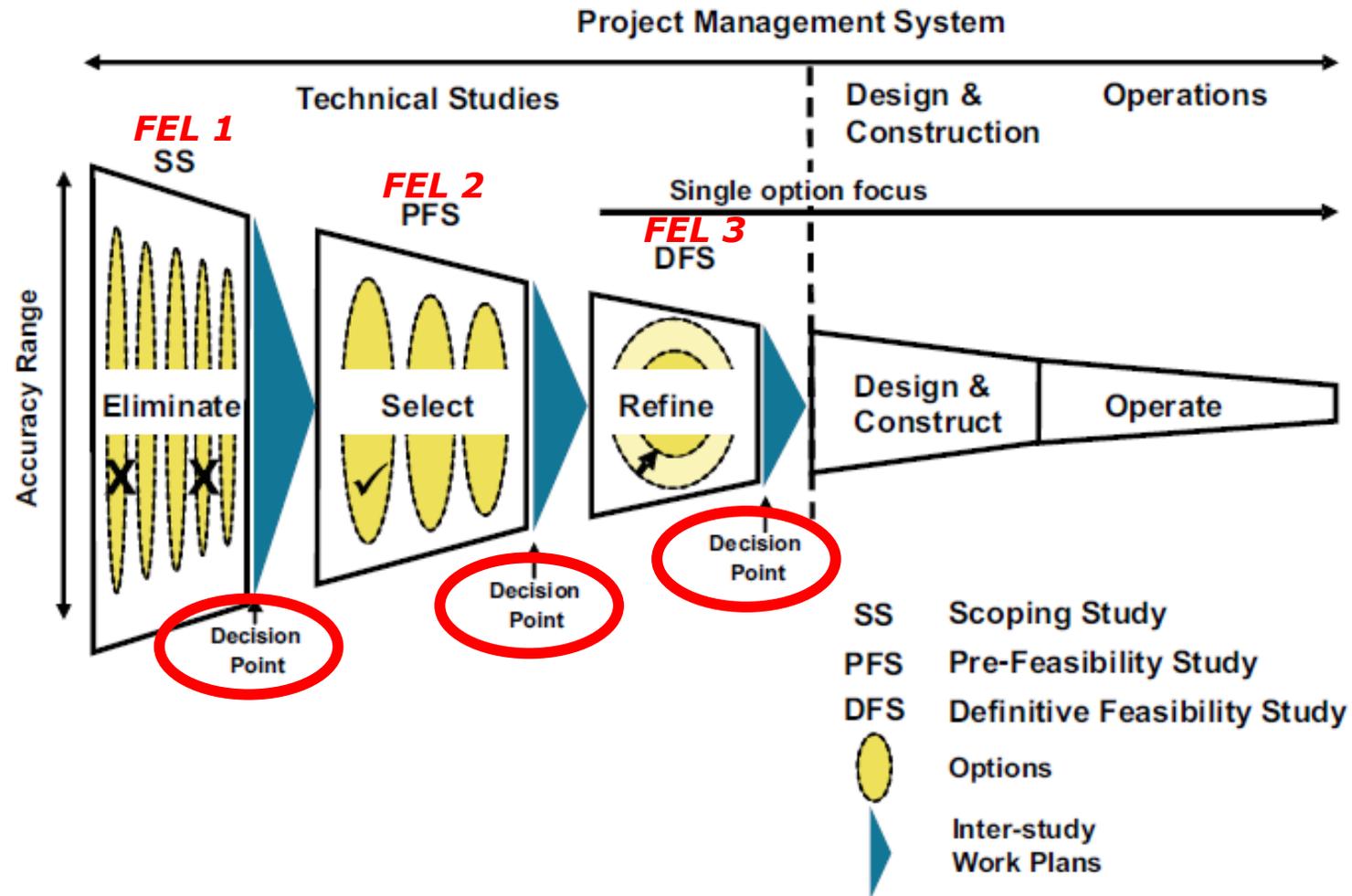
Project	Company	Feasibility budget cost <i>Fel 3</i>	Actual/ forecast cost overrun
Ravensthorpe/ Yabilu Expansion	BHP Billiton	A\$1.4 billion	30%
Spence (Chile)	BHP Billiton	US\$990 million	10%
Telfer Mine	Newcrest	A\$1.19 billion	17.5%
Stanwell Magnesium	AMC	A\$1.3 billion	30%
Boddington	Newmont	A\$866 million	100%
Goro Project (Indonesia)	Inco	US\$1.45 billion	15%
Prominent Hill Project	Oxiana	A\$350 million	51%



## Gestão de Projetos na Mineração

Project	Company	Feasibility budget cost	Actual/ forecast cost overrun
Ravensthorpe/ Yabilu Expansion	BHP Billiton	A\$1.4 billion	30%
Spence (Chile)	BHP Billiton	US\$990 million	10%
Telfer Mine	Newcrest	A\$1.19 billion	17.5%
Stanwell Magnesium	AMC	A\$1.3 billion	30%
Boddington	Newmont	A\$866 million	100%
Goro Project (Indonesia)	Inco	US\$1.45 billion	15%
Prominent Hill Project	Oxiana	A\$350 million	51%

Orçamento de Implantação	Nível de Acurácia	Custo Real
US\$ 250 milhões	10-20%	51%
US\$ 650 milhões	10-20%	100%
US\$ 1,0 bilhão	10-20%	10-30%
<b>US\$ 1,5 bilhão</b>	<b>10-20%</b>	<b>15%</b>





## Revisão

- Como os níveis adequados de acurácia podem ser alcançados em projetos de mineração?
- No caso do projeto de mineração em que o custo real superou em 100% o orçamento do FEL3, houve problemas no projeto de engenharia?
- Qual o foco das diferentes fases de projetos de mineração?
  - FEL 1: Eliminar cenários
  - FEL 2: Selecionar cenário ideal
  - FEL 3: Refinar cenário selecionado
- Uma mineração de pequeno porte deve usar a abordagem FEL para a fase de projeto de seu empreendimento?



## Pós-aula...

- Instalação e prática com software de mineração
- Micromine, MinePlan e/ou Deswick

## Próxima aula

- Plano Diretor de Mineração
- Palestra de especialista
- acompanhem no ***e-disciplinas***
- *Contatos:*  
*Prof. G. de Tomi <gdetomi@usp.br>*  
*Prof. Ricardo C. de Azevedo <rcazevedo@usp.br>*