



UNIPAMPA – CURSO DE TECNOLOGIA MINERAL Caçapava do Sul/RS

**Disciplina: AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS NA
MINERAÇÃO**

Professor: Raul Oliveira Neto

Aula 6

**Metodos de Estimacão de
Investimentos e Custos – Modelo
de O'Hara / MAFMO**

1. ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE CAPITAL

1.2. Como estimar os custos

- Por analogia com instalações existentes;
- Por modelamento dos principais itens (no estado de pré-viabilidade);
- Por “licitação” (no estado de viabilidade).

1.2.1. Parâmetros essenciais de previsão do investimento

- ✓ Produção diária do minério + estéril;
- ✓ A tonelagem (ou volume) de descobertura prévia;
- ✓ As dimensões de shovels e caminhões;
- ✓ Índice de Bond para a britagem e moagem;
- ✓ A produtividade média do efetivo (depende do grau de mecanização);
- ✓ Tipo de equipamentos (p/previsão do consumo de energia).

1. ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE CAPITAL

1.3. Modelo de O'Hara

Os valores monetários apresentados
correspondem a US\$ de 1986.

Para US\$ 2008 (fator de correção = 2)

1.3. Modelo de O'Hara

1.3.1. A estimativa dos custos de capital de uma mina à céu aberto será feita pela soma das seguintes estimativas parciais:

- ✓ Preparação da mina
- ✓ Descobertura prévia do corpo mineralizado
- ✓ Equipamentos de mineração
- ✓ Oficinas para os equipamentos
- ✓ Energia, linhas de transmissão, água,
(estimados no custo de investimento da usina de tratamento)
- ✓ Estudo de viabilidade
- ✓ Supervisão do projeto, construções provisórias
- ✓ Custeio de pré-produção
- ✓ Fundos de rolagem

1. ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE CAPITAL

1.3. Modelo de O'Hara

	Parâmetro	Intervalo de validade	Equação de estimação	Observações
1. Preparação da mina	T_t (t/dia) = produção de minério + estéril	10^3 a 10^5 ton/dia	$C_{11}=7786 \cdot T_t^{0,5}$ $C_{12}=3114 \cdot T_t^{0,5}$	Topografia acidentada e vegetação intensa Topografia plana e vegetação rala
2. Descoberta prévia do corpo mineralizado	$T_d(t)$ = tonelagem de descoberta	10^4 a 10^7 tons	$C_{21}=1245 \cdot T_d^{0,5}$ $C_{22}=13235 \cdot T_d^{0,5}$	Terra vegetal Rocha consolidada
3. Equipamentos*	$P(m3)$ = tamanho da shovel $C(t)$ = tamanho dos caminhões	3 a $11,5$ m3 35 a 150 t	$C_{31}=415155 \cdot N_p \cdot P^{0,73}$ $C_{32}=13347 \cdot N_c \cdot C^{0,85}$ $C_{33}=2.33 \cdot C_{31} \cdot N_c \cdot T_t^{-0,2}$	N_p = número de shovels N_c = número de caminhões Equip. de furação
4. Oficinas para os equipamentos	T_t (t/dia) = produção de minério + estéril	10^3 a 10^5 ton/dia	$C_4=229060 \cdot T_t^{0,3}$	

5. Energia elétrica - Estimada no custo de investimento da usina de tratamento.

6. Estudo de viabilidade - 4 a 6% de $(C_{11}+C_{12}+C_{21}+C_{22})$ mais 6 a 8% de $(C_{31}+C_{32}+C_{33}+C_4)$.

7. Supervisão do projeto, construções provisórias - 8 a 10% de $(C_{11}+C_{12}+C_{21}+C_{22}+ C_{31}+C_{32}+C_{33}+C_4)$.

8. Custeio de pré-produção - 4 a 7% de $(C_{11}+C_{12}+C_{21}+C_{22}+ C_{31}+C_{32}+C_{33}+C_4)$.

9. Fundo de rolagem - Estimado nos custos de investimento da planta.

1.3. Modelo de O'Hara

* Na parte 3 da tabela

Parâmetro P, (tamanho da concha da shovel em m³) é estimado por:

$$P(m^3) = 0,1 * T_t^{0,4}$$

T_t – tonelagem total diária de minério + estéril

P é arredondada para o primeiro volume standard.

Parâmetro Np, número de shovels utilizadas.

$$Np = 0,0055 * (1/P) * T_t^{0,8}$$

Np é arredondado ao inteiro seguinte.

Parâmetro C, tamanho dos caminhões em toneladas, é estimado por:

$$C(t) = 10,67 * P^{1,1}$$

C é arredondado para o primeiro tamanho standard.

Parâmetro Nc, número de caminhões utilizados:

$$Nc = 0,22 * (1/C) * T_t^{0,8}$$

Nc é arredondado ao inteiro seguinte.

1.3. Modelo de O'Hara

1.3.2. Custo de investimento

– Usina de tratamento e instalações de superfície

Será feita pela soma das seguintes estimativas parciais:

- ✓ preparação do terreno
- ✓ fundações dos prédios compreendendo a usina
- ✓ instalações de britagem, estocagem e transferência (correias transp.)
- ✓ prédios da usina concentradora
- ✓ equipamentos de moagem e estocagem de finos
- ✓ unidade de concentração
- ✓ unidade de espessamento e filtração
- ✓ unidade de estocagem e carregamento do concentrado
- ✓ produção e distribuição de eletricidade (mina/usina)
 - ✓ bacias de decantação
 - ✓ aprisionamento de água
 - ✓ serviços auxiliares
 - ✓ estrada de acesso
 - ✓ vila mineira
 - ✓ estudos de viabilidade
 - ✓ supervisão do projeto, construções provisórias
 - ✓ custeio de pré-produção
 - ✓ fundos de rolagem

1.3. Modelo de O'Hara

1.3.2. Custo de investimento

Item	Parâmetro	Intervalo	Equação	Observações
1. Preparação do terreno	T (tons/dia) = capacidade da usina	500 a 7000 tons/dia	$C_1=61083*T^{0.3}*F_s$	F_s = fator de condições do terreno
2. Fundações dos prédios compreendendo a usina	T(t/d)	500 a 7000 t/d	$C_2=31143*T^{0.5}*F_c$	F_c = apoio das fundações
3. Instalações de britagem	T(t/d)	500 a 7000 t/d	$C_3=70073*T^{0.5}$	
4. Prédios da usina	T(t/d)	500 a 7000 t/d	$C_4=46715*T^{0.5}*F_w$	F_w = condições climáticas
5. Moagem e estocagem	T(t/d)	500 a 7000 t/d	$C_5=12703*T^{0.5}*F_g$	F_g = condições de moagem
6. Unidade de concentração	T(t/d)	500 a 7000 t/d	$C_6=3970*T^{0.7}*F_p$	F_p = condições de concentração
7. Espessamento e filtração	T(t/d)	500 a 7000 t/d	$C_7=7786*T^{0.5}*F_t$	F_t = condições de filtração
8. Estocagem do concentrado	$T_c(t/d)$	20 a 500 t/d	$C_8=6414*T_c^{0.8}$	
9. Energia elétrica	P(KW) = consumo de pico M(KW) = comprimento das linhas de transmissão	2000 a 30000KW	$C_{91}=68218*P^{0.6}$ $C_{92}=6674*P^{0.8}$ $C_{93}=519 *P^{0.8}+55000*M$ $C_{94}=890*P^{0.8}$	Gerador a carvão Gerador diesel Subestação Sistema de dist. a baixa tensão

1.3. Modelo de O'Hara

1.3.2. Custo de investimento

A utilização das expressões requer o ajustamento por alguns fatores. Os valores destes fatores são propostos abaixo.

Fator	Valor	Características do Projeto
Fs = condições do terreno	1.0	ligeiramente plano com menos de 3m de descobertura
	1.5	ligeiramente inclinado e poucos trabalhos a explosivo
	2.5	fortemente inclinado (15°) e muito uso de explosivo
Fc = apoio das fundações	1.0	rocha sólida
	1.8	areia/brita
	3.5	Solo úmido
Fw = condições climáticas	1.0	clima doce
	1.8	clima frio
	2.5	clima frio com muita neve
Fg = condições de moagem	1.0	minério friável (WI<12) e 55% - 200#
	1.5	medianamente duro (WI=12) e 70% - 200#
	1.8	duro (WI>12) e 80% - 200#
Fp = condições de concentração	1.0	cianetação de minério de ouro
	1.2	flotação de minério de cobre à baixo teor
	1.6	flotação de minério de cobre com Zn recuperável
	2.0	flotação seletiva de minérios complexos (Pb/Zn/Ag ou Cu/Pb/Zn)
	3.0	minérios de ouro complexos: flotação, cianetação
Ft = condições de filtragem	5.0	concentração gravimétrica
	1.0	minério de cobre a baixo teor
	1.6	minério de cobre à baixo teor, com Zn recup.
	2.0	minérios complexos: (Pb/Zn/Ag ou Cu/Pb/Zn)
	3.0	minérios de ouro cianetados

1.3. Modelo de O'Hara

1.3.2. Custo de investimento

Item	Parâmetro	Intervalo	Equação	Observações
10. Bacias de decantação	T(t/d)	500 a 7000 t/d	$C_{10}=12457 \cdot T^{0,5}$	Barragem em topografia favorável
11. Aprov. de água	Q(m³/min) = necessidade de água	2 a 30 m³/min	$C_{111}=41392 \cdot L \cdot Q^{0,9}$ $C_{112}=86783 \cdot Q^{0,6}$ $C_{113}=113195 \cdot Q^{0,6}$	Linhas de captação de água; L(Km) = comp. Bombeamento de água nova; Q de água nova. Bombeamento de água reciclada; Q de água recicl.
12. Serviços auxiliares	E = efetivo total		$C_{12}=11846 \cdot E^{0,9}$	
13. Acesso	R(Km) = extensão b(m) vão de pontes		$C_{131}=185000 \cdot R$ $C_{132}=1145 \cdot b^{1,5}$	Estrada Ponte
14. Vila mineira	E = efetivo total		$C_{141}=30000 \cdot E$ $C_{142}=82000 \cdot E$	Acampamento Vila mineira

15. Estudos de viabilidade – 4 a 6% de (1)+(2)+(6) mais 6 a 8% de (3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)+(9)+(10)+(11)+(12)+(14).

16. Supervisão do projeto, construções provisórias – 8 a 10% da soma dos itens de (1) a (14).

17. Custeio de pré-produção – 4 a 7% da soma dos itens de (1) a (14).

18. Fundo de rolagem – 4 meses de custos operacionais com capacidade nominal.

1.3.3. Estimativa de efetivos

- ✓ Os efetivos são divididos em mina, usina, manutenção e serviços gerais e administrativos.
- ✓ A expressão a ser utilizada vai depender de característica do projeto a estimar.
- ✓ O efetivo total é dado por:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5$$

1.3. Modelo de O'Hara

1.3.3. Estimativa de efetivos

Efetivos	Parâmetro	Intervalo de validade	Equação	Observações
Mina	T_t (t/dia) = produção de minério + estéril	5000 a 100000 ton/dia	$E_1 = 0.504 * T_t^{0.5} + 0.032 * T_t^{0.7}$	
Usina	T (t/dia) = capacidade da usina	500 a 7500 t/dia	$E_{21} = 1.39 * T_t^{0.5}$ $E_{22} = 0.89 * T_t^{0.5}$ $E_{23} = 1.66 * T_t^{0.5}$ $E_{24} = 1.91 * T_t^{0.5}$	Trat. De ouro Metais de base/minério simples com < 3 subst. Recuperáveis. Ex: Cu-Mo, Cu-Ag, Cu-Zn, Pb-Ag. Metais de base/minério simples com > 2 subst. Recuperáveis ou mais de um processo de separação. Urânio.
Manutenção eletro-mecânica	$N = E_1 + E_2$		$E_3 = 0.27 * N$	
Serviços gerais	$M = E_1 + E_2 + E_3$		$E_4 = 0.055 * M$ $E_4 = 0.10 * M$	Mina situada em região mineira. Mina situada em região sem infra-estrutura
Serviços administrativos	$M = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$		$E_5 = 0.08 * M$	

1.3.4. Como julgar os resultados

Investimento unitário = investimento total dividido pela capacidade diária em toneladas de minério.

Investimento unitário = 15.000 a US\$ 100.000 (locais isolados)
Investimento unitário = 15.000 a US\$ 40.000 (locais não isolados)

Ainda nestas faixas, outros fatores são suscetíveis de orientar os valores:

- ✓ Minas americanas são as menos caras;
- ✓ Minas de metais preciosos são as que suportam os maiores investimentos;
- ✓ Uma tendência muito grande de crescimento no investimento unitário ocorreu a partir de 74;
- ✓ Efeito escala – para minas que diferem somente no tamanho o investimento total aumenta na potência $2/3$ da capacidade, o que induz uma diminuição do investimento na potência $(-1/3)$ da capacidade.

1.3.4. Como julgar os resultados

Em termos de estruturação do investimento se pode dizer que:

- ✓ Em grandes Projetos (Carajás) a infra-estrutura pode representar até 60%.
- ✓ Os valores mais freqüentes são da ordem de 30%, casos muito favoráveis sendo abaixo de 10%.
- ✓ Os equipamentos não atingem nunca 20% nos grandes projetos. Podem representar 30 a 40% do investimento para uma pequena mina a céu aberto.
- ✓ A usina representa uma parte extremamente variável:
 - 30% razoável para metais de base ou grandes minas;
 - 60% pode ser atingido para metais preciosos, urânio lavrado em pequenas minas.

1.3.4. Como julgar os resultados

Resumindo:

Infra-estrutura	30% (10 a 60%)
Equipamentos mineiros	15% (10 a 40%)
Usina	30% (20 a 60%)
Outros	25% (15 a 30%)

Conclusão:

- ✓ Investimento em mineração apresenta um caráter único;
- ✓ Caráter inexato até a realização do estudo de viabilidade;
- ✓ Caráter pesado do investimento que uma vez realizado vai refletir sobre toda a vida da jazida não importando as mudanças advindas (flutuações de mercado e resultados de pesquisa).

2. CUSTOS OPERACIONAIS DA MINA

2. CUSTOS OPERACIONAIS DA MINA

2.2. Como avaliar os custos operacionais

- Por analogia com outras minas;
- Por modelamento de alguns itens;
- Através de uma análise detalhada do projeto (somente possível no estágio de engenharia de detalhe, logo, após a decisão de realizar a mina).

2.2.1. Parâmetros essenciais dos custos operacionais

- 
- ✓ Rendimento da mão de obra nas diferentes operações;
 - ✓ Custos unitários de mão de obra (salários e encargos sociais);
 - ✓ O método de lavra;
 - ✓ O procedimento de tratamento;
 - ✓ A estrutura da empresa para os custos indiretos e gerais.

Estes parâmetros pouco numerosos somente dão acesso aos custos diretos, com os custos indiretos sendo estimados por porcentagem dos custos diretos e investimentos.

Exemplo ➡

Manutenção e reparos	2 a 5% do valor do equipamento
Custos indiretos	10 a 30% dos custos diretos
Custos gerais	2% das vendas

2. CUSTOS OPERACIONAIS DA MINA

2.3. O Modelo de O'Hara

Decomposto em duas partes:

- Custo de mão de obra;
- Custo do material de consumo.

2.3.1. Custos de mão de obra e de consumo

Item	Parâmetro	Interv.	Custo de M.O. (US\$/t)	Mat. de consumo (US\$/t)	
1. Mina	E_1 = efetivo R_{co} = (US\$/h.dia) = salário diário T_t (t/dia) = produção de minério + estéril	1000 a 100000 t/dia	$MO_1 = E_1 * R_{co} * T_t^{-1}$	$F_1 = 13,9 * T_t^{-0,3}$	
2. Usina	E_2 = efetivo R_u = (US\$/h.dia) = salário diário T (t/dia) = capacidade da usina	500 a 7500 t/dia	$MO_2 = E_1 * R_u * T^{-1}$	$F_{21} = 32,1 * T_t^{-0,3}$ $F_{22} = 27,4 * T_t^{-0,3}$ $F_{23} = 30,2 * T_t^{-0,3}$	Ouro Metais de base Metais de base – minério complexo
3. Manutenção	E_3 = efetivo R_e = (US\$/h.dia) = salário diário		$MO_3 = E_3 * R_e * T^{-1}$	$F_3 = 12,6 * E_3$	
4. Serviços gerais	E_4 = efetivo R_g = (US\$/h.dia) = salário diário		$MO_4 = E_4 * R_g * T^{-1}$	$F_{41} = 17,6 * E_4$ $F_{42} = 29,5 * E_4$	Proj. desenv. Em região mineira Região sem infraestrutura
5. Serviços administrativos	E_5 = efetivo R_a = (US\$/h.dia) = salário diário		$MO_5 = E_5 * R_a * T^{-1}$	$F_5 = 31,5 * E_5$	

A partir das equações propostas na tabela anterior, o custo operacional será dado por:

$$\text{Custo Operacional (US\$86/ton)} = \sum (Mo_i + F_i) + \text{custo de energia elétrica}$$

Energia Elétrica

Gerador diesel $\longrightarrow 128.6 * T^{0.5}$

Linhas Públicas de Transmissão* $\longrightarrow 1780 * T^{0.5} * KWH$

Onde:

T(t/dia) = capacidade da usina de tratamento

KWH = custo do KWH

2.3.2. Como avaliar os resultados

A repartição dos custos operacionais na lavra, em minas a céu aberto ocidentais, indicam o peso da mão de obra entre:

- ✓ 35% (grandes minas mecanizadas)
- a
- ✓ 45% (minas pequenas e médias)

Em usinas de tratamento de custos dependem diretamente do minério:

- 20 a 60\$/t urânio,
- 16\$/t potássio-carvão,
- 12\$/t beneficiamento gravimétrico,
- 50\$/t flotação de fluorita.

O efeito escala apresenta um papel importante (exemplo da flotação):

✓ 24\$/t para 800 t/dia

a

✓ 14\$/t para 4000 t/dia

Próximas aulas

Exercícios de utilização do
MAFMO e MAFMINE.