

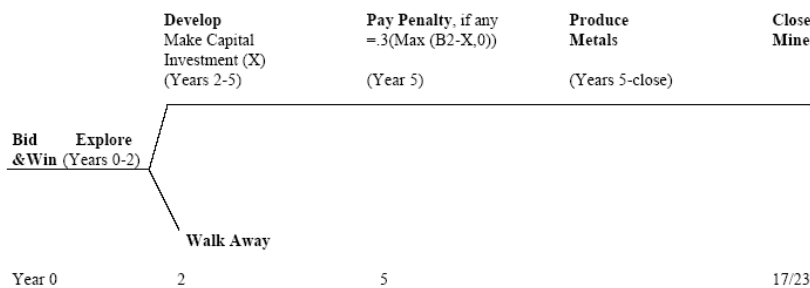


## OR e Incentivos: o Caso Antamina

- ◆ Em adição à *incerteza de mercado* dos preços do cobre e zinco, existia grande *incerteza técnica* sobre o tamanho e a qualidade/produzitividade dessa mina.
  - Uma grande área dela não tinha sido estudada/explorada por sondas.
  - O investimento em desenvolvimento depende do volume da reserva.
  - O vencedor do bid teria um prazo de dois anos para investir em exploração. Após esse prazo, a firma tinha a *opção de desenvolver*.
- ◆ A novidade do bid foi que as firmas deveriam ofertar tanto o *prêmio* (bônus pelos direitos, *cash* imediato) como também ofertar o *preço de exercício da opção de desenvolver* a mina.
  - Esse preço de exercício é a *promessa de investimento* para desenvolver o campo, caso a firma queira exercer a opção real, após a exploração.
    - ◆ Caso a firma exercesse a opção de desenvolver, mas não gastasse o valor prometido, ela **pagaria no ano 5 uma multa de 30%** da diferença ocorrida.
  - Essa estrutura gerou *incentivos* específicos para as firmas no leilão, com conseqüências opostas à intenção original do governo peruano.
- ◆ Vamos discutir a valoração da mina e as regras do leilão.

## Valoração de Antamina: Cronograma

- ◆ O cronograma de decisões de investimento e das operações, p/ o vencedor do bid, é mostrado abaixo:



- O vencedor do bid terá 2 anos na fase de exploração (gasto mínimo de 13,5 MMS), após o que terá duas opções:
  - ◆ Não desenvolver (devolver a mina p/ o governo)
  - ◆ Desenvolver a mina, investindo nos próximos três anos e pagando a multa de uma eventual diferença no ano 5.
  - ◆ Produzir até o limite econômico: mina fecharia entre os anos 17 e 23.

## Valoração de Antamina e Desenvolvimento

- ◆ O valor esperado da firma que oferta  $\{B_1, B_2\}$ , que espera gastar  $C_e$  com exploração,  $I_D$  para desenvolver e pagar uma multa  $M$ , por uma mina de valor  $V$ , é:

$$E\{VP[\text{Max}(V - I_D - M, 0)]\} - B_1 - C_e$$

- Onde  $VP$  = valor presente com a taxa livre de risco (já que a simulação será neutra ao risco) e a multa  $M$  é:

$$M = 0,3 \text{ Max}(B_2 - I_D, 0)$$

- Desde que não há incentivo para  $B_2$  ser menor que  $I_D$ :

$$\text{Valor da firma} = E\{VP[\text{Max}(V - 0,7 I_D - 0,3 B_2, 0)]\} - B_1 - C_e$$

- ◆ Assim, a firma desenvolve a mina se:

$$V - 0,7 I_D - 0,3 B_2 > 0$$

- ◆ O valor de  $V$  pode ser calculado como o valor presente das receitas operacionais líquidas de custos operacionais e taxas. Assim,  $V$  é função dos preços e quantidades de minérios.

## Valoração de Antamina por Monte Carlo

- ◆ A valoração da mina por OR deve considerar tanto as *incertezas técnicas* (tamanho e qualidade da mina) como as *incertezas de mercado* (preços do zinco e do cobre).

- A exploração irá *revelar informações, reduzindo a incerteza e alterando as expectativas* sobre tamanho e qualidade da reserva.

- ◆ No artigo, usou-se distribuições de probabilidades *a priori* desses valores.

- ◆ Melhor seria usar *distribuições de expectativas condicionais* (minha tese).

- Os preços do zinco e cobre seguem processos estocásticos: o paper usou um processo de 2 fatores (MGB + reversão à média)

- Simulação de Monte Carlo é uma escolha natural quando existem muitas fontes de incertezas. Ela foi usada no artigo.

- ◆ Note que a decisão de desenvolver não pode ser antes do ano 2 (precisa explorar primeiro) e nem depois, pois a regra do leilão não permite postergar o desenvolvimento.

- Assim, a decisão de desenvolvimento é análoga a uma *opção européia de compra* no final do ano 2 (só pode exercer nessa data)

- É muito fácil usar Monte Carlo para opções do tipo européia.

## Valoração de Antamina por Monte Carlo

- ◆ Simulação *neutra ao risco* p/ os *preços* com MGBs e p/ as *taxas de conveniência* com processos de reversão à média:

$$\frac{dP_c}{P_c} = (r - \delta_c) dt + \sigma_c dz_c$$

$$d\delta_c = k_c(\alpha_c - \delta_c)dt + \sigma_{\delta c} dz_{\delta c}$$

$$\frac{dP_z}{P_z} = (r - \delta_z) dt + \sigma_z dz_z$$

$$d\delta_z = k_z(\alpha_z - \delta_z) dt + \sigma_{\delta z} dz_{\delta z}$$

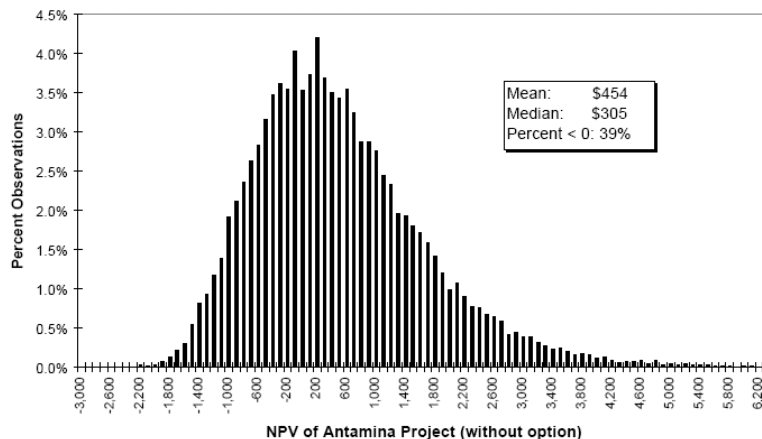
Correlações: entre preços = 44%; entre  $\delta$ 's = 57%. Volatilidades: de 18 a 25% aa.

- ◆ Demais inputs: experts apontaram 3 cenários: esperado, pessimista e otimista (i.é, média +/- 1 a 1,5 desvios-padrão):

Scenario		Low Case	Expected	High Case
Reserves	(million metric tons)	100	127	175
Mine life	(years)	12	14	18
Copper production	(million lbs/year)	313	339	365
Zinc production	(million lbs/year)	155	168	181
Operating costs <sup>a</sup>	(millions of 1996 U.S. \$)	131	138	145
Copper treatment charge <sup>b</sup>	(1996 U.S. dollars/lb)	0.28	0.28	0.28
Zinc treatment charge <sup>b</sup>	(1996 U.S. dollars/lb)	0.22	0.22	0.22
Feasibility study <sup>c</sup>				
1996	(millions of 1996 U.S. \$)	6	6	6
1997	(millions of 1996 U.S. \$)	18	18	18
Capital expenditure <sup>d</sup>				
1998	(millions of 1996 U.S. \$)	54	55	55
1999	(millions of 1996 U.S. \$)	246	255	264
2000	(millions of 1996 U.S. \$)	281	292	303
Per year after 2000 <sup>e</sup>	(millions of 1996 U.S. \$)	8.7	9.0	9.3
Closure costs <sup>f</sup>	(millions of 1996 U.S. \$)	45	45	45

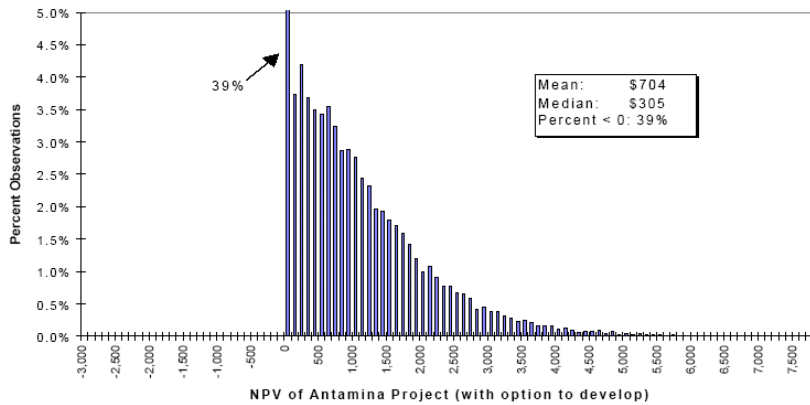
## Valoração de Antamina por Monte Carlo

- ◆ Toda a simulação NR é feita apenas para o final do ano 2:
  - Dado os preços nessa data e os cenários revelados com a exploração, calcula-se o VPL da mina (usa-se estrutura a termo dos preços p/  $t > 2$ )
  - A simulação NR aponta os possíveis VPLs NR da mina nessa data:



## Valoração de Antamina por Monte Carlo

- ◆ Mas no final do ano 2 a firma tem a *opção* e não a obrigação de desenvolver, i.é, a firma não exerce a opção nos casos de VPL negativo. Com isso a distribuição tem nova média:

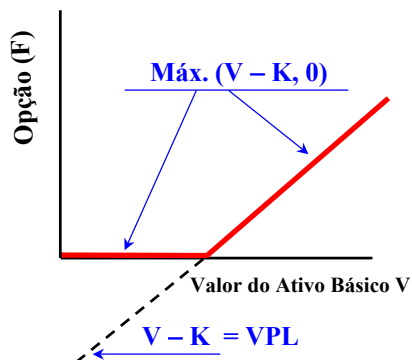


- Repare que a média passou de 454 para 704 MMS, ganho de 250 MMS
- Mas deve-se abater os custos anteriores e calcular o valor presente para valorar/calibrar a oferta no bid.

## Assimetria na Opção de Compra

- ◆ Na expiração a opção ( $F$ ) só deve ser exercida se  $V > K$ .
- ◆ A opção cria uma assimetria, pois as *perdas são limitadas* ao valor de aquisição da opção e o *upside é teoricamente ilimitado*. Quanto mais incerto for o valor futuro do ativo  $V$ , mais vale a opção.

- Na expiração ( $T$ ):



- ◆ Em projetos de investimento,  $V - K$  é o VPL e assim pode-se pensar no valor da opção como  $F(t = T) = \text{Máx. (VPL, 0)}$

## Antamina: Regras do Leilão e OR

- ◆ As regras do bid incluíam o cronograma e o compromisso mínimo exploratório ( $\geq 13,5$  MMS) e também valores mínimos a serem ofertados para o bônus ( $B_1 \geq 17,5$  MMS) e para a fase de desenvolvimento ( $B_2 \geq 135$  MMS).
  - Assim, cada participante oferecia dois valores, o par de bids  $B_1$  e  $B_2$ .
- ◆ O leilão selado de 1º lance dava peso 1 para o bônus ( $B_1$ ) e peso 0,3 para a promessa de investimento ( $B_2$ ), ou seja:
  - O vencedor é quem der o maior bid “total” =  $B_1 + 0,3 B_2$
- ◆ Note que o vencedor só paga obrigatoriamente  $B_1$  e o custo de exploração, que são valores muito menores que  $B_2$ .
  - O pensamento de opções indica que deveria ofertar o menor valor possível para  $B_1$ , compensando com um valor maior de  $B_2$ .
  - Quanto maior a competição no bid, maior tende a ser  $B_2$ . Mas isso reduz a probabilidade de exercício da opção de desenvolvimento!
  - Note que mesmo se  $B_2$  for o investimento esperado, a simulação NR mostrou que em 39% dos cenários não seria ótimo o desenvolvimento.
    - ◆ Mas o correto seria fazer a **simulação real** para estimar essa probabilidade!

## Antamina: Regras do Leilão e Incentivos

- ◆ As regras de escolha entre pagar “cash” e fazer uma promessa de investimento futuro opcional, criou alguns incentivos especiais:
  - É mais *barato* ofertar futura promessa  $B_2$  que pagar bônus  $B_1$  imediato. Razão custo por pontos no *bid total* é mais favorável.
  - Regra permite a entrada agressiva de companhias menos capitalizadas, que podem negociar parcerias após ganhar o bid.
  - Se a firma vencedora for desenvolver a mina, ela tem incentivo para minimizar o pagamento da multa através de investimentos não-econômicos para a mina, tais como:
    - ◆ Investimento em *ativos flexíveis* tais como caminhões, helicópteros e aviões adicionais, que depois poderão ter usos alternativos para a firma;
    - ◆ Inflar preços de transferência entre firmas do grupo, etc.
  - Moel & Tufano também mostram que existem incentivos de renegociação, se o VPL só for positivo em caso de perdão da multa.
  - A principal meta do governo era aumentar os investimentos no desenvolvimento. Essas regras incentivam esse objetivo?

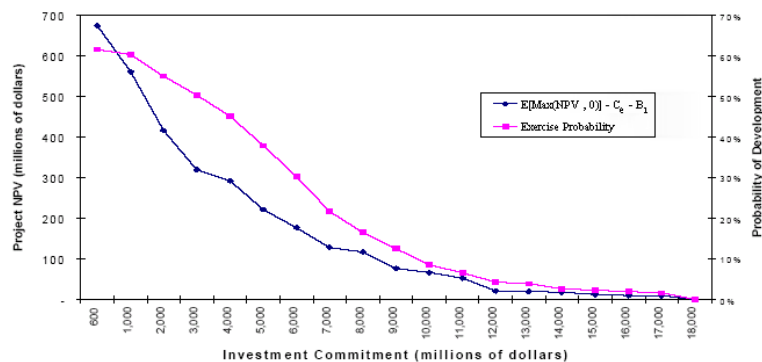
## Antamina: Regras do Leilão e Incentivos

◆ O governo peruano teve a *boa intenção* de aumentar os investimentos em Antamina com essa nova regra.

● No entanto, a regra incentivava as firmas a darem um valor alto  $p/B_2$  e, isso diminuía a probabilidade de exercício da opção de desenvolvimento! **O oposto que o governo peruano queria!**

◆ O gráfico mostra o valor da opção de desenvolvimento (“optional NPV”) e a probabilidade de exercício para diferentes valores de  $B_2$  (inv. commit.).

◆ O valor *correto* de cada probabilidade é um pouco maior (simulação real).



## Antamina: Resultados do Leilão

◆ Postscript do artigo: o resultado do leilão em 12/7/96.

● Três ofertas: RTZ-CRA Ltd. ofereceu 17,5 MMS de bônus e *investment commitment* (IC) de 900 MMS; Noranda deu 17,5 MMS de bônus e IC de 1.900 MMS; e a vencedora foi a Rio Algom/Inmet com bônus de 20 MMS e IC de 2500 MMS

◆ O vencedor declarou no mesmo dia que esperava investir só cerca de 1.000 MMS  $p/$  desenvolver e “*if it does not prove viable, we just lose our up front investment*”, frase bem no espírito de opções reais.

● Era de se esperar que IC médio fosse maior que o investimento esperado pelas firmas, devido ao *caráter opcional do desenvolvimento* (pode não pagar IC), a *opção da multa* (se desenvolver) e para *ganhar o bid*.

● Já os **bônus** são obrigações: as firmas ofertaram ~ lance mínimo.

● A determinação do IC ótimo sob competição e sob incerteza, dado o gerenciamento ótimo das opções, é o foco da firma.

● A mina foi posteriormente desenvolvida pelas firmas canadenses Rio Algom Ltd, Noranda Inc. e Teck Corporation.