



## PRO3362 - Engenharia Econômica & Finanças

2º Semestre 2023: Segundas 13h10; Quintas 7h30

Prof. Dr. Erik Rego – [erikrego@usp.br](mailto:erikrego@usp.br) – sala FG223

[linkedin.com/in/erik-rego-021124/](https://www.linkedin.com/in/erik-rego-021124/)

[lattes.cnpq.br/6689850159735369](https://lattes.cnpq.br/6689850159735369)



# *APLICAÇÃO DA TEORIA DE OPÇÕES REAIS PARA AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE PROJETOS*





## 8.1 Opções Reais

## 8.2 Modelo Binomial



<http://www1.folha.uol.com.br/folha/diheiro/>

20/07/2005 - 09h24

## Vale assina acordo para estudar a exploração de carvão na Austrália

da **Folha Online**

PUBLICIDADE

A Companhia Vale do Rio Doce, a maior empresa de mineração e metais das Américas, e as empresas australianas Aquila e AMCI assinaram um acordo para estudar a exploração de carvão subterrâneo no Estado de Queensland (Austrália).

A estimativa de recursos que poderia ser explorado soma 2,7 bilhões de toneladas de carvão metalúrgico.

Conforme os termos do acordo, a Vale pagará US\$ 2,5 milhões para cada uma das empresas australianas, Aquila e AMCI, e tem o compromisso de desenvolver o estudo do projeto até seu estágio de pré-viabilidade.

Após a conclusão do estudo, que tem duração estimada de 18 meses, a Vale terá a opção de adquirir 51% de participação no projeto pelo preço de US\$ 90 milhões. A companhia tem também opção para ampliar sua participação no projeto para até 100% por meio da aquisição das participações das empresas Aquila e AMCI pelo preço de mercado determinado na época de exercício de cada opção.

Esse investimento é parte do programa de exploração mineral da Vale, no qual se inclui a inserção da companhia no mercado de carvão.

<http://mundo.intranetvale.com.br/>



**1.074**  
empregados  
entre próprios e  
terceiros



**Início das**  
nossas  
operações no  
país



**Carvão é**  
extraído  
das minas  
subterrâneas e  
a céu aberto

A produção de carvão é a principal atividade realizada na Austrália. Atualmente, temos participação em uma mina no estado de Queensland: Carborough Downs. Também temos um escritório em Brisbane. Saiba mais em [www.vale.com/australia](http://www.vale.com/australia).



- ❑ O valor de uma empresa é função dos **benefícios econômicos esperados de caixa**, do risco associado a esses resultados previstos e do retorno requerido pelos proprietários de capital
- ❑ As expectativas inseridas na avaliação podem alterar-se ao longo do tempo e em função das **oscilações conjunturais**
- ❑ Por se trabalhar com valores esperados, algumas **análises de sensibilidades** devem ser incorporadas nos cálculos, tornando os resultados mais representativos do efetivo valor da empresa



# MÉTODO DO FLUXO DE CAIXA DESCONTADO



- ❑ Na avaliação econômica de investimentos, o método de **Fluxo de Caixa Descontado** é o que representa o maior rigor técnico e conceitual para expressar o valor econômico
- ❑ Está voltado para apuração da riqueza absoluta do investimento, estando perfeitamente consistente com o objetivo de maximização do valor da empresa
- ❑ A avaliação do investimento é processada com base nos fluxos de caixa de natureza operacional
- ❑ A decisão identifica o valor presente do ativo com base na taxa de desconto apropriada a **remunerar o capital** e precificar o **risco**, respeitadas as preferências do investidor





Enquanto que o Valor Presente Líquido força uma decisão com base na expectativa presente sobre as informações futuras, a avaliação por opções permite a flexibilidade da tomada de decisões no futuro mediante a disponibilidade de informações.

Quando se calcula pura e simplesmente o VPL de um projeto, ele pode não considerar inúmeras “opções” que os empresários teriam no futuro.

*“Uma firma com uma oportunidade de investimento irreversível carrega uma opção de investir no futuro (ou de esperar); **ela tem o direito – mas não a obrigação – de comprar um ativo (o projeto) no futuro, a um preço de exercício (o investimento)**” (Rigolon, 1999)*



- ❑ Na prática, os gestores reagem a mudanças no ambiente econômico para ajustar seus planos e estratégias  
Ex.: adiar um investimento; abandonar um projeto que está entregando resultados baixos; expandir um projeto se há bom desempenho; etc.
- ❑ O modelo tradicional de Fluxo de Caixa Descontado não considera o valor desta opção de investir (flexibilidade gerencial)
- ❑ Flexibilidade gerencial refere-se a escolhas entre planos alternativos que os gestores podem adotar em resposta a determinados eventos (não é o mesmo que incerteza)



# OPÇÕES REAIS: RAZÕES PARA INSERIR-LA NA AVALIAÇÃO DE PROJETOS



- ❑ Permite a identificação do melhor momento para investir
- ❑ Passa a considerar não só a taxa de desconto, mas o valor do projeto em diferentes cenários
- ❑ Viabiliza um tratamento mais completo da incerteza
- ❑ É bastante flexível, podendo ser aplicada para quaisquer projetos

Isso faz com que a oportunidade de investimento seja análoga a uma opção financeira de compra (call) ou de venda (put)



# OPÇÕES REAIS AS MAIS COMUNS



- ❑ **Opção de expansão:** capacidade de ampliar a escala de operações ou gerar novo projeto a partir de projeto anterior;
- ❑ **Opção de abandono:** quando o valor presente do ativo cai para menos que o valor de liquidação. Um projeto que possa ser liquidado vale mais do que o mesmo sem essa possibilidade, pois permite à empresa evitar ou minimizar prejuízos com projetos mal sucedidos;
- ❑ **Opção de adiamento:** é a capacidade de determinar quando podem ser tomadas diversas decisões em um projeto. Paga-se pelo direito de decidir pelo investimento, podendo exercer este direito a qualquer tempo, até a data de vencimento;
- ❑ **Opção de mudança:** é a possibilidade de reconfiguração de ativos para tirar proveito de recursos alternativos e ter facilidade para fechar temporariamente e retomar operações.



## Opção de compra (*call*)

Instrumento financeiro que dá ao seu possuidor o direito de comprar, até a data do seu **vencimento** e mediante o pagamento de um **prêmio**, determinado **ativo-objeto** ao **preço de exercício** preestabelecido.

## Opção de venda (*put*)

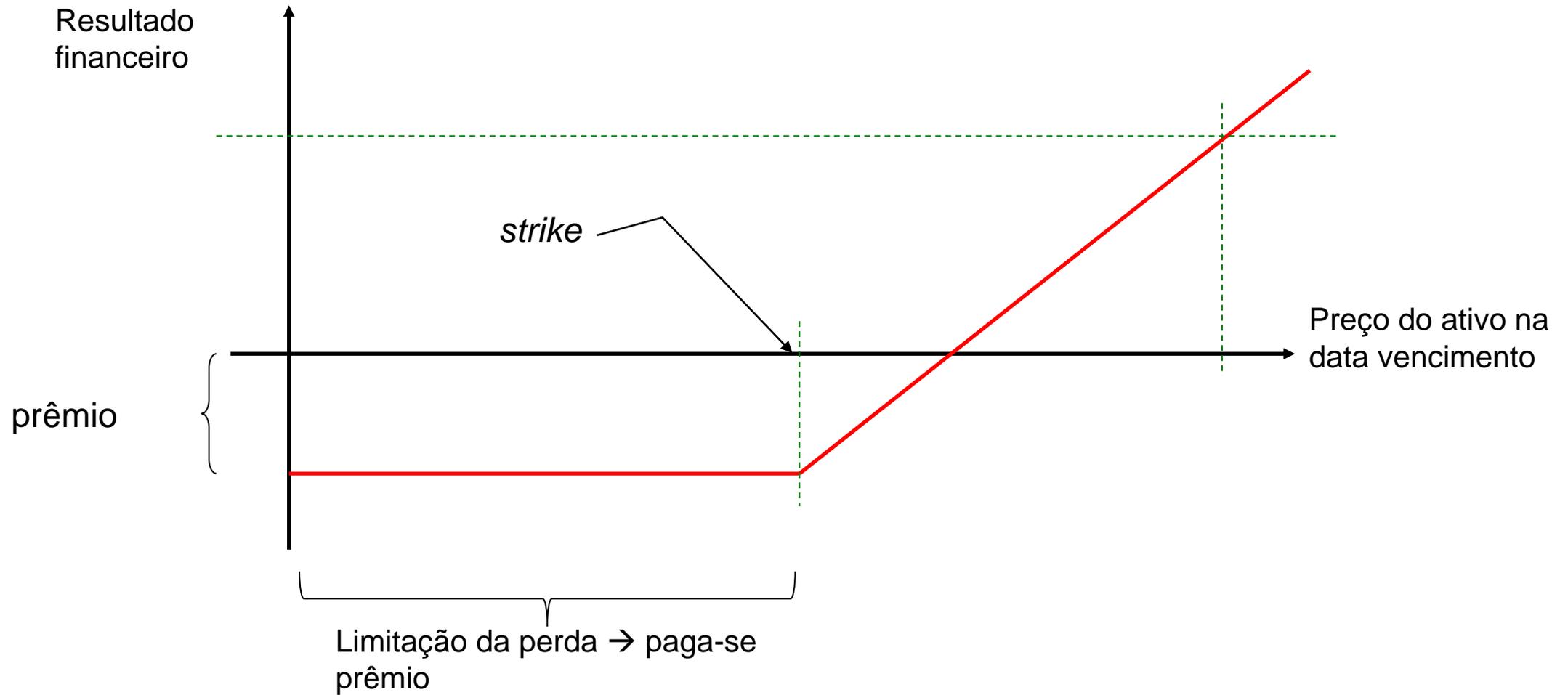
Instrumento financeiro que dá ao seu possuidor o direito de vender, até a data do seu **vencimento** e mediante o pagamento de um **prêmio**, determinado **ativo-objeto** ao **preço de exercício** preestabelecido.



	<b>Comprador (titular)</b>	<b>Vendedor (lançador)</b>
	Paga prêmio	Recebe o prêmio
Call	Adquire o direito de comprar, por certo período de tempo, o ativo-objeto ao preço de exercício da opção.	Fica com a obrigação de vender, por certo período de tempo, o ativo-objeto ao preço de exercício da opção.
Put	Adquire o direito de vender, por certo período de tempo, o ativo-objeto ao preço de exercício da opção.	Fica com a obrigação de comprar, por certo período de tempo, o ativo-objeto ao preço de exercício da opção.



# OPÇÃO FINANCEIRA (COMPRA DE CALL)

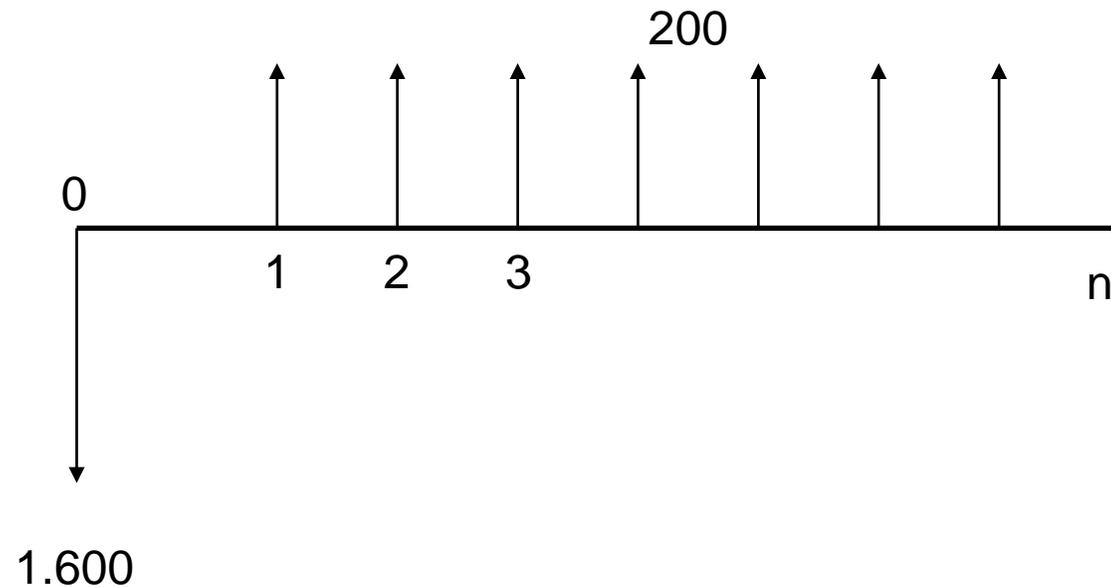




# OPÇÃO REAL – EXEMPLO



- ❑ Mina de criptonita: Fluxo de caixa da empresa em função do preço do minério pode ser \$300 a \$100 ao ano, com 50 % de possibilidade;
- ❑ Fluxo de Caixa (PMT) = \$200
- ❑ Investimento = \$1.600

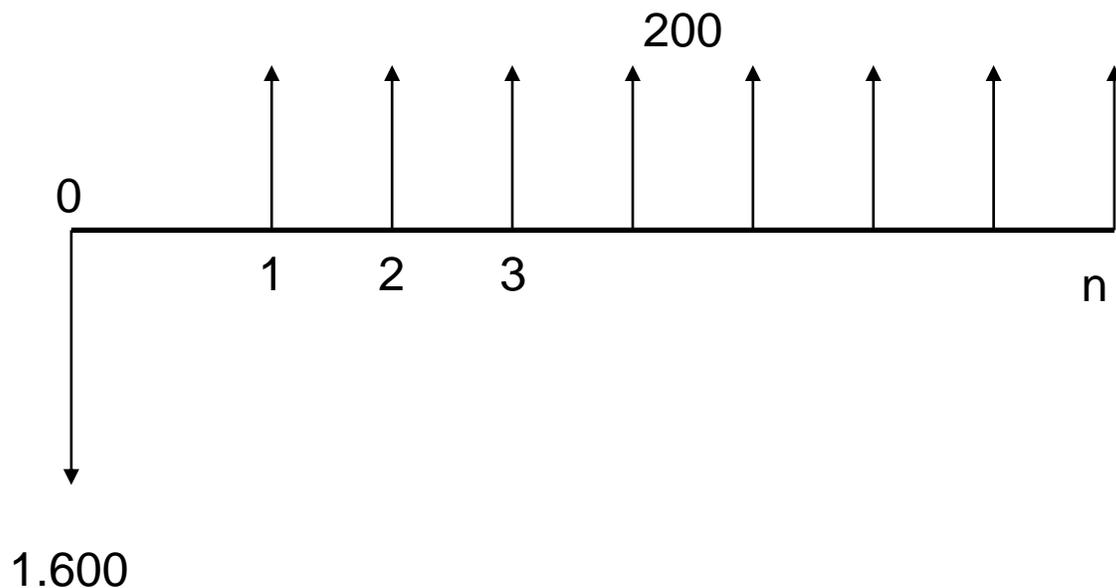




## EXEMPLO DA OPÇÃO REAL



- ❑ Mina de criptonita: fluxo de caixa da empresa em função do preço do minério pode ser \$300 a \$100 ao ano, com 50 % de possibilidade (taxa de desconto de 10% a.a.);
- ❑ Fluxo de Caixa (PMT) = \$200
- ❑ Investimento = \$1.600



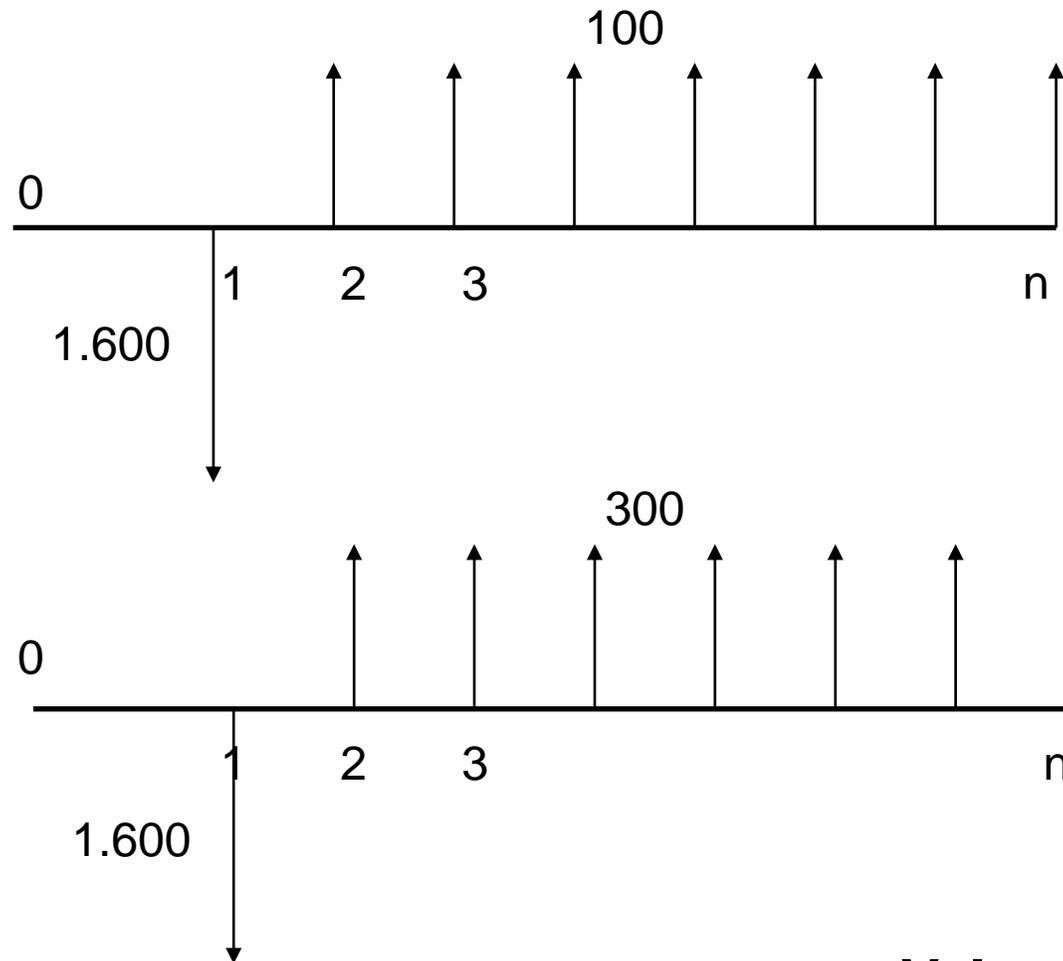
$$VPL = -1.600 + \frac{200}{10\%} = 400$$



# EXEMPLO



Possibilidade de adiamento por 1 ano.



$$VPL = \frac{50\% \left[ -1.600 + \frac{100}{10\%} \right]}{(1+10\%)} = -272,72$$

$$VPL = \frac{50\% \left[ -1.600 + \frac{300}{10\%} \right]}{(1+10\%)} = 636,36$$

636,36

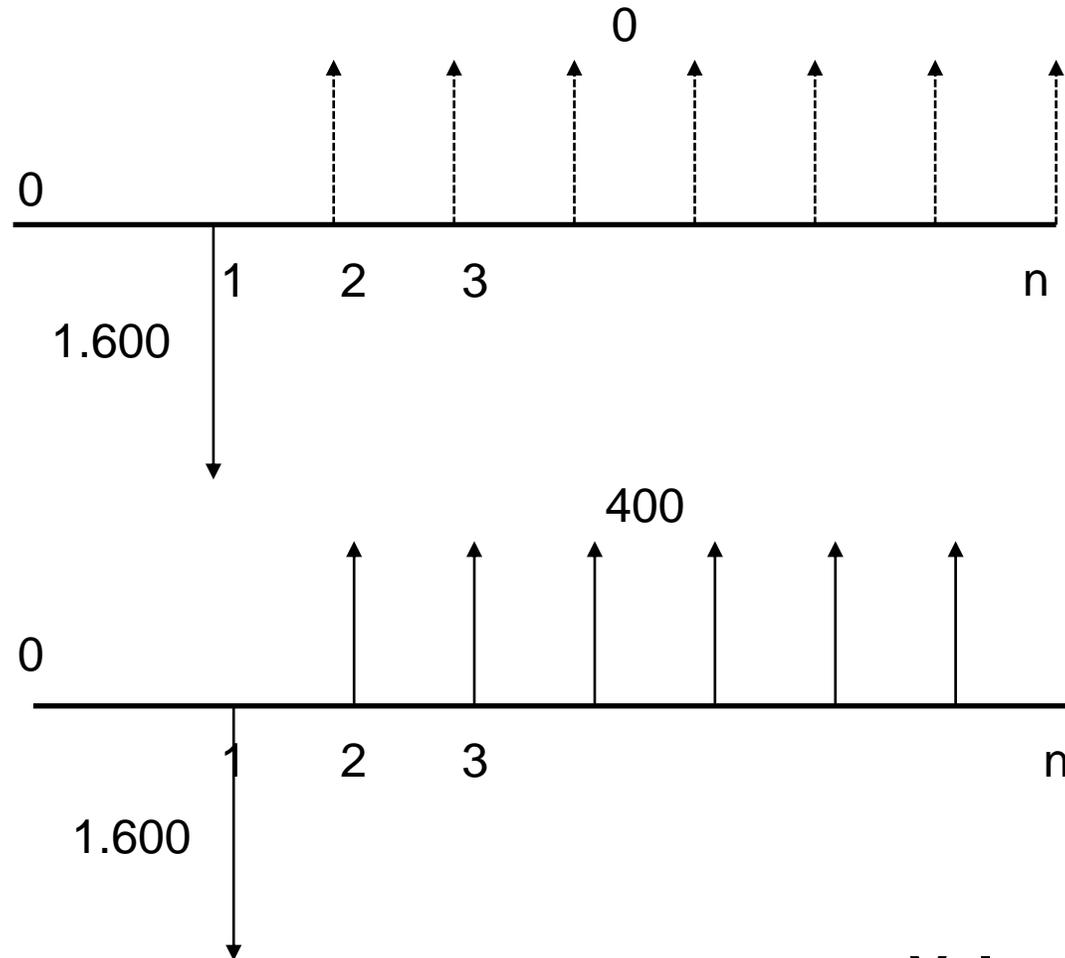
**Valor da opção = 636,36 - 400 = 236,36**



# INCERTEZA MAIOR, \$0 OU \$400:



Possibilidade de adiamento por 1 ano.



$$VPL = \frac{50\% \left[ -1.600 + \frac{0}{10\%} \right]}{(1+10\%)}$$

$$VPL = \frac{50\% \left[ -1.600 + \frac{400}{10\%} \right]}{(1+10\%)} = 1.090,9$$

1.090,9

**Valor da opção = 1.090,9 – 400 = 690,9**



## EXERCÍCIO



Suponha que você tenha que decidir se deve investir R\$ 1,1 bilhão em um novo projeto de exploração de petróleo. O fluxo de caixa líquido anual é estimado em R\$ 170 milhões. Caso você aguarde mais um ano para detalhamento das pesquisas a respeito da quantidade de minério, seu fluxo de caixa líquido anual poderá ser estimado, com maior precisão, sendo R\$ 100 milhões ou R\$ 220 milhões, com igual probabilidade para cada lado. Considerando-se a taxa de desconto de 12% ao ano, e perpetuidade do fluxo, determine:

- ❑ Qual o valor presente líquido do projeto, caso você decida fazer o investimento hoje?
- ❑ Qual o VPL do projeto, caso você possa tomar essa decisão daqui a um ano?
- ❑ Qual o valor máximo (prêmio) que você pagaria pelo direito de postergar sua decisão de investimento por um ano, para não perder essa oportunidade de investimento?



## EXERCÍCIO



Qual o valor presente líquido do projeto, caso você decida fazer o investimento hoje?

$$VPL = -1.100 + \frac{170}{12\%} = 316,67$$

Qual o VPL do projeto, caso você possa tomar essa decisão daqui a um ano?

$$VPL = \frac{50\% \left[ -1.100 + \frac{100}{12\%} \right]}{(1 + 12\%)} + \frac{50\% \left[ -1.100 + \frac{220}{12\%} \right]}{(1 + 12\%)} = 0 + 327,38 = 327,38$$

Qual o valor máximo (prêmio) que você pagaria pelo direito de postergar sua decisão de investimento por um ano, para não perder essa oportunidade de investimento?

$$\text{Prêmio} = \text{VPL com opção} - \text{VPL sem opção} = 10,71$$



8.1 Opções Reais

**8.2 Modelo Binomial**



# MODELO BINOMIAL

## CALCULANDO A OPÇÃO DE EXPANSÃO



- $\sigma$ : volatilidade (15%)
- T: prazo (1 ano);
- $i$ : taxa de desconto (10%).

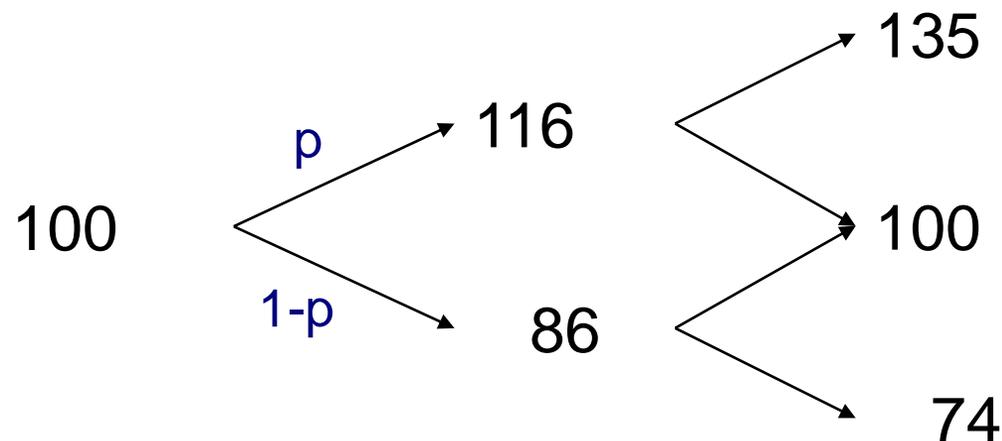
$$u = e^{\sigma\sqrt{T}} = e^{0,15\sqrt{1}} = 1,1618$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{T}} = e^{-0,15\sqrt{1}} = 0,8607 = \frac{1}{u}$$

Primeiro passo: Montar a árvore binomial no projeto padrão (sem opção)

- Investimento = \$105
- VP = \$100
- VPL = (\$5)

>>> Na situação padrão (sem expansão) o projeto não é viável.





# MODELO BINOMIAL

## CALCULANDO A OPÇÃO DE EXPANSÃO



Para a aplicação das opções, deve-se inicialmente calcular a probabilidade risco-neutro, a partir da *taxa livre de risco* ( $r = 10\%$ ) e os parâmetros  $u$  e  $d$  calculados no slide anterior:

$$p = \frac{(1 + r) - d}{u - d}$$

$$p = \frac{(1 + 10\%) - 0,8607}{1,1618 - 0,8607} = \frac{0,2393}{0,3011} = 79,48\%$$

Neste exemplo,  $r$  (taxa livre de risco) e  $i$  (taxa de desconto) terem o mesmo valor (10%) é coincidência.



## OPÇÃO DE EXPANSÃO:

+20% RENDIMENTO; INVESTIMENTO: \$15

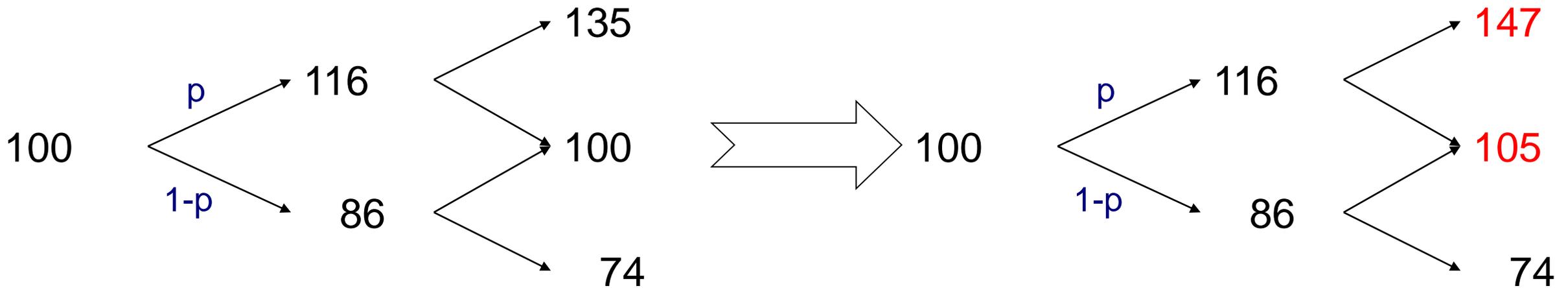


□ t = 2:

$$\text{Max} (135 \cdot 1,2 - 15 ; 135) = 147;$$

$$\text{Max} (100 \cdot 1,2 - 15 ; 100) = 105;$$

$$\text{Max} (74 \cdot 1,2 - 15 ; 74) = 74.$$





# OPÇÃO DE EXPANSÃO:

+20% RENDIMENTO; INVESTIMENTO: \$15

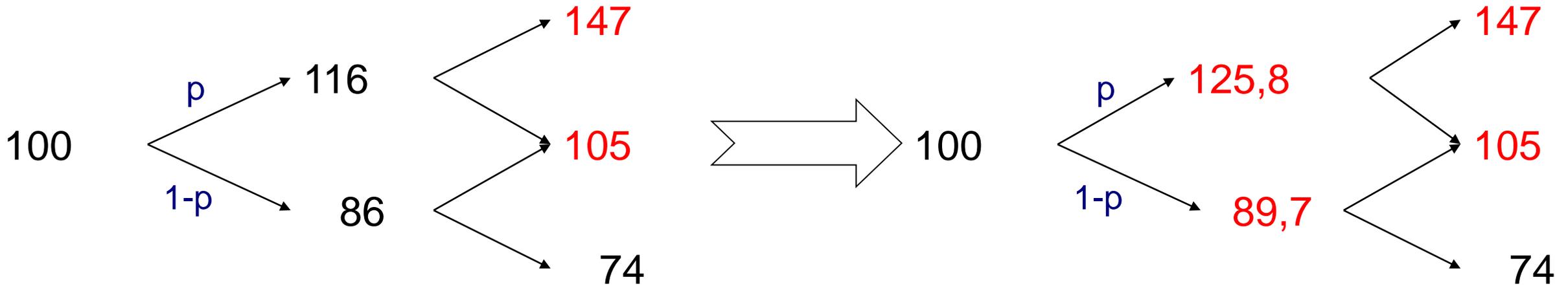


□ t = 1:

10% = i = taxa de desconto

$$MAX \left( \frac{79,48\% \times 147 + 20,53\% \times 105}{(1 + 10\%)} ; 116 \times 1,2 - 15 ; 116 \right) = (125,8 ; 124 ; 116) = 125,8$$

$$MAX \left( \frac{79,48\% \times 105 + 20,53\% \times 74}{(1 + 10\%)} ; 86 \times 1,2 - 15 ; 86 \right) = (89,7 ; 88,2 ; 86) = 89,7$$





# OPÇÃO DE EXPANSÃO:

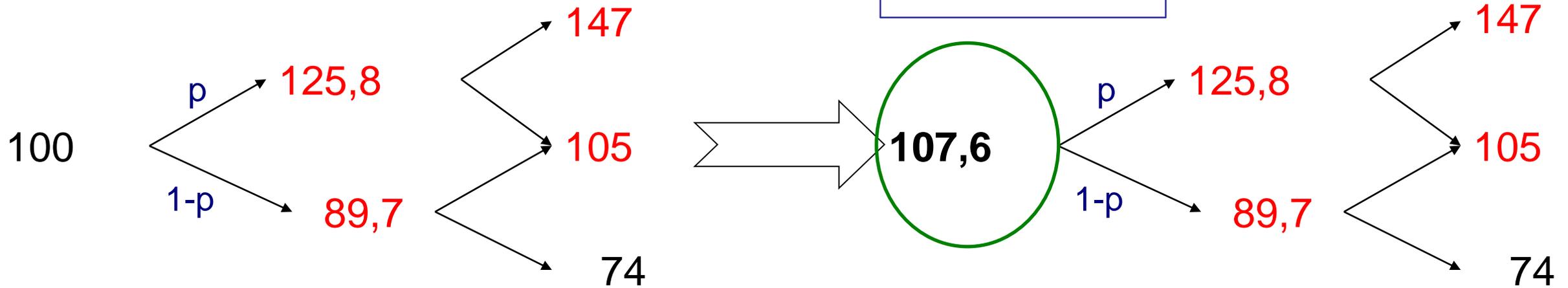
+20% RENDIMENTO; INVESTIMENTO: \$15



□ t = 0:

$$\text{MAX} \left( \frac{79,48\% \times 125,8 + 20,53\% \times 89,7}{(1 + 10\%)}; 100 \right) = (107,6 ; 100) = 107,6$$

10% = i = taxa de desconto



**Obrigado**