Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

IND 2072: Análise de Investimentos com Opções Reais

Parte 4: Extensões do Modelo Básico de Opções Reais e Aplicações.

Marco Antonio Guimarães Dias,
Professor Adjunto, tempo parcial

Rio de Janeiro, 1º Semestre de 2006

Processos Estocásticos Correlacionados

- Em problemas de opções reais pode ser de interesse a interação entre várias fontes de incerteza econômica:
  - Preço, custo operacional, custo de investimento, taxa de câmbio, taxa de juros, taxa de dividendos, etc.
  - Modelagem: processos estocásticos correlacionados
- As correlações entre incertezas econômicas podem ser:
  - Positivas (caso geral): em média oscilam na mesma direção (se uma variável aumenta é mais provável que a outra também aumente e vice-versa);
  - Negativas: Ex.: Juros e Ações. Mais raro em opções reais.
- Valor do projeto (V) e Custo de investimento (D)
  - Essa análise dará intuição sobre o efeito de outras incertezas.
  - DP, cap. 6, item 5 (p.207) é similar, mas p/ preço P em vez de V
  - Suponha que V e D seguem 2 movimentos geométricos Brownianos correlacionados (com coeficiente de correlação ρ)

$dV = \alpha_V \, V \, dt + \sigma_V \, V \, dz_V$ e $dD = \alpha_D \, D \, dt + \sigma_D \, D \, dz_D$

Valor e Custo: Incertezas Correlacionadas

- Com os dois incrementos de Wiener:

$$dz_V = \varepsilon_V \sqrt{dt} \quad ; \text{e} \quad dz_D = \varepsilon_D \sqrt{dt}$$

- Onde os processos de Wiener dz_V e dz_D são correlac.:

$$E(\varepsilon_V . \varepsilon_D) = \rho \Rightarrow E(dz_V . dz_D) = dz_V . dz_D = \rho\, dt$$

- A versão do lema de Itô para a opção F(V, D, t), com duas variáveis estocásticas é:

$$dF = F_t\, dt + F_V\, dV + ½\, F_{VV}\, (dV)^2 + F_D\, dD + ½\, F_{DD}\, (dD)^2 + F_{VD}\, (dV\, dD)$$

Novidade: só o termo que entra a correlação: $dV\, dD = \sigma_V\, \sigma_D\, V\, D\, \rho\, dt$

- Com a eq. do portfólio ($\Phi = F - n\, V - m\, D$), etc., se obtém a EDP:

$$½\, (\sigma_V^2\, V^2\, F_{VV} + 2\, \rho\, \sigma_V\, \sigma_D\, V\, D\, F_{VD} + \sigma_D^2\, D^2\, F_{DD}) + (r - \delta_V)\, V\, F_V + (r - \delta_D)\, D\, F_D - r\, F = - F_t$$

  - Depois coloca as cc. (note que tem dois gatilhos, V* e D*), etc.
- Mas existe uma maneira bem mais simples: <u>a redução da dimensionalidade devido à homogeneidade</u> (vale p/ MGBs)
  - ➨ DP (cap. 6, seção 5) mostra caso similar (mas com P em vez de V)

Simplificação do Modelo: Homogeneidade

- Podemos tratar V e D estocástico com o mesmo modelo unidimensional anterior (com pequenas adaptações).
- Isso é possível devido a <u>homogeneidade de grau 1 da opção</u> F em relação a V e D: $F(c\, .V, c\, .D) = c\, .\, F(V, D)$
  - ➨ $F(V, D, t) = D\, .\, F/D(V/D, 1, t) = D\, .\, f(p, 1, t)$; onde:
  - $f = F/D$ (valor da opção por unidade de investimento)
  - $p = V/D$ (valor do projeto por unidade de investimento)
- Assim, temos uma opção f sobre uma <u>única</u> variável estocástica p, com preço de exercício = 1.
- O gatilho normalizado p* = (V/D)* é <u>homogêneo de grau 0</u> em V e D (vale p/ MGBs, ver McDonald & Siegel, 1986).
  - Isso significa que a regra p* = (V/D)* permanece válida para *qualquer* V e D. O gatilho (V/D)* só muda se mudar um ou mais *parâmetros do processo estocástico neutro ao risco* r, δ, σ.
  - Isso simplificará muito um caso que combina incertezas técnicas.

Redução da Dimensionalidade da EDP

- Seguindo passos similares a DP (p. 210), i. é, derivando F(V, D, t) = D f(p, 1, t) para achar F_V, F_{VV}, F_D, F_{DD}, F_{VD} e F_t, e substituindo na EDP anterior F(V, D, t), obtém-se a seguinte EDP para a opção normalizada f = F/D:

$$\frac{1}{2}\, \sigma_T^2\, p^2\, f_{pp} + (\delta_D - \delta_V)\, p\, f_p - \delta_D\, f = -\, f_t$$

Obs: Em geral se assume que o “dividend yield” do custo D é a taxa de juros, i. é, $\delta_D = r$, mas poderia usar outro valor (ex.: $\delta_D = \mu_D - \alpha_D$)

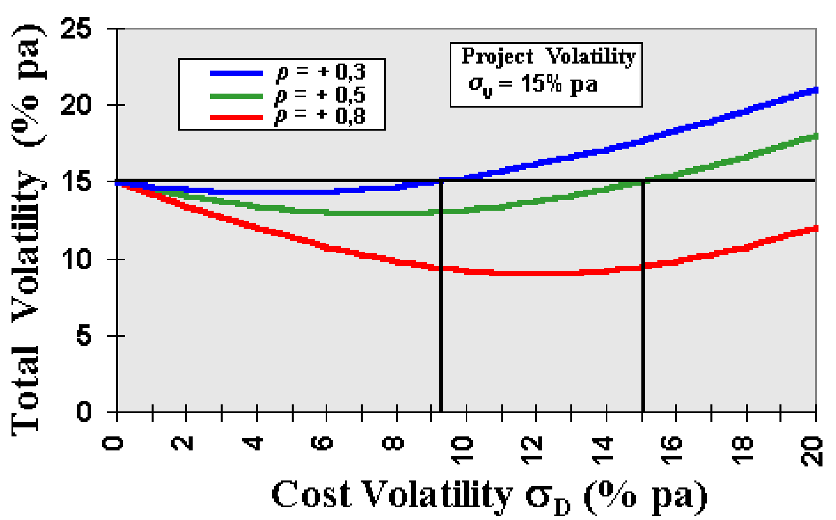
- Onde aparece a volatilidade total (da razão p) ao quadrado:

$$\sigma_T^2 = \sigma_V^2 + \sigma_D^2 - 2\,\rho\,\sigma_V\,\sigma_D$$

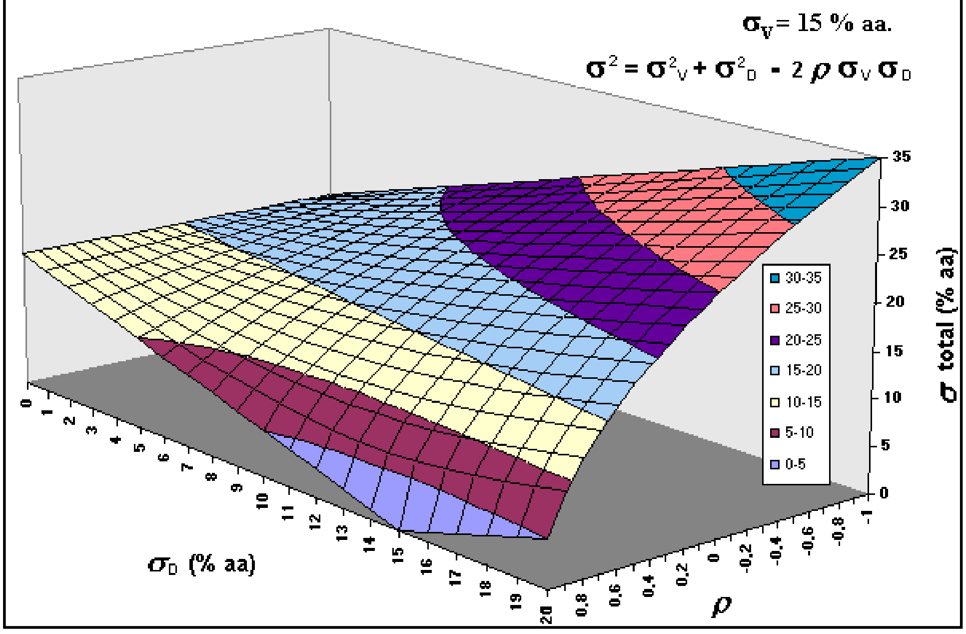
- Esse tipo de recurso (homogeneidade) foi usado em opções perpétuas (McDonald & Siegel, 1986; DP) e em opções finitas (Myers & Majd, 1990). Em D&P é para P (em vez de V).
- Logo, uma planilha como a “Timing” resolve o problema com V e D estocásticos, usando volatilidade σ_T, investim. = 1, etc.

Efeito da Incerteza do Custo na Incerteza Total

- A introdução da incerteza do custo D pode até reduzir a incerteza total σ_T (desde que $\rho > 0$ e σ_D não seja muito alto).
  - Em muitos casos, mesmo com $\rho > 0$, σ_T aumenta e, logo, ↑a espera



O Efeito da Incerteza do Custo D (3D)



O Efeito da Incerteza no Custo

- **O efeito da introdução dessa segunda fonte de incerteza econômica (em adição a incerteza de V):**
  - **O efeito tanto na regra de decisão como no valor da opção de investir será determinada pela volatilidade total (comparada com a volatilidade só de V).**
  - **Para o <u>caso geral de correlação positiva</u> e da volatilidade de D menor que a de V, a volatilidade total σ_T pode ser próxima de σ_V (pode até ser um pouco menor).**
  - **Se a correlação fosse negativa, a volatilidade total sempre aumentaria com a volatilidade do custo D.**
  - **Se as volatilidades individuais de V e D forem iguais e se a correlação for positiva perfeita ($\rho = +1$), então a volatilidade total é zero! Não há incerteza?**
    - **V e D oscilam, mas V/D não oscila! Ou seja, <u>se o VPL for positivo, ele sempre será positivo</u> e não há valor na espera.**

Homogeneidade, Convexidade e Reversão à Média

- **O processo de reversão à média não goza das mesmas propriedades do MGB em termos de homogeneidade e convexidade do valor da opção F(V, t; D). Isso é mostrado em dois teoremas de Merton (1973):**
- **<u>Teorema 1</u>: Se a distribuição dos <u>retornos</u> (dV/V) independe do nível de V, então a opção F é homogênea de grau 1 em relação ao valor do ativo básico V e ao preço de exercício D.**
  - **Isso ocorre para o caso do MGB: dV/V tem distribuição Normal que depende de α, σ e t, mas não de V(0). Logo é homogênea.**
  - **Isso não ocorre com nenhum tipo conhecido de reversão à média, o que nos leva a *desconfiar* que o MRM não leva a F(V, D) homogênea (o teorema estabelece a condição suficiente, mas não necessária).**
- **<u>Teorema 2</u>: Se a distribuição dos <u>retornos</u> (dV/V) independe do nível de V, então a opção F é uma função convexa de V.**
  - **Ver na parte 2 (MGB) que o gráfico F x V é convexo p/ todo V.**
  - **O livro do D&P mostra dois gráficos com reversão à média de V (p. 165, 166) cuja opção F não é convexa em relação a V.**

Considerações e Extensões do Modelo

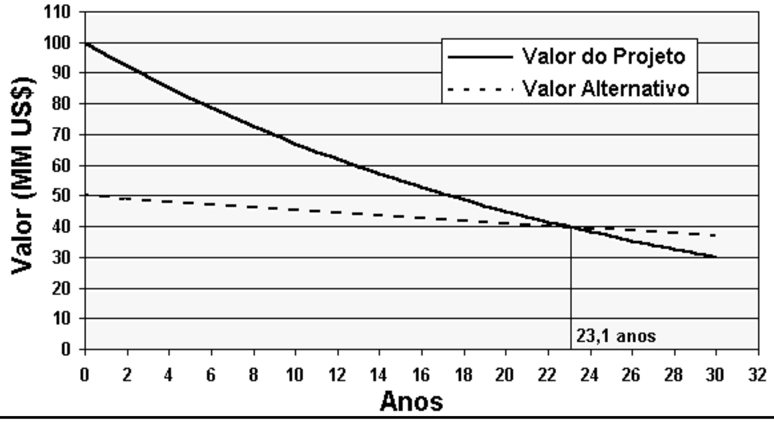
- **Se em vez do quociente p = V/D tivéssemos um produto s = x.y (ex.: x seria o preço em R$, y a taxa de câmbio US$/R$ e s = x y o preço em US$), onde x e y seguissem MGBs correlacionados, a volatilidade total σ seria:**

$$\sigma^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + 2\,\rho\,\sigma_x\,\sigma_y$$

  - **Aqui ao contrário do caso anterior, as correlações positivas aumentam a volatilidade total.**
- **O modelo de V e D estocástico (analogia com a "call") pode ser extendido para o caso de <u>opção de abandono</u> (analogia com a "put") em que tanto o valor do projeto (V) como o valor de uso alternativo (E) são estocásticos. Na verdade é uma *opção de troca* ("switch") entre dois ativos de risco V e E**
  - **Pode usar o mesmo software, explorando a simetria *call-put*.**

Valor do Projeto e de Uso Alternativo

- Suponha que o valor corrente do projeto tem a tendência de cair exponencialmente, assim como o de uso alternativo, mas com diferentes taxas de declínio. Mas existem incertezas
  - Ex.: navio petroleiro atuando em transporte de petróleo tem uso alternativo convertendo para unidade estacionária de produção de petróleo na Bacia de Campos (caso famoso do navio P.P. Moraes).



Opções de Abandono e de Mudança de Uso

- Modelo de opção de mudança de uso de Myers & Majd (1990): analogia com uma opção de venda americana
  - O valor V do ativo/projeto segue um MGB. O projeto pode ser abandonado e os ativos serem usados em um outro projeto. O valor alternativo E também é estocástico e segue um MGB.
- A planilha Excel "Timing" também resolve esse caso:
  - Reduzir a dimensionalidade (de 2 para 1 variável estocástica) considerando valores normalizados p = V/E, opção f = F/E, volatilidade total, preço de exercício normalizado = 1, etc.
  - Com o conceito de simetria entre opções americanas de call e put (inverte p com 1 e δ_V com δ_E [ou r]), pode-se obter o gatilho p* de exercício da opção de troca e o valor da opção f.
- Assim, a mesma planilha resolve OR tradicional (call) de espera em projeto e opção de abandono para uma variável estocástica ou para duas variáveis estocásticas.

Projeto com Opção de Shut-Down

- **Seguindo DP, cap. 6, seção 2, veremos agora um modelo de opção em função da variável mais básica, o preço P.**
  - **Primeiro será visto o V(P) com *opção de parada temporária* (opção de "shut-down") e depois a opção composta: opção F(P) (call) de investir I num projeto V(P) com opção de shut-down**
    - **A análise é feita backwards: primeiro analisa o caso de já ter investido no projeto V(P) (com opção de shut-down) e depois se analisa a opção de investir nesse projeto F(P).**
  - **Esse exemplo simples também irá ilustrar o caso de EDO p/ V(P) com um termo adicional devido ao fluxo de caixa.**
- **Por simplicidade, assuma que o projeto tem uma vida *infinita*, produz uma unidade por ano que é vendida por um preço P(t), que segue um MGB. Além disso:**
  - **Existe um custo operacional C (determinístico) para produzir uma unidade. Logo, o fluxo de lucro da produção é P – C.**

Projeto V(P) com Opção de Shut-Down

- **Sem a opção de shut-down, o valor desse projeto V(P) de vida infinita é (lembrar que P cresce à taxa α no MGB):**

$$V(P) = \int_0^{\infty} [(P\, e^{\alpha t}\, e^{-\mu t}) - (C\, e^{-r t})]\, dt = \frac{P}{\mu - \alpha} - \frac{C}{r} = \frac{P}{\delta} - \frac{C}{r}$$

- **Exercício: mostre que se obtém o mesmo resultado se usar a tendência *neutra ao risco* ($r - \delta$) em vez de α, e a taxa de desconto livre de risco r (em vez de μ). Por que?**
- **Agora considere que existe uma *opção de shut-down* sem custo (nem para parar e nem para voltar a produzir), de forma que essa opção é sempre exercida quando P < C.**
  - **Logo, o fluxo de lucro com opção é: $\pi(P) = \text{máx}\{P - C, 0\}$**
- **Agora iremos deduzir a EDO de V(P) pelo método dos *contingent claims*. Note que tanto V como P têm dividendos.**
  - **Para tal, considere o portfólio: Φ = V – n unidades de P**

EDO de V(P) por Contingent Claims

- A carteira sem risco é: $\Phi = V - n P$ (com uma escolha *conveniente* de n para torná-la sem risco).
- No intervalo dt, o retorno é: $r \, \Phi \, dt = r \, (V - n P) \, dt$
- Mas o retorno de Φ também é a soma algébrica dos retornos dos ativos componentes da carteira:
  - Agora V varia (dV) <u>e também distribui dividendos</u> $\pi(P) \, dt$
  - O retorno de P em dt é a soma do ganho de capital dP com o dividendo $\delta \, P \, dt$, onde δ é o *convenience yield*.
    - Convenience yield pode ser estimado com o *mercado futuro*
  - Logo, retorno da carteira $= dV + \pi \, dt - n \, (dP + \delta \, P \, dt)$
  - Igualando as duas equações de retorno da carteira:

$$r \, (V - n P) \, dt = dV + \pi \, dt - n \, (dP + \delta \, P \, dt)$$

  - Agora precisamos de dV: expansão com o <u>Lema de Itô</u>.

EDO de V(P) por Contingent Claims

- Note que V(P) não é função do tempo (produção perpétua) $\Rightarrow \partial V / \partial t = V_t = 0 \Rightarrow$ <u>Lema de Itô</u> p/ dV, é:

$$dV = V_P \, dP + \tfrac{1}{2} \, V_{PP} \, (dP)^2$$

  - Para obter $(dP)^2$, basta elevar ao quadrado a equação do MGB, $dP = \alpha \, P \, dt + \sigma \, VP \, dz$. Logo, $(dP)^2 = \sigma^2 \, P^2 \, dt$
  - Substituindo na equação do Lema de Itô, vem:

$$dV = V_P \, dP + \tfrac{1}{2} \, \sigma^2 \, P^2 \, V_{PP} \, dt$$

  - Substituindo a equação de dV na eq. do retorno de Φ

$$r \, (V - n P) \, dt = V_P \, dP + \tfrac{1}{2} \, \sigma^2 \, P^2 \, V_{PP} \, dt + \pi \, dt - n \, (dP + \delta \, P \, dt)$$

$$\Rightarrow r \, (V - n P) \, dt = (V_P - n) \, dP + \tfrac{1}{2} \, \sigma^2 \, P^2 \, V_{PP} \, dt + \pi \, dt - n \, \delta \, P \, dt$$

  - Mas para essa equação de retorno ser livre de risco tem de eliminar o termo estocástico dP. Para tal, faz $n = V_P$
  - *Algebrando* se chega à EDO com o termo de cash-flow π:

$$\tfrac{1}{2} \, \sigma^2 \, P^2 \, V_{PP} + (r - \delta) \, P \, V_P - r \, V + \pi = 0$$

Equação Diferencial Ordinária de V(P)

- Essa EDO tem uma *parte homogênea* (em V, em azul) e uma *parte não-homogênea* (em vermelho):

$$\tfrac{1}{2}\,\sigma^2 P^2 V_{PP} + (r - \delta)\, P\, V_P - r\, V + \pi = 0$$

  - A parte homogênea tem *solução geral* do tipo $A\,P^{\beta}$ que deve ser somada a alguma *solução particular* devido à parte não-homogênea. Uma simples substituição mostra que a solução $P/\delta - C/r$ atende a EDO (típico).
- Como $\pi = 0$ quando $P < C$ e $\pi > 0$ quando $P > C$, a solução será dividida em duas regiões de valores de P:
  - Na região $P < C$, o "cash-flow" desaparece e a solução é:
  - $V(P) = K_1\, P^{\beta_1} + K_2\, P^{\beta_2}$; onde $\beta_1 > 1$ e $\beta_2 < 0$ são raízes da eq. quadrática (ver parte 3): $\tfrac{1}{2}\,\sigma^2\, \beta\,(\beta - 1) + (r - \delta)\,\beta - r = 0$
  - Na região $P > C$, soma-se as soluções geral e particular:
  - $V(P) = B_1\, P^{\beta_1} + B_2\, P^{\beta_2} + P/\delta - C/r$;(β_1 e β_2 são os mesmos)

V(P) e Condições de Contorno

- As cc. determinarão as constantes K_1, K_2, B_1 e B_2.
  - No caso de $P < C$, se <u>P ficar próximo de 0</u> o valor de V deve tender a zero também. Para isso é necessário que $K_2 = 0$ (caso contrário o termo com o expoente negativo β_2 iria a infinito);
  - No caso de $P > C$, se <u>P for muito grande</u> o valor de V deve ficar apenas um pouco maior que o fluxo de caixa $P/\delta - C/r$, pois a opção de shut-down torna-se muito menos valiosa. Assim, é necessário que $B_1 = 0$ (caso contrário o termo "de opção" com o expoente positivo β_1 se tornaria cada vez maior com P).
    - ➡ Termos do tipo $A\,P^{\beta}$ são termos de *opção* (aqui de "shut-down").
- Logo, o valor do projeto implantado V(P) se reduz a:

$$V(P) = \begin{cases} K_1\, P^{\beta_1} & \text{se } P < C \\ B_2\, P^{\beta_2} + \dfrac{P}{\delta} - \dfrac{C}{r} & \text{se } P > C \end{cases}$$

- Interpretação: se $P < C$, V(P) é o valor da *opção de reativar a produção* (já que existe probab. de P voltar a ser > C); já se $P > C$, além do fluxo de caixa, existe a *opção de shut-down* se P vier a cair

V(P) e Condições de Contorno

- Para determinar as constantes restantes (K_1 e B_2) usaremos cc. similares às *condições de continuidade e de suavidade* no valor de gatilho, que aqui é P** = C
  - Por continuidade em P = C, podemos igualar as duas eqs. de V(P): $K_1\, C^{\beta_1} = B_2\, C^{\beta_2} + C/\delta - C/r$
  - As derivadas em P = C também devem ser iguais para as duas eqs. de V(P) (função deve ser suave, sem quinas): $\Rightarrow \beta_1\, K_1\, C^{\beta_1 - 1} = \beta_2\, B_2\, C^{\beta_2 - 1} + 1/\delta$;
    - Teorema: se V(P) é função contínua e P segue um MGB, então V(P) é duplamente diferenciável ($\mathcal{C}^2$) em relação a P.
- Temos duas variáveis e duas equações *lineares*. Logo:

$$K_1 = \frac{C^{1-\beta_1}}{\beta_1 - \beta_2}\left(\frac{\beta_2}{r} - \frac{\beta_2 - 1}{\delta}\right) \qquad B_2 = \frac{C^{1-\beta_2}}{\beta_1 - \beta_2}\left(\frac{\beta_1}{r} - \frac{\beta_1 - 1}{\delta}\right)$$

- Note que essas constantes tem de ser *positivas* para as opções também serem positivas (DP mostra isso matematicamente).

Valor da Opção de Investir em V(P)

- O valor da opção perpétua F(P) de investir I no projeto V(P) e a regra ótima de investimento (gatilho P*) segue os passos usuais (portfólio $\Phi = F - n\, P$; lema de Itô, etc.)
  - Note que iremos escrever F(P) e não F(V), por ser mais fácil:

$$\tfrac{1}{2}\, \sigma^2\, P^2\, F_{PP} + (r - \delta)\, P\, F_P - r\, F = 0$$

  - Note que a opção F (ao contrário de V), não tem termo de fluxo de caixa. De novo, a solução é do tipo: $F(P) = A_1\, P^{\beta_1} + A_2\, P^{\beta_2}$
    - De novo, com a cc. F(P = 0) = 0 (barreira absorvente) $\Rightarrow A_2 = 0$.
- Naturalmente a opção não deve ser exercida se P < C:
  - Não tem sentido exercer a opção (gastar I) apenas para ficar esperando o preço melhorar, sem produzir.
  - Assim, deve ser considerada apenas a região de V(P) em que tem P > C para a busca do valor do gatilho de investimento P*
    - Ou seja, P* > C (na verdade P* > C + r I, o custo de Marshall);
    - Assim, se exercer a opção em P*: $F(P^*) = B_2\, P^{\beta_2} + P/\delta - C/r - I$

Valor da Opção F(P) e Gatilho P*

- As cc. de continuidade e suavidade no gatilho P* irão determinar o valor do gatilho P* e da constante A_1, que dá o valor da opção (pois $F(P) = A_1\, P^{\beta_1}$). As cc. são:

$$F(P^*) \;=\; A_1\,(P^*)^{\beta_1} \;=\; B_2\,(P^*)^{\beta_2} + P^*/\delta - C/r - I$$

$$\beta_1\, A_1\,(P^*)^{\beta_1 - 1} \;=\; \beta_2\, B_2\,(P^*)^{\beta_2 - 1} + 1/\delta$$

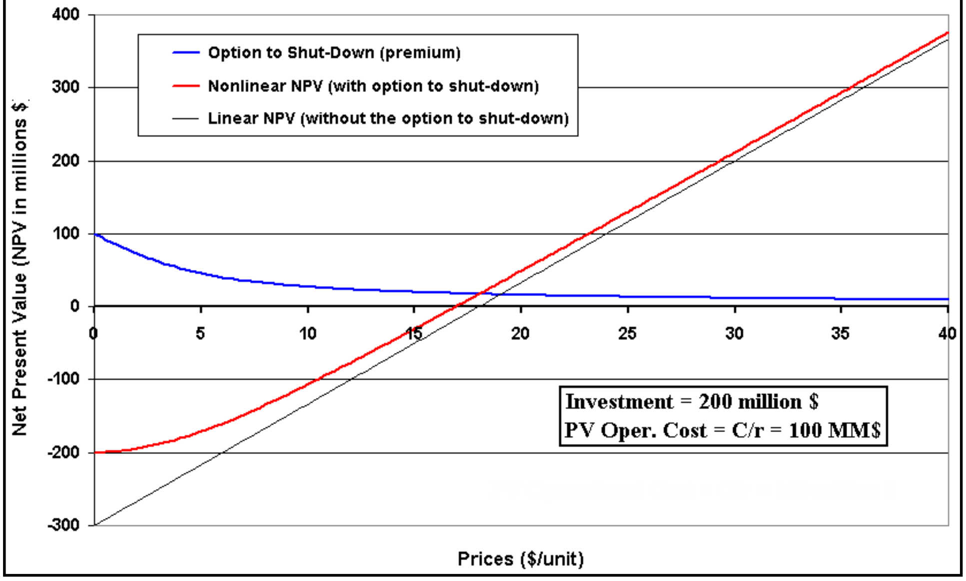
  - Como B_2 é conhecido, temos duas equações e duas incógnitas (P* e A_1). Eliminando A_1, obtém-se a equação não-linear de P*:

$$(\beta_2 - \beta_1)\, B_2\,(P^*)^{\beta_2} + (\beta_1 - 1)\, P^*/\delta \;-\; \beta_1\,(C/r \;+ I) \;=\; 0$$

  - Essa equação tem solução única $P^* \geq C + r\,I$ e pode ser obtida por métodos numéricos simples de rápida convergência (3 a 5 iterações) tais como o *método de Newton-Raphson*:
    - Pasta 76: explicação intuitiva do método de Newton-Raphson.
  - Com P*, substituindo numa das cc., se obtém A_1 e, logo, F(P).
  - Planilha dp-chapter6-2.xls calcula a opção F(P), o gatilho P*, a função VPL = V(P) – I com e sem a opção de shut-down, etc.

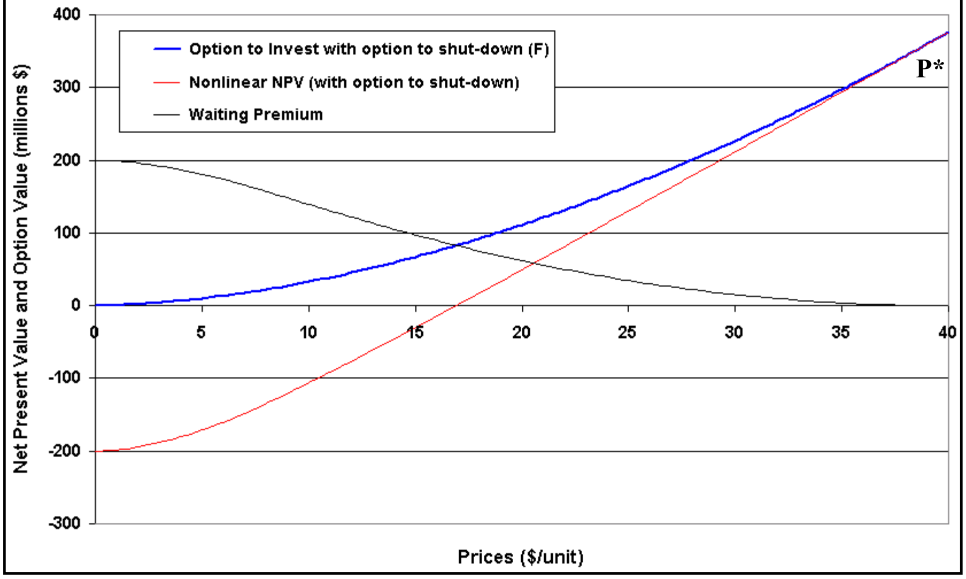
VPL Com e Sem Opção de Shut-Down

- Note que a opção é mais valiosa para baixos preços P



Opção de Investir em V(P) com Opção de Shut-Down

- Note a suavidade do contato da opção com a curva do VPL em P*. Note também a variação com P do prêmio da espera.



Opção de Investir <u>Sem</u> Opção de Shut-Down

- Suponha agora que não existe a opção de shut-down quando P < C. Logo, desaparecem na função V(P) os termos de opção (do tipo A P^{β_1}). Nesse caso sem opção:

$$V'(P) = P/\delta - C/r$$

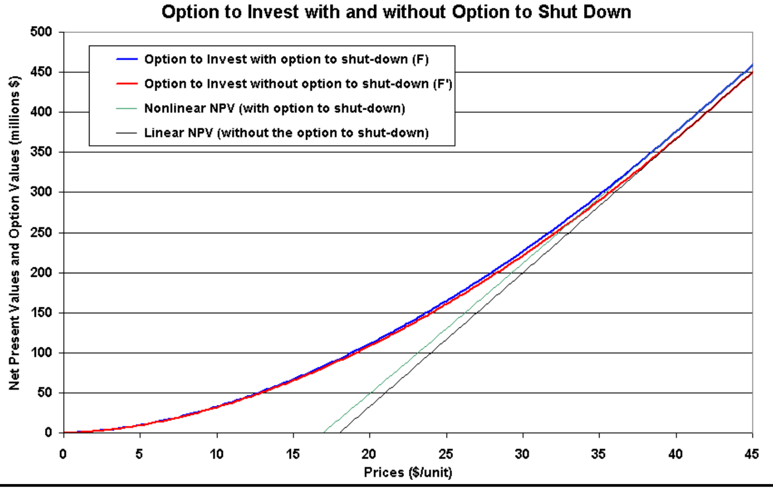
  - É fácil ver que <u>a EDO da opção</u> de investir em V'(P), i. é, F(P) <u>é exatamente a mesma</u> do caso anterior (típico, pois o processo estocástico de P é o mesmo, F não tem cash-flow)
  - A mudança se dá nas cc. Seja F'(P) o valor da opção de investir em V'(P). A solução da EDO é $F'(P) = A_3\, P^{\beta_1}$, com o gatilho P* e a constante A_3 sendo (exercício: verificar):

$$P^* = \left(\frac{\beta_1}{\beta_1 - 1}\right)\left(\frac{C}{r} + I\right)\delta \qquad \Big| \qquad A_3 = \frac{\dfrac{P^*}{\delta} - \left(\dfrac{C}{r} + I\right)}{(P^*)^{\beta_1}}$$

- Compare com a solução da opção perpétua F(V) e V* da parte 3. Note que coincidem se fizer $V^* = P^*/\delta$ e com $I' = C/r + I$.

F(P) Com x Sem Opção de Shut-Down

- **O gráfico mostra o efeito da opção de shut-down no valor da opção (aumenta, pois V aumenta) e no gatilho (reduz a espera).**
  - **Com opção de shut-down: P* = 39,85 $/unidade; F(P = 35) = 297,4 MM$**
  - **Sem opção de shut-down: P* = 41,74 $/unidade; F(P = 35) = 290,3 MM$**



Interações Entre Opções Reais

- **O caso anterior mostrou que, na presença da opção de espera, o efeito da opção de shut-down é pequeno.**
  - **A opção de espera está deep-in-the-money se P >> C e assim a opção de shut-down está distante probabilisticamente;**
  - **Caso a opção de espera não esteja deep-in-the-money, o valor da opção de shut-down é ainda menor, pois só existe se investir e a probab. de investir no projeto é pequena, precisa de P >> C**
  - **O mesmo raciocínio vale para a opção de abandono.**
  - **Tese de doutorado de Bjerksund (1988) para campos de petróleo: o erro é pequeno se desprezar opções operacionais (ex.: abandono) na presença da opção de espera.**
- **O valor incremental de uma opção adicional é em geral menor do que seu valor isoladamente, e declina quanto mais opções já tiverem sido consideradas. Ref.: Trigeorgis, 1993.**
  - **Mas nem sempre é desprezível (ex.: opção de expansão de projeto piloto).**
- **Estamos falando de interação de opções reais <u>no mesmo ativo</u>.**
  - **OR em *ativos diferentes* (portfolio) podem ser até *super-aditivas* (Dias, 2006)**

Interações Entre Opções

- **Em um projeto podem coexistir várias opções relevantes**
  - **Jazidas maduras: necessário considerar as opções operacionais (modelo de histerese, cap. 7). Projeto piloto: investimento pequeno.**
- **A aditividade entre as OR dum mesmo projeto depende:**
  - **Se são opções do mesmo tipo (ex.: duas "call") ou de tipos diferentes (ex.: uma "call" e uma "put");**
  - **Do intervalo de separação entre as datas de exercício;**
  - **Se as opções estão "deep", "out" ou "in-the-money";**
  - **A ordem seqüencial das opções.**
- **O sinal da interação pode ser positivo (presença de outras opções aumenta valor da primeira) ou negativo:**
  - **Positivo: se a primeira é uma opção de compra;**
  - **Negativo: se vem primeiro uma opção de venda.**
- **Opções substitutas e opções complementares**
  - **Substitutas: reduz o *prêmio* da primeira. Ex.: espera + abandono.**
  - **Complementares: aumenta a 1ª . Ex.: shut-down + expansão**

Abandono: Modelo de Entrada e Saída

- **Esse modelo "histerese" ou de "entrada-saída" (cap. 7 do D&P) considera a interação entre a decisão de investir ("entrada") e de abandonar ("saída"), de forma que <u>se abandonar tem a opção de investir de novo</u>.**
  - **Modelo de Brennan & Schwartz (1985) melhorado por Dixit.**
- **É um modelo de opções compostas. No caso mais geral:**
  - **Se investir tem a opção de parar temporariamente ou de abandonar; se parar tem a opção de reativar ou de abandonar; se abandonar tem opção de reinvestir. Esse caso mais geral (seção 2) tem 4 gatilhos: entrada, saída, parada e reativação.**
  - **São considerados custos de mudar de status operacional: custo fixo + custo de preservação em caso de parada temporária (shut-down); custo fixo de reativar; custo fixo de abandono.**
- **Cap.7, <u>seção 1</u>: será vista agora. A metodologia é similar à do DP, cap. 6, (F em função de P, em vez de V).**
  - **Cap. 7/Seção 2 pode ser escolhida para trabalho de alunas(os).**

Modelo de Entrada & Saída (Histerese)

- **Seguindo DP, Cap.7, seção 1, será visto o caso de opção perpétua de entrada interagindo com opção perpétua de saída, a qual tem a opção de entrar de novo, etc.**
  - **Esse tipo de modelo é chamado de modelo de *histerese*: o status da firma (operando ou não) depende não apenas do estado corrente da natureza (ex.: preço), mas também da sua *história*.**
    - **Veremos que para um certo preço P entre os gatilhos de entrada (P_H) e saída (P_L), a firma estará *operando* ou *inativa* a depender se os preços anteriores tiverem passados por valores $\geq P_H$ ou por $\leq P_L$, respectivamente. Logo, o *status da firma* é *path-dependent*.**
    - ***Histerese em física*: Bobina tem magnetismo se tiver passado uma corrente antes, caso contrário não. Magnetismo da régua fricionada.**
- **O preço do produto P segue um MGB. Para entrar a firma investe I e para sair a firma paga o *custo de abandono* E.**
  - **Ex.: E = custo de *recuperação ambiental* (petróleo, mineração).**
  - **Custo E pode ser negativo: *valor residual* da liquidação do negócio.**
  - **Não-arbitragem: $I + E > 0$ (senão investe e abandona ciclicamente).**

Modelo de Entrada & Saída (Histerese)

- **Os dois estados da firma são: ociosa (0) e operando (1).**
  - **Usaremos uma notação mais didática, um pouco diferente do DP.**
- **Seja F(P) o valor da firma ociosa que, por possuir capacitação e tecnologia, tem a opção de investir I.**
  - **Investimento ótimo se dá no gatilho P_H: $F(P_H) = V(P_H) - I$.**
- **Seja V(P) o valor da firma operando que, além do fluxo de caixa operacional, tem a opção de abandonar c/ custo E.**
  - **O abandono ótimo se dá no gatilho P_L: $V(P_L) = F(P_L) - E$.**
- **Aplicando o método dos ativos contingentes, o valor da firma ociosa F(P) é dada pela EDO *homogênea*:**

$$\tfrac{1}{2}\sigma^2 P^2 F_{PP} + (r - \delta) P F_P - r F = 0$$

  - **Como antes, ela tem solução geral do tipo: $F(P) = A_1 P^{\beta 1} + A_2 P^{\beta 2}$**
  - **Como antes $\beta_1 > 1$ e $\beta_2 < 0$, raízes de $\tfrac{1}{2}\sigma^2 \beta (\beta - 1) + (r - \delta)\beta - r = 0$.**
  - **Primeira cc.: se $P = 0 \Rightarrow V_0(0) = 0$, que implica que $A_2 = 0$. Logo:**

$$F(P) = A_1 P^{\beta 1}$$

Modelo de Entrada & Saída (Histerese)

- **Para determinar o valor da constante A_1 iremos precisar de V(P), pois $F(P_H) = V(P_H) - I$ (cc. de continuidade).**
- **Por simplicidade, a operação pode ter vida *infinita* e produz só uma unidade por ano, vendida por P(t).**
- **Existe um custo operacional C para produzir uma unidade. Logo, o fluxo de lucro da produção é $\pi = P - C$.**
  - **Vimos nesse tópico que, sem a opção, V valeria $P/\delta - C/r$.**
- **Aplicando os passos usuais de contingent claims, o valor da firma operando V(P) é dado pela EDO abaixo que tem uma parte homogênea e uma parte não-homogênea:**

$$\tfrac{1}{2}\sigma^2 P^2 V_{PP} + (r - \delta) P V_P - r V + P - C = 0$$

  - **Como antes, a solução é a soma da solução geral da parte homogênea com a solução particular da parte não-homogênea.**

$$V(P) = B_1 P^{\beta_1} + B_2 P^{\beta_2} + P/\delta - C/r \;;(\beta_1 \text{ e } \beta_2 \text{ são os mesmos})$$

  - **Até aqui V(P) é igual ao caso com opção de shut-down. Muda as cc.**

Modelo de Entrada & Saída (Histerese)

- **A eq. de V(P) diz apenas que o valor da firma ativa é o valor presente dos fluxos de caixa esperados sem opção (dois últimos termos) mais o valor da opção de sair (ou abandonar, os dois primeiros termos do lado direito).**
  - **Mas como $\beta_1 > 0$, a constante B_1 tem de ser zero, pois se P tende a ∞ o valor da opção de sair não pode tender ∞. Logo:**

$$V(P) = B_2 P^{\beta_2} + P/\delta - C/r \;;\; P \in (P_L, \infty)$$

  - **Se o preço cair para um nível suficientemente baixo P_L, a firma abandona (sai) pagando o custo de abandono E e obtém a opção de reinvestir F(P). Assim, as duas cc. no gatilho P_L são:**
  - **Condição de continuidade: $V(P_L) = F(P_L) - E$**
  - **Condição de suavidade (derivada): $V'(P_L) = F'(P_L)$**
- **Junta-se a elas, as condições de contorno de F em P_H:**
  - **Condição de continuidade: $F(P_H) = V(P_H) - I$**
  - **Condição de suavidade (derivada): $F'(P_H) = V'(P_H)$**

Modelo de Entrada & Saída (Histerese)

- **Substituindo F(P) e V(P) e suas derivadas em P_L e P_H nas 4 condições de contorno anteriores, obtemos <u>4 equações</u> *extremamente não-lineares* e <u>4 incógnitas</u> (P_L, P_H, A_1 e B_2):**

$$- A_1 P_H^{\beta 1} + B_2 P_H^{\beta 2} + P_H / \delta - C / r = I$$

$$- \beta_1 A_1 (P_H)^{\beta 1 - 1} + \beta_2 B_2 (P_H)^{\beta 2 - 1} + 1 / \delta = 0$$

$$- A_1 P_L^{\beta 1} + B_2 P_L^{\beta 2} + P_L / \delta - C / r = - E$$

$$- \beta_1 A_1 (P_L)^{\beta 1 - 1} + \beta_2 B_2 (P_L)^{\beta 2 - 1} + 1 / \delta = 0$$

  - **Esse sistema de equações *extremamente não-lineares* só tem solução numérica. Mas prova-se que a solução existe e é única.**
    - **Para isso deve-se impor que $0 < P_L < P_H < \infty$, $A_1 > 0$ e $B_2 > 0$.**
  - **Pela teoria microeconômica tradicional (Marshall), os gatilhos de entrada e saída seriam $P_H^M = C + r I$ e $P_L^M = C - r E$ (por que?)**
    - **R: a taxa de retorno do investimento de Marshall é $r = (P - C) / I$ e para desinvestir (gastando E) a taxa de retorno tb. é $r = (C - P) / E$.**
    - **Os gatilhos de Marshal serão úteis como chute inicial de um método numérico interativo. Por OR, sabemos que $P_H > P_H^M$ e $P_L < P_L^M$.**

Modelo de Entrada & Saída: Função G(P)

- **Iremos resolver o sistema graficamente (Excel) com ajuda da função G(P), o *valor incremental da firma se tornar ativa*, definida como a diferença entre V(P) e F(P):**

$$G(P) = V(P) - F(P) = - A_1 P^{\beta 1} + B_2 P^{\beta 2} + P / \delta - C / r$$

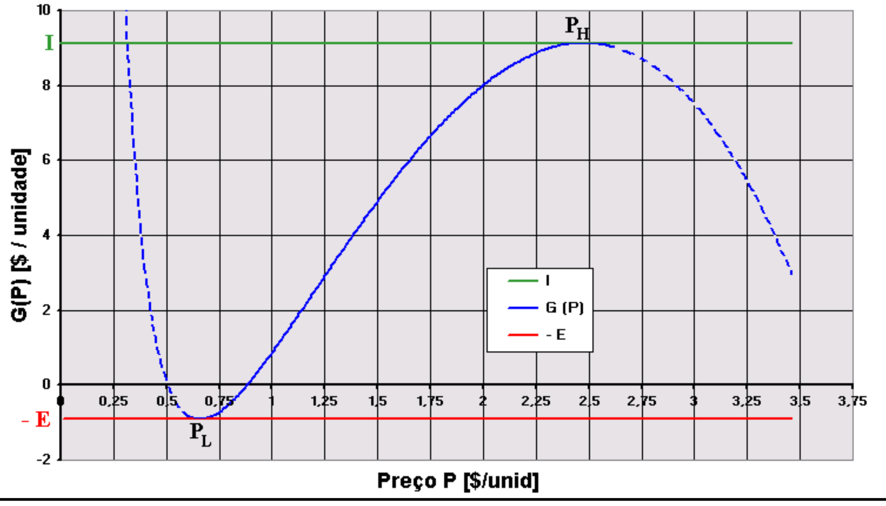
  - **Como F(P) só é definida p/ $P \in (0, P_H]$ e V(P) só é definida para $P \in [P_L, \infty)$, temos que G(P) só existe (ou tem sentido econômico) no intervalo $[P_L, P_H]$.**
- **Se aplicarmos as cc. de continuidade e suavidade a G(P) em P_L e P_H, obtemos as seguintes simples 4 cc.:**

$$G(P_H) = I \; ; \; G(P_L) = - E \; ; \; G'(P_H) = 0 \; ; \text{ e } \; G'(P_L) = 0$$

  - **Logo, podemos pesquisar graficamente os valores de P_L e P_H que fazem G(P) ter inclinação zero nesses pontos. Ver o gráfico de G(P) no próximo slide e sua inclinação zero nos gatilhos.**
    - **A idéia é chutar valores de P_H e P_L (sugestão começar com os gatilhos de Marshall) até obter a tangência de G(P) nesses pontos.**

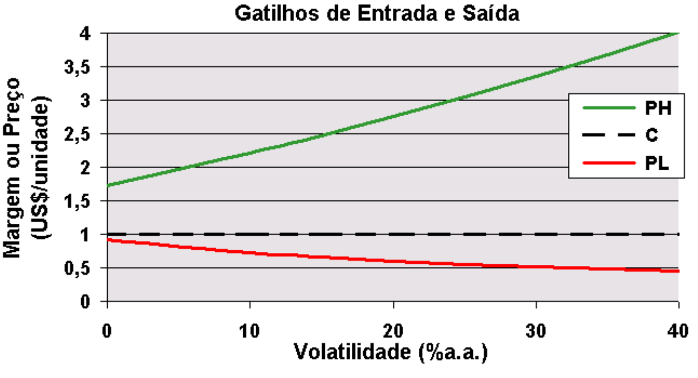
Modelo de Entrada & Saída: Função G(P)

- O gráfico abaixo da função G(P), já resolvida (pois está tangente em PL e PH) é mostrada abaixo.
  - Foi usada a planilha Excel entry-exit.xls.



Entrada & Saída: Volatilidade e Gatilhos

- O gráfico abaixo mostra o efeito da volatilidade nos gatilhos. Como era de esperar, quanto maior a volatilidade, maior o P_H e menor o P_L.



  - O intervalo de preços (P_L, P_H) é a zona de histerese, i.é, quem está dentro (operando) continua operando e quem está fora continua ociosa. O estado da firma depende da sua história.
    - Isso permite testes empíricos. Ver caso da indústria de cobre no DP.

Caso Mais Geral com 4 Gatilhos

- Na seção 2 do Cap. 7 do DP tem o caso mais geral que além de entrada e saída, a firma pode parar temporariamente (opção de shut-down) e reativar a produção parada. O procedimento é similar ao anterior.
- Esse modelo + geral apenas tem mais equações: chega-se a um sistema de 8 equações extremamente não-lineares que deve ser resolvido numericamente.
  - Software matemáticos, tais como o Mathcad, resolvem de forma automática esse sistema.
  - Enviei a planilha Mathcad DP-cap7-tanker-Mathcad8.mcd com o exemplo do navio-petroleiro mostrado no DP.
  - Ver também http://www.puc-rio.br/marco.ind/math-app.html.
- Agora veremos um caso de opção real que pode ser resolvido com analogia com opções exóticas financeiras.
  - No entanto, ficará claro que a solução com simulação de Monte Carlo é melhor (mais flexível e geral), que veremos no tópico 5.

Opções Inerentes e Opções Criadas

- Opções inerentes não necessitam de ações para serem obtidas ou mantidas, precisa apenas serem identificadas e gerenciadas adequadamente.
  - Exs.: opções de investir de empresa capacitada; opção de abandonar um projeto; opção de parada temporária de uma unidade produtiva; opção de expansão; etc.
- Opções criadas precisam de ações ou investimentos para existirem. Exemplo típico é investir em P&D:
  - Ex.: Investimento em duas tecnologias concorrentes para atender uma demanda atual ou latente. Valoração: "opção de máximo de dois ativos de risco". No futuro a opção mais valiosa será exercida (desenvolvida).
  - Usa a analogia com opção exótica de máximo de 2 ativos, do tipo européia: só pode exercer após se capacitar (leva 1 ano)
  - Essa opção exótica tem solução analítica conhecida (usa a função distribuição normal *bivariada* acumulada).

Opção de Máximo de Dois Ativos de Risco

- O valor da opção de compra sobre o máximo de 2 ativos de risco na expiração é $F_{máx}(T) = \max\{\max\{V_1, V_2\} - I, 0\}$
  - Esse é um tipo particular da opção exótica chamada ("two-color") *rainbow* options", que inclui a opção de mínimo entre dois ativos de risco, com $F_{mín}(T) = \max\{\min\{V_1, V_2\} - I, 0\}$
- No caso de V_1 e V_2 seguirem MGBs com correlação ρ, o valor de uma opção <u>européia</u> $F_{máx}(t = 0)$ é dada por:

$$F_{máx}(V_1, V_2; I, T) = V_1\, e^{-\delta_1 T}\, NN(y_1, d; \rho_1) + V_2\, e^{-\delta_2 T}\, NN(y_2, -d + \sigma T^{½}; \rho_2) - I\, e^{-r T}\, [1 - NN(-y_1 + \sigma_1 T^{½}, -y_2 + \sigma_2 T^{½}; \rho)]$$

  - Onde: $NN(a, b; \rho)$ é a distribuição acumul. Normal *bivariada* padrão (probab. que $V_1 < a$ e $V_2 < b$, com corr. ρ, ver Pasta 76); e:

$$d = \left[\ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right) + \left(\delta_2 - \delta_1 + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T\right]\frac{1}{\sigma\sqrt{T}} \quad \Bigg| \quad y_1 = \left[\ln\left(\frac{V_1}{I}\right) + \left(r - \delta_1 + \frac{1}{2}\sigma_1^2\right)T\right]\frac{1}{\sigma_1\sqrt{T}} \quad \Bigg| \quad y_2 = \left[\ln\left(\frac{V_2}{I}\right) + \left(r - \delta_2 + \frac{1}{2}\sigma_2^2\right)T\right]\frac{1}{\sigma_2\sqrt{T}}$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho\,\sigma_1\,\sigma_2} \qquad \rho_1 = \frac{\sigma_1 - \rho\,\sigma_2}{\sigma} \qquad \rho_2 = \frac{\sigma_2 - \rho\,\sigma_1}{\sigma}$$

Opções de Tecnologias Concorrentes

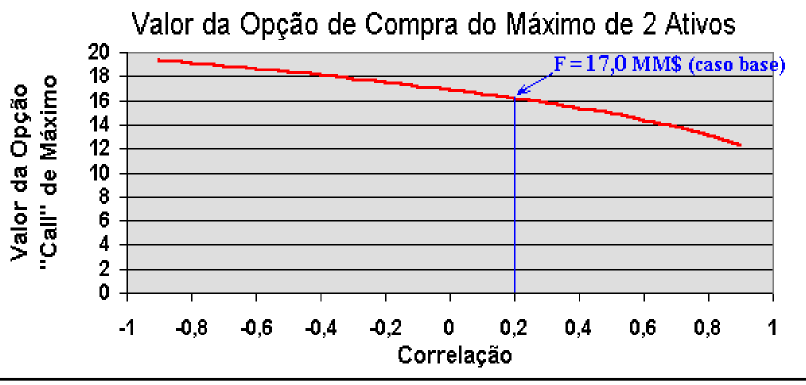
- O investimento em P&D de duas tecnologias concorrentes pode ser valorado como sendo pelo menos o valor da opção sobre o máximo de dois ativos de risco.
- Exemplo: tecnologia ISDN x ADSL para linhas de cobre.
  - Inspirado num caso real (1998). Uma operadora de telefonia fixa está avaliando as tecnologias ISDN e ADSL, que permitem o melhor aproveitamento de banda com a malha de linhas de cobre existente.
  - Até quanto vale a pena gastar para ter a capacitação que permita daqui a <u>um ano</u> implantar em um grande mercado?
    - Esperar mais de 1 ano: estudo indica a entrada de concorrentes
  - Suponha que após a capacitação (leva 1 ano), exista um projeto de desenvolvimento com investimento D = \$100 milhões usando a melhor tecnologia. VPL de desenvolvimento é VPL = V – D.
  - Suponha que a tecnologia ISDN hoje teria um valor V_1 = \$105 milhões, enquanto que a tecnologia ADSL geraria V_2 = 95 milhões. Os futuros valores de V_1 e V_2 são incertos e seguem MGBs, com volatilidades σ_1 = 20%aa., σ_2 = 25% aa. e correlação $\rho_{1,2}$ = + 0,2.

ISDN x ADSL: Opção de Máximo

- **Suponha ainda que já existe capacitação na operadora para desenvolver a tecnologia ISDN, mas a sua implantação exclui a tecnologia ADSL que poderá vir a ser a melhor alternativa.**
  - **Assim existe um custo de oportunidade δ de não implantar a tecnologia ISDN que é adiar os seus fluxos de caixa positivo.**
  - **Suponha que para a ISDN, temos esse custo de oportunidade igual a δ_1 = 10% aa.; enquanto que para a ADSL esse custo de oportunidade é zero (δ_2 = 0) pois ainda não existe capacitação.**
  - **Suponha ainda que a taxa de juros (*after-tax*) r = 8 %aa.**
- **Quanto vale a opção ($F_{1,2}$) de desenvolver essa tecnologia e escolher a melhor daqui a um ano? Essa opção vale mais ou menos que ter apenas a opção americana (1 ano) de usar a tecnologia ISDN?**
- **O VPL do investir logo na tecnologia ISDN e o seu valor de opção (1 a.) valem $VPL_1 = V_1 – D$ = 105 – 100 = \$ 5 MM; F_1 = 10,28 MM**
- **Usando o programa de opções do máximo de 2 ativos de risco, tem-se: $F_{1,2}$ = \$ 17,02 milhões > F_1 > VPL_1 ⇒ O melhor é se capacitar**
- **Se pagaria na capacitação até $F_{1,2} – F_1$ = \$6,74 milhões.**

Efeito da Correlação na Opção de Máximo

- **O gráfico mostra a variação no valor da opção do máximo de duas tecnologias do exemplo anterior.**
  - **Assinalado o caso base com correlação ρ = + 0,2.**
  - **É provável que a correlação seja positiva, já que uma recessão ou uma expansão afeta o valor das duas tecnologias.**
  - **Existem outros fatores de incerteza, específicos do desenvolvimento das tecnologias (correlação não é perfeita).**



Opções Tipo Européias: Soluções

- Soluções analíticas para *opções <u>européias</u> exóticas* abundam na literatura. Por ex., opções compostas européias (call sobre call, call/put, put/call e put/put).
  - Essas fórmulas assumem que o(s) ativo(s) seguem MGB(s).
  - No entanto, em opções reais, às vezes queremos mudar algum detalhe e com isso pode não existir solução analítica conhecida.
  - Por ex., no caso anterior, foi considerado que o investimento I (preço de exercício de $F_{máx}$) é o mesmo para os dois ativos.
- Uma alternativa mais flexível (uso geral) especialmente para opções européias é usar a <u>simulação de Monte Carlo *neutra ao risco*</u> do(s) processo(s) estocástico(s) em T, aplicar a regra de exercício ótimo em T para cada interação e descontar com a taxa livre de risco.
  - Ex. de payoff em T: $F_{máx}(T) = \max\{\max\{V_1 - I_1, V_2 - I_2\}, 0\}$

MATERIAL ANEXO

Os anexos nos materiais do curso contém slides que reforçam os conceitos teóricos e apresentam exemplos adicionais que não serão discutidos em sala de aula, mas que podem ser úteis para um melhor entendimento de conceitos apresentados.

Homogeneidade

- Uma função é homogenea de grau n em x, onde x é um vetor de variáveis, se:

$$F(t\,x) = t^n\,F(x)$$

  - Para todo $t > 0$ e para $n \in Z$ (conjunto dos inteiros).
- Ver na pasta 76 um artigo de Don Chance sobre homogeneidade em derivativos. Ou então na internet:

http://www.fenews.com/fen33/teaching_notes/teaching_notes1.html

Opção de Abandono e Flexibilidade

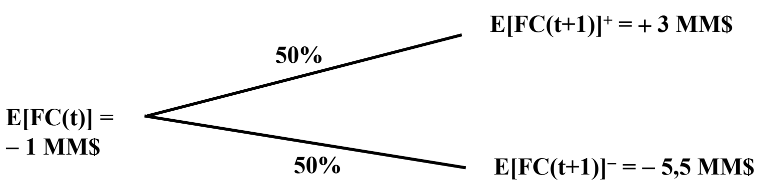
- A opção de abandono de um projeto é valiosa:
  - Para investir em projetos de curta duração; e
  - Para projetos que usa tecnologia com flexibilidade.
- A opção de abandono é análoga a uma opção de venda ("put"), do tipo americana:
  - o preço de exercício dessa opção é igual ao valor de mercado ou de uso alternativo dos ativos do projeto;
  - esse valor pode ser uma função decrescente com o tempo ou mesmo um valor também incerto; e
  - o tempo de expiração da opção pode ser o tempo de vida útil dos equipamentos.
- Uma tecnologia mais eficiente nem sempre é a melhor. A incerteza valoriza a tecnologia flexível.

Decisões de Desinvestimento

- As *decisões de abandono* ou *desinvestimento*, <u>na presença de custos de abandono</u>, são similares às *decisões de investimento*.
- Dixit & Pindyck, 1994, p.3 (*Investment under Uncertainty*):
  - *"Investimento é o ato de incorrer em custos imediatos na expectativa de futuros benefícios".*
  - "*uma firma que fecha uma planta que gera prejuízos está também 'investindo' ... benefício é a redução de perdas futuras*".
- Assim os princípios da decisão de abandono são similares às decisões de investimento. As perguntas são:
  - Serão os *benefícios do abandono* (em valor presente) suficientes para justificar o gasto imediato do custo de abandono?
  - Qual a alternativa de data de abandono que maximiza o VPL?
    - Note que "abandonar na data t" ou "abandonar na data t + 1" são <u>alternativas mutuamente exclusivas</u>. Logo temos de ver <u>a de maior VPL</u>
    - Uma vez que o fluxo de caixa passado (antes de t) é comum às duas alternativas, podemos comparar as mesmas olhando apenas para frente.

OR de Abandono e Cálculo da Reserva

- As companhias de petróleo subestimam o volume de reservas de um campo quando usam o método do fluxo de caixa descontado, pois, devido a incerteza, em OR a previsão de abandono se dá numa data posterior à calculada pelo FCD.
- Ex.: para simplificar suponha que o *custo de abandono seja zero*, taxa de desconto = 13% e a <u>incerteza tenha 2 cenários</u>:



- A alternativa de abandonar em t evita o prejuízo de 1 MM$ e tem VPL = 0.
- A alternativa esperar mais um período (t+1) incorre em um prejuízo de 1 MM$ mas se ocorrer o cenário de *upside* continuamos mais um ano e ganhamos 3 / 1,13 = 2,65 MM$. Se ocorrer o cenário de *downside* podemos abandonar.
- O VPL da opção de *não abandonar* em t = – 1 + 50%(2,65) + 50%(0) = + $ 0,33 MM > 0. Logo, é melhor não abandonar em t (e sim esperar produzindo).

O Pensamento Estratégico de Opções

- **O uso de opções permite iniciar a mudança do modo de pensamento do gerente.**
  - **É frequentemente possível *mudar o curso* ou mesmo *abandonar* um *investimento plurianual* num projeto.**
  - **Mudar a atitude em relação à incerteza. A visão de "mêdo da incerteza/minimizar investimentos" para "ganhar com a incerteza/maximizar aprendizagem".**
  - **Enfatizar e buscar oportunidades, inclusive os investimentos incrementais derivados dos ativos existentes.**
  - **Alavancagem através de opções de crescimento, que mantém a firma "melhor capacitada para o jogo".**
    - **Ex.: investimento exploratório e/ou sistema piloto são frações do investimento em desenvolvimento global.**
  - **Essa *alavancagem* diferencia a estratégia de opções da estratégia tradicional de *diversificação* que só reduz o risco. Ambas, diversificação e alavancagem, são relevantes.**

Plano Estratégico e os Cenários do Futuro

- **Estratégia nos dá as linhas-guia para a ação, mas o ambiente de negócios está em constante mudança**
  - **Análise de cenários nos faz pensar em vários futuros possíveis, mas se tem de traçar hoje apenas uma estratégia para o futuro incerto;**
  - **Isso cria uma tensão entre estratégia e cenários;**
  - **O pensamento de opções ajuda muito nesse aspecto;**
- **É necessário <u>construir flexibilidade dentro do plano estratégico</u>: entra o pensamento de opções**
  - **Muitas vezes o empresário faz isso de forma intuitiva, sem sistematizar e quantificar: paga mais do que aparenta ser razoável por um negócio por "abrir novas oportunidades (opções) de negócios".**

Competitividade e Capacidades

- O investimento é o fator mais importante da vantagem competitiva (Michael Porter).
- Miopia gerencial: investimento só de curto prazo.
- Causas da Miopia: métodos inadequados de análise de investimento, sistemas de avaliação de executivos.
- Sistema alternativo de incentivo a executivos: uso de opções européias de longa duração (ex.: Microsoft).
- Competitividade requer <u>investimento em capacidades</u> (ativos intangíveis) que dão opções de crescimento p/ a firma. Exs.: P&D; treinamento; sistemas de informações; relações com clientes e fornecedores; etc.
- Daí surge o conceito de *plataforma de opções.*

Plataforma de Opções

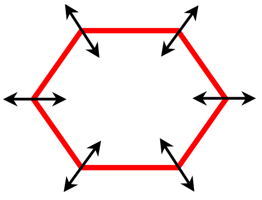
- Plataforma de opções é o resultado do <u>investimento em capacidades</u>, que permite a firma entrar em novos e lucrativos negócios, ou abre perspectivas adicionais. Exs:
  - Capacitação em tecnologia de produção em águas profundas, valoriza suas opções de investimento e permite negociar participações mais vantajosas do que outras oil companies, etc;
  - Capacitação em tecnologias (ex.: sistemas de bombeamento multifásico) que permitem rápido aproveitamento duma situação de mercado favorável, (por ex. preços altos do óleo);
  - Capacitação em microeletrônica e tecnologia wireless dão opções de entrar no mercado de celulares, pagers, smart-cards, walkmans, TV por satélite (DTH), etc;
  - Canais de distribuição de produtos em vários estados e/ou países, permitindo entrega rápida de diferentes produtos (flexibilidade para tipo e quantidade).
- Quanto mais negócios podem ser abertos por uma plataforma de opções, mais ela é valiosa.

Gerenciando Opções Proativamente

Estender a duração da opção:
- Manter barreiras regulatórias
- Sinalizar habilidade de exercer
- Inovar para manter liderança
- Petróleo: pagando valor extra pode estender a exploração

Aumentar a incerteza (upside) dos fluxos de caixa potenciais:
- Estender a oportunidade para mercados relacionados
- Encorajar produtos complementares
- Desenvolver produto inovativo
- Linha de produtos (blundling)

Reduzir o valor presente dos custos fixos:
- Alavancar economias de escala
- Alavancar economias de escopo
- Alavancar economias de aprendizagem



Aumentar o valor presente dos fluxosde caixa esperados:
- Desenvolver estratégias de markerting
- Desenvolver alianças com fornecedores de baixo custo
- Gerar opções compostas através de negócios sequenciais

Monitorar o impacto nas mudanças da taxa de juros do mercado sobre a opção
- Altas taxas de juros aumenta o valor da espera (rendimento sem risco mais atrativo)

Reduzir o valor perdido pela espera:
- Criar dificuldades de implementação para os competidores
- Reter recursos chaves
- *Revelation* devido a ação da indústria

O Valor de Manter as Opções Abertas

- **Quanto mais incerto for o futuro dos negócios:**
  - **Maior o valor das opções abertas, isto é opções não exercidas, mas <u>prontas ou quase prontas para serem exercidas</u>: invista pouco, apenas para ter as opções;**
  - **Mais importante é *não* se comprometer com elevados investimentos irreversíveis:**
    - **Não exercer a opção antes de ela estar "deep in the money"**
  - **Em contratos de longo-prazo, é valioso deixar uma porta aberta de saída antecipada: opção de sair do negócio com o menor custo (multa) possível**
- **Considere deixar suas opções "vivas":**
  - **"Para fazer decisões inteligentes de investimento, os gerentes precisam considerar <u>o valor de manter as suas opções abertas</u>" Dixit & Pindyck, 1995**