OPÇÕES EXÓTICAS
MSc MATEMÁTICA FINANCEIRA 2013/14
EXAME - Resolução

29/07/14 **Duração: 2.5 horas**

CASO 1

a) Deduza a fórmula de avaliação de um non-deferrable knock-out rebate para uma up-and-out option.

Sabemos que

$$KONDR(1)_t = E_Q\left[\mathrm{R}e^{-r(\tau_U - t)} 1_{\{\tau_U \le T\}} \middle| F_t\right]$$

$$= R\int_t^T e^{-r(v-t)} \times Q\left(\tau_U \in dv \middle| F_t\right).$$

Utilizando a Proposição 47 dos apontamentos,

$$KONDR(1)_t = R\int_t^T e^{-r(v-t)} \times \frac{\ln\left(\frac{U}{S_t}\right)}{\sigma\sqrt{2\pi(v-t)^3}} \exp\left\{-\frac{\left[\ln\left(\frac{U}{S_t}\right) - \mu(v-t)\right]^2}{2\sigma^2(v-t)}\right\} dv.$$

Juntando as exponenciais e completando o quadrado da diferença, obtemos:

$$KONDR(1)_t = R\left(\frac{U}{S_t}\right)^{\frac{\mu-\Psi}{\sigma^2}} \int_t^T \frac{\ln\left(\frac{U}{S_t}\right)}{\sigma\sqrt{2\pi(v-t)^3}} \exp\left\{-\frac{\left[\ln\left(\frac{U}{S_t}\right) - \Psi(v-t)\right]^2}{2\sigma^2(v-t)}\right\} dv.$$

Utilizando novamente a Proposição 47 dos apontamentos,

$$KONDR(1)_t = R\left(\frac{U}{S_t}\right)^{\frac{\mu-\Psi}{\sigma^2}} \int_t^T Q^*\left(\tau_U \in dv \middle| F_t\right),$$

onde

$$\tau_U := \inf\{v > t : S_v = U\}$$

continua a ser o 1º tempo de passagem do preço do activo subjacente pela barreira superior, mas Q^* é agora uma EMM na qual o processo $y_u := \ln\left(\frac{S_u}{S_t}\right)$ segue a seguinte SDE:

$$dy_t = \Psi dt + \sigma dW_t^{Q^*}.$$

Consequentemente,

$$KONDR(1)_t = R\left(\frac{U}{S_t}\right)^{\frac{\mu-\Psi}{\sigma^2}} Q^*\left[\sup_{t<s<T}(y_s) \geq \ln\left(\frac{U}{S_t}\right)\middle| F_t\right]$$

$$= R\left(\frac{U}{S_t}\right)^{\frac{\mu-\Psi}{\sigma^2}} \left\{1 - Q^*\left[\sup_{t<s<T}(y_s) < \ln\left(\frac{U}{S_t}\right)\middle| F_t\right]\right\}.$$

Utilizando a equação (96) dos apontamentos,
$KONDR(1)_t$

$$= R\left(\frac{U}{S_t}\right)^{\frac{\mu-\Psi}{\sigma^2}} \left\{1 - \int_{-\infty}^{\infty} 1_{\left\{y_T \leq \ln\left(\frac{U}{S_t}\right)\right\}} \left\{\phi\left(y_T;\Psi\tau,\sigma\sqrt{\tau}\right) - \left(\frac{U}{S_t}\right)^{\frac{2\Psi}{\sigma^2}} \phi\left[y_T;2\ln\left(\frac{U}{S_t}\right)+\Psi\tau,\sigma\sqrt{\tau}\right]\right\} dy_T\right\}$$

$$= R\left(\frac{U}{S_t}\right)^{\frac{\mu-\Psi}{\sigma^2}} \left\{1 - \Phi\left[\frac{\ln\left(\frac{U}{S_t}\right)-\Psi\tau}{\sigma\sqrt{\tau}}\right] + \left(\frac{U}{S_t}\right)^{\frac{2\Psi}{\sigma^2}} \Phi\left[\frac{\ln\left(\frac{U}{S_t}\right)-2\ln\left(\frac{U}{S_t}\right)-\Psi\tau}{\sigma\sqrt{\tau}}\right]\right\}$$

$$R\left(\frac{U}{S_t}\right)^{\frac{\mu-\Psi}{\sigma^2}} \Phi\left[-\frac{\ln\left(\frac{U}{S_t}\right)-\Psi\tau}{\sigma\sqrt{\tau}}\right] + R\left(\frac{U}{S_t}\right)^{\frac{\mu+\Psi}{\sigma^2}} \Phi\left[-\frac{\ln\left(\frac{U}{S_t}\right)+\Psi\tau}{\sigma\sqrt{\tau}}\right].$$

b) Considere um produto estruturado com vencimento a 1 ano, com capital garantido e com uma remuneração mínima garantida igual a 1%. Admita ainda que a taxa de juro efectiva anual a 1 ano é igual a 1% e que pretende oferecer ao cliente a seguinte remuneração variável: 50% da taxa anual de valorização do índice PSI20 menos k%, desde que o índice PSI20 valorize daqui a 1 ano. Formule a estratégia de hedging do emitente capaz de permitir identificar o valor de k%.

$$B_0 = \frac{101\%}{1+1\%} + RV_0$$

$$= 100\% + RV_0,$$

sendo

$$RV_{12M} = 50\% \times \begin{cases} \dfrac{S_1 - S_0}{S_0} - k\% \Leftarrow S_1 > S_0 \\ 0\% \Leftarrow S_1 \leq S_0 \end{cases}$$

$$= \frac{50\%}{S_0} \times \left(\begin{cases} S_1 - S_0 \Leftarrow S_1 > S_0 \\ 0 \Leftarrow S_1 \leq S_0 \end{cases} - \begin{cases} k\% \times S_0 \Leftarrow S_1 > S_0 \\ 0 \Leftarrow S_1 \leq S_0 \end{cases} \right)$$

$$= \frac{50\%}{S_0} \times \left(c_{12M}\left(S_{12M}; X = S_0; T = 12M\right) - k\% \times c_{12M}^{d}\left(S_{12M}; X = S_0; T = 12M; M = 1\right) \right).$$

Portanto,

$$RV_0 = \frac{50\%}{S_0} \times \left(c_0\left(S_0; X = S_0; T = 12M\right) - k\% \times c_0^{d}\left(S_0; X = S_0; T = 12M; M = 1\right) \right),$$

Mas, por outro lado, RV_0 tem de ser igual a zero pois B_0 não pode ser superior a 100%. Consequentemente,

$$k\% = \frac{c_0\left(S_0; X = S_0; T = 12M\right)}{c_0^{d}\left(S_0; X = S_0; T = 12M; M = 1\right)}.$$

Estratégia de hedging:

1) Comprar calls standard ATM sobre o índice PSI20 e com vencimento a 1 ano; e
2) Comprar calls cash-or-nothing ATM sobre o índice PSI20, com vencimento a 1 ano e com contract size igual a k%.

c) Enuncie a estratégia de *static hedging* a adoptar para uma posição curta sobre uma *asset-or-nothing put* usando somente opções Europeias standard e *cash-or-nothing*.

Fórmula de BSM para uma standard put:

$$p_t\left(S, X, T\right) = -S_t \cdot e^{-q\tau} \cdot N\left(-d_1^M\right) + X \cdot e^{-r\tau} \cdot N\left(-d_2^M\right)$$

$$= -p_t^A\left(S, X, T\right) + p_t^d\left(S, X, T; M = X\right).$$

Consequentemente,

$$p_t^A\left(S, X, T\right) = -p_t\left(S, X, T\right) + p_t^d\left(S, X, T; M = X\right).$$

Portanto, para criar uma posição *long artificial asset-or-nothing put* é necessário:

1) Vender uma standard put; e
2) Comprar uma cash-or-nothing put com contract size igual ao strike.

CASO 2

a)

$$r: \quad e^{r\times 1} = 1 + 0.6\% \times {}^{12}\!/_{12} \Rightarrow r = \ln(1+0.6\%) \cong 0.598\%.$$

$$q = 2.199\%.$$

$$S_{6,1} = \; 23{,}687.34 \times \exp\left\{\left[0.598\% - 2.199\% - \frac{(0.3)^2}{2}\right]\times\frac{1}{6} + 0.3490 \times 0.3 \times \sqrt{\frac{1}{6}}\right\}$$

$$S_{6,1} \cong \; 24{,}471.75.$$

É necessário determinar o strike da opção. Para o efeito, podemos usar o valor terminal da opção na oitava simulação:

$$354.45 = V_{6,8} = \max(X \text{ - } 9{,}645.55;0)$$

$$\Rightarrow 354.45 = X \text{ - } 9{,}645.55$$

$$\Leftrightarrow \mathrm{X} = 9{,}645.55 + 354.45 = 10{,}000.$$

$$V_{6,2} = \max(10{,}000 \text{ - } 10{,}464.94\,;0) = 0.$$

$$V_{6,5} = \max(10{,}000 \text{ - } 7{,}404.22\,;0) = 2{,}595.78.$$

b)

$$\hat{V}_0 = e^{-0.598\%\times 1} \times \frac{3{,}797.78}{10} \cong 377.51\,.$$

$$\sigma\left(\hat{V}_0\right) = \frac{e^{-0.598\%\times 1}}{\sqrt{10}} \times \sqrt{\frac{7{,}582{,}036.57 - \left(3{,}797.78\right)^2 \big/ 10}{10-1}} \cong 259.63\,.$$

CASO 3

a) Formule uma decisão de *trading* para um depósito bancário com vencimento a 6 meses e com uma remuneração igual 10% caso o índice Eurostoxx50 desvalorize mais do que 10%.

Designando a cotação do índice Eurostoxx50 por "S",

$$RV_{6M} = \begin{cases} 10\% \Leftarrow S_{6M} < 3{,}200 \times 90\% \\ 0\% \Leftarrow ELSE \end{cases}$$

$$= 10\% \times p_{6M}^{d}\left(S; X = 3{,}200 \times 90\%; T = 6M; M = 1\right).$$

Portanto,

$$r: \quad e^{r \times 6/12} = 1 + 0.4\% \times 6/12 \Rightarrow r = \frac{12}{6} \times \ln\left(1 + 0.4\% \times 6/12\right) \cong 0.3996\%.$$

$$B_0 = 100\% \times e^{0.3996\% \times 6/12} + RV_0,$$

e

$$RV_0 = 10\% \times p_0^{d}\left(S; X = 2{,}880; T = 6M; M = 1\right)$$

$$= 10\% \times e^{0.3996\% \times 6/12} \times N\left[-d_2^{M}\left(2{,}880\right)\right].$$

$$N\left[-d_2^{M}\left(2{,}880\right)\right] = 1 - N\left[\frac{\ln\left(3{,}200/2{,}880\right) + \left(0.3996\% - 2\% - (0.25)^2/2\right) \times 0.5}{0.25 \times \sqrt{0.5}}\right]$$

$$= 1 - N(0.4624)$$

$$\cong 1 - N(0.46)$$

$$= 1 - 0.6772$$

$$= 0.3228.$$

$$RV_0 = 10\% \times e^{0.3996\% \times 6/12} \times 0.3228 \cong 3.21\%.$$

$B_0 = 99.80\% + 3.21\% \cong 103.01\% > 100\% \Rightarrow$ Investir.

b) Reformule a resposta à alínea anterior assumindo que a remuneração de 10% é liquidada daqui a 6 meses caso o índice Eurostoxx50 desça abaixo dos 2,880 pontos de índice em qualquer momento durante os próximos 6 meses.

$$B_0 = 100\% \times e^{0.3996\% \times 6/12} + RV_0,$$

Por seu turno,

$$RV_{6M} = \begin{cases} 10\% \Leftarrow \inf\limits_{0<u<6M} (S_u) \leq 2{,}880 \\ 0\% \Leftarrow ELSE \end{cases}$$

$$= 10\% \times 1\left\{\inf\limits_{0<u<6M} (S_u) \leq 2{,}880\right\}$$

Portanto,

$$RV_0 = 10\% \times e^{0.3996\% \times 6/12} \times \Pr\left[\inf\limits_{0<u<6M} (S_u) \leq 2{,}880\right]$$

Visto que a RV corresponde ao valor actual de um knock-out non-deferrable rebate igual a 10% e associado a uma down barrier igual a 2,880 pontos de índice, podemos adaptar a equação da página 92 dos apontamentos com $\eta = -1$ para calcular a probabilidade:

$$\Pr\left[\inf\limits_{0<u<6M} (S_u) \leq 2{,}880\right] = 1 - \Pr\left[\inf\limits_{0<u<6M} (S_u) > 2{,}880\right]$$

$$= 1 - N\left[d_2^M (3{,}200; 2{,}880)\right] + \left(\frac{3{,}200}{2{,}880}\right)^{\frac{2\mu}{0.2^2}} N\left[d_2^M (2{,}880; 3{,}200)\right],$$

sendo

$$\mu = r - q - \sigma^2/2 = 0.3996\% - 2\% - (0.25)^2/2 = \text{-}0.04725.$$

Via alínea anterior,

$$N\left[-d_2^M (3{,}200; 2{,}880)\right] = 0.3228.$$

$$N\left[d_2^M(2{,}880;3{,}200)\right]=N\left[\frac{\ln\left(2{,}880 / 3{,}200\right)+\left(0.3996\%-2\%-(0.25)^2 / 2\right)\times 0.5}{0.25\times\sqrt{0.5}}\right]$$

$$\begin{aligned}
&=N(-0.7297)\\
&\cong N(-0.73)\\
&=1-N(0.73)\\
&=1-0.7673\\
&=0.2327.
\end{aligned}$$

Portanto,

$$\Pr\left[\inf_{0<u<6M}(S_u)\leq 2{,}880\right]=0.3228+\left(\frac{2{,}880}{3{,}200}\right)^{\frac{2\times(-0.04725)}{0.25^2}}\times 0.2327\cong 0.5949,$$

$$RV_0=10\%\times e^{0.3996\%\times 6/12}\times 0.5949\cong 5.937\%,$$

e

$B_0=99.80\%+5.94\%\cong 105.74\%>100\%\Rightarrow$ Investir.

c) Formule uma estratégia de *static hedging* para o emitente de uma obrigação de caixa com vencimento a 12 meses, com um valor nominal de €10,000,000, emitida ao par, com reembolso *bullet* e ao par, e com uma remuneração variável (daqui a 1 ano) igual a 50% da taxa de desvalorização do índice Eurostoxx50, mas nunca superior a 20%. Calcule ainda o preço de emissão da obrigação, assumindo uma margem de lucro de 1% para o emitente.

$$B_0=\frac{100\%}{1+0.6\%}+RV_0.$$

c.1) O hedging da componente “obrigação clássica” é feito mediante depósito a 12 meses, à taxa nominal anual de 0.6% e no valor de $\frac{€10{,}000{,}000}{1+0.6\%}\cong 99.40\%\times €10{,}000{,}000=€9{,}940{,}358$.

c.2) RV oferecida ao cliente daqui a 1 ano:

$$RV_{12M} = 50\% \times \begin{cases} 40\% \Leftarrow \dfrac{S_0 - S_{12M}}{S_0} > 40\% \\ \dfrac{S_0 - S_{12M}}{S_0} \Leftarrow 0\% \leq \dfrac{S_0 - S_{12M}}{S_0} \leq 40\% \\ 0\% \Leftarrow \dfrac{S_0 - S_{12M}}{S_0} < 0\% \end{cases}$$

$$= \frac{50\%}{S_0} \times \begin{cases} 0.4S_0 \Leftarrow S_{12M} < 0.6S_0 \\ S_0 - S_{12M} \Leftarrow 0.6S_0 \leq S_{12M} \leq S_0 \\ 0 \Leftarrow S_{12M} > S_0 \end{cases}$$

$$= \frac{50\%}{S_0} \times \left(\begin{cases} S_0 - S_{12M} \Leftarrow S_{12M} \leq S_0 \\ 0 \Leftarrow S_{12M} > S_0 \end{cases} - \begin{cases} 0.6S_0 - S_{12M} \Leftarrow S_{12M} \leq 0.6S_0 \\ 0 \Leftarrow S_{12M} > 0.6S_0 \end{cases} \right)$$

$$= \frac{50\%}{S_0} \times \left(p_{12M}(S; X = S_0; T = 12M) - p_{12M}(S; X = 0.6S_0; T = 12M) \right).$$

Portanto,

$$RV_0 = \frac{50\%}{S_0} \times \left(p_0(S; X = S_0; T = 12M) - p_0(S; X = 0.6S_0; T = 12M) \right)$$

$$= \frac{50\%}{S_0} \times \left(p_0(S; X = 3{,}200; T = 12M) - p_0(S; X = 1{,}920; T = 12M) \right)$$

$$= \frac{50\%}{3{,}200} \times (336.85 - 5.34)$$

$$\cong 5.18\%.$$

A estratégia de hedging da RV passa por:

i) Comprar puts Europeias standard sobre o Eurostoxx50, com strike igual a 3,200 pontos de índice e vencimento a 1 ano;

ii) Vender puts Europeias standard sobre o Eurostoxx50, com strike igual a 1,920 pontos de índice e vencimento a 1 ano;

iii) Nº de puts a comprar e a vender = $\dfrac{€10{,}000{,}000 \times 5.18\%}{(336.85 - 5.34) \times €1} \cong 1{,}562.5$.

c.3) Preço de emissão:

$B_0 = 99.40\% + 5.18\% \cong 104.58\%.$

Preço de emissão = 104.58% + 1% = 105.58%.

d) Formule uma decisão de *trading* para um depósito bancário com vencimento a 12 meses e com uma remuneração igual 60% da taxa máxima de desvalorização do índice Eurostoxx50.

$r: \quad e^{r\times 12/12} = 1 + 0.6\% \times 12/12 \Rightarrow r = \ln(1+0.6\%) \cong 0.598\%.$

$B_0 = 100\% \times e^{0.598\%} + RV_0,$

sendo

$$RV_{12M} = \begin{cases} 60\% \times \dfrac{S_0 - \inf\limits_{0<u\le 12M}(S_u)}{S_0} \Leftarrow \inf\limits_{0<u\le 12M}(S_u) < S_0 = 3{,}200 \\ 0\% \Leftarrow \inf\limits_{0<u\le 12M}(S_u) \ge S_0 = 3{,}200 \end{cases}$$

$$= \frac{60\%}{S_0} \times \max\left(0; S_0 - \inf_{0<u\le 12M}(S_u)\right)$$

$$= \frac{60\%}{S_0} \times L(-1)_{12M}(S_{12M}; X = S_0; T = 12M).$$

A RV corresponde, portanto a uma fixed strike lookback put:

$$RV_0 = \frac{60\%}{3{,}200} \times L(-1)_0(S_0; X = S_0; T = 12M).$$

Via equação (156) dos apontamentos,

$L(-1)_0(S_0; X = S_0; T = 12M)$

$$= p_0(S_0; X = S_0; T = 12M) - 3{,}200 \times \frac{(0.25)^2}{2(0.598\% - 2\%)} \times \left\{e^{-2\%\times 1} N\left[-d_1^M(3{,}200; 3{,}200)\right]\right.$$

$$\left. - e^{-0.598\%\times 1} N\left[d_2^M(3{,}200; 3{,}200)\right]\right\}.$$

Via tabela de preços do enunciado,

$$p_0\left(S_0; X = S_0; T = 12M\right) = 336.85;$$

$$N\left[-d_1^M\left(3{,}200;3{,}200\right)\right] = N\left[-\frac{\ln\left(3{,}200\big/3{,}200\right) + \left(0.598\% - 2\% + (0.25)^2\big/2\right)\times 1}{0.25\times\sqrt{1}}\right]$$

$$\begin{aligned}
&= N(\text{-}\,0.0689) \\
&\cong N(-0.07) \\
&= 1 - N(0.07) \\
&= 1 - 0.5279 \\
&= 0.4721;
\end{aligned}$$

$$N\left[d_2^M\left(3{,}200;3{,}200\right)\right] = N\left[\frac{\ln\left(3{,}200\big/3{,}200\right) + \left(0.598\% - 2\% - (0.25)^2\big/2\right)\times 1}{0.25\times\sqrt{1}}\right]$$

$$\begin{aligned}
&= N(\text{-}\,0.1811) \\
&\cong N(-0.18) \\
&= 1 - N(0.18) \\
&= 1 - 0.5714 \\
&= 0.4286.
\end{aligned}$$

Portanto,

$$L(-1)_0\left(S_0; X = S_0; T = 12M\right)$$

$$= 336.85 - 3{,}200 \times \frac{(0.25)^2}{2(0.598\% - 2\%)} \times \left\{e^{-2\%\times 1}\times 0.4721 - e^{-0.598\%\times 1}\times 0.4286\right\}$$

$$= 604.83.$$

$$RV_0 = \frac{60\%}{3{,}200}\times 604.83 \cong 1.89\%.$$

$B_0 = 99.40\% + 1.89\% = 101.29\% > 100\% \Rightarrow$ Depositar.

e) Formule uma decisão de investimento relativamente a uma obrigação de caixa emitida 2% acima do par com um valor nominal de €10,000,000, com reembolso *bullet* e ao par daqui a 12 meses e com uma remuneração igual a 50% da taxa de valorização do índice Eurostoxx50, desde que tal índice nunca desça abaixo dos 3,136 pontos durante os próximos 12 meses.

$r: \quad e^{r\times 1} = 1 + 0.6\% \times 12/12 \Rightarrow r = \ln(1+0.6\%) \cong 0.598\%.$

$B_0 = 100\% \times e^{0.598\%} + RV_0.$

Relativamente à componente de remuneração variável,

$$RV_{12M} = \begin{cases} 50\% \times \max\left(0\%; \dfrac{S_{12M} - S_0}{S_0}\right) \Leftarrow \inf\limits_{0<u\leq 6M}(S_u) > 3{,}136 \\ 0\% \Leftarrow \inf\limits_{0<u\leq 6M}(S_u) \leq 3{,}136 \end{cases}$$

$$= \frac{50\%}{S_0} \times \begin{cases} \max(0; S_{12M} - S_0) \Leftarrow \inf\limits_{0<u\leq 6M}(S_u) > 3{,}136 \\ 0 \Leftarrow \inf\limits_{0<u\leq 6M}(S_u) \leq 3{,}136 \end{cases}$$

$$= \frac{50\%}{S_0} \times c_{12M}^{do}(S_{12M}; X = S_0; H = 3{,}136; R = 0; T = 12M).$$

Portanto, a remuneração variável é dada por uma down-and-out zero rebate call, i.e.

$$RV_0 = \frac{50\%}{S_0} \times c_0^{do}(S_0; X = S_0; H = 3{,}136; R = 0; T = 12M).$$

A down-and-out call sem rebate é avaliada com base na seguinte expressão:

$$c_t^{do}(S; X; H; T)$$

$$= c_t(S_t; \max(H;X); T) - \left(\frac{H}{S_t}\right)^{\frac{2\mu}{\sigma^2}} c_t\left(\frac{H^2}{S_t}; \max(H;X); T\right)$$

$$+ [\max(H;X) - X]e^{-r\tau}\left\{N[d_2^M(S_t, H)] - \left(\frac{H}{S_t}\right)^{\frac{2\mu}{\sigma^2}} N[d_2^M(H, S_t)]\right\}$$

Atendendo a que X = 3,200 > H = 3,136, então a expressão anterior pode ser escrita como:

$c_t^{do}(S;X;H;T)$

$$= c_t\left(S_t;\max(H;X);T\right) - \left(\frac{H}{S_t}\right)^{\frac{2\mu}{\sigma^2}} c_t\left(\frac{H^2}{S_t};\max(H;X);T\right).$$

Considerando os dados em apreço, e visto que $\mu = 0.598\% - 2\% - {(0.25)^2}\big/{2} = \text{-}0.04527$:

$c_0^{do}\left(S_0 = 3{,}200; X = S_0 = 3{,}200; H = 3{,}136; R = 0; T = 12M\right)$

$$= c_t\left(3{,}200;3{,}200;T = 12M\right) - \left(\frac{3{,}136}{3{,}200}\right)^{\frac{2\times(\text{-}0.04527)}{0.25^2}} c_t\left(\frac{3{,}136^2}{3{,}200};3{,}200;T = 12M\right)$$

$$= 292.58 - \left(\frac{3{,}136}{3{,}200}\right)^{\frac{2\times(\text{-}0.04527)}{0.25^2}} c_t\left(\frac{3{,}136^2}{3{,}200};3{,}200;T = 12M\right),$$

sendo que a última linha decorre do enunciado.

Visto que o valor de uma standard call ou put option é uma função homógenera de grau 1 no spot e no strike, então

$c_0^{do}\left(S_0 = 3{,}200; X = S_0 = 3{,}200; H = 3{,}136; R = 0; T = 12M\right)$

$$= 292.58 - \left(\frac{3{,}136}{3{,}200}\right)^{\frac{2\times(\text{-}0.04527)}{0.25^2}} c_t\left(\frac{3{,}136^2}{3{,}200};3{,}200;T = 12M\right)$$

$$= 292.58 - \left(\frac{3{,}136}{3{,}200}\right)^{\frac{2\times(\text{-}0.04527)}{0.25^2}} \times \frac{3{,}136^2}{3{,}200^2} \times c_t\left(3{,}200;\frac{3{,}200^3}{3{,}136^2} \cong 3{,}331.95;T = 12M\right)$$

$$= 1292.58 - \left(\frac{3{,}136}{3{,}200}\right)^{\frac{2\times(\text{-}0.04527)}{0.25^2}} \times \frac{3{,}136^2}{3{,}200^2} \times 240.56$$

$\cong 54.68.$

Em suma,

$$RV_0 = \frac{50\%}{3{,}200} \times 54.68 \cong 0.85\%,$$

e

$B_0 = 99.40\% + 0.85\% \cong 100.26\% < 102\% \Rightarrow$ Não investir.