

7,0

pete

Wson

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

PMC-581 – Projeto Mecânico II

**Sistema de Suporte a Decisão em Condições de
Risco**

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Francisco Martha de Souza

Autor: Piter Dias NUSP 1615154

Data: 25/11/2002

Local: São Paulo

Agradecimentos

Agradeço ao Professor Gilberto pela atenção e paciência na condução desse projeto e aos meus amigos e familiares pelo apoio dado.

Sumário

Agradecimentos	2
Sumário	3
Lista de Figuras	4
1. Introdução	6
2. Sistema de Análise de Risco Padrão	9
3. Análise de Risco com Redução de Fatores de Risco	13
4. Validação do Método	19
5. Conclusão	29
6. Referências Bibliográficas	30
7. Códigos Desenvolvidos	31
8. Interface de Teste	39
8.1. Códigos da Interface de Teste	40
9. Dados de Entrada	46

Lista de Figuras

Figura 1 - Relação entre Fatores de Risco, Modelo e Variável de Risco	7
Figura 2 - Fluxo de Informações em Sistemas não-Paramétricos de Risco	9
Figura 3 - Relação entre Fatores de Risco, Modelo e Variável de Risco	10
Figura 4 - Relação entre Fatores de Risco, Modelo e Variável de Risco	11
Figura 5 - Fluxo de Informações em Sistema não-Paramétrico Flexível	11
Figura 6 - Representação de Fatores de Risco Utilizando Componentes Principais	17
Figura 7 - Valores Históricos de Cupom Cambial	20
Figura 8 - Valores Históricos de Taxa de Juros Pré-Fixada em Real	20
Figura 9 - Valores Históricos de Cotação de Dólar	21
Figura 10 - Valores Históricos de Cotação de TNLP4	21
Figura 11 - Valores Históricos de Cotação de PETR4	22
Figura 12 - Distribuição de Preços de uma Opção de Compra Européia sobre PETR4	25
Figura 13 - Distribuição de Preços de uma Opção de Compra Européia sobre PETR4 (Full Valuation)	26
Figura 14 - Distribuição de Preços de uma Opção de Compra Européia sobre PETR4 (Componentes Principais)	27
Figura 15 - Diferença entre Simulação com Full Valuation e com Componentes Principais	28
Figura 16 - Interface para Teste	39

Resumo

O presente trabalho apresenta algumas noções de avaliação de risco usando metodologia não-paramétrica (simulação) e testa o uso de análise de componentes principais para redução da quantidade de fatores de risco e ganhar de performance computacional na avaliação de risco.

É construída uma pequena aplicação capaz de armazenar simulações feitas em soluções de análise de risco encontrados no mercado e realizar análise intradia.

1. Introdução

A área de avaliação e gestão de risco tornou-se extremamente importante no ambiente contemporâneo. Há muito esforço em pesquisa acadêmica e corporativa visando descobrir e implementar sistemas acurados de medição e fornecer ferramentas eficazes para o gestor de risco. Vale frisar que enquanto a avaliação de risco é construída a partir de técnicas estatísticas, a gestão ainda é subjetiva e depende da experiência do profissional responsável.

Para o pleno desenvolvimento do texto faz-se necessário definir alguns termos relacionados à análise de risco. Chama-se variável de risco a grandeza à qual está associada incerteza. Ao medir temperatura usando termopar temos duas variáveis de risco: a temperatura propriamente dita e a corrente medida nos extremos dos condutores que formam o termopar.

No exemplo proposto, a incerteza da temperatura está relacionada à incerteza na medição da corrente, do contrário ambos seriam determinísticas. Como a temperatura depende da medição da corrente, a corrente elétrica é chamada fator de risco. Em geral a variável de risco é função de um conjunto de fatores de risco.

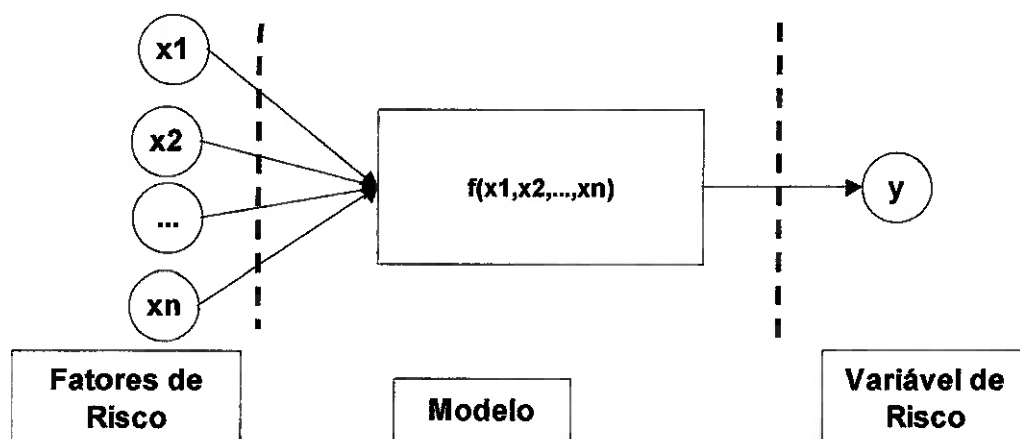


Figura 1 - Relação entre Fatores de Risco, Modelo e Variável de Risco

Denomina-se natureza o conjunto dos diversos fatores de risco, sendo que um estado da natureza é representado por uma entidade denominada cenário. O que chamamos natureza é um espaço multidimensional onde cenários de fatores de risco formam uma coordenada.

Risco é o conjunto formado por todos os valores possíveis que uma variável de risco pode apresentar e suas respectivas probabilidades de ocorrência. Nessa definição devem-se desprezar os valores com probabilidades nulas.

Abordagens paramétricas de mensuração de risco assumem que há uma função densidade de probabilidade bem definida para representar o risco de uma variável de risco. Embora essa abordagem permita tratar analiticamente os problemas, em muitos casos mostra-se ser uma aproximação pobre para o problema.

O foco desse trabalho são as abordagens não-paramétricas, onde a incerteza da variável de risco é representada por um histograma levantado através de sua simulação utilizando cenários de seus fatores de risco. A relação entre os fatores

de risco e a variável de risco analisada é dada por uma função obtida através da modelagem do problema.

2. Sistema de Análise de Risco Padrão

Os sistemas não-paramétricos de análise de risco encontrados no mercado possuem a seguinte configuração:

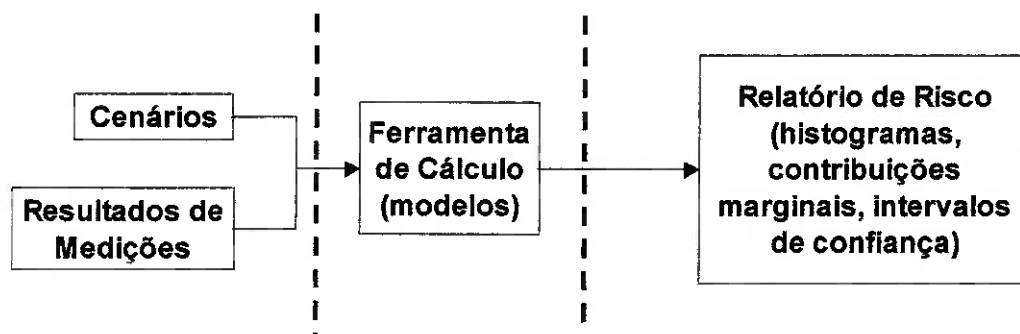


Figura 2 - Fluxo de Informações em Sistemas não-Paramétricos de Risco

Os resultados das medições informam à ferramenta qual é o estado atual do sistema que está sendo analisado enquanto os cenários devem modificar esse estado para fornecer novas medidas da variável de risco. Dois tipos de cenários podem ser usados: Históricos ou de Monte Carlo

Cenários Históricos são construídos através de medições passadas dos fatores de risco, a partir da hipótese que variações passadas pode ser aplicadas no presente de forma a criar um novo estado da natureza. Quanto maior a janela histórica maiores são as possibilidades de capturar um evento raro e o custo computacional da simulação, logo sua escolha deve ser criteriosa.

Pesquisas informais com usuários de sistemas mostram que os cenários mais utilizados apresentam janelas entre um e três anos de dados.

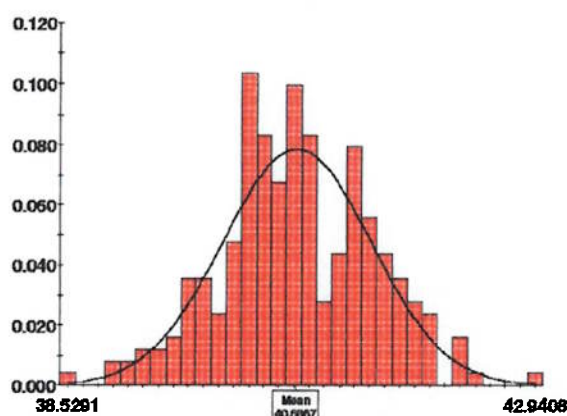


Figura 3 - Relação entre Fatores de Risco, Modelo e Variável de Risco

A Figura 3 mostra o histograma obtido através da simulação histórica (janela de 252 dias úteis) do preço da ação PETR4. Pode-se observar que, segundo o histograma, a probabilidade de eventos extremos é muito maior do que mostrado pela curva normal. Isto ocorre porque variáveis de risco financeiras costumam apresentar “caudas gordas” (fat tails) e indica que aproximá-las por uma distribuição normal, método mais difundido, subestima o risco.

Cenários de Monte Carlo são gerados através de um processo aleatório e são utilizados quando não existe um histórico de dados longo o suficiente ou desconfia-se de sua capacidade preditiva (em finanças, por exemplo, isso ocorre quando há mudanças de regime de volatilidade, como a adoção do regime de câmbio flutuante pelo Brasil). A capacidade preditiva dos cenários está relacionada não só ao método de geração, mas ao número de cenários usado (usualmente >5000).

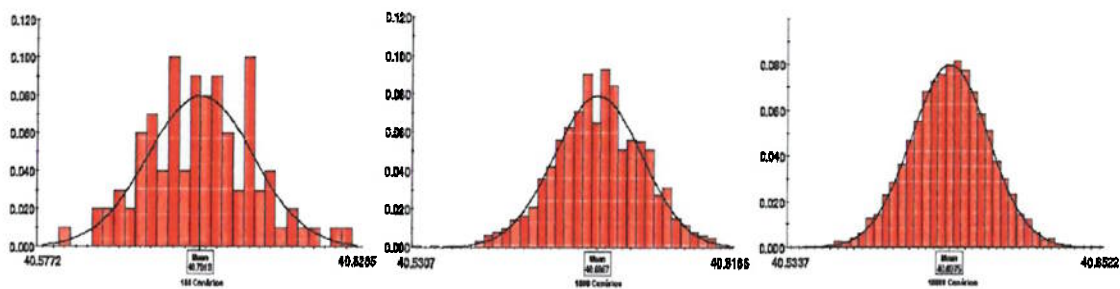


Figura 4 - Relação entre Fatores de Risco, Modelo e Variável de Risco

Na Figura 4 temos o resultado da simulação de Monte Carlo usando sorteios aleatórios com distribuição normal com 100, 1000 e 10000 cenários. Fica claro que a qualidade da simulação depende do número de cenários. Enquanto usar 1000 cenários parece fornecer uma boa aproximação do resultado esperado (distribuição normal), foi preciso usar 10 vezes esse valor para conseguir aderência à curva.

Além de sorteios de fatores de risco usando alguma distribuição, também é comum realizar simulações de Monte Carlo através de sorteios aleatórios com reposição de cenários históricos, de forma que não é preciso assumir uma distribuição para os fatores de risco.

Em grandes corporações a ferramenta de cálculo pode levar várias horas para produzir os relatórios de risco, o que pode reduzir a capacidade de tomada de decisões.

Uma alternativa é utilizar a seguinte configuração:

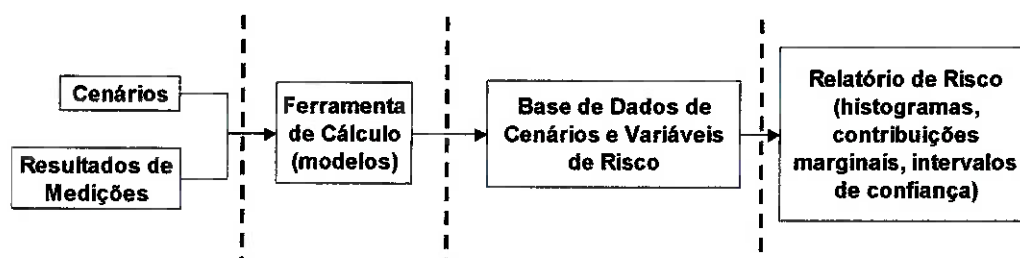


Figura 5 - Fluxo de Informações em Sistema não-Paramétrico Flexível

Novos relatórios podem ser gerados rapidamente, mas as distribuições das variáveis de risco continuam as mesmas. Não é possível, por exemplo, testar cenários pré-definidos.

3. Análise de Risco com Redução de Fatores de Risco

Realizar simulações com grande quantidade de modelos complexos e extensa variedade de cenários pode tornar inviável sua utilização para tomada de decisão intradia. O mercado financeiro é um exemplo onde simulações são feitas ao longo do dia para verificar o efeito de estratégias e mudanças no mercado. Elevados investimentos em hardware são feitos para tentar contornar a ineficiência dos métodos implementados.

Uma alternativa, já disponibilizada em sistemas avançados de risco, é a reutilização de informações já processadas ao emitir relatórios de risco. Entretanto, o custo computacional para gerar dados quando existe alteração de cenários continua. Apesar de existirem estudos nesse sentido, não há uma implementação comercial capaz de resolvê-lo.

Seja a seguinte expressão da série de Taylor de 1ª ordem de uma variável de risco (VR) em torno dos fatores de risco FR_0 :

$$VR = VR_0 + \left(\vec{FR} - \vec{FR}_0 \right) \cdot \vec{\nabla} VR_0$$

Onde:

VR simulado é o valor da variável de risco

VR_0 é o valor original da variável de risco

$\vec{\nabla} VR_0$ é o vetor gradiente da variável de risco

FR é o vetor de valores de fatores de risco

FR_0 é o vetor de valores iniciais de fatores de risco

(3.1)

O valor VR_0 e seu gradiente devem ser previamente simulados para evitar perda de performance computacional. O erro de aproximação será tanto maior quanto maior a distância entre FR e FR_0 , mas pode ser reduzido se armazenar o valor de VR_0 e seu gradiente em vários pontos:

$$MFR = \begin{bmatrix} FR_{1,1} & \cdots & FR_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ FR_{m,1} & \cdots & FR_{m,n} \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

Onde:

MFR é a matriz de fatores de risco

$FR_{m,n}$ é o valor do fator de risco n no ponto m

Deve-se usar aplicar a equação (3.1) no ponto que satisfaz a a seguinte condição:

$$\min(|MFR(i) - FR_0|)$$

Onde:

$MFR(i)$ é o vetor de fatores de risco do ponto i

i é um índice para percorrer a matriz MFR

(3.3)

O problema com essa abordagem é justamente o cálculo de $\vec{\nabla}VR_0$, pois o número de fatores de risco pode ser elevado (entre algumas dezenas e milhares). Dessa forma, se tivermos n cenários com m fatores de risco o custo computacional aumenta de n simulações por variável de risco para $n \cdot m$.

Uma alternativa é deduzir o número de fatores de risco necessários para realizar a expansão por série de Taylor, de forma a reduzir o custo de calcular o vetor gradiente das variáveis de risco. É preciso garantir que a redução de variáveis não implique em perda significativa de informações sobre os fatores de risco, o que é realizado utilizando uma técnica chamada Análise de Componentes

Principais (PCA – Principal Component Analysis). A PCA é uma técnica estatística capaz de gerar uma base ortonormal onde alguns versores (ou direções) capturam grande parte da variação dos fatores de risco originais.

Matematicamente, as componentes principais (PC) são os autovetores normalizados da matriz de covariâncias dos fatores de risco, ordenados de forma decrescente dos autovalores. A capacidade de uma determinada componente principal capturar as variações nos fatores de risco originais é dada por:

$$PE_j = \frac{\lambda_j}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \cdot 100\%$$

Onde:

PE_j é poder explanatório da componente j , medida em (3.4)

porcentagem da variância total dos fatores de risco

λ_j é o alto-valor da componente j

n é a quantidade total de fatores de risco, que é igual à quantidade de componentes principais

Geralmente poucas componentes principais são necessárias para capturar a maior parte das variações. Nesse trabalho foram usadas as duas componentes mais significativas, sem perda de generalidade do método.

Pode-se definir FR' , o vetor dos fatores de risco na base das componentes principais escolhidas, da seguinte forma:

$$FR' = FR \cdot PC_n$$

Onde:

FR' é o vetor de fatores de risco na base das componentes principais (3.5)

PC_n é a matriz com as n primeiras componentes principais

O cálculo de $\vec{\nabla}VR_0$, utilizando as componente principais, é realizado calculando cada derivada numericamente. Dado FR_0 é feita a mudança de base utilizando **todas** as componentes principais:

$$FR'_0 = FR_0 \cdot PC$$

Onde: (3.6)

PC é a matriz com todas as componentes principais

O passo seguinte é a aplicar uma pequena variação nas coordenadas de FR'_0 criando n vetores, um vetor por coordenada usada na simulação (nesse trabalho apenas as duas primeiras coordenadas):

$$FR'_0 = [pc_1 \quad \dots \quad 1,00001 \cdot pc_i \quad \dots \quad pc_1]$$

Onde: (3.7)

pc_i é a i -nésima coordenada do vetor FR'_0

FR'_0 é o vetor com variação na i -nésima coordenada

Transforma-se então os vetores para a base original:

$$FR_0^i = FR'_0 \cdot PC^{-1}$$

Onde: (3.8)

FR_0^i é o resultado da transformação de FR'_0 para os fatores de risco primários

Dessa forma $\vec{V}VR_0$, é expresso por

$$\vec{V}VR_0 = \left[\frac{VR_0^1 - VR_0}{1,00001 \cdot pc_1 - pc_1} \quad \dots \quad \frac{VR_0^n - VR_0}{1,00001 \cdot pc_n - pc_n} \right] \quad (3.9)$$

Onde:

VR_0^n é o valor da variável de risco utilizando o cenário FR_0^i

Uma vez que estamos usando apenas duas componentes principais é possível representar a expressão (3.3) com o seguinte gráfico:

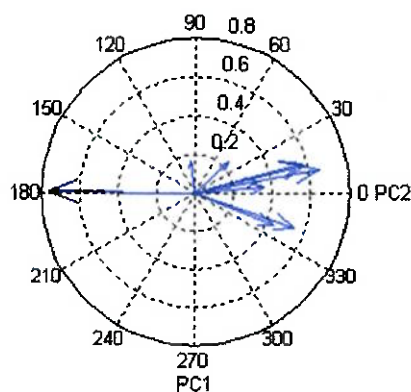


Figura 6 – Representação de Fatores de Risco Utilizando Componentes Principais

O vetor de menor módulo da Figura 6, usada como exemplo, satisfaz a expressão (3.3).

A busca do vetor de menor módulo é linear, pois os dados não estão ordenados, e isso sugere que o algoritmo perde eficiência conforme a quantidade de cenários aumenta. Por outro lado, para que a aproximação por série de Taylor não apresente um erro muito grande deve-se usar uma grande número de cenários para garantir que haverá pontos próximos às simulações realizadas.

A solução deve aparente paradoxo é utilizar o método apenas onde o número de variáveis de risco é grande o suficiente para gerar economia de cálculo.

4. Validação do Método

Para validar o método foi montado um estudo de caso onde é calculado o risco em uma carteira de instituições financeiras. Essa decisão foi tomada pelas seguintes razões:

1. Elevada quantidade de fatores de risco
2. Elevada quantidade de variáveis de risco
3. Necessidade de simulações em tempo real
4. Os fatores de risco são observáveis
5. Existência de informação pública a respeito dos fatores e modelos

Foram escolhidos os seguintes fatores de risco

1. Curva de Juros Pré-Fixados em Real Brasileiro – Representa a expectativa de rentabilidade de um investimento em taxas fixas. São utilizados os vértices de 1, 30, 60, 90, 180, 270, 360, 540, 720, 1080 dias corridos
2. Curva de Cupom Cambial Limpo – Representa a expectativa de rentabilidade em um investimento indexado à variação do dólar, mas pago em reais. São utilizados os vértices de 1, 30, 60, 90, 180, 270, 360, 540, 720, 1080 dias corridos
3. Cotação do Dólar Pronto
4. Cotação da ação TNLP4
5. Cotação da ação PETR4

Foi utilizado um histórico de 75 dias dos fatores de risco apresentados, cujos gráficos estão nas páginas à seguir e o valores no apêndice.

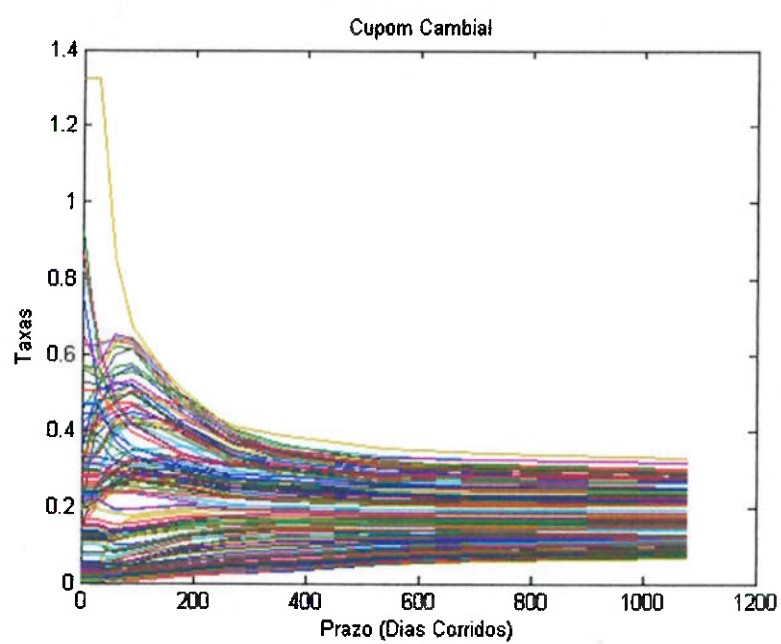


Figura 7 – Valores Históricos de Cupom Cambial

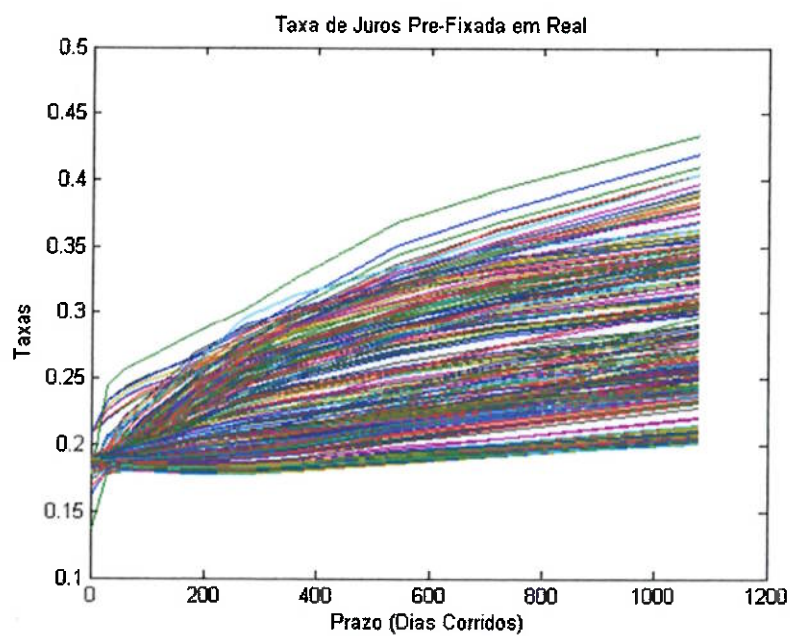


Figura 8 – Valores Históricos de Taxa de Juros Pré-Fixada em Real

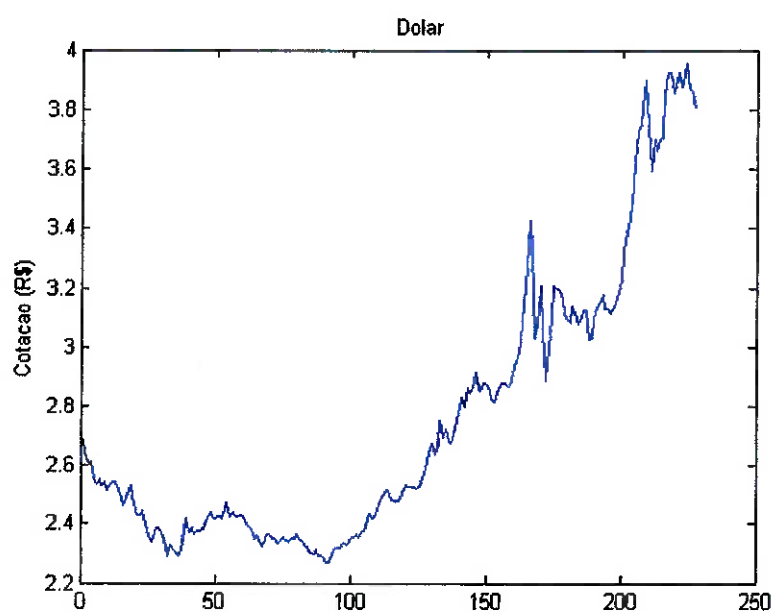


Figura 9 - Valores Históricos de Cotação de Dólar

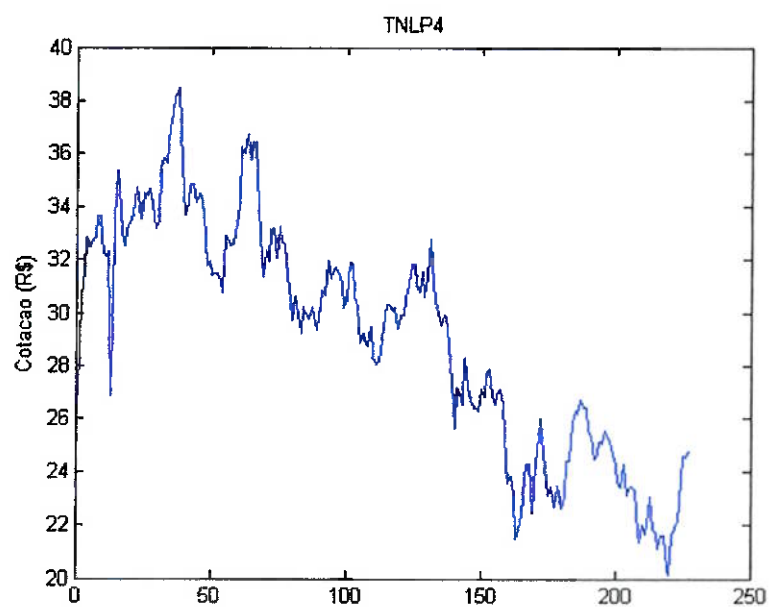


Figura 10 – Valores Históricos de Cotação de TNLP4

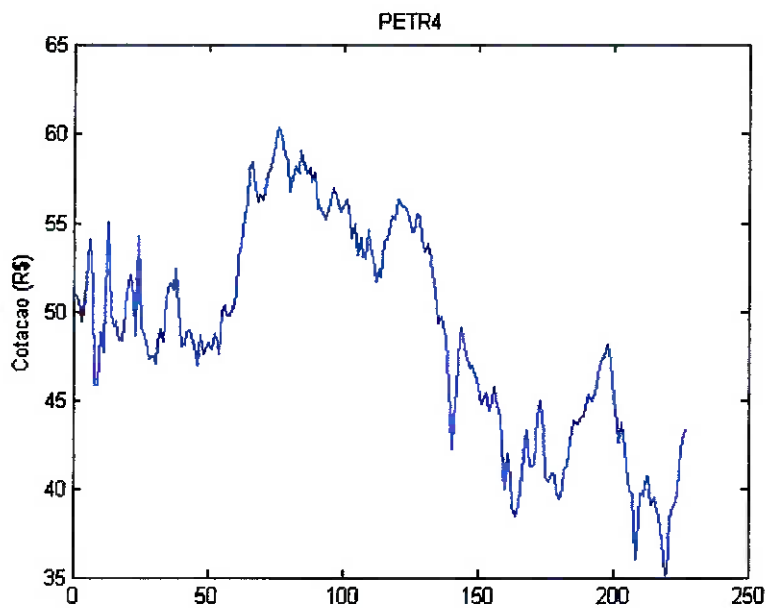


Figura 11 – Valores Históricos de Cotação de PETR4

Seja $FR_{n,t}$ o valor do fator de risco n na data t . O retorno desse fator de risco na data t é dado por:

$$r_{n,t} = \ln \left(\frac{FR_{n,t}}{FR_{n,t-1}} \right)$$

Onde:

(4.1)

$r_{n,t}$ é o retorno contínuo do ativo n na data t

$FR_{n,t}$ é o valor do fator de risco n data t

$FR_{n,t-1}$ é o valor do fator de risco n data $t-1$

Para calcular a variância do retorno do fator de risco utiliza-se média ponderada pelo decaimento exponencial (EWMA), para que as informações mais recentes apresentem maior peso. Dessa forma, a variância do retorno do fator de risco n na data t é dada por:

$$\sigma_{n,t}^2 = \lambda \cdot \sigma_{n,t-1}^2 + (1 - \lambda) \cdot r_{n,t}^2$$

Onde:

$\sigma_{n,t}^2$ é a variância do retorno do fator de risco n na data t (4.2)

$\sigma_{n,t-1}^2$ é a variância do retorno do fator de risco n na data t

λ é o coeficiente de decaimento exponencial

Para retornos diários de fatores de risco microeconômicos pesquisa do RiskMetrics Group recomendam usar $\lambda = 0,94$, janela de 74 dias de dados e

$$\sigma_{n,0}^2 = r_{n,0}^2$$

A covariância entre os fatores de risco m e n na data t é dada por:

$$\sigma_{m,n,t} = \lambda \cdot \sigma_{m,n,t-1} + (1 - \lambda) \cdot r_{n,t-1} \cdot r_{m,t-1}$$

Onde:

$\sigma_{m,n,t}$ é a covariância dos retornos dos fatores de risco m e n na data t (4.3)

$\sigma_{m,n,t-1}$ é a covariância dos retornos dos fatores de risco m e n na data t-1

A mesma observação feita para o cálculo das variâncias vale para a obtenção das covariâncias.

Com isso podemos montar a Matriz de Variância-Covariância:

$$VCV = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{1,2} & \cdots & \sigma_{1,n-1} & \sigma_{1,n} \\ \sigma_{2,1} & \sigma_2^2 & \cdots & \sigma_{2,n-1} & \sigma_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \sigma_{n-1,1} & \sigma_{n-1,2} & \cdots & \sigma_{n-1,n-1}^2 & \sigma_{n-1,n} \\ \sigma_{n,1} & \sigma_{n,2} & \cdots & \sigma_{n,n-1} & \sigma_n^2 \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

Onde:

$$\sigma_{n,m} = \sigma_{m,n}$$

Foram gerados dois sets de cenários de Monte Carlo para testar o método. O primeiro set, com dez mil cenários, foi usado para montar a base de dados da simulação. Qualquer outra simulação será gerada a partir dessa base.

O segundo set de (500) cenários será usado tanto para cálculo pelo método direto (full valuation) quanto pela metodologia com Componentes Principais.

A variável de risco é o preço de uma opção europeia de compra da ação PETR4 com as seguintes características:

1. Vencimento: 60 dias corridos (42 dias úteis)
2. Preço de Exercício: R\$ 43,00

Foi escolhida essa variável devido à complexidade de precificação e não-linearidade.

A distribuição resultante dessa simulação usando o primeiro set de cenários é mostrada a seguir:

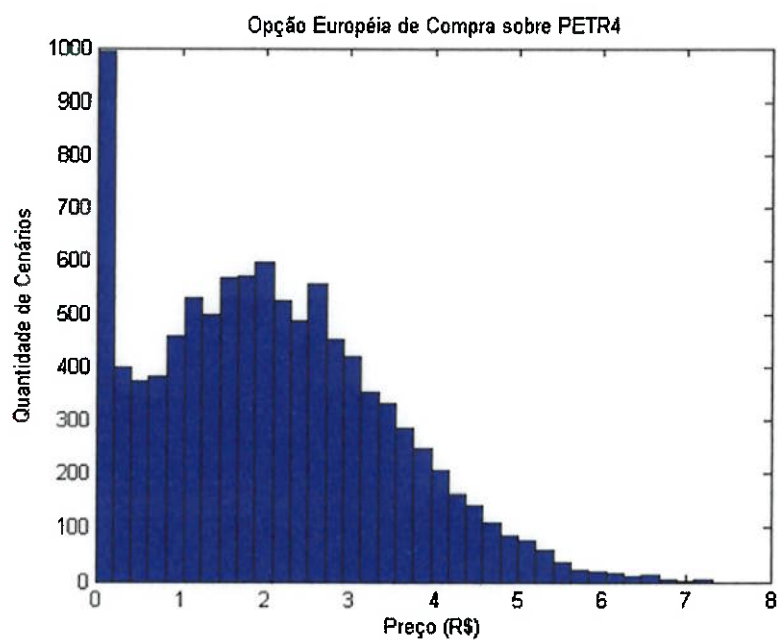


Figura 12 – Distribuição de Preços de uma Opção de Compra Europeia sobre PETR4

A simulação direta (full valuation) usando o segundo set de cenários é mostrado a seguir:

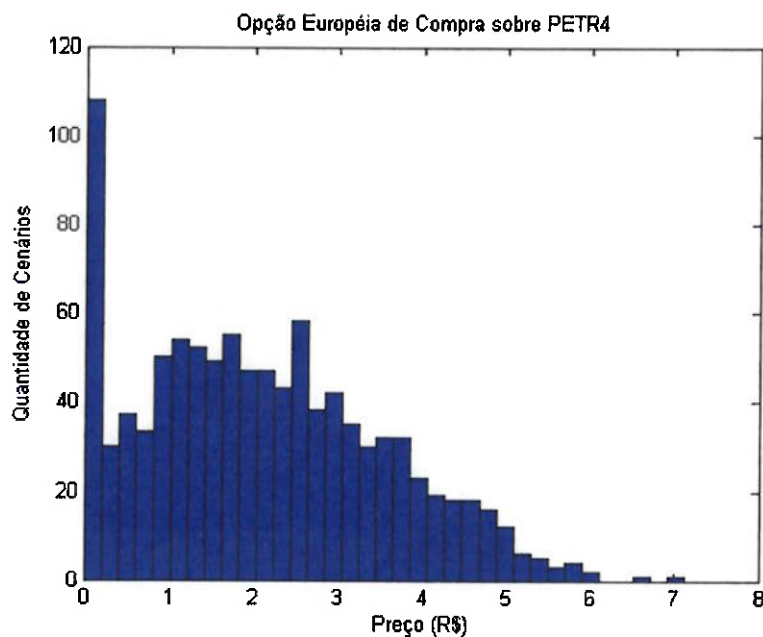


Figura 13 - Distribuição de Preços de uma Opção de Compra Europeia sobre PETR4 (Full Valuation)

Mesmo com um número de cenários muito inferior a distribuição de preços apresenta um histograma muito semelhante à Figura 12.

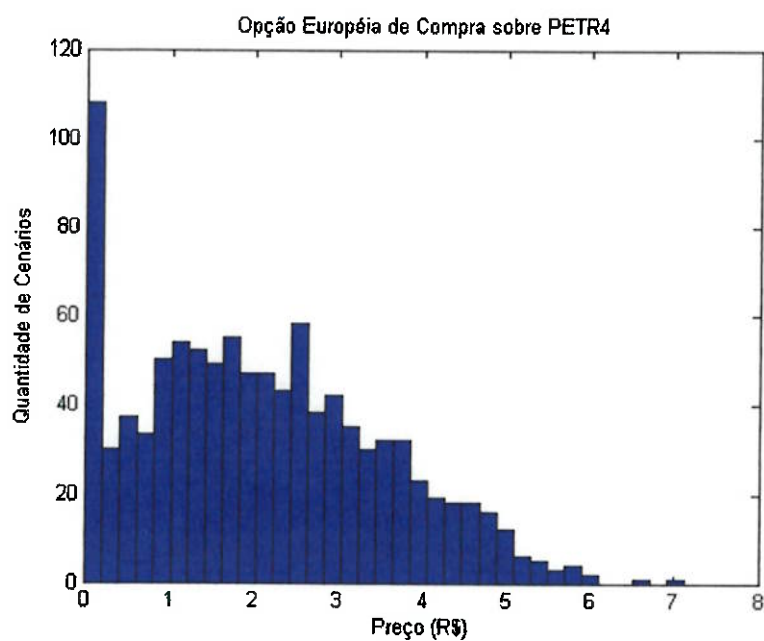


Figura 14 - Distribuição de Preços de uma Opção de Compra Européia sobre PETR4 (Componentes Principais)

A distribuição da Figura 14 é semelhante às figuras Figura 12 e Figura 13. Subtraindo as distribuições da Figura 13 e Figura 14 temos o seguinte resultado:

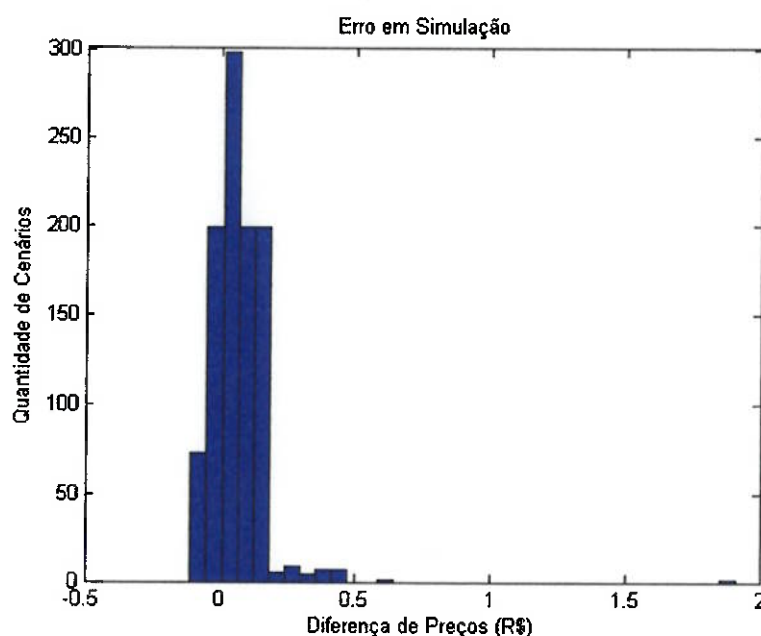


Figura 15 – Diferença entre Simulação com Full Valuation e com Componentes Principais

A Figura 15 mostra que a diferença entre as distribuições de preços geradas por ambos os métodos está em torno de 0, com pequena dispersão. Dessa forma é indiferente usar uma ou outra.

5. Conclusão

A análise de risco com a utilização de componentes principais mostrou-se matematicamente eficiente mesmo para uma função não-linear. O baixo poder de explicação das duas componentes principais usadas (88%) não impediu que se conseguisse resultados satisfatórios.

É recomendado que o corte em componentes principais seja feito em poder explanatório ($> 90\%$) ao invés de escolher o número de componentes.

A performance computacional não pode ser medida pois os sistemas usados não foram capazes de fazer simulações complexas. Entretanto, ficou claro que para pequena quantidade de variáveis de risco e elevado número de cenários a simulação com componentes principais é mais lenta que a simulação total.

A metodologia só deve ser usada quando o número de variáveis de risco for grande o suficiente para que a busca linear implícita na expressão (3.3) supere o custo computacional de simular todas as variáveis de risco. Não foi possível determinar qual é o número mínimo devido à impossibilidade de simular um sistema complexo usando qualquer um dos dois métodos.

Como todo o processo é vetorizado o procedimento mostrará performance superior em ambientes multiprocessados.

6. Referências Bibliográficas

CORMEN, Thomas H., LEISERSON, Charles E., RIVEST, Ronald L. e STEIN, Clifford, Introduction to Algorithms, 2ª Ed., The MIT Press, 2001

BURDEN, Richard L., FAIREN, J. Douglas, Numerical Analysis, 7ª Ed., Brooks/Cole, 2001

JORION, Philippe, Value at Risk – The New Benchmark for Managing Financial Risk, 2ª Ed., McGraw-Hill, 2001

KUMAMOTO, Hiromitsu, HENLEY, Ernest J., Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists, 2 Ed., IEEE Press, 1996

SECURATO, José Roberto, Decisões Financeiras em Condições de Risco, 1ª Ed., Editora Atlas, 1993

7. Códigos Desenvolvidos

```
function                               MatrizCovariancia                               =  
CalculaCovariancia(Cenario,Lambda,KValue)  
% Gera Matriz de Covariancia  
% Recebe os cenarios, fator de decaimento e numero de  
% retornos e retonar a  
% matriz de covariacia  
  
[QuantidadeLinhas,QuantidadeColunas] = size(Cenario);  
R = zeros(KValue,QuantidadeColunas);  
for IndiceLinhas = 1 : KValue  
    for IndiceColunas = 1 : QuantidadeColunas  
  
        R(IndiceLinhas,IndiceColunas)=(sqrt(Lambda)^(IndiceLin  
has-1))*Cenario(IndiceLinhas,IndiceColunas);  
    end  
end  
R=sqrt((1-Lambda)/(1-Lambda^KValue))*R;  
MatrizCovariancia = R.'*R;
```

```
function                               VetorExposicaoCredito                               =  
RetornaVetorExposicaoCredito(Exposicao,TamanhoVetor)  
% Choque deve ser no formato relativo  
% Cenarios devem ser no formato relativo  
% Simulacao e o valor da carteira em cada cenario  
  
[QuantidadeLinhas,QuantidadeColunas] = size(Exposicao);  
Exposicao = sort(Exposicao);  
  
VetorExposicaoCredito      =      Exposicao(QuantidadeLinhas-  
TamanhoVetor+1:QuantidadeLinhas,1);
```

```
function                               CenarioRelativo                               =  
CenarioAbsoluto2Relativo(CenarioAbsoluto,CenarioBase)  
  
[QuantidadeLinhas,QuantidadeColunas]                               =  
size(CenarioAbsoluto);  
CenarioRelativo                                                    =  
zeros(QuantidadeLinhas,QuantidadeColunas);  
for IndiceLinhas = 1 : QuantidadeLinhas                               =  
    CenarioRelativo(IndiceLinhas,:)                               =  
CenarioAbsoluto(IndiceLinhas,:)./CenarioBase;
```

```
end
CenarioRelativo = log(CenarioRelativo);
```

```
function                                ValorPresente                                =
RetornaValorPresenteFluxoCaixa(FluxoCaixa,Prazo,Taxa)
% Choque deve ser no formato relativo
% Cenarios devem ser no formato relativo
% Simulacao e o valor da carteira em cada cenario

ValorPresente = FluxoCaixa./(1+Taxa).^(Prazo/252);
```

```
function                                ValorOpcaoCompraEuropeia                                =
RetornaValorOpcaoCompraEuropeia(ValorAcao,PrazoCorrido,PrazoUtil,PrecoExercicio,TaxaPre,Volatilidade)
% Choque deve ser no formato relativo
% Cenarios devem ser no formato relativo
% Simulacao e o valor da carteira em cada cenario

TaxaContinua                                =
PrazoUtil./PrazoCorrido.*log(1+TaxaPre)*365/252;
TaxaContinua = TaxaPre;
VolatilidadeAnual = sqrt(252).*Volatilidade;
d1                                =
(log(ValorAcao./PrecoExercicio)+(TaxaContinua+VolatilidadeAnual.^2/2)*PrazoCorrido/365)/(VolatilidadeAnual.*sqrt(PrazoCorrido/365));
d2 = d1 - VolatilidadeAnual*sqrt(PrazoCorrido/365);
ValorOpcaoCompraEuropeia                =      ValorAcao.*normcdf(d1)-
PrecoExercicio.*exp(-
TaxaContinua.*PrazoCorrido/365).*normcdf(d2);
```

```
function                                [X,Y,Superficie]                                =
RetornaSuperficieSimulacao(Coordenadas,Simulacao,GradientesSimulacao)
% Choque deve ser no formato relativo
% Cenarios devem ser no formato relativo
% Simulacao e o valor da carteira em cada cenario

[X,Y] = meshgrid(Coordenadas(:,1),Coordenadas(:,2));
[QuantidadeLinhas,QuantidadeColunas] = size(Coordenadas);
VetorCenario = zeros(1,2);
for IndiceLinhas = 1 : QuantidadeLinhas
    for IndiceColunas = 1 : QuantidadeColunas
```

```

        VetorCenario(1,1) =
X(IndiceLinhas,IndiceColunas);
        VetorCenario(1,2) =
Y(IndiceLinhas,IndiceColunas);
        Superficie(IndiceLinhas,IndiceColunas) =
InterpolaSimulacao(VetorCenario,Coordenadas,Simulacao,Gradi
enteSimulacao);
    end
end

```

```

function [CupomCambial, CurvaPre, PETR4, TNLP4, Dolar] =
RetornaFatoresRisco(MatrizFatoresRisco)
% Choque deve ser no formato relativo
% Cenarios devem ser no formato relativo
% Simulacao e o valor da carteira em cada cenario

[QuantidadeLinhas,QuantidadeColunas] =
size(MatrizFatoresRisco);
CupomCambial = zeros(QuantidadeLinhas,10);
CurvaPre = zeros(QuantidadeLinhas,10);
PETR4 = zeros(QuantidadeLinhas,1);
TNLP4 = zeros(QuantidadeLinhas,1);
Dolar = zeros(QuantidadeLinhas,1);

for IndiceColunas = 1 : 10
    CupomCambial(:,IndiceColunas) =
MatrizFatoresRisco(:,IndiceColunas);
    CurvaPre(:,IndiceColunas) =
MatrizFatoresRisco(:,IndiceColunas+10);
end
PETR4 = MatrizFatoresRisco(:,21);
TNLP4 = MatrizFatoresRisco(:,22);
Dolar = MatrizFatoresRisco(:,23);

```

```

function
[ComponentesPrincipais, PoderExplicatorio, MatrizMudancaBase]
=
RetornaComponentesPrincipais(MatrizCovariancia,QuantidadeCo
mponentes);

[QuantidadeLinhas,QuantidadeColunas] =
size(MatrizCovariancia);
Indices=[1:QuantidadeLinhas];
SomaAutoValores = 0;

```

```

ComponentesPrincipais                                     =
zeros(QuantidadeLinhas,QuantidadeComponentes);
MatrizMudancaBase                                       =
zeros(QuantidadeLinhas,QuantidadeColunas);

[AutoVetores,AutoValores]=eig(MatrizCovariancia);

for IndiceExterno = 1 : QuantidadeLinhas
    for IndiceInterno = 1 : QuantidadeLinhas-IndiceExterno
        if
AutoValores(Indices(IndiceInterno),Indices(IndiceInterno))
<
AutoValores(Indices(IndiceInterno+1),Indices(IndiceInterno+
1))
                VariavelTemporaria = Indices(IndiceInterno);
                Indices(IndiceInterno) =
Indices(IndiceInterno+1);
                Indices(IndiceInterno+1) =
VariavelTemporaria;
            end
        end
    end

for IndiceColunas = 1 : QuantidadeComponentes
    for IndiceLinhas = 1 : QuantidadeLinhas

        ComponentesPrincipais(IndiceLinhas,IndiceColunas)=Auto
Vetores(IndiceLinhas,Indices(IndiceColunas));
        end
        SomaAutoValores = SomaAutoValores +
AutoValores(Indices(IndiceColunas),Indices(IndiceColunas));
    end

for IndiceColunas = 1 : QuantidadeColunas
    MatrizMudancaBase(:,IndiceColunas)=AutoVetores(:,Indic
es(IndiceColunas));
end

PoderExplanatorio = SomaAutoValores/sum(sum(AutoValores));

function                AjusteFuturoDolar                =
RetornaAjusteFuturoDolar(DolarPronto, Prazo, CotacaoAjuste, Ta
xaPre, CupomCambial)
% Choque deve ser no formato relativo
% Cenarios devem ser no formato relativo
% Simulacao e o valor da carteira em cada cenario

```

```

AjusteFuturoDolar =
50000*(DolarPronto.*((1+TaxaPre)./(1+CupomCambial)).^(Prazo
/252)-CotacaoAjuste);

```

```

function SimulacaoInterpolada =
InterpolaSimulacao(Choques,Cenarios,Simulacao,GradienteSimu
lacao)
% Choque deve ser no formato relativo
% Cenarios devem ser no formato relativo
% Simulacao e o valor da carteira em cada cenario

[QuantidadeLinhas,QuantidadeColunas] = size(Choques);
SimulacaoInterpolada = zeros(QuantidadeLinhas,1);

for IndiceLinhas = 1 : QuantidadeLinhas
    SimulacaoInterpolada(IndiceLinhas,1) =
InterpolaCenario(Choques(IndiceLinhas,:),Cenarios,Simulacao
,GradienteSimulacao);
end

```

```

function ValorInterpolado =
InterpolaCenario(Choque,Cenarios,Simulacao,GradienteSimulac
ao)
% Choque deve ser no formato relativo
% Cenarios devem ser no formato relativo
% Simulacao e o valor da carteira em cada cenario

[QuantidadeLinhas,QuantidadeColunas] = size(Cenarios);
VetoresCenarios =
zeros(QuantidadeLinhas,QuantidadeColunas);
VetoresPlano = zeros(QuantidadeColunas,QuantidadeColunas);
ValoresSimulacao = zeros(1,QuantidadeColunas);
IndiceMenorValor = 1;
for IndiceLinhas = 1 : QuantidadeLinhas
    VetoresCenarios(IndiceLinhas,:) =
Cenarios(IndiceLinhas,:)-Choque(1,:);
end

QuadradoDistanciaPlano =
(VetoresCenarios.*VetoresCenarios)*ones(QuantidadeColunas,1
);

for IndiceLinhas = 1 : QuantidadeLinhas

```

```

        if      QuadradoDistanciaPlano(IndiceLinhas,1)      <
QuadradoDistanciaPlano(IndiceMenorValor,1)
            IndiceMenorValor = IndiceLinhas;
        end
    end
    ValorInterpolado      =      Simulacao(IndiceMenorValor)      +
dot(Cenarios(IndiceMenorValor,:)-
Choque,GradienteSimulacao(IndiceMenorValor,:));

function                                CenarioMonteCarlo                                =
GeraCenarioMonteCarlo(MatrizCovariancia,NumeroCenarios)
% Choque deve ser no formato relativo
% Cenarios devem ser no formato relativo
% Simulacao e o valor da carteira em cada cenario

[QuantidadeLinhas,QuantidadeColunas]                                =
size(MatrizCovariancia);
MatrizAleatoria = randn(QuantidadeColunas,NumeroCenarios);
MatrizDecomposta = chol(MatrizCovariancia);
MatrizDecomposta = MatrizDecomposta';
CenarioMonteCarlo = MatrizDecomposta*MatrizAleatoria;
CenarioMonteCarlo = CenarioMonteCarlo';

function                                ValorInterpolado                                =
InterpolaSimulacao(Choque,Cenarios,Simulacao)
% Choque deve ser no formato relativo
% Cenarios devem ser no formato relativo
% Simulacao e o valor da carteira em cada cenario

[QuantidadeLinhas,QuantidadeColunas] = size(Cenarios);
VetoresCenarios                                =
zeros(QuantidadeLinhas,QuantidadeColunas);
VetoresPlano = zeros(QuantidadeColunas,QuantidadeColunas);
ValoresSimulacao = zeros(1,QuantidadeColunas);
Indices=[1:QuantidadeLinhas];
for IndiceLinhas = 1 : QuantidadeLinhas
    VetoresCenarios(IndiceLinhas,:)                                =
Cenarios(IndiceLinhas,:)-Choque(1,:);
end
QuadradoDistanciaPlano                                =
(VetoresCenarios.*VetoresCenarios)*ones(QuantidadeColunas,1
);
for IndiceExterno = 1 : QuantidadeLinhas
    for IndiceInterno = 1 : QuantidadeLinhas-IndiceExterno

```

```

        if
            QuadradoDistanciaPlano(Indices(IndiceInterno),1) >
            QuadradoDistanciaPlano(Indices(IndiceInterno+1),1)
                VariavelTemporaria = Indices(IndiceInterno);
                Indices(IndiceInterno) =
Indices(IndiceInterno+1);
                Indices(IndiceInterno+1) =
VariavelTemporaria;
            end
        end
    end
end
for IndiceLinhas = 1 : QuantidadeColunas
    VetoresPlano(IndiceLinhas,:) =
Cenarios(Indices(IndiceLinhas+1,:)-Cenarios(1,:);
    ValoresSimulacao(1,IndiceLinhas) =
Simulacao(Indices(IndiceLinhas+1),1)-Simulacao(1,1);
end
RRR = Choque - Cenarios(1,:);
Coeficientes = inv(VetoresPlano)*RRR';
ValorInterpolado =
ValoresSimulacao*Coeficientes+Simulacao(1,1);

```

```

function                                Cenario                                =
ConverteSerieTemporal2Cenario(SerieTemporal)
% Gerador de cenarios
% Recebe uma matriz (SerieTemporal) MxN e retorna
%      uma      matriz      (Cenario)      M-1xN,      onde
Cenario(i,j)=log(SerieTemporal(i,j)/SerieTemporal(i+1,j))

[QuantidadeLinhas,QuantidadeColunas] = size(SerieTemporal);
Cenario = zeros(QuantidadeLinhas-1,QuantidadeColunas);
for IndiceLinhas = 1 : QuantidadeLinhas-1
    Cenario(IndiceLinhas,:) =
SerieTemporal(IndiceLinhas,:)./SerieTemporal(IndiceLinhas+1
,:);
end
Cenario = log(Cenario);

```

```

function                                CenarioAbsoluto                                =
CenarioRelativo2Absoluto(CenarioRelativo,CenarioBase)

[QuantidadeLinhas,QuantidadeColunas] =
size(CenarioRelativo);
CenarioAbsoluto =
zeros(QuantidadeLinhas,QuantidadeColunas);

```

```
CenarioAbsoluto = exp(CenarioRelativo);  
for IndiceLinhas = 1 : QuantidadeLinhas  
    CenarioAbsoluto(IndiceLinhas,:) =  
CenarioAbsoluto(IndiceLinhas,:).*CenarioBase;  
End
```

8. Interface de Teste

Para facilitar os testes foi desenvolvida uma interface que automatiza diversos passos da análise

Inicialização de Dados – Carrega o arquivo com os dados históricos para que seja montada uma matriz de covariâncias

Preparação dos Dados – Gera a matriz de covariâncias e os cenários usados nas simulações

Geração de Base de Dados – Realiza o cálculo das variáveis de risco e de seus vetores gradientes

Processamento da Simulação – Processa as simulações e monta os histogramas.

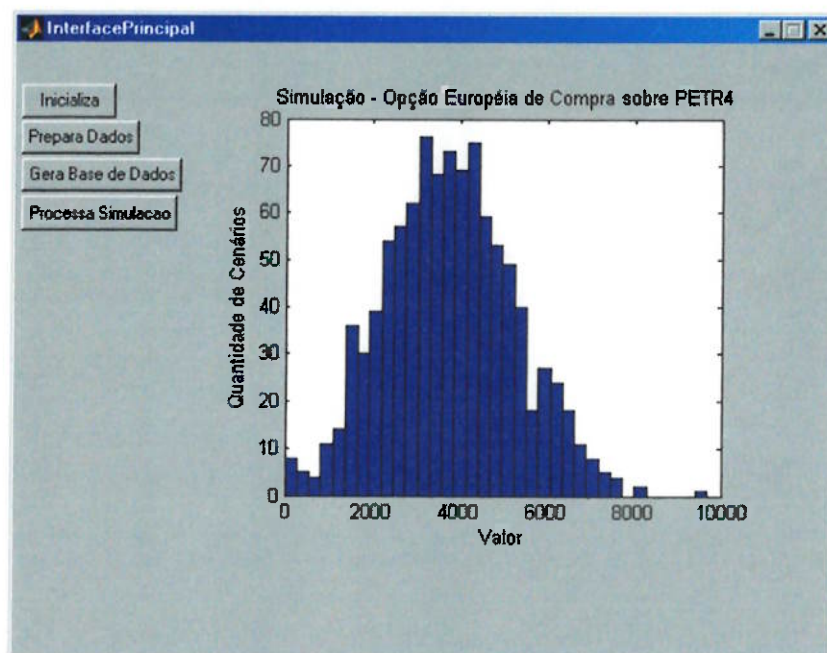


Figura 16 – Interface para Teste

8.1. Códigos da Interface de Teste

```
function varargout = InterfacePrincipal(varargin)
% INTERFACEPRINCIPAL M-file for InterfacePrincipal.fig
%     INTERFACEPRINCIPAL, by itself, creates a new
INTERFACEPRINCIPAL or raises the existing
%     singleton*.
%
%     H = INTERFACEPRINCIPAL returns the handle to a new
INTERFACEPRINCIPAL or the handle to
%     the existing singleton*.
%
%
INTERFACEPRINCIPAL('CALLBACK', hObject,eventData,handles,...
) calls the local
%     function named CALLBACK in INTERFACEPRINCIPAL.M with
the given input arguments.
%
%     INTERFACEPRINCIPAL('Property','Value',...) creates a
new INTERFACEPRINCIPAL or raises the
%     existing singleton*. Starting from the left,
property value pairs are
%     applied to the GUI before
InterfacePrincipal_OpeningFunction gets called. An
%     unrecognized property name or invalid value makes
property application
%     stop. All inputs are passed to
InterfacePrincipal_OpeningFcn via varargin.
%
%     *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI
allows only one
%     instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help
InterfacePrincipal

% Last Modified by GUIDE v2.5 08-Dec-2002 20:41:43

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
```

```

        'gui_OpeningFcn',
@InterfacePrincipal_OpeningFcn, ...
        'gui_OutputFcn',
@InterfacePrincipal_OutputFcn, ...
        'gui_LayoutFcn', [] , ...
        'gui_Callback', []);
if nargin & isstr(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State,
varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before InterfacePrincipal is made
visible.
function InterfacePrincipal_OpeningFcn(hObject, eventdata,
handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see
GUIDATA)
% varargin    command line arguments to InterfacePrincipal
(see VARARGIN)

% Choose default command line output for InterfacePrincipal
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes InterfacePrincipal wait for user response
(see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the
command line.
function varargout = InterfacePrincipal_OutputFcn(hObject,
eventdata, handles)

```

```
% varargout    cell array for returning output args (see
VARARGOUT);
% hObject      handle to figure
% eventdata    reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
```

```
% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;
```

```
% --- Executes on button press in pushbutton1.
```

```
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject      handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
```

```
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject      handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
```

```
%         See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
else
```

```
set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgr
oundColor'));
end
```

```
function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject      handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
```

```
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit1 as
text
```

```
%      str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit1 as a double
```

```
% --- Executes on button press in pushbutton2.
```

```
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject      handle to pushbutton2 (see GCBO)
```

```
% eventdata    reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
```

```
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
```

```
% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
```

```
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject      handle to edit2 (see GCBO)
```

```
% eventdata    reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
```

```
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
```

```
%      See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc
```

```
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
```

```
else
```

```
set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgr
oundColor'));
```

```
end
```

```
function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject      handle to edit2 (see GCBO)
```

```
% eventdata    reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
```

```
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit2 as
text
%          str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit2 as a double
```

```
% --- Executes on button press in InicializaSistema.
function InicializaSistema_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to InicializaSistema (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
clear;
% Adiciona caminho para scripts
addpath('E:\Poli\PMC581');
Inicializa
```

```
% --- Executes on button press in GeraBaseDados.
function GeraBaseDados_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to GeraBaseDados (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
clear;
% Adiciona caminho para scripts
addpath('E:\Poli\PMC581');

Inicializa
PreparaDados
GeraCenarios
GeraBaseDados
Valuation
```

```
% --- Executes on button press in PreparaDados.
function PreparaDados_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to PreparaDados (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
clear;
% Adiciona caminho para scripts
```

```

addpath('E:\Poli\PMC581');

Inicializa
PreparaDados

% --- Executes on button press in ProcessaSimulacao.
function ProcessaSimulacao_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to ProcessaSimulacao (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% --- Executes on button press in pushbutton7.
function pushbutton7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton7 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% --- Executes on button press in pushbutton8.
function pushbutton8_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% --- Executes on button press in togglebutton2.
function togglebutton2_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to togglebutton2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see
GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of
togglebutton2

```

9. Dados de Entrada

Tabela 1 – Histórico de Cupom Cambial

Data	Prazo									
	1	30	60	90	180	270	360	540	720	1080
25/10/2002	75.45%	50.74%	52.60%	51.97%	38.63%	32.31%	29.53%	28.53%	28.83%	27.28%
24/10/2002	92.56%	58.92%	62.18%	61.61%	44.48%	36.50%	32.85%	31.27%	31.17%	30.07%
23/10/2002	86.12%	63.13%	63.51%	62.76%	45.65%	37.01%	32.98%	31.19%	30.99%	29.93%
22/10/2002	82.89%	62.00%	64.38%	63.67%	47.24%	37.89%	33.45%	31.13%	30.63%	29.62%
21/10/2002	64.80%	57.22%	65.41%	63.86%	48.82%	39.24%	34.17%	31.24%	30.38%	29.14%
18/10/2002	57.52%	54.52%	63.32%	64.59%	50.56%	39.90%	35.06%	31.86%	31.05%	29.71%
17/10/2002	52.58%	51.99%	59.98%	61.64%	48.04%	38.44%	34.09%	31.02%	30.22%	28.69%
16/10/2002	42.09%	45.46%	54.65%	56.53%	45.75%	36.69%	32.58%	29.97%	29.15%	27.92%
15/10/2002	45.45%	51.78%	56.52%	57.38%	47.15%	37.93%	33.75%	30.59%	29.46%	28.11%
11/10/2002	40.77%	41.67%	47.37%	50.68%	46.54%	38.23%	34.69%	31.03%	29.80%	28.13%
10/10/2002	30.69%	34.65%	42.48%	46.85%	45.53%	38.58%	35.84%	33.25%	32.55%	31.78%
09/10/2002	29.22%	33.77%	39.86%	43.29%	42.86%	36.85%	34.58%	32.78%	32.55%	31.59%
08/10/2002	31.41%	33.97%	39.71%	41.84%	41.50%	35.19%	32.67%	31.07%	30.89%	29.83%
07/10/2002	33.19%	34.30%	40.94%	41.85%	39.33%	32.93%	29.81%	28.15%	27.84%	27.34%
04/10/2002	40.57%	38.90%	43.80%	44.78%	41.55%	34.64%	31.79%	29.33%	28.73%	27.36%
03/10/2002	56.45%	53.66%	54.56%	55.46%	49.36%	40.13%	36.07%	32.19%	30.69%	28.36%
02/10/2002	33.86%	33.86%	42.47%	46.98%	39.87%	32.79%	29.70%	27.37%	26.59%	26.37%
01/10/2002	27.80%	27.80%	39.34%	43.89%	37.62%	31.28%	28.57%	26.31%	25.56%	25.28%
30/09/2002	47.17%	47.17%	52.28%	53.25%	44.31%	37.14%	33.67%	29.96%	28.47%	27.50%
27/09/2002	44.33%	44.33%	49.25%	52.32%	43.79%	36.40%	33.34%	29.04%	27.38%	26.70%
26/09/2002	20.01%	43.78%	47.79%	50.24%	40.89%	33.27%	29.89%	26.01%	24.30%	23.59%
25/09/2002	35.63%	51.24%	50.71%	52.02%	41.62%	33.73%	30.18%	26.43%	24.80%	24.37%
24/09/2002	30.75%	48.04%	48.96%	49.65%	40.22%	32.84%	29.57%	26.12%	24.65%	24.48%
23/09/2002	30.58%	44.39%	47.38%	47.47%	39.19%	32.14%	28.60%	25.59%	24.37%	24.20%
20/09/2002	29.71%	35.55%	38.77%	41.93%	35.98%	29.69%	26.85%	24.13%	23.16%	23.31%
19/09/2002	37.93%	42.95%	44.75%	46.55%	40.22%	33.84%	31.04%	27.67%	26.31%	26.41%
18/09/2002	33.18%	41.12%	41.59%	43.47%	37.99%	31.91%	29.20%	26.15%	24.94%	24.94%
17/09/2002	14.56%	26.44%	31.24%	34.80%	32.34%	27.74%	25.76%	23.71%	23.03%	22.87%
16/09/2002	18.98%	25.66%	29.32%	32.50%	30.45%	26.32%	24.25%	23.04%	22.86%	22.74%
13/09/2002	16.48%	21.51%	26.38%	29.06%	27.04%	23.33%	21.74%	20.88%	20.92%	21.60%
12/09/2002	15.04%	20.38%	25.20%	28.07%	26.73%	23.10%	21.55%	20.85%	20.83%	21.59%
11/09/2002	20.17%	24.15%	26.46%	28.47%	26.73%	23.32%	21.91%	21.18%	21.17%	21.62%
10/09/2002	16.44%	21.48%	26.24%	28.36%	27.40%	24.04%	22.65%	21.68%	21.59%	21.68%
09/09/2002	19.39%	22.14%	26.25%	27.40%	26.23%	23.84%	22.75%	21.76%	21.67%	22.01%
06/09/2002	19.43%	21.42%	27.06%	29.94%	29.16%	26.27%	25.24%	23.29%	22.78%	22.84%
05/09/2002	22.58%	22.58%	26.24%	28.48%	27.58%	25.33%	24.64%	23.18%	22.82%	23.43%
04/09/2002	22.98%	22.98%	25.35%	26.63%	24.96%	22.51%	21.62%	20.58%	20.39%	20.75%
03/09/2002	28.35%	28.35%	28.08%	27.77%	25.20%	22.77%	21.90%	20.83%	20.63%	20.81%
02/09/2002	22.99%	22.99%	24.51%	23.84%	22.49%	20.75%	20.00%	19.24%	19.17%	19.64%

30/08/2002	24.02%	24.02%	23.83%	23.45%	21.55%	19.35%	18.64%	18.16%	18.26%	18.75%
29/08/2002	3.89%	3.89%	13.89%	16.95%	18.44%	17.26%	17.15%	17.22%	17.40%	17.72%
28/08/2002	29.23%	29.23%	28.50%	27.14%	24.66%	22.23%	21.50%	21.03%	21.00%	21.14%
27/08/2002	32.94%	32.94%	32.15%	30.17%	26.60%	23.79%	22.90%	22.06%	21.86%	22.04%
26/08/2002	38.56%	38.56%	35.53%	32.56%	28.86%	25.82%	24.58%	23.56%	23.32%	23.52%
23/08/2002	28.07%	28.07%	29.14%	29.23%	27.53%	24.58%	23.64%	22.56%	22.35%	22.56%
22/08/2002	30.72%	30.72%	31.06%	31.01%	30.16%	26.68%	25.52%	24.21%	23.79%	24.19%
21/08/2002	31.34%	31.34%	28.78%	28.54%	28.25%	25.07%	24.02%	22.55%	22.01%	22.42%
20/08/2002	23.66%	23.66%	23.71%	24.44%	26.00%	22.97%	21.91%	20.79%	20.41%	20.70%
19/08/2002	23.83%	23.83%	25.60%	25.93%	27.78%	24.79%	23.55%	21.89%	21.22%	21.22%
16/08/2002	23.44%	23.44%	26.54%	28.57%	30.40%	27.32%	26.41%	23.63%	22.51%	21.89%
15/08/2002	24.86%	24.86%	28.96%	31.61%	33.25%	30.35%	29.70%	26.53%	25.13%	24.59%
14/08/2002	26.57%	26.57%	29.57%	31.80%	33.41%	30.97%	30.61%	27.56%	26.24%	25.24%
13/08/2002	30.98%	30.98%	33.19%	34.70%	35.62%	33.03%	32.67%	29.17%	27.63%	26.47%
12/08/2002	27.48%	27.48%	31.34%	32.03%	32.27%	30.75%	30.61%	28.28%	27.42%	26.64%
09/08/2002	20.28%	20.28%	24.07%	26.17%	27.60%	26.32%	26.44%	24.51%	23.89%	23.80%
08/08/2002	24.01%	24.01%	25.86%	26.68%	26.14%	24.88%	24.96%	23.68%	23.26%	22.99%
07/08/2002	44.56%	44.56%	38.95%	35.77%	30.49%	28.39%	28.11%	26.17%	25.44%	24.84%
06/08/2002	56.66%	56.66%	46.56%	41.80%	33.83%	31.05%	30.48%	28.04%	27.07%	26.27%
05/08/2002	50.51%	50.51%	44.46%	39.33%	33.52%	31.30%	30.74%	28.75%	28.11%	27.80%
02/08/2002	47.34%	47.34%	40.56%	35.82%	31.28%	29.10%	28.57%	26.99%	26.66%	26.39%
01/08/2002	62.45%	62.45%	48.12%	41.47%	33.75%	31.08%	30.37%	28.78%	28.33%	28.01%
31/07/2002	132.27%	132.27%	85.76%	67.23%	47.94%	41.33%	38.70%	35.30%	34.01%	33.10%
30/07/2002	37.18%	37.18%	32.07%	29.98%	27.64%	25.93%	25.57%	25.08%	25.18%	25.34%
29/07/2002	46.96%	46.96%	37.52%	33.24%	29.68%	27.55%	26.71%	25.76%	25.63%	24.64%
26/07/2002	29.59%	29.59%	26.28%	25.29%	23.75%	22.53%	22.32%	21.83%	21.91%	20.97%
25/07/2002	25.62%	25.62%	23.50%	23.82%	22.97%	22.28%	22.35%	21.40%	21.11%	20.92%
24/07/2002	21.74%	21.74%	19.02%	19.29%	20.54%	20.11%	20.22%	19.56%	19.40%	19.26%
23/07/2002	21.96%	21.96%	19.27%	19.25%	20.10%	19.50%	19.51%	18.73%	18.49%	18.36%
22/07/2002	19.64%	19.64%	18.22%	17.96%	19.30%	18.89%	18.98%	18.26%	18.05%	18.08%
19/07/2002	14.68%	14.68%	14.10%	14.61%	16.02%	16.25%	16.39%	16.08%	16.12%	15.72%
18/07/2002	11.49%	11.49%	12.28%	13.40%	15.46%	16.05%	16.39%	16.23%	16.26%	16.09%
17/07/2002	12.77%	12.77%	12.87%	14.02%	16.25%	16.80%	17.11%	16.90%	16.93%	16.81%
16/07/2002	16.57%	16.57%	15.20%	15.62%	17.27%	17.50%	17.65%	17.43%	17.45%	17.36%
15/07/2002	12.03%	12.03%	12.63%	13.45%	15.83%	16.37%	16.54%	16.46%	16.58%	16.65%
12/07/2002	14.86%	14.86%	13.39%	13.98%	15.42%	15.69%	15.84%	15.58%	15.62%	15.86%

Tabela 2 – Histórico de Taxas de Juros Pré-Fixadas em Real

Data	Prazo									
	1	30	60	90	180	270	360	540	720	1080
25/10/2002	20.82%	21.87%	22.78%	23.68%	25.42%	27.25%	29.03%	32.18%	34.34%	37.96%
24/10/2002	20.81%	22.00%	22.81%	23.65%	25.49%	27.29%	29.20%	32.44%	34.77%	38.09%
23/10/2002	20.83%	22.04%	22.97%	23.81%	25.46%	27.12%	28.97%	32.22%	34.53%	38.05%
22/10/2002	20.84%	22.52%	23.58%	24.28%	25.53%	27.06%	28.87%	32.05%	34.60%	38.03%
21/10/2002	20.84%	22.55%	23.54%	24.17%	25.59%	26.95%	28.62%	31.96%	34.50%	38.02%
18/10/2002	20.85%	22.83%	23.95%	24.63%	25.94%	27.33%	28.99%	32.56%	35.37%	39.20%
17/10/2002	20.86%	23.30%	24.36%	25.05%	26.59%	28.09%	29.96%	33.73%	36.27%	40.50%
16/10/2002	20.87%	23.30%	24.25%	24.96%	26.68%	28.51%	30.76%	35.04%	37.64%	41.99%
15/10/2002	17.88%	24.40%	25.70%	26.32%	28.43%	30.18%	32.69%	36.90%	39.28%	43.38%
11/10/2002	17.85%	19.51%	20.51%	21.63%	24.66%	26.95%	29.82%	33.37%	36.38%	40.52%
10/10/2002	17.84%	19.06%	20.04%	21.25%	24.17%	26.68%	29.48%	33.38%	35.87%	40.48%
09/10/2002	17.84%	19.01%	20.02%	21.06%	23.81%	26.28%	29.08%	32.90%	35.45%	39.76%
08/10/2002	17.85%	18.77%	19.67%	20.49%	23.14%	25.67%	28.53%	32.13%	34.49%	38.84%
07/10/2002	17.86%	18.74%	19.64%	20.53%	23.37%	26.03%	28.97%	32.46%	34.99%	38.98%
04/10/2002	17.89%	18.55%	19.34%	20.48%	23.27%	26.15%	29.02%	32.84%	35.24%	39.30%
03/10/2002	17.90%	18.73%	19.55%	20.91%	24.11%	27.36%	30.43%	34.35%	36.79%	41.09%
02/10/2002	17.89%	18.58%	19.49%	20.68%	23.76%	26.62%	29.55%	33.10%	35.09%	38.40%
01/10/2002	17.90%	18.63%	19.62%	20.77%	23.60%	26.26%	29.04%	32.06%	33.91%	36.84%
30/09/2002	17.88%	19.25%	20.46%	21.89%	24.96%	27.49%	29.94%	33.13%	35.10%	37.55%
27/09/2002	17.88%	19.07%	20.34%	21.78%	24.65%	26.82%	28.83%	31.89%	33.81%	36.36%
26/09/2002	17.88%	18.74%	19.98%	21.39%	23.79%	25.62%	27.41%	30.25%	32.23%	34.69%
25/09/2002	17.87%	18.88%	20.14%	21.51%	24.04%	25.64%	27.22%	29.56%	31.09%	32.98%
24/09/2002	17.90%	19.09%	20.42%	21.78%	24.61%	26.18%	27.68%	29.87%	31.68%	33.37%
23/09/2002	17.89%	18.79%	20.04%	21.50%	24.56%	25.98%	27.43%	29.54%	31.25%	33.02%
20/09/2002	17.89%	18.64%	19.44%	20.73%	23.55%	24.96%	26.21%	28.34%	29.82%	31.20%
19/09/2002	17.90%	18.86%	19.76%	21.13%	24.16%	25.55%	26.69%	28.63%	30.37%	32.26%
18/09/2002	17.88%	18.62%	19.44%	20.71%	23.28%	24.53%	25.64%	27.45%	28.83%	30.58%
17/09/2002	17.88%	18.47%	19.29%	20.37%	22.86%	24.06%	25.10%	26.94%	28.39%	30.02%
16/09/2002	17.88%	18.55%	19.37%	20.45%	22.76%	23.86%	24.86%	26.82%	28.24%	29.95%
13/09/2002	17.88%	18.34%	18.96%	19.92%	22.04%	23.17%	24.14%	25.64%	26.99%	29.08%
12/09/2002	17.89%	18.39%	18.95%	19.82%	21.69%	22.69%	23.53%	24.62%	25.66%	27.11%
11/09/2002	17.89%	18.39%	18.97%	19.76%	21.59%	22.47%	23.24%	24.21%	25.21%	26.41%
10/09/2002	17.88%	18.45%	19.15%	19.85%	21.69%	22.67%	23.43%	24.37%	25.24%	26.40%
09/09/2002	17.87%	18.30%	18.91%	19.66%	21.37%	22.28%	22.89%	23.69%	24.55%	25.63%
06/09/2002	17.88%	18.31%	19.02%	20.12%	22.36%	23.55%	24.40%	25.50%	26.42%	27.49%
05/09/2002	17.86%	18.21%	18.77%	19.85%	22.34%	23.62%	24.58%	25.89%	27.00%	28.43%
04/09/2002	17.92%	18.13%	18.66%	19.45%	21.92%	23.26%	24.30%	25.55%	26.71%	28.32%
03/09/2002	17.91%	18.05%	18.66%	19.36%	22.00%	23.34%	24.32%	25.78%	26.78%	28.56%
02/09/2002	17.87%	18.04%	18.50%	19.07%	21.58%	22.88%	23.87%	25.29%	26.48%	28.05%
30/08/2002	17.88%	18.02%	18.46%	19.01%	21.22%	22.45%	23.42%	24.89%	26.01%	27.79%
29/08/2002	17.88%	17.96%	18.43%	19.03%	21.49%	22.79%	23.87%	25.35%	26.40%	28.15%

28/08/2002	17.87%	18.08%	18.66%	19.31%	21.80%	23.21%	24.42%	26.16%	27.47%	28.99%
27/08/2002	17.85%	18.18%	18.96%	19.70%	22.50%	24.09%	25.31%	27.09%	28.37%	30.28%
26/08/2002	17.82%	18.14%	18.90%	19.68%	22.36%	23.91%	25.25%	27.07%	28.48%	30.36%
23/08/2002	17.77%	18.15%	18.98%	20.00%	23.24%	24.93%	26.28%	28.32%	29.79%	31.56%
22/08/2002	17.89%	18.31%	19.14%	20.25%	23.52%	25.12%	26.45%	28.36%	29.77%	31.61%
21/08/2002	17.89%	18.34%	19.12%	20.13%	23.08%	24.57%	25.81%	27.59%	28.86%	30.68%
20/08/2002	17.89%	18.37%	19.26%	20.17%	23.02%	24.44%	25.65%	27.47%	28.78%	30.82%
19/08/2002	17.88%	18.42%	19.35%	20.47%	23.33%	24.71%	25.87%	27.60%	28.85%	30.92%
16/08/2002	17.86%	18.51%	19.37%	20.62%	23.42%	24.92%	26.10%	28.06%	29.39%	31.46%
15/08/2002	17.85%	18.67%	19.58%	20.93%	23.89%	25.36%	26.48%	28.21%	29.48%	31.60%
14/08/2002	17.90%	18.58%	19.47%	20.64%	23.55%	25.04%	26.18%	27.88%	29.00%	30.75%
13/08/2002	17.84%	18.73%	19.78%	21.00%	24.19%	25.64%	26.69%	28.39%	29.55%	31.21%
12/08/2002	17.89%	19.09%	20.33%	21.71%	24.72%	26.21%	27.23%	28.87%	29.99%	31.49%
09/08/2002	17.89%	18.94%	20.04%	21.46%	24.45%	26.00%	27.03%	28.69%	29.81%	31.03%
08/08/2002	17.90%	18.55%	19.17%	20.15%	22.94%	24.46%	25.55%	27.48%	28.98%	30.70%
07/08/2002	17.91%	18.81%	20.14%	21.86%	24.79%	26.36%	27.51%	29.46%	30.86%	32.47%
06/08/2002	17.84%	19.11%	20.72%	22.58%	25.59%	27.14%	28.43%	30.47%	32.03%	34.18%
05/08/2002	17.88%	19.58%	21.44%	22.88%	25.88%	27.30%	28.49%	30.71%	32.13%	34.16%
02/08/2002	17.85%	19.00%	21.35%	22.47%	25.25%	26.86%	27.91%	30.05%	31.71%	33.95%
01/08/2002	17.86%	19.80%	22.15%	23.14%	26.18%	27.76%	28.88%	31.49%	33.10%	35.11%
31/07/2002	17.88%	19.70%	21.80%	22.90%	26.13%	27.88%	29.01%	31.60%	33.67%	35.99%
30/07/2002	17.90%	20.48%	21.99%	23.10%	26.93%	28.78%	29.94%	32.17%	34.20%	35.94%
29/07/2002	17.90%	20.72%	21.33%	22.47%	26.55%	28.95%	30.34%	32.53%	34.17%	35.43%
26/07/2002	17.88%	18.75%	19.28%	20.34%	24.02%	26.44%	28.06%	30.86%	32.40%	34.26%
25/07/2002	17.92%	18.52%	18.91%	19.38%	23.20%	25.67%	27.31%	30.09%	31.82%	33.81%
24/07/2002	17.84%	18.44%	18.84%	19.35%	22.95%	25.45%	27.13%	30.05%	31.72%	33.78%
23/07/2002	17.87%	18.57%	18.99%	19.61%	23.29%	25.75%	27.43%	30.25%	32.55%	34.23%
22/07/2002	17.86%	18.40%	18.75%	19.33%	22.37%	24.70%	26.31%	29.45%	31.44%	33.52%
19/07/2002	17.89%	18.31%	18.57%	18.95%	21.55%	23.48%	24.86%	27.93%	29.98%	32.37%
18/07/2002	18.23%	18.29%	18.57%	19.02%	21.54%	23.63%	25.14%	28.21%	30.18%	32.61%
17/07/2002	18.35%	18.29%	18.63%	19.21%	22.36%	24.79%	26.32%	29.29%	31.56%	33.98%
16/07/2002	18.33%	18.67%	19.11%	19.87%	23.51%	25.79%	27.28%	30.02%	32.06%	34.71%
15/07/2002	18.25%	18.63%	19.09%	19.85%	23.15%	25.17%	26.55%	28.99%	30.63%	32.64%
12/07/2002	18.36%	18.56%	18.86%	19.55%	22.62%	24.53%	25.75%	28.01%	29.70%	32.00%

Tabela 3 – Histórico de Ações, Dólar e Índice Bovespa

Data	PETR4	TNLP4	Dólar	Índice Bovespa
25/10/2002	R\$ 43.410	R\$ 24.800	R\$ 3.802	9,799.00
24/10/2002	R\$ 43.090	R\$ 24.550	R\$ 3.862	9,840.00
23/10/2002	R\$ 42.200	R\$ 24.590	R\$ 3.870	9,331.00
22/10/2002	R\$ 39.900	R\$ 22.890	R\$ 3.955	9,128.00
21/10/2002	R\$ 39.250	R\$ 22.130	R\$ 3.913	9,022.00
18/10/2002	R\$ 39.000	R\$ 21.890	R\$ 3.876	8,901.00
17/10/2002	R\$ 38.300	R\$ 21.600	R\$ 3.925	8,370.00
16/10/2002	R\$ 35.200	R\$ 20.160	R\$ 3.874	8,506.00
15/10/2002	R\$ 35.160	R\$ 20.400	R\$ 3.857	8,450.00
11/10/2002	R\$ 37.050	R\$ 21.600	R\$ 3.924	8,866.00
10/10/2002	R\$ 38.390	R\$ 21.590	R\$ 3.923	8,714.00
09/10/2002	R\$ 39.200	R\$ 21.150	R\$ 3.852	8,846.00
08/10/2002	R\$ 39.500	R\$ 21.710	R\$ 3.702	8,863.00
07/10/2002	R\$ 39.050	R\$ 21.860	R\$ 3.697	9,259.00
04/10/2002	R\$ 40.650	R\$ 23.060	R\$ 3.659	9,139.00
03/10/2002	R\$ 40.690	R\$ 22.490	R\$ 3.695	8,820.00
02/10/2002	R\$ 39.600	R\$ 21.670	R\$ 3.594	8,997.00
01/10/2002	R\$ 39.670	R\$ 22.030	R\$ 3.747	8,622.00
30/09/2002	R\$ 36.900	R\$ 21.360	R\$ 3.895	8,715.00
27/09/2002	R\$ 35.990	R\$ 21.700	R\$ 3.854	9,199.00
26/09/2002	R\$ 39.700	R\$ 23.310	R\$ 3.752	9,227.00
25/09/2002	R\$ 39.850	R\$ 23.410	R\$ 3.726	9,148.00
24/09/2002	R\$ 41.250	R\$ 23.390	R\$ 3.622	9,264.00
23/09/2002	R\$ 42.290	R\$ 23.100	R\$ 3.545	9,585.00
20/09/2002	R\$ 43.700	R\$ 24.300	R\$ 3.428	9,372.00
19/09/2002	R\$ 42.600	R\$ 23.450	R\$ 3.384	9,505.00
18/09/2002	R\$ 44.500	R\$ 23.610	R\$ 3.324	9,650.00
17/09/2002	R\$ 45.020	R\$ 24.300	R\$ 3.225	9,831.00
16/09/2002	R\$ 47.200	R\$ 24.630	R\$ 3.188	10,180.00
13/09/2002	R\$ 48.110	R\$ 25.200	R\$ 3.151	10,172.00
12/09/2002	R\$ 47.400	R\$ 25.400	R\$ 3.124	10,182.00
11/09/2002	R\$ 47.430	R\$ 25.500	R\$ 3.115	9,960.00
10/09/2002	R\$ 46.900	R\$ 25.080	R\$ 3.131	9,954.00
09/09/2002	R\$ 45.800	R\$ 25.100	R\$ 3.131	9,716.00
06/09/2002	R\$ 45.430	R\$ 24.640	R\$ 3.178	9,723.00
05/09/2002	R\$ 45.000	R\$ 24.490	R\$ 3.151	9,996.00
04/09/2002	R\$ 45.300	R\$ 25.350	R\$ 3.133	10,135.00
03/09/2002	R\$ 44.700	R\$ 25.590	R\$ 3.099	10,378.00
02/09/2002	R\$ 44.110	R\$ 26.390	R\$ 3.029	10,382.00
30/08/2002	R\$ 44.000	R\$ 26.400	R\$ 3.022	10,455.00
29/08/2002	R\$ 43.600	R\$ 26.700	R\$ 3.124	10,379.00
28/08/2002	R\$ 43.750	R\$ 26.150	R\$ 3.122	10,371.00

27/08/2002	R\$ 43.850	R\$ 26.300	R\$ 3.095	10,097.00
26/08/2002	R\$ 42.700	R\$ 25.790	R\$ 3.079	9,676.00
23/08/2002	R\$ 41.300	R\$ 24.400	R\$ 3.114	9,702.00
22/08/2002	R\$ 41.110	R\$ 24.390	R\$ 3.142	9,437.00
21/08/2002	R\$ 40.000	R\$ 23.060	R\$ 3.079	9,263.00
20/08/2002	R\$ 39.400	R\$ 22.670	R\$ 3.092	9,416.00
19/08/2002	R\$ 39.900	R\$ 23.250	R\$ 3.114	9,526.00
16/08/2002	R\$ 40.750	R\$ 23.490	R\$ 3.162	9,183.00
15/08/2002	R\$ 40.850	R\$ 22.700	R\$ 3.191	9,343.00
14/08/2002	R\$ 40.400	R\$ 23.450	R\$ 3.197	9,444.00
13/08/2002	R\$ 40.690	R\$ 23.110	R\$ 3.209	9,723.00
12/08/2002	R\$ 43.130	R\$ 23.630	R\$ 3.098	9,985.00
09/08/2002	R\$ 45.000	R\$ 24.700	R\$ 2.996	10,315.00
08/08/2002	R\$ 44.100	R\$ 25.980	R\$ 2.888	9,869.00
07/08/2002	R\$ 41.400	R\$ 24.790	R\$ 3.060	9,755.00
06/08/2002	R\$ 41.300	R\$ 24.300	R\$ 3.207	9,469.00
05/08/2002	R\$ 41.230	R\$ 22.460	R\$ 3.073	9,852.00
02/08/2002	R\$ 43.300	R\$ 24.300	R\$ 3.030	9,759.00
01/08/2002	R\$ 41.900	R\$ 24.300	R\$ 3.328	9,762.00
31/07/2002	R\$ 40.910	R\$ 23.800	R\$ 3.429	9,341.00
30/07/2002	R\$ 39.100	R\$ 22.400	R\$ 3.269	9,240.00
29/07/2002	R\$ 38.500	R\$ 21.850	R\$ 3.145	9,217.00
26/07/2002	R\$ 38.960	R\$ 21.500	R\$ 3.018	9,665.00
25/07/2002	R\$ 40.650	R\$ 23.200	R\$ 2.982	9,937.00
24/07/2002	R\$ 41.990	R\$ 23.850	R\$ 2.948	9,745.00
23/07/2002	R\$ 40.000	R\$ 23.610	R\$ 2.913	9,892.00
22/07/2002	R\$ 41.000	R\$ 24.390	R\$ 2.882	10,583.00
19/07/2002	R\$ 44.060	R\$ 26.500	R\$ 2.867	10,812.00
18/07/2002	R\$ 44.700	R\$ 27.090	R\$ 2.877	10,754.00
17/07/2002	R\$ 45.720	R\$ 26.880	R\$ 2.878	10,577.00
16/07/2002	R\$ 45.000	R\$ 26.500	R\$ 2.867	10,633.00
15/07/2002	R\$ 44.400	R\$ 26.900	R\$ 2.846	10,967.00
12/07/2002	R\$ 45.360	R\$ 27.850	R\$ 2.815	10,806.00