

Escola de Administração de Empresas de São Paulo
Fundação Getulio Vargas

**GERENCIAMENTO
DE RISCO DE MERCADO
EM INSTITUIÇÕES FINANCEIRAS
BRASILEIRAS**

RELATÓRIO PARCIAL DE PESQUISA

apresentado por

BERENICE DAMKE

ORIENTADOR

PROF. WILLIAM EID JUNIOR

São Paulo, dezembro de 1998.

Escola de Administração de Empresas de São Paulo
Fundação Getulio Vargas

GERENCIAMENTO DE RISCO DE MERCADO EM INSTITUIÇÕES FINANCEIRAS BRASILEIRAS

RELATÓRIO PARCIAL DE PESQUISA

apresentado por

BERENICE DAMKE



ORIENTADOR

PROF. WILLIAM EID JUNIOR

São Paulo, dezembro de 1998.

A. ALTERAÇÕES À PROPOSTA INICIAL DE PESQUISA

Após pesquisarmos mais aprofundadamente sobre o tema proposto - metodologias para o Gerenciamento de Risco de Mercado e de Crédito -, percebemos que o mesmo seria amplo demais para ser bem explorado em apenas um ano de pesquisa. Então, para que não pecássemos pela excessiva superficialidade, decidimos, junto com nosso orientador (Prof. William Eid Junior), delimitar melhor o escopo desse trabalho. Assim sendo, **optamos por nos restringir ao estudo de metodologias para o Gerenciamento de Risco de Mercado e, em especial, o RiskMetricsTM, do JP Morgan.**

Nesse contexto, redefinimos e alteramos nossa proposta inicial de pesquisa. Então, nossa pesquisa terá as características que seguem.

1) Problema da Pesquisa

Descrever metodologias de gerenciamento de risco de mercado em instituições financeiras - especialmente o RiskMetricsTM, desenvolvido pelo JP Morgan -, e analisá-las na prática.

2) Justificativa

As atividades desenvolvidas por instituições financeiras envolvem muitos riscos, como risco de mercado, de crédito e operacional. Por isso, é necessário desenvolver metodologias capazes de quantificar tais riscos, no intuito de minimizá-los.

O mercado financeiro brasileiro tem muitas peculiaridades, tais como sua alta volatilidade e sua suscetibilidade ao ocorrido nos cenários políticos e econômico nacional e internacional. Assim, é imprescindível conhecermos tais especificidades e buscarmos formas de considerá-las em uma metodologia para o gerenciamento e a quantificação de riscos em investimentos financeiros.

Esta pesquisa visa atender a essas duas necessidades, descrevendo uma metodologia que permita gerenciar riscos relacionados ao contexto nacional.

3) Objetivos

Descrever metodologias utilizadas para o gerenciamento de risco de mercado em instituições financeiras brasileiras.

Analisar as operações comumente realizadas pelas instituições financeiras nacionais, descrevendo e quantificando o risco envolvido nas mesmas.

Estudar formas de minimizar os riscos inerentes a cada transação descrita.

4) Hipóteses

Esta pesquisa será apenas descritiva.

Assim, não há hipóteses a serem medidas (confirmadas ou negadas) neste estudo.

5) Conceitos-Chave

Hedge - forma de prevenção contra um movimento no preço de um ativo, através da compra ou venda de contratos.

Instituições Financeiras - são bancos de varejo, múltiplos ou de investimento, corretoras, financeiras, bolsas de valores, casas de câmbio, seguradoras e etc.

Operações Financeiras - compra ou venda de ativos ou contratos (seja em moeda nacional ou não), como ações, títulos públicos e privados em geral, contratos futuros e de câmbio, e concessão de empréstimos e financiamentos, etc.

Risco de Crédito - relacionado à liquidez das empresas e sua capacidade de fazer frente às obrigações assumidas.

Risco de Mercado - envolve a incerteza sobre os ganhos em operações financeiras, em virtude da volatilidade das taxas de juros e de câmbio, dos preços dos ativos ou dos contratos, e da liquidez do mercado, entre outros.

Risco Operacional - relacionado a equívocos nas transações financeiras e em seu processamento.

Transações Financeiras - (*vide Operações Financeiras*)

Volatilidade - medida da dispersão dos retornos dos ativos.

6) Procedimentos Metodológicos de Coleta de Dados

Revisão bibliográfica

Entrevistas com profissionais de instituições financeiras

Descrição de metodologias de gerenciamento de risco

Análise de operações financeiras realizadas no Brasil

7) Cronograma Mensal Detalhado

7.1) Por Períodos

Set/98 à Dez/98 - Revisão bibliográfica e

Entrevistas com profissionais do mercado

Dez/98 - Elaboração do relatório parcial da pesquisa

Jan/98 à Mar/99 - Elaboração teórica das metodologias analisadas

Abr/99 à Jun/99 - Estudo das operações financeiras mais comumente realizadas no país e análise dos riscos envolvidos nas mesmas

Jul/99 - Elaboração do relatório final da pesquisa

7.2) Graficamente

mês/ano	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07
Atividades Desenvolvidas	1	9	9	8			1	9	9	9	
Revisão Bibliográfica											
Entrevistas											
Elaboração do Relatório Parcial											
Elaboração Teórica											
Estudo das operações financeiras e análise dos riscos envolvidos											
Elaboração do Relatório Final											

7.3) Detalhado Mensalmente

Setembro/98 – Revisão bibliográfica nacional e internacional, de livros, apostilas, revistas e jornais que abordem o tema pesquisado; e entrevistas com profissionais do mercado, que sejam *risk managers* e atuem em bancos de investimento, em bancos de varejo ou em corretoras.

Outubro/98 – Revisão bibliográfica nacional e internacional, de livros, apostilas, revistas e jornais que abordem o tema pesquisado; e entrevistas com profissionais do mercado, que sejam *risk managers* e atuem em bancos de investimento, em bancos de varejo ou em corretoras.

Novembro/98 – Revisão bibliográfica nacional e internacional, de livros, apostilas, revistas e jornais que abordem o tema pesquisado; e entrevistas com profissionais do mercado, que sejam *risk managers* e atuem em bancos de investimento, em bancos de varejo ou em corretoras.

Dezembro/98 – Revisão bibliográfica nacional e internacional, de livros, apostilas, revistas e jornais que abordem o tema pesquisado; e entrevistas com profissionais do mercado, que sejam *risk managers* e atuem em bancos de investimento, em bancos múltiplos ou em corretoras.

Dezembro/98 – Elaboração do relatório parcial, a ser entregue para o CNPq.

Janeiro/99 – Elaboração teórica, embasada nos livros, artigos e reportagens pesquisadas e nas entrevistas realizadas com *risk managers* (ambos entre setembro e dezembro de 1998).

Fevereiro/99 – Elaboração teórica, embasada nos livros, artigos e reportagens pesquisadas e nas entrevistas realizadas com *risk managers* (ambos entre setembro e dezembro de 1998).

Março/99 – Elaboração teórica, embasada nos livros, artigos e reportagens pesquisadas e nas entrevistas realizadas com *risk managers* (ambos entre setembro e dezembro de 1998).

Abril/99 – Estudo de operações financeiras comumente realizadas no mercado brasileiro, e análise quantitativa e qualitativa (teórica) dos riscos envolvidos nas mesmas.

Maio/99 – Estudo de operações financeiras comumente realizadas no mercado brasileiro, e análise quantitativa e qualitativa (teórica) dos riscos envolvidos nas mesmas.

Junho/99 – Estudo de operações financeiras comumente realizadas no mercado brasileiro, e análise quantitativa e qualitativa (teórica) dos riscos envolvidos nas mesmas.

Julho/99 – Elaboração do relatório final de pesquisa e da apresentação a ser realizada no Seminário de Iniciação Científica do PIBIC, ao término da pesquisa.

B. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS ATÉ NOVEMBRO/1998

De acordo com o cronograma de pesquisa estabelecido, propusemo-nos a, até dezembro de 1998, fazer uma revisão bibliográfica nacional e internacional de livros, revistas e periódicos relacionados ao tema estudado. Também entrevistamos alguns Risk Managers de instituições financeiras nacionais e internacionais (com sede no Brasil).

A seguir, apresentamos alguns resultados de nosso trabalho, até o momento.

B.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nossa pesquisa é baseada, principalmente, no RiskMetrics™, do JP Morgan. Assim sendo, apresentamos, aqui, um resumo da metodologia contida nesse manual, que é de extrema relevância para nosso trabalho.

A seguir, também trazemos alguns resumos da bibliografia pesquisada, que servem para embasar nossa análise teórica.

1) JP MORGAN/REUTERS. *RiskMetrics - Technical Document*, 4 e. NY, 1996. 283 p.

Esse documento visa ser um *benchmark*, uma ferramenta para a quantificação e a análise do risco de mercado. É dirigido principalmente a entidades do setor financeiro e está baseado nas seguintes premissas:

- o modelo do *Value-at-Risk* (VaR);
- amostra de volatilidades e correlações, consistentemente calculada através de ferramentas utilizadas para estimar o risco de mercado;
- metodologia para o gerenciamento de risco, desenvolvida pelo JP Morgan.

Ainda na introdução do documento, entretanto, está grifado algo que consideramos oportuno salientar:

Nós lembramos nossos leitores de que nenhuma análise, por mais sofisticada que seja, será capaz de substituir a experiência e o julgamento pessoal dos agentes financeiros, no gerenciamento de riscos.

Explica que risco de mercado é apenas uma das formas de risco a que os agentes estão submetidos. Porque o risco pode assumir diversas formas e, inclusive, ser definido em termos de probabilidade associada à chance de perda. As classificações mais comuns de risco são baseadas na variável de incerteza; assim:

- **Risco de Crédito** é a estimativa da perda potencial que possa ser causada pela inabilidade do contra-parte em saldar suas obrigações.

- **Risco Operacional** é aquele resultante de erros que possam ser cometidos na estruturação dos fluxos de pagamento, na construção das matrizes de variância e covariância, no processamento dos dados relativos às transações, etc.

- **Risco de Liquidez** está associado à inabilidade da empresa em consolidar ativos não-líquidos.

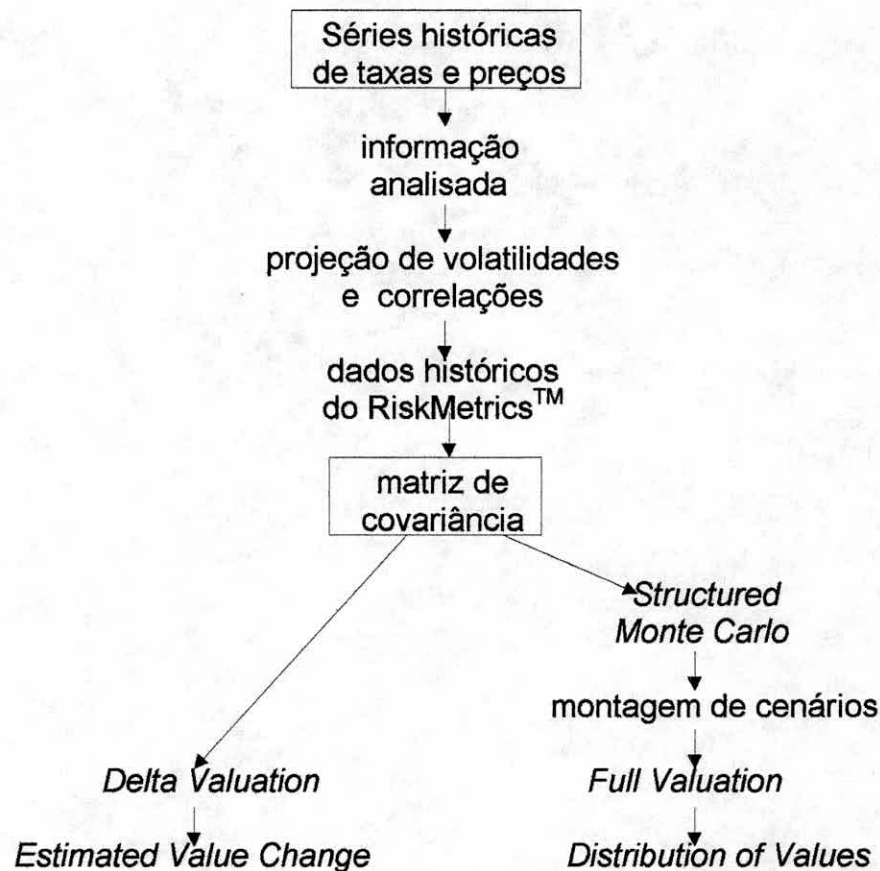
- **Risco de Mercado**, em outras palavras, envolve a incerteza dos ganhos resultantes de mudanças nas condições de mercado, como o preço de ativos, percentual de taxas de juros, a volatilidade e a liquidez. O risco de mercado pode ser medido em termos: (a) Absoluto - estima a perda potencial em termos de moeda, dinheiro; (b) Relativo - mede o potencial (em percentagem) de má performance do negócio, de acordo com um padrão previamente estabelecido; (c) DEaR (*Daily Earnings at Risk*) - coeficiente que mede quanto, em termos de moeda, pode ser perdido num curto espaço de tempo, como um dia. O JP Morgan, em sua metodologia, considera este coeficiente (utilizado para o cálculo do VaR) no horizonte de tempo de um mês.

Na página 2 do documento, é explicitado:

Na metodologia do *RiskMetrics*TM, VaR é a descrição de uma série de metodologias sobre risco de mercado, utilizadas para mapear os fluxos de caixa das posições (ativas ou passivas) e quantificar seus respectivos riscos de mercado.

VaR (Value at Risk) é uma estimativa, com um intervalo de confiança pré-definido (igual a 95%), do quanto se pode perder permanecendo em determinada posição no mercado, por determinado horizonte de tempo. Este método se utiliza de séries históricas de retornos, para o cálculo de volatilidades e correlações, que são utilizadas para estimar o risco de mercado de uma posição (ativa ou passiva). Nesta metodologia, as mudanças ou variações (o delta) no valor da posição é aproximado por uma função linear; donde: $VaR = (\text{valor da posição}) \times (\text{volatilidade do preço do instrumento})$. O VaR da posição, então, é comparado com diversos cenários, que simulam possíveis condições de mercado e têm uma probabilidade percentual de se realizarem.

Para estimar o VaR de uma posição, são utilizadas as seguintes ferramentas:



Para a implementação de uma metodologia de gerenciamento de risco, alguns requisitos são necessários, tais como:

- constatação dos riscos existentes, porque "os riscos não serão propriamente gerenciados se não forem identificados";
- técnicas rigorosas de mensuração dos riscos;
- informações atuais e qualificadas e um sistema operacional eficiente;
- diversificação dos riscos, como objetivo central;
- uso de um julgamento disciplinado e abrangente, que possa perceber as limitações das ferramentas matemáticas e estatísticas convencionais.

Do modelo desenvolvido pelo JP Morgan, devemos salientar algumas especificidades, tais como:

- O modelo do VaR assume que as séries históricas com distribuição normal;
- consequentemente, a volatilidade dessas séries é dada por seu próprio desvio padrão.
- Neste contexto, a técnica utilizada para a otimização do portfólio é o Modelo de Markowitz.
- O RiskMetrics™ se utiliza de um nível de confiança de 95%. Ou seja: em apenas um dia, a cada vinte, suas estimativas podem ser falhas.
- Em termos estatísticos, 95% é a probabilidade de que a média de todas as observações (população) pertença ao intervalo $\{[X - (1.65 / \sigma_n)], [X + (1.65 / \sigma_n)]\}$. Onde X é a média da amostra com n observações e σ_n é o desvio-

padrão da população (n = total de observações). Pela tabela da distribuição normal, sabemos que, quando $NC = F(Z) = 0.95$, $Z = 1.65$; sendo que $Z = [(X - \mu) / (\sigma / (n^{1/2}))]$.

- O teste de stress é o pior cenário possível. Ele fornece uma volatilidade provável para situações de grande instabilidade e crise no mercado, com relação a qual devemos analisar o desvio-padrão do portfólio considerado.

As informações sobre risco de mercado que obtemos através dos modelos analisados têm diversas aplicações práticas. Destacamos: fonte de informação gerencial; estabelecimento de limites para as posições ativas ou passivas assumidas no mercado; alocação de recursos entre os diversos ativos que compõe o portfólio, com vistas à diversificação do risco; e avaliação da performance do portfólio.

No caso da avaliação da performance, o coeficiente de risco P/L (Profit/Losses) e o coeficiente de volatilidade P/L (Índice de Sharpe) fornecem o *trader's efficiency ratio* (risco estimado / volatilidade realizada). Esse índice mede a capacidade individual de transformar o risco estimado em menores volatilidades realizadas das receitas. Ou, em outras palavras, a eficiência do gerenciamento de risco.

Na metodologia do RiskMetricsTM, a volatilidade é medida em termos do desvio-padrão das variações de preços ou lucros num determinado horizonte de tempo (como um, seis ou doze meses). A média móvel exponencial de preços e taxas de retorno (ponderada por um coeficiente de decaimento exponencial), por sua vez, é utilizada para projetar a volatilidade futura.

Este documento do JP Morgan é bastante extenso, composto por 283 páginas e dividido em cinco grandes partes. A primeira parte, *Risk Measurement Framework*, é uma revisão das diferentes metodologias para a estimativa do risco. Discute como esses resultados podem ser utilizados na avaliação da performance de um portfólio. A segunda, *Statistics of Financial Market Returns*, requer um entendimento prévio de estatística. Revisa os tópicos da primeira parte sob uma abordagem estatística, para descrever como os retornos de mercado devem ser analisados e como a distribuição dos retornos futuros pode ser estimada. A terceira parte, *Risk Modeling of Financial Instruments*, é prioritária para aqueles que desejam implementar um sistema de mensuração e gerenciamento de risco de mercado. Trata de como as posições, em qualquer classe de ativos, podem ser descritas de uma forma padrão, especialmente para derivativos. A quarta parte, *RiskMetrics Data Sets*, explica sobre as fontes de informação, providas pelo JP Morgan (como cotações diárias de preços e taxas e séries históricas para o cálculo de volatilidades e correlações), que podem ser encontradas na Internet. A quinta e última parte, *BackTesting and Appendices*, apresenta um processo para maximizar a utilidade do modelo RiskMetrics. Inclui, também, apêndices que revisam alguns conceitos mais técnicos incluídos na metodologia.

O JP Morgan oferece, ainda, um *Excel Workbook*, em disquete, que inclui alguns dos exemplos do documento. Também está disponível para download, em seu site, um *Demo Spreadsheet*, que calcula automaticamente o VaR de um fluxo de pagamentos. Por último, mais uma facilidade: a cada três meses, a metodologia do RiskMetrics é revisada e, a partir daí, são emitidos complementos do documento inicial. No endereço eletrônico

<http://www.jpmorgan.com/RiskManagement/RiskMetrics/pubs.html> (ou <http://www.riskmetrics.com>), podemos encontrar a explicação detalhada de todas es-

sas facilidades associadas ao RiskMetrics.

Enfim, o estudo detalhado deste documento pode demandar meses. Porém, é de grande valia e imensa utilidade para todos aqueles que, como nós, desejam aprofundar seus conhecimentos em mensuração e gerenciamento de risco e visam implantar essas ferramentas em suas Organizações.

A METODOLOGIA DO RISKMETRICS™

VALUE-AT-RISK

- Estimativa do risco de mercado.
- Mede o risco potencial de haver variações no valor de um portfólio¹, com uma dada probabilidade, em um horizonte de tempo pré-determinado.
- Calculado a partir dos desvios-padrão e das correlações² dos retornos financeiros.
- Considera que a distribuição das séries de retornos seja normal.
- Mede a exposição ao risco de mercado da posição, em termos de desvio-padrão dos retornos, expressos em moeda (preços) ou em taxas.
- Mede o “tamanho do movimento” do mercado.
- Representa a variação potencial no valor futuro de um portfólio. Essa variação depende do horizonte de tempo, ao longo do qual as mesmas são medidas, e do nível de confiança (NC)³ escolhido para mensurar o risco.
- Em essência, o VaR de uma única série de retornos pode ser definido como:
$$\text{VaR} = 1,65 * [(\text{valor de mercado} \times \text{volatilidade estimada}) \text{ da posição}]$$

Exemplo

Suponha que desejamos calcular o VaR de um portfólio para o horizonte de um dia⁴, com 5% de chance de que a perda no valor atual do portfólio seja maior do que o VaR estimado.

O cálculo do VaR consiste nos seguintes passos:

- Encontramos o valor de mercado do portfólio, V_0 .
- Definimos o valor futuro do portfólio, V_1 , como:

$$V_1 = V_0 \times e^r$$

Onde:

1 *Portfólio*, aqui, será usado como sinônimo de *carteira*.

2 Correlação mede como duas séries de retornos se comportam uma em relação à outra.

3 O NC (nível de confiança) utilizado no RiskMetrics é 95%. Considerando a distribuição normal dos retornos, tal nível de confiança equivale a 1,65 (Z).

4 Estimativa para um dia é, por exemplo, o VaR de uma posição hoje, calculado com base em observações feitas até ontem.

r = retorno do portfólio num dado horizonte de tempo

V_0 = valor de mercado do portfólio.

- Fazemos uma estimativa para o retorno de um dia do portfólio e denotamos esse valor por r_{est} , de maneira que haja 5% de chance de que o retorno atual seja menor que r_{est} .

Assim: $(r < r_{est}) = 5\%$

- Definimos o valor futuro do portfólio no pior caso, V_1 , como:

$$V_{1,est} = V_0 \times e^{r_{est}}$$

$$\text{Então: } VaR = V_0 - V_1$$

Agora, suponhamos um nível de confiança (NC) de 95%. E consideremos um portfólio cujo valor de mercado, V_0 , é US\$ 500 milhões:

- O VaR para o horizonte de um dia terá média $\mu_1|_0$.

- O desvio padrão dos retornos do portfólio será $\sigma_1|_0$. Assumindo que o retorno do portfólio tenha distribuição normal, temos:

$$r = -(1,65 * \sigma_1|_0) + \mu_1|_0.$$

Assim,

se: $\mu_1|_0 = 0$; $\sigma_1|_0 = 0.0321$; $e \cong 2,718$;

$V_1 = \text{USD\$ } 474.2 \text{ milhões}$

- Desta forma, $VaR = \text{US\$ } 25.8 \text{ milhões}$ (sendo $VaR = V_0 - V_1$)

CÁLCULO DOS FLUXOS DE CAIXA DE UM PORTFÓLIO

Cada posição (ativa ou passiva) de um portfólio pode ser decomposta em seus respectivos fluxos de caixa, a valor de mercado.

Primeiramente, é preciso decompor o portfólio em seus respectivos fluxos de caixa.

Em seguida, redistribuímos os fluxos em vértices-padrão⁵, de intervalos fixos:

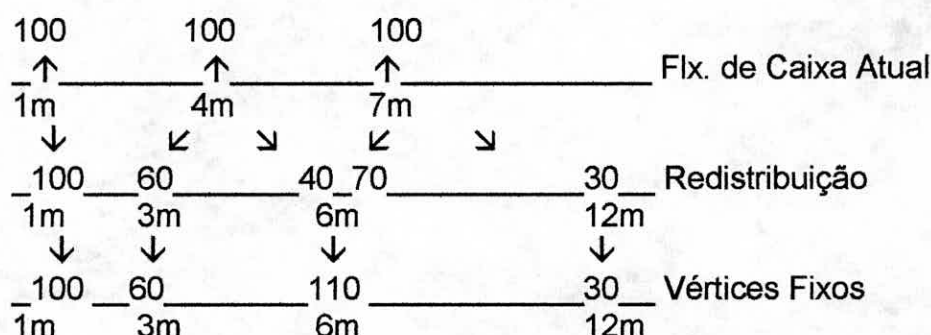
1m(mês) 2m 3m 6m 12m 2a(anos) 3a 4a 5a 7a 9a 10a 15a 20a 30a

Assim, podemos utilizar as volatilidades e correlações rotineiramente computadas pelo RiskMetrics (disponíveis na Internet) para tais vértices.

Exemplo

Consideremos um fluxo de caixa de três pagamentos de USD\$ 100, ocorrendo em 1, 4 e 7 meses, subsequente, como demonstrado abaixo:

⁵ No Brasil, estes vértices foram substituídos por outros, que variam conforme o número de vencimentos futuros líquidos para cada posição (papel ou contrato).



Assim:

$$r_{4m} = 0.6 r_{3m} + 0.4 r_{6m} \text{ e}$$

$$r_p = (100/300) r_{1m} + (60/300) r_{3m} + ((40+70)/300) r_{6m} + (30/300) r_{12m}$$

$$r_p = 0,33 r_{1m} + 0,2 r_{3m} + 0,37 r_{6m} + 0,1 r_{12m}$$

Onde:

0.33 é o *portfolio weight* = valor do pagamento do primeiro mês (primeiro fluxo) dividido pelo valor do portfólio (USD\$ 300)

Para NC = 95%, o VaR é calculado no 5º. percentil da distribuição dos retornos do portfólio. Assumindo que r_p tenha distribuição normal, o 5º. percentil será: $-1,65 \cdot \sigma_p$; onde σ_p é o desvio-padrão da distribuição dos retornos.

Então, VaR para duas séries de retornos, r_1 e r_2 , será:

$$\text{VaR} = [\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + (2 \cdot \rho_{1,2} \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2)]^{1/2}$$

Para portfólios com mais de duas séries de retornos – incluindo instrumentos⁶ de renda variável –, o VaR será:

$$\text{VaR} = (\mathbf{V}_{\text{vet}} \cdot \mathbf{R} \cdot \mathbf{V}_{\text{vet}}^T)^{1/2}$$

Dado que:

- \mathbf{V}_{vet} = vetor do VaR estimado para cada instrumento:

$$\mathbf{V}_{\text{vet}} = [(0,33 \cdot 1,65 \cdot \sigma_{1m}), (0,20 \cdot 1,65 \cdot \sigma_{3m}), (0,37 \cdot 1,65 \cdot \sigma_{6m}), (0,10 \cdot 1,65 \cdot \sigma_{12m})]$$

- $\mathbf{V}_{\text{vet}}^T$ = vetor \mathbf{V}_{vet} transposto

- \mathbf{R} é a matriz de correlação:

$$\mathbf{R} = \begin{vmatrix} 1 & \rho_{3m,1m} & \rho_{6m,1m} & \rho_{12m,1m} \\ \rho_{1m,3m} & 1 & \rho_{6m,3m} & \rho_{12m,3m} \\ \rho_{1m,6m} & \rho_{3m,6m} & 1 & \rho_{12m,6m} \\ \rho_{1m,12m} & \rho_{3m,12m} & \rho_{6m,12m} & 1 \end{vmatrix}$$

⁶ Os termos *instrumento*, *posição* e *papel* têm, cada qual em seu contexto, significados parecidos.

sendo que, por exemplo, $\rho_{1m,3m}$ é a correlação estimada entre os retornos obtidos para o portfólio em um e três meses.

O RiskMetrics provê a informação do vetor: $V = [(1,65 \cdot \sigma_{1m}), (1,65 \cdot \sigma_{3m}), (1,65 \cdot \sigma_{6m}), (1,65 \cdot \sigma_{12m})]$, assim como provê o resultado da matriz de correlação correspondente a esses vencimentos. Os usuários deveriam apenas definir o *portfolio weight*.

Nós, entretanto, não usaremos tais valores, calculados pelo RiskMetrics. Porque os vértices-padrão utilizados nesta metodologia não se aplicam ao mercado brasileiro, uma vez que nossos papéis têm prazos bem mais curtos que os americanos.

Utilizaremos os mesmos cálculos para encontrar o VaR de nossos portfólios. Porém, definiremos prazos (vértices-padrão) diferentes.

RISCO DE POSIÇÕES NÃO-LINEARES

Posições não-lineares ocorrem quando a relação entre o valor presente (valor de mercado) da posição e as taxas de mercado é não-linear. Então, não podemos estimar as mudanças no valor do portfólio multiplicando as “variações estimadas das taxas” pela “sensibilidade da posição para modificar suas taxas”, porque essa última não é constante.

Isso ocorre, por exemplo, com opções e outros instrumentos de renda variável.

Nesse caso, teremos que utilizar outras duas metodologias, para calcular o VaR de posições não-lineares, tais como: ***analytical approximation*** ou ***structured Monte Carlo simulation***. Esses modelos se utilizam de expressões matemáticas que relacionam o retorno da posição com o retorno das *underlying rates*, através das *Taylor series expansion*.

No caso de utilizarmos *analytical approximation*, podemos utilizar *delta approximation* ou *gamma approximation*. ***Delta*** é a primeira derivada do valor da opção, em relação à *underlying variable* (obtida pela taxa do mercado à vista); ***gamma*** é a segunda derivada e mede graficamente a “curvatura” das mudanças dos valores em torno do valor de mercado da opção. Na prática, outras variáveis como *vega* (volatilidade), *rho* (taxa de juros) e *theta* (*time to maturity*) também são utilizadas em se tratando de opções.

Structured Monte Carlo simulation

Envolve a criação de um grande número de cenários, com taxas esperadas, e a reavaliação de cada instrumento no contexto desses cenários, a valor de mercado.

Delta Approximation

Estima mudanças no valor do portfólio de opções através de um modelo linear. É similar ao processo de cálculo da *duration*, para portfólios de instrumentos renda fixa.

Exemplo:

Tomemos um portfólio com fluxo de caixa de um ano, com opções de compra cotadas em DEM e opções de venda cotadas em USD.

O retorno desse será:

$$r_p = r_{1a} + r_{(DEM/USD)} + \delta * r_{(DEM/USD)}$$

Onde:

r_{1a} = preço de retorno da taxa de juros anual alemã

$r_{(DEM/USD)}$ = retorno da taxa de câmbio DEM/USD

δ = delta da opção

Assim, assumindo que o retorno do portfólio tenha distribuição normal e o VaR seja calculado com nível de 95% de confiança, temos:

$$VaR = 1,65 * \{(\sigma_{1a}^2 + [(1+\delta)^2 * \sigma_{(DEM/USD)}^2] + [2 * (1+\delta) * \rho_{1a,(DEM/USD)} * \sigma_{1a} * \sigma_{(DEM/USD)}])\}^{1/2}$$

Delta-gamma approximation

Inclui, além do delta, a variável gamma, que engloba a não-linearidade do instrumento e denota o efeito dos movimentos no mercado à vista.

Nesse caso, o retorno do portfólio é dado por:

$$r_p = r_{1a} + r_{(DEM/USD)} + \delta * r_{(DEM/USD)} + 0,5 * \Gamma * P_{(DEM/USD)} * [r_{(DEM/USD)}]^2$$

Onde:

$P_{(DEM/USD)}$ = valor da taxa de câmbio DEM/USD, no instante em o que o VaR é estimado

Γ = gamma da opção

Aqui, o quarto termo da equação introduz *skewness* na distribuição dos retornos do portfólio. Assim, para calcular o VaR, através do 5º. percentil da distribuição dos retornos do portfólio, devemos calcular primeiramente a média, a variância, *skewness* e *kurtosis* dos retornos.

Para calcular o VaR:

- 1) Calcular a volatilidade e a correlação dos instrumentos do portfólio.
- 2) Definir: o horizonte de tempo, o nível de confiança desejado, e a moeda no qual o VaR será calculado.
- 3) Identificar os fluxos-de-caixa do portfólio, "marcá-los a mercado" e mapeá-los em vértices-padrão.
- 4) Assumindo que o retorno do portfólio tenha distribuição normal, calcular o VaR de modo padrão.
- 5) Assumindo o retorno do portfólio como não-linear, utilizar a *delta-gamma approximation* ou o *structured Monte Carlo model*.

FUNDAMENTOS ESTATÍSTICOS

Definição de mudança de preços e de retornos

Normalmente o risco é medido em termos de mudança nos preços, expressos na forma absoluta, relativa ou logarítmica. Na metodologia do RiskMetrics, medem-se as mudanças no valor do portfólio (denominada *adverse price move*) em termos de mudanças de preços logarítmicos (*log price changes*), também conhecidas como *continuously-compounded returns*.

Na prática, a razão para utilizar retornos e não preços é que retornos têm propriedades estatísticas mais atrativas do que preços. Além disso, é melhor trabalharmos com retornos relativos ou logarítmicos, porque esses, quando expressos em termos absolutos, não medem variações a partir de um dado nível de preços ou taxas.

Para o horizonte de um dia (*single period*):

- mudança de preços absolutos:

$$D_t = P_t - P_{t-1}$$

- mudança de preços relativos:

$$R_t = [P_t - P_{t-1}] / [P_{t-1}]$$

- mudança de preços logarítmicos:

$$r_t = \ln(1 + R_t)$$

$$r_t = \ln(P_t / P_{t-1})$$

Para o horizonte de vários dias (*multi-period horizon*):

- retornos percentuais:

$$R_t(k) = (P_t - P_{t-k}) / (P_{t-k})$$

- retornos logarítmicos:

$$r_t(k) = \ln[P_t / P_{t-k}]$$

Retornos logarítmicos (*continuously-compounded returns*) podem ser expressos como o somatório dos retornos logarítmicos de k dias. Assim:

$$r_t(k) = \ln[1 + R_t(k)] \quad \text{ou}$$

$$r_t(k) = \ln[(1 + R_t)(1 + R_{t-1}) \dots (1 + R_{t-k+1})]$$

$$r_t(k) = r_t + r_{t-1} + \dots + r_{t-k+1}$$

Para **retornos agregados no tempo (*temporal aggregation*)**:

Considere um portfólio de três instrumentos. Sendo P_0 o valor inicial do portfólio, o preço do mesmo no período seguinte, P_1 , será:

- Considerando retornos percentuais:

$$P_1 = [(w_1 * P_0 * (1 + r_1)) + (w_2 * P_0 * (1 + r_2)) + \dots + (w_n * P_0 * (1 + r_n))]$$

Assim, o retorno percentual do portfólio será:

$$R_p = [(P_1 - P_0) / P_0]$$

$$R_p = [(w_1 * r_1) + (w_2 * r_2) + \dots + (w_n * r_n)]$$

- Considerando retornos logarítmicos:

$$P_1 = [w_1 * P_0 * e^{r_1}] + [w_2 * P_0 * e^{r_2}] + \dots + [w_n * P_0 * e^{r_n}]$$

Onde:

r_i = retornos logarítmicos, sendo $i = 1, 2, 3, \dots, n$

w_i = fração do valor total do portfólio alocada para i -ésimos instrumentos, com a condição de que: $w_1 + w_2 + w_3 = 1$

e = erro padrão

Assim, o retorno logarítmico do portfólio será:

$$r_p = \ln (P_1 / P_0)$$

$$r_p = \ln [(w_1 * e^{r_1}) + (w_2 * e^{r_2}) + \dots + (w_n * e^{r_n})]$$

Então, uma vez assumidas como base as mudanças logarítmicas de preços, o retorno do portfólio será a média ponderada dessas variações:

$$r_p = \sum_{i=1}^N w_i * r_{it}$$

Random Walk Model

Para garantir que os preços não serão negativos, deve-se "transformar" p_t em uma variável aleatória, com variações normalmente distribuídas, de forma que:

$$p_t = \mu + p_{t-1} + \sigma_t * \varepsilon_t, \text{ sendo } \varepsilon_t \sim \text{IID } N(0,1)$$

Onde:

IID = identically and independently distributed;

ε_t tem distribuição normal,

com média igual a zero ($\mu = 0$) e variância igual a um ($\sigma^2 = 1$);

μ é um parâmetro fixo, considerado igual a zero; e

μ e σ afetam a média e a variância respectivamente.

Fazemos:

$$P_t = P_{t-1} * \exp(\mu + \sigma_t * \varepsilon_t)$$

Sendo:

$$\exp(\mu + \sigma_t * \varepsilon_t) = e^x$$

$$e \cong 2,718$$

Assim, temos:

$$P_t = P_{t-1} * e^x$$

É importante ressaltar que o *random walk model* assume que as variações nos preços logarítmicos:

- São estatisticamente independentes ao longo do tempo (idêntica e independentemente distribuídas); consequentemente, os valores dos retornos amostrais em diferentes pontos de tempo são completamente irrelacionáveis.
- Têm variância constante e média igual a zero, em qualquer ponto de tempo (identicamente distribuídas);
- Têm média e variância invariáveis ao longo do tempo (*heteroscedasticity*).

Entretanto, devemos considerar que a variância das mudanças de preços é variável ao longo do tempo. Assim, a variância será calculada em função de observações passadas.

Observando séries temporais de retornos, percebemos que a premissa de que os retornos são identicamente distribuídos ao longo do tempo não é válida. Retornos não são independentes uns dos outros. Porque, em amostras de longos períodos de retornos, percebemos a existência de *volatility clustering* (em que períodos de grandes retornos estão "amontoados" e são bem distintos de períodos de pequenos retornos). E a persistência dos *clusters* torna evidente que há auto-correlação entre as variâncias das séries de retornos. Isso significa dizer que as variâncias das séries se correlacionam ao longo do tempo.

Para sabermos se há auto-correlação entre as séries temporais de retornos, fazemos:

$$\rho_{xy} = \sigma_{xy}^2 / (\sigma_x * \sigma_y)$$

Onde:

ρ_{xy} = covariância entre X e Y (séries temporais de retornos)

Para séries temporais de observações r_t (onde $t = 1, \dots, T$), o coeficiente de auto-correlação de ordem k , $\rho(k)$, é definido como sendo:

$$\rho_k = \sigma_{t,t-k}^2 / \sigma_t * \sigma_{t-k}$$

$$\rho_k = \sigma_{t,t-k}^2 / \sigma_t^2$$

Para calcularmos o risco de uma variável aleatória X (expectativa de variação de X em torno da média μ = variância), utilizamos a seguinte fórmula:

$$\sigma_x^2 = E[(X - \mu_x)^2]$$

Onde:

$E[]$ = expectativa matemática

Para uma amostra, o coeficiente de auto-correlação entre duas séries X e Y (= covariância) será:

$$\sigma^2_{X,Y} = E[(X - \mu_X) * (Y - \mu_Y)]$$

O coeficiente de auto-correlação para uma amostra é dado por:

$$\rho_{k,est} = \frac{\sum_{t=k+1}^T [(r_t - r_m) * (r_{t-k} - r_m)] / [T - (k - 1)]}{\{\sum_{t=1}^T (r_t - r_m)^2 / (T - 1)\}}$$

Onde:

r_t , $t = 1, \dots, T$ = amostra dos retornos

k = número de dias da amostra ("janela")

$$r_{est} = (1/T) * \sum_{t=1}^T r_t$$

Se a série temporal não for auto-correlacionada, a estimativa de $\rho_{k,est}$ será um valor muito próximo de zero. Na verdade, quando temos séries de retornos extensas, calculamos um intervalo de 95% de confiança ($\pm 4,7\%$) em torno de zero para cada coeficiente de auto-correlação. Esse será, então, $\pm [1,96 / T^{1/2}]$.

Ressaltamos que, ainda que os retornos (*log price changes*) não sejam correlacionados, eles também não são independentes; porque seus quadrados são auto-correlacionados.

A variância será:

$$\sigma^2_t = E[r_t - E(r_t)]$$

$$\sigma^2_t = E(r_t^2) - [E(r_t)]^2$$

E a covariância entre os retornos será:

$$\sigma^2_{12,t} = E\{[r_{1,t} - E(r_{1,t})] * [r_{2,t} - E(r_{2,t})]\}$$

$$\sigma^2_{12,t} = E(r_{1,t} * r_{2,t}) - [E(r_{1,t}) * E(r_{2,t})]$$

onde: $r_{1,t}$ e $r_{2,t}$ são duas séries de retornos

Em **instrumentos de renda fixa**, podemos observar preços e *yields*. Quando ambos estão disponíveis, devemos decidir qual deles "modelar" em termos de variações logarítmicas (utilizando o *random walk model*). Por exemplo, para *bonds*, utilizando preços, percebemos que o preço do bond no vencimento se aproxima do seu valor de face. Consequentemente, a volatilidade do preço de um bond converge para zero.

Entretanto, se consideramos os *yields* do bond, devemos modelar esses *yields* de acordo com a distribuição lognormal.

Assim, se Y_t denota o *yield* de um *bond* no período t , teremos:

$$y_t = \ln(Y_t)$$

$$y_t = \mu + y_{t-1} + (\sigma * \varepsilon_t)$$

Acrescentamos, por fim, que a distribuição dos retornos, graficamente, é mais alta e estreita que a distribuição normal, e possui *fat tails*. Isso significa que os movimentos de preços, na distribuição dos retornos, ocorrem com maior frequência que nos casos em que a distribuição é normal, apresentando *leptokurtotic distribution*.

Retornos têm pequenas correlações. Entretanto, o quadrado dos retornos têm significativas correlações.

Atestada a falência da distribuição normal para modelos com distribuição de retornos mais complexos, surgiram outros métodos de *modelagem*. Os mais usados são os modelos paramétricos, como as distribuições condicionais (variam em função do tempo - são dependentes -) e incondicionais dos retornos (não variam em função do tempo - são independentes -).

Distribuição Incondicional dos Retornos

Retornos são independentes e o processo de geração de retornos (*return generating process*) é linear e não condicionado por realizações passadas.

Ex: distribuição normal (com $\mu = 0$ e $\sigma^2 = 1$); gráfico de pareto (variância infinita, simétrica ou assimétrica); *t-distribution* (variância finita); *mixed-function-jump model*; e *compound normal model*.

Distribuição Condicional dos Retornos

Recusa os princípios de identidade e independência dos retornos.

Ex: GARCH e *Stochastic Volatility*: tratam a volatilidade como uma variável dependente (em função do tempo); frequentemente apresentam *volatility clustering*.

OBS: Todos os modelos exemplificados acima, com exceção da distribuição normal, apresentam *fat tails* e têm distribuição incondicional.

Distribuição Normal

É a distribuição probabilística paramétrica (condicional, varia em função do tempo) mais utilizada, representada por uma curva em forma de "sino".

Dentro desse contexto, o VaR de um único instrumento será:

$$\text{VaR} = [1 - \exp(-1,65 * \sigma_{t|t-1})] * V_{t-1}$$

Ou, utilizando a aproximação simples:

$$\text{VaR} = 1,65 * \sigma_{t|t-1} * V_{t-1}$$

Onde:

V_{t-1} = valor da posição "mercado-a-mercado"

$\sigma_{t|t-1}$ = desvio-padrão dos *continuously compounded returns* para o tempo t , calculado no tempo $(t - 1)$

Média e Variância

Para a distribuição normal, a *probability density function* da variável aleatória r_t será:

$$f_{rt} = [1 / (2\pi * \sigma^2)^{1/2}] * \exp - [(1 / 2\sigma^2) * (r_t - \mu)^2]$$

Onde:

μ = média da variável aleatória, que afeta a localização do "pico" da curva da distribuição

σ^2 = variância da variável aleatória, que afeta a "amplitude" da distribuição

$\pi \cong 3,1416$

Percebemos que, neste caso, a distribuição é incondicional, porque sua média e sua variância não dependem do tempo.

Skeweness

Caracteriza a assimetria da distribuição em torno da média. O *skewness coefficient* é dado por:

$$\gamma = E[(r_t - \mu)^3 / \sigma^3]$$

Para a distribuição normal, o *skewness* é igual a zero.

Kurtosis

Mede a altura de uma dada distribuição: se tem maior ou menor "pico". O *kurtosis coefficient* é dado por:

$$\kappa = E[(r_t - \mu)^4 / \sigma^4]$$

Para a distribuição normal, o *kurtosis coefficient* é igual a 3 (três).

Usando percentils para medir o risco de mercado

O risco de mercado é comumente medido em termos do percentil (ou quartil) da distribuição dos retornos. É mais atrativo utilizar o percentil ao invés da variância da distribuição porque o primeiro corresponde tanto à magnitude quanto à exata probabilidade da distribuição dos retornos do portfólio.

O p-ésimo percentil da distribuição dos retornos é definido como sendo o valor que excede a percentagem p dos retornos. Matematicamente, o p-ésimo percentil (α) da distribuição probabilística contínua é definido por:

$$p = \int_{-\infty}^{\alpha} f(r) * dr$$

Onde: $f(r)$ representa a PDF (*parametric distribution function*).

Assim, o 5º. percentil é o valor (ponto na curva da distribuição) que "extrapola" 95% das observações. Representa os 5% de probabilidade de que os retornos obser-

vados na data t sejam menos do que $-1,65$ vezes seu desvio-padrão mais sua média $(-1,65\sigma + \mu)$.

Supondo variações de preços logarítmicos r_t normalmente distribuídas, o *standardized return*, $r_{t,m}$, é definido como sendo:

$$r_{t,m} = (r_t - \mu_t) / \sigma_t$$

Assim, a distribuição de $r_{t,m}$ tem média igual a zero e variância igual a um.

Ex: Supondo que os retornos sejam normalmente distribuídos e derivando os percentis dos retornos observados, temos que:

$$10^\circ \text{ percentil} = \pm 1,28$$

$$5^\circ \text{ percentil} = \pm 1,65$$

$$1^\circ \text{ percentil} = \pm 2,33$$

Retornos Agregados com distribuição normal

Assumindo o retorno do portfólio $r_{p,t}$ como uma somatória ponderada dos N *underlying returns*, temos:

$$r_{p,t} = w_1 r_1 + w_2 r_2 + w_3 r_3 + \dots + w_N r_N$$

Então, considerando os *underlying returns* como variáveis aleatórias, teremos:

$$r_{1,t} = \mu_1 + (\sigma_{1,t} \varepsilon_{1,t})$$

$$r_{2,t} = \mu_2 + (\sigma_{2,t} \varepsilon_{2,t})$$

$$r_{3,t} = \mu_3 + (\sigma_{3,t} \varepsilon_{3,t})$$

...

$$r_{N,t} = \mu_N + (\sigma_{N,t} \varepsilon_{N,t})$$

Devemos, ainda, considerar os movimentos relativos de uma variável em relação à outra. Isto é, definir a medida que quantifica a associação linear entre os pares de retornos. Para três variáveis, por exemplo, assumindo ε_t como sendo *multivariate normally distributed* (MVN), temos o seguinte modelo:

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \\ \varepsilon_{3,t} \end{bmatrix} \sim \text{MVN} \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12,t} & \rho_{13,t} \\ \rho_{21,t} & 1 & \rho_{23,t} \\ \rho_{31,t} & \rho_{32,t} & 1 \end{bmatrix} \right)$$

Ou, mais sucintamente: $\varepsilon \sim \text{MVN}(\mu_t, R_t)$

Onde R_t representa a matriz de correlação $[\varepsilon_{1,t}, \varepsilon_{2,t}, \varepsilon_{3,t}]$.

Assim, se supomos que a somatória das variáveis aleatórias do portfólio têm distribuição normal, a média e a variância do portfólio serão, respectivamente:

$$\mu_{p,t} = w_1 * \mu_1 + w_2 * \mu_2 + w_3 * \mu_3$$

$$\sigma_{p,t}^2 = w_1^2 * \sigma_{p,t}^2 + w_2^2 * \sigma_{pt}^2 + w_3^2 * \sigma_{pt}^2 + 2 * w_1 * w_2 * \sigma_{12,t}^2 + 2 * w_1 * w_3 * \sigma_{13,t}^2 + 2 * w_2 * w_3 * \sigma_{23,t}^2$$

Onde: $\sigma_{ij,t}^2$ representa a covariância entre as duas séries de retornos, i e j.

Distribuição Lognormal

Log price changes (mudanças/variações de preços logarítmicos) são normalmente distribuídas. Então, o preço P_t , condicionado por P_{t-1} , é lognormalmente distribuído. Consequentemente, P_t é dado pela *probability density function*:

$$f_{P_t} = [1 / (P_{t-1} * \sigma_t * (2\pi)^{1/2})] * \exp \{[-(\ln P_{t-1} - \mu)^2] / (2\sigma_t^2)\}$$

Onde:

$$P_{t-1} > 0$$

P_t tem distribuição lognormal, com média = $E[P_t] = \exp(\mu + 5\sigma_t^2)$ e

variância = $V(P_t) = \{\exp 2\mu_t * \exp(2\sigma_t^2) - \exp(\sigma_t^2)\}$

Visto isso, salientamos alguns pontos apresentados no RiskMetrics:

- As variâncias dos retornos são heterocedásticas (variam ao longo do tempo) e auto-correlacionadas.
- As covariâncias dos retornos são auto-correlacionadas e possuem características dinâmicas.
- A hipótese de que os retornos são normalmente distribuídos, é válida. Porque somente a média e as séries de retornos do portfólio são necessários para desenhar a curva da distribuição. E, também, porque facilita a descrição do comportamento dos retornos.
- A metodologia para o cálculo da variância e da covariância assume que:

$$r_{i,t} = \sigma_{i,t} * \varepsilon_{i,t}$$

Onde:

$\varepsilon_t \sim MVN(0, R_t)$, sendo R_t uma matriz de correlação $M \times N$ (construída em função do tempo).

RISKMETRICS FORECASTING⁷ METODOLOGY

Uma forma de perceber as características dinâmicas da volatilidade é usar a **média móvel exponencial** das observações históricas, onde as observações mais recentes têm maior peso na estimativa.

Este método tem duas vantagens em relação ao método da média móvel (não-exponencial). Primeiro, a volatilidade se torna mais sensível a choques no mercado, porque observações mais recentes têm mais peso na estimativa do que observações mais antigas. Segundo, logo após uma brusca variação no mercado (e, consequentemente, aumento da volatilidade), a volatilidade estimada declina exponencialmente, na medida em que diminui o peso dado às observações daquele período.

Para T retornos, temos os seguintes coeficientes, em estimativas para um dia:

- **Volatilidade (desvio-padrão):**

$$\text{Equally Weighted: } \sigma = [(1/T) * \sum_{t=1}^T (r_t - r_m)^2]^{1/2}$$

$$\text{Exponentially Weighted: } \sigma = [(1 - \lambda) * \sum_{t=1}^T \lambda^{t-1} * (r_t - r_m)^2]^{1/2}$$

Onde λ é um parâmetro chamado **decay factor**, tal que $0 < \lambda < 1$

O RiskMetrics assume que λ (*decay factor*) ótimo para observações diárias é **0,94** e, para observações mensais, **0,96**. Sendo:

$$\sum_{j=1}^T \lambda^{j-1} = 1 / (1 - \lambda) \text{ o EWMA estimator (coeficiente da média móvel exponencial)}$$

Assim, a volatilidade (desvio-padrão) estimada para $t+1$ será:

$$\sigma_{1,t+1|t} = [(\lambda * \sigma_{1,t|t}^2) + ((1 - \lambda) * r_{1,t}^2)]^{1/2}$$

- **Covariância:**

$$\text{Equally Weighted: } \sigma_{12}^2 = (1/T) \sum_{t=1}^T (r_{1t} - r_{1,m}) (r_{1t} - r_{2,m})$$

$$\text{Exponentially Weighted: } \sigma_{12}^2 = (1 - \lambda) \sum_{t=1}^T \lambda^{t-1} * (r_{1t} - r_{1,m}) * (r_{1t} - r_{2,m})$$

Onde $r_{1,m}$ e $r_{2,m}$ são as médias dos retornos.

⁷ Para o RiskMetrics, *forecasting* é sinônimo de *previsão*. Porém, neste trabalho, *estimativa* e *previsão* serão empregados com o mesmo sentido.

Assim, a covariância estimada para um dia, entre duas séries de retornos r_{1t} e r_{2t} , será:

$$\sigma^2_{12,t+1|t} = [\lambda * \sigma^2_{12,t|t-1}] + [(1 - \lambda) * r_{1t} * r_{2t}]$$

- **Correlação:**

Para duas séries de retornos, a correlação estimada para um dia será:

$$\rho_{12,t+1|t} = (\sigma^2_{12,t+1|t}) / (\sigma_{1,t+1|t} * \sigma_{2,t+1|t})$$

Estimativas para horizontes maiores que um dia (T), segundo o EWMA model:

- **Variância:**

$$\sigma^2_{1,t+T|t} = T * \sigma^2_{t+1|t}$$

- **Covariância:**

$$\sigma^2_{12,t+T|t} = T * \sigma^2_{12,t+1|t}$$

- **Correlação:**

$$\rho_{t+T|t} = [T * \sigma^2_{12,t+1|t}] / [(T^{1/2} * \sigma_{1,t+1|t}) * (T^{1/2} * \sigma_{2,t+1|t})] = \rho_{t+1|t}$$

É importante lembrarmos que o RiskMetrics assume que os **preços logarítmicos** são dados pela seguinte fórmula:

$$P_{1,t} = P_{1,t-1} + (\sigma_{1,t} * \varepsilon_{1,t})$$

onde $\varepsilon_{1,t} \sim \text{IID}(0,1)$

Em termos de retornos, temos que:

$$r_{1,(t+T)} = \sum_{s=1}^T \sigma_{1,(t+s)} * \varepsilon_{1,(t+s)}$$

A variância prevista será:

$$\sigma^2_{1,(t+T)} = E_t [r^2_{1,(t+T)}] = \sum_{s=1}^T E_t [\sigma^2_{1,(t+s)}]$$

A covariância prevista para T dias será:

$$\sigma^2_{12,(t+T)} = E_t [r_{1,(t+T)} * r_{2,(t+T)}] = \sum_{s=1}^T E_t [\sigma^2_{12,(t+s)}]$$

Para duas séries de retornos, $r_{1,t}$ e $r_{2,t}$, podemos construir as previsões para um dia em termos vetoriais, da seguinte forma:

- Variância e Covariância:

$$\sigma_{t+1|t}^2 = \begin{vmatrix} \sigma_{2,t+1|t}^2 \\ \sigma_{12,t+1|t}^2 \\ \sigma_{2,t+1|t}^2 \end{vmatrix}$$

$$\sigma_{t+1|t}^2 = \begin{vmatrix} \lambda & 0 & 0 \\ 0 & \lambda & 0 \\ 0 & 0 & \lambda \end{vmatrix} * \begin{vmatrix} \sigma_{1,t|t+1}^2 \\ \sigma_{12,t|t+1}^2 \\ \sigma_{2,t|t+1}^2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 1-\lambda & 0 & 0 \\ 0 & 1-\lambda & 0 \\ 0 & 0 & 1-\lambda \end{vmatrix} * \begin{vmatrix} r_{1,t}^2 \\ r_{1,t} * r_{2,t} \\ r_{2,t}^2 \end{vmatrix}$$

Assim, o vetor de variância/covariância para T dias será:

$$\sigma_{t+T|t}^2 = T * \sigma_{t+1|t}^2$$

Consequentemente o desvio-padrão das séries de retornos será:

$$\sigma_{t+T|t} = T^{1/2} * \sigma_{t+1|t}$$

Obviamente, volatilidades e covariâncias variam com o tempo. Assim, implicitamente, assumimos que variância e covariância como médias móveis exponencialmente ponderadas (*exponentially weighted moving averages*). Esta é a base do modelo de GARCH.

O **Modelo de GARCH**, construído a partir do processo de agregação de retornos, assume que:

- séries de retornos (r_t) não são auto-correlacionadas mas também não são independentes;
- observações mais recentes têm maior peso na amostra;
- variância dos retornos têm "evolução previsível".

Por esse modelo temos que:

$$r_t = \sigma_t * \varepsilon_t \quad \text{onde } \varepsilon_t = \text{IID } N(0,1)$$

Assim, a variância, através do EWMA estimator, com $\lambda = 0.94$, será:

$$\begin{aligned} \sigma_{t+1|t}^2 &= (\lambda * \sigma_{t|t-1}^2) + [(1 - \lambda) * r_t^2] \\ \sigma_{t+1|t}^2 &= (0,94 * \sigma_{t|t-1}^2) + (0,06 * r_t^2) \end{aligned}$$

GARCH é muito utilizado na análise de séries temporais, que sistematicamente apresentam *volatility clustering*. Funciona bem para estimativas do risco de ações, de taxas de juros e de taxas de câmbio.

A característica básica deste modelo é a não-linearidade. Os parâmetros aqui utilizados devem ser estimados pela maximização da *likelihood function*, que envolve a otimização numérica.

ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS DO RISKMETRICS

Estimativa do tamanho da amostra, da média e do desvio-padrão

- A partir do nível de confiança desejado (aconselhamos utilizar NC entre 95% ou 99%), estimamos o erro padrão e_p . Obviamente, quanto menor o erro da estimativa, mais confiáveis serão os resultados encontrados.

- Devemos utilizar a maior amostra possível (de preferência, com 150 observações, para amostras diárias).

- Para eliminar incertezas e imprecisões, o Riskmetrics assume que a média da série de retornos, para estimativas de um dia, é igual a ZERO. Assim, quando calculamos a covariância, a estimativa do desvio-padrão dos retornos está centrada e "flutua" em torno de zero e não da média da amostra.

- Para calcularmos a volatilidade e a correlação, devemos determinar um *decay factor*, λ (lambda ótimo). O RiskMetrics utiliza 0,94 como lambda ótimo para observações diárias e 0,97 para observações mensais.

- O número efetivo de dias que devem ser usados para estimar a variância (volatilidade) e a covariância (correlação) é dado pela fórmula:

$$\Omega_K^\infty = (1 - \lambda) * \sum_{t=K}^{\infty} \lambda^t = Y_L$$

Fazendo $\Omega_K^\infty = K$, o número efetivo de observações a serem utilizadas, de acordo com o modelo do EWMA é:

$$K = \ln Y_L / \ln \lambda$$

Onde:

Y_L é o nível de tolerância, que pode ser: 0,001%, 0,01%, 0,1% ou 1%; e é dado pela fórmula:

$$\lambda^K (1 - \lambda) * (1 + \lambda + \lambda^2 + \dots) = Y_L$$

Na prática, vemos que volatilidades estimadas a partir de maior número de observações são mais "constantes" do que aquelas baseadas em um número menor de observações. Percebemos também que, quanto maior for o *decay factor* aplicado às séries temporais, mais estáveis se apresentam as estimativas (mas não necessariamente mais acuradas).

- Sendo duas séries de retornos $r_{1,t}$ e $r_{2,t}$, a matriz de covariância associada a esses retornos, será dada por:

$$\Sigma = \begin{vmatrix} \sigma_1^2 * \lambda_1 & \sigma_{12}^2 * \lambda_3 \\ \sigma_{21}^2 * \lambda_3 & \sigma_2^2 * \lambda_2 \end{vmatrix}$$

Cada um dos parâmetros da matriz, é função de um *decay factor* (λ_1 , λ_2 e λ_3).

Para que o cálculo seja válido, a matriz Σ deve obedecer às seguintes condições:

a) as variâncias σ_1^2 e σ_2^2 não podem ser negativas;

- b) as covariâncias σ_{12}^2 e σ_{21}^2 devem ser iguais (porque a matriz deve ser simétrica);
- c) a correlação entre $r_{1,t}$ e $r_{2,t}$ pertence ao intervalo $-1 \leq \rho \leq 1$, sendo:

$$\rho = \sigma_{12}^2 / (\sigma_1 * \sigma_2)$$

O RiskMetrics fornece um λ para toda a matriz de covariância. Assim, há somente um *decay factor* para as matrizes de volatilidade e correlação, estimados a partir de 450 séries temporais.

Uma vez que, na prática, se torna difícil delimitar lambdas ótimos por meio de matrizes de covariância tão grandes (com, em média, matrizes de 140.000 elementos), devemos estabelecer algumas restrições ao lambda ótimo, tais como (para estimativas diárias):

* A estimativa da variância dos retornos no tempo $t+1$, r_{t+1} , realizada no período anterior, t , é dada por:

$$E_t[r_{t+1}^2] = \sigma_{t+1|t}^2$$

* A estimativa da covariância entre duas séries de retornos $r_{1,t}$ e $r_{2,t}$ no tempo $t+1$, realizada no período anterior é dada por:

$$E_t[r_{1,t+1} * r_{2,t+1}]$$

* O erro da estimativa da variância é dado por:

$$\varepsilon_{t+1|t} = r_{t+1}^2 - \sigma_{t+1|t}^2$$

Assim, lambda pode ser obtido minimizando os erros-padrão médios da estimativa. E o *root mean squared error* (RMSE) diário da variância será:

$$RMSEv = \{(1/T) * \sum_{t=1}^T [r_{t+1}^2 - (\sigma_{t+1|t}^2 * \lambda)]^2\}^{1/2}$$

* O erro da estimativa da covariância será dado por:

$$RMSEc = \{(1/T) * \sum_{t=1}^T \{[(r_{1,t+1} * r_{2,t+1}) - (\sigma_{12,t+1|t}^2 * \lambda)]^2\}\}^{1/2}$$

Salientamos que as fórmulas apresentadas acima são meramente estatísticas. O RiskMetrics processa normalmente 480 séries temporais e, associada a cada uma delas, um λ ótimo que minimiza a raiz dos erros-padrão médios da estimativa da variância e da covariância (RMSEv e RMSEc). Tais cálculos nos levam assumir:

Estimativa	<i>Decay Factor</i>	Número de retornos <u>diários</u> a serem utilizados nas estimativas
Volatilidade (diária)	0.94	75

Correlação (diária)	0.94	75
Volatilidade (mensal)	0.97	150
Correlação (mensal)	0.97	150

Mapeando em vértices os fluxos de caixa do portfólio

Um fluxo de caixa é definido por: séries de créditos e débitos, datas de pagamento ou recebimento, e por valores, em dinheiro (quantidade de moeda). Uma vez definido o fluxo de caixa de cada posição (e do portfólio como um todo), esses devem ser "marcados a mercado". "Marcar a mercado" uma posição significa determinar seu valor presente, de acordo com taxas e preços correntes (de mercado).

Para **posições de renda fixa**, podemos mapear as posições de taxas de juros calculando sua **DURATION**. Essa é a média do prazo de cada fluxo individual da carteira - tanto passivo quanto ativo -, na qual o vencimento de cada pagamento/recebimento é ponderado pelo valor total da posição.

Este método consiste em calcular a média ponderada das taxas de juros e dos pagamentos principais da posição. Assim, assume a existência de uma relação linear entre a variação dos preços e os deslocamentos da *yield curve*. Funciona bem quando os deslocamentos da *yield curve* são paralelos.

É dada pela fórmula:

$$D_n = [(C_1/(1+y)^1) / V] + [(2x \cdot (C_2/(1+y)^2) / V] + \dots + [(n \cdot (C_n + P_n) / (1+y)^n) / V]$$

Onde:

D_n = duration de n pagamentos/recebimentos

C = fluxo de pagamentos da posição

y = taxa de juros do mercado

n = tempo onde ocorrem os pagamentos

V = valor de mercado da posição

P = principal (valor inicial da posição)

Também podemos facilmente mapear instrumentos de renda fixa em vértices-padrão de um fluxo de caixa, uma vez que o comportamento futuro dos pagamentos pode ser previsto com bastante precisão. A diferença é que, neste caso, consideramos cada entrada ou saída do fluxo de caixa como sendo fluxos distintos: cada uma destas será alocada em um vértice. Para o cálculo da *duration*, consideramos todos os pagamentos/recebimentos (alocados nos vértices) agrupados em um único fluxo para cada instrumento.

Os vértices-padrão dados pelo RiskMetrics são:

1m(mês) 3m 6m 12m 2a(anos) 3a 4a 5a 7a 9a 10a 15a 20a 30a

Entretanto, sabemos que, no Brasil, a maioria dos papéis têm, no máximo, seis vencimentos líquidos - de acordo com o volume negociado e o número de contratos

em aberto. Assim sendo, devemos construir vértices diferentes dos apresentados pelo RiskMetrics, para mapear o fluxo de caixa de cada posição considerada. Mostraremos como fazê-lo mais adiante.

Cash Flow Mapping

Swaps - operações que envolvem troca de taxas, sem a troca do principal (P) - são utilizados para "modificar" fluxos de caixa e, conseqüentemente, a exposição ao risco e a incerteza em relação às taxas de juros. Um swap é essencialmente uma operação com uma ponta fixa e outra variável.

Para mapear o fluxo de caixa de swaps, por exemplo, o RiskMetrics sugere que o façamos separando cada ponta da operação. Para fazê-lo, calculamos separadamente, o risco para a ponta de renda fixa e o risco para a ponta de renda variável, da seguinte forma:

Valor da ponta de renda fixa

$$V_F = [(c * P) / (1+r_N)^N] + [P / (1+r_N)^N] + \sum_{i=j}^{N-j} P * [c / (1+r_i)^i]$$

Onde:

P = valor do principal

r_i = taxa para o período i no tempo j

i = número de períodos a decorrer (até o vencimento do swap)

$$c = \sigma_{n+1}^2 - \sigma_n^2$$

c se origina da fórmula: $a * \alpha^2 + b * \alpha + c = 0$, sendo:

$$a = \sigma_{n-1}^2 + \sigma_{n+1}^2 - (2 * \rho_{n-1, n+1} * \sigma_{n-1} * \sigma_{n+1})$$

$$b = (2 * \rho_{n-1, n+1} * \sigma_{n-1} * \sigma_{n+1}) - 2 * \sigma_{n+1}^2$$

$$\alpha = [-b \pm (b^2 - 4 * a * c)^{1/2}] / 2 * a$$

Sendo:

n = vértice-padrão (pagamento/recebimento) em que estamos mapeando

n -1 = fluxo intermediário (entre dois vértices fixos) anterior

n+1 = fluxo intermediário posterior

Valor da ponta de renda variável

$$V_f = [(P * r_j) / (1+r_j)^j] + [P / (1+r_N)^N] + \sum_{i=j}^{N-j} P * [f_i / (1+r_{i+j})^{i+j}]$$

Onde:

$$(1+r_{i+j})^{i+j} = (1+r_i)^i * (1+f_i)$$

Uma vez que os fluxos de caixa da ponta variável são descontados por taxas variáveis, seu valor será sempre equivalente a P (principal da operação, utilizado apenas para determinar o valor do cupom) imediatamente após cada pagamento. Entre cada um dos pagamentos, r_1 será o cupom do pagamento seguinte. Então, o valor da ponta de renda variável será:

$$V_f = P * [(r_1 * / (1+r_1) + (1 / (1+r_1)))]$$

No caso de operações envolvendo **DI**, o prazo de vencimento em dias úteis é variável. Assim, os retornos devem ser “marcados a mercado” e separados por prazo (em meses) de vencimento. Porque, nesse caso, mapear em vértices-padrão cada contrato de uma série (de DIs com vencimento para um mesmo mês) é um processo bastante complicado. Em DIs, cada vencimento futuro (de um a seis meses, de acordo com a liquidez dos vencimentos em aberto na BMF) equivalerá a um vértice-padrão.

CALCULANDO O VaR DE UMA POSIÇÃO: UM RESUMO

Para instrumentos de **renda fixa** – com variação linear e distribuição normal – assumimos que o VaR é o 5º. percentil da distribuição das variações relativas dos retornos de um portfólio. Assim, o VaR, em termos de taxas de retorno, calculado com 95% de confiança, será:

$$\text{VaR} = 1,65 * \sigma_p$$

Onde:

σ_p = desvio-padrão dos retornos do portfólio, calculado através da fórmula:

$$\sigma_{t+1|t} = [(\lambda * \sigma_{t|t-1}^2) + ((\lambda - 1) * r_{t-1}^2)]^{1/2}$$

$$\sigma_{t+1|t} = [(0,94 * \sigma_{t|t-1}^2) + (0,06 * r_{t-1}^2)]^{1/2}$$

Neste caso, o desvio-padrão deve ser calculado com base em retornos logarítmicos. Assim:

$$P_t = e^{-y_t N}$$

Onde:

P_t = Preço ou valor do portfólio

Y_t = *yeld* ou rendimento no tempo t

N = número de posições do portfólio

E o retorno do portfólio, no tempo t, será: $r_t = \Delta y_t / y_t$

Para instrumentos de **renda variável** – com variações não-lineares –, como opções, por exemplo, calculamos o VaR por meio de uma metodologia bem mais complexa: *delta-gamma approach*.

Não abordaremos a mesma neste momento. Porque, aqui, nosso objetivo foi explicar alguns dos principais conceitos do RiskMetrics aplicáveis a posições de renda fixa.

GERENCIAMENTO DE RISCO: CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Ao gerenciarmos o risco de ativos e passivos em geral, é importante que comparemos o risco calculado a partir de taxas contratadas pela instituição financeira com o risco implícito em taxas de mercado (calculado por meio de volatilidade histórica dos retornos). Então, o risco de mercado deve ser tomado como parâmetro.

- Podemos calcular o VaR de uma posição tanto em termos de taxas como em termos de preços.

- Para definirmos o risco ao qual poderemos estar submetidos, no futuro, devemos construir cenários. Esses devem ter como variáveis os mesmos parâmetros que influenciam no VaR de cada posição. Num próximo momento mostraremos como construí-los.

- CDBs são posições de renda fixa que estão submetidos à risco de crédito, além de risco de mercado (de taxa de juros). Assim, para bem administrar o risco dos mesmos, devemos considerar também o risco de crédito (relativo à liquidez do emissor do papel) dos CDBs. Este assunto seria tema de um trabalho posterior, embasado no CreditMetricsTM, que não será abordado nessa pesquisa.

- Podemos calcular o VaR de CIs e CDBs, por exemplo, em separado para posições de vencimentos mensais (30, 60, 90, 120 dias e assim por diante). Então, encontramos o VaR do portfólio como se cada vencimento fosse um instrumento (equivalente a uma série de retornos), calculando a correlação existente entre as séries de retornos.

O CÁLCULO DO VALUE-AT-RISK (VaR)

Após estudarmos o RiskMetrics, testamos o modelo em séries históricas de taxas de papéis brasileiros. Nesse teste, percebemos que algumas características deveriam ser mudadas; em especial, o intervalo de tempo compreendido em cada vértice do fluxo de caixa.

No momento, ainda não temos uma metodologia definitiva, perfeitamente adaptada ao contexto brasileiro. Entretanto, resumimos os principais passos que temos utilizado em nossos cálculos, estabelecidos a partir do estudo do RiskMetrics e das entrevistas que realizamos com profissionais do mercado (que também desenvolveram metodologias para o gerenciamento do risco de mercado dos ativos e passivos das suas instituições financeiras). Esse resumo, para cálculo do risco de mercado de DI-Futuro e swaps, apresentamos a seguir.

1) **Base de Dados** (para cada vencimento do DI-Futuro de um dia ou de Taxas de Swap)

- PU de ajuste
- Taxa efetiva (ao mês) = $[(100.000 / \text{PU do dia}) - 1] * 100$
- Taxa Over = $\{[(1 + (\text{Tx. Efetiva} / 100)) ^ (1 / n^{\circ} \text{ de saques})] - 1\} * 3.000$
- Taxa Ano = $\{[(\text{Taxa Over} / 3.000) + 1) ^ 252] - 1\} * 100$

OBS: Recomenda-se que o cálculo seja feito em taxa over, compondo os PUs se necessário, de modo que todas as taxas tenham como base 21 dias úteis.

2) Cálculo da **Variância** das Taxas

$$\sigma^2 = (1 - \lambda) * \sum_{t=1}^T \lambda^{(t-1)} * (r_t - r_m)^2$$

Onde:

- $\ln(\text{Fator Ano}) = \ln(1 + \text{tx ano}\%)$
- $r_t = \ln(1 + i_t) - \ln(1 + i_{(t-1)})$
- $r_m = \sum r_t / (n-1)$

$\lambda = 0,94$ (para observações diárias)
 $t = n = n^{\circ} \text{ de observações}$

3) **VaR do Vértice** (de cada vencimento)

$$\text{VaR}_v = 1,65 * \sigma_v * \text{VP}_v$$

considerando-se NC = 95% e distribuição normal dos retornos (taxas over)

4) **VaR do Portfólio**

a) Covariância (entre dois vértices, v e v')

$$\sigma_{v,v'}^2 = (1 - \lambda) \sum_{t=1}^T \lambda^{(t-1)} * (r_t - r_{v,m}) * (r_t - r_{v',m})$$

b) Correlação (entre dois vértices, v e v')

$$\rho_{v,v'} = \sigma_{v,v'}^2 / (\sigma_{v,t} * \sigma_{v',t})$$

c) **R** = matriz de correlação
(estruturada a partir das correlações entre os vértices considerados)

$$d) V_{\text{vet}} = [(x_1 * 1,65 * \sigma_1), (x_2 * 1,65 * \sigma_2), \dots, (x_n * 1,65 * \sigma_n)]$$

Onde:

$$x = VP_{\text{vértice}} / VP_{\text{portfólio}}$$

$$e) VaR_{\text{portf}} = (V_{\text{vet}} * R * V_{\text{vet}}^T)^{1/2}$$

Onde:

V_{vet}^T é o vetor V_{vet} transposto

2) WEHRUNG, Donald A. & MACCRIMMON, Kenneth R. *Taking risks*. The Free Press, NY, 1986. 280 p.

Este livro é dividido nas seguintes partes:

Parte Um: O capítulo um, introduz o conceito de risco, enquanto exposição à chance de perdas e/ou danos ("...*risk is the exposure to a chance of loss or injury*"); e apresenta os determinantes do risco: falta de controle, falta de informação e falta de tempo. Desenvolve *The REACT Model*, que descreve como um indivíduo gerencia o risco, e defende a tese de que (p. 37):

Uma pessoa inicialmente reconhece e estrutura a situação de risco, para depois avaliar se permanece ou não em tal situação.

No capítulo dois, são descritos alguns dos principais resultados obtidos em recentes estudos sobre a tomada de decisões em condições de risco e sobre o comportamento dos indivíduos nestas situações.

Parte Dois: Apresenta os resultados de quatro questionários formulados para o estudo do comportamento humano em condições de risco pré-determinadas.

No capítulo três, é desenvolvido o *Basic Risk Paradigm*, modelo que mensura a propensão ao risco. No capítulo quatro, o risco é mensurado pelo método tradicional, como função de utilidade (empregada em modelos econômicos, sobre utilidade marginal); e questões sobre ganhos equivalentes são usadas para inferir sobre a propensão ao risco em investimentos pessoais e em negócios.

No capítulo cinco, conceitos estatísticos são usados na distribuição dos retornos obtidos em nove investimentos de risco. A propensão ao risco dos entrevistados é examinada, aqui, através de um ranking. No capítulo seis, são apresentadas três tipos de apostas aos executivos, envolvendo o pagamento real, em dinheiro. Em cada tipo de aposta, é analisada a propensão ou não ao risco apresentada pelo executivo. As implicações de um comportamento de risco são discutidas, em situações padronizadas, no capítulo sete.

Parte Três: No capítulo oito, são analisadas oito principais formas de medir o risco, de acordo com as situações apresentadas na parte dois, em dois cenários: empresarial versus pessoal e ameaças/perigos versus oportunidades. No capítulo nove,

o estudo é estendido para duas outras categorias: situações naturais de risco e atitudes arriscadas.

No capítulo dez, são investigadas as características pessoais, financeiras e empresariais dos executivos (que responderam ao questionário apresentado na parte dois) e relacionadas com os instrumentos para a medição do risco apresentados nos capítulos oito e nove. As implicações, para os gerentes, dos resultados aqui obtidos são exploradas no capítulo onze.

Parte Quatro: É composta unicamente pelo capítulo doze, no qual o leitor é convidado a analisar sua própria predileção ou aversão ao risco. Este capítulo também examina o modelo de *Risk Profiles* para o uso em seleção e recrutamento de pessoal, treinamento e desenvolvimento de uma política de risco nas empresas.

O **apêndice** contém itens selecionados do questionário aplicado entre os executivos, usados no estudo dos autores.

Nosso propósito, aqui, não é o de apresentar detalhadamente todos os modelos e as análises desenvolvidas no livro. Mas colocar algumas das idéias dos autores, (apresentadas em *Essence of Risk - A Essência do Risco*), que descrevem conceitos básicos, desenvolvidos ao longo deste livro, e que utilizaremos em nosso trabalho, e salientam a relevância da obra.

Os autores iniciam com uma citação de Bertrand Russell (p. 03):

A life without adventure is likely to be unsatisfying, but a life in which adventure is allowed to take whatever form it will, is likely to be short.

Ou seja, para que a vida seja satisfatória, precisamos nos aventurar, mas para que seja longa, devemos perceber os riscos que envolvem cada aventura. Depois, os autores completam (p. 04):

Life requires choices; choices require risks. While you can choose to minimize the risks you face, you cannot avoid risks completely. (...) risk is one of the certainties of life.

Segundo os autores, nossas escolhas diárias envolvem uma série de riscos e podem atingir inúmeras pessoas. Eles dizem (p. 04): "*Although death is the ultimate risk, the economic and social risks that we face can be more oppressive*". Para eles, podemos ter mais paz de espírito se os riscos não nos forem perceptíveis; ainda assim, não deixaremos de estar expostos às suas possíveis consequências negativas. Mas, se não aceitamos correr riscos, poderemos perder grandes oportunidades.

O risco está implícito na incerteza, que conduz à ansiedade e às preocupações. Muita gente procura situações de risco por prazer à aventura e por causa da estimulação que acompanha o primeiro. Estabelecer objetivos maiores, por exemplo, significa correr maior risco de fracasso, envolve *riscos sociais*. Assim como quando decidimos por uma carreira, estamos correndo diferentes *riscos financeiros, psicológicos e sociais*. Um dos grandes *riscos profissionais* que corremos é o de mudar de carreira no

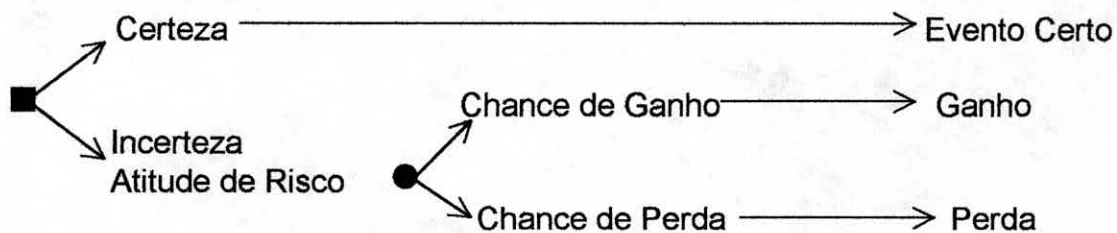
meio de nossas vidas; porque, nesta época, somos menos capazes de nos adaptar e temos menos tempo até nossa aposentadoria.

Nós estamos constantemente expostos a *riscos financeiros*. Estamos nos arriscando quando gastamos além de nossa renda. Podemos aplicar nossas economias em investimentos com maiores ou menores chances de perdas. Podemos perder crédito e/ou patrimônio e/ou ir à falência. Em tempos econômicos ruins, o desemprego aumenta e as reservas e poupanças diminuem. Entretanto, os indivíduos com investimentos mais prudentes não sofrerão tanto com esses movimentos da economia, como aqueles com grandes ganhos associados a riscos financeiros.

Administradores de empresas e líderes políticos deparam-se constantemente com riscos. Eles estão expostos a decisões que envolvem milhares de vidas, a toda hora.

Dito isso, os autores assumem *risco* como a “exposição à possibilidade de perdas ou danos” e, baseados nesta premissa, apresentam os três principais **componentes do risco**. Primeiro, é necessário que haja uma perda ou dano *potencial*. Segundo, que haja a chance de perda. Porque uma perda certa não envolve riscos. O terceiro componente do risco, é a exposição, que aumenta ou diminui a magnitude da *chance* da perda. Além disso, *arriscar* prescinde a *possibilidade de escolha*.

Depois, nos apresentam o *Basic Risk Paradigm* (Paradigma Básico do Risco), que é a base para o estudo do risco. Está baseado em duas situações: certeza ou incerteza. Na segunda hipótese, dois eventos são possíveis: ganhar ou perder. Esse pode ser representado através de uma *Árvore de Decisão*:



Onde o quadrado significa uma decisão pessoal e o círculo representa um evento que foge do controle da pessoa que toma a decisão.

Este modelo está embasado no conceito estatístico de *Valor Esperado*: $((1-p) * G) + (p * L)$. Onde G representa a chance de ganho, L representa a possibilidade de perda, $(1-p)$ é a probabilidade de ganho e p é a probabilidade de perda.

Mais a diante, os autores apresentam os três **determinantes do risco**: falta de controle, falta de informação e falta de tempo. A falta de controle representa a falta de meios adequados para controlar o risco, que prescindem a oportunidade de intervenção. Para controlar ou influenciar uma decisão, é necessária informação. Para angariar informações e estabelecer uma estratégia de ação precisamos de tempo.

Os autores resumem (p. 17):

Informação é necessária para entender o impacto das várias opções de controle, tempo é necessário para desenvolvê-las e recursos são necessários para implementá-las.

A seguir, eles apresentam os componentes do **comportamento em situações de risco**. Primeiro, é necessário *reconhecer* o risco, através das informações que possuímos ou podemos obter. Para os mesmos, nossa percepção do risco depende daquilo que aprendemos ou sabemos sobre a situação com a qual nos deparamos, como colocam (p. 22):

A person's perceptions depend on what he has learned from others about risks (...) To assess one's exposure to a chance of loss, we first need to examine how people perceive losses.

Segundo, é preciso *avaliar* a situação e nossa *aceitabilidade* ao risco. Porque, uma vez em situação de risco, estamos expostos à eventos incertos e à chance de perda, e devemos decidir se desejamos ou não permanecer em tal situação.

Terceiro, é preciso se *ajustar* aos riscos. Podemos ter comportamento ativo, tentando ajustar os componentes da situação, ou comportamento passivo, apenas selecionando a melhor alternativa dentre as apresentadas. Para os autores, uma excelente forma de reduzir nossa exposição pessoal aos riscos é dividi-los com outras pessoas.

Quarto, devemos *escolher* entre alternativas que envolvem riscos. E quinto, devemos *monitorar* os resultados. Os autores dizem (p. 30):

Escolher é apenas uma parte do processo gerencial. A forma como inicialmente reconhecemos, planejamos, moldamos e estruturamos uma decisão de risco, a qual irá determinar que chances teremos e poderemos considerar. Não podemos decidir sobre aquilo que não reconhecemos/percebemos. Antes de tomarmos uma decisão, avaliamos nossa aceitação a riscos e tentamos deixá-los em conformidade com aqueles riscos que podemos assumir ou evitar. Há uma variedade de ações de ajuste que podemos executar para ganhar tempo, informação ou controle. Tal processo pode ser entendido como a reestruturação de uma condição de risco.

E, com essas afirmações, eles apresentam **The REACT Model**: reconhecer (Recognizing) e estruturar o risco; avaliar (Evaluating) o risco; ajustar-se (Adjusting) a ele; e monitorar (Tracking) o risco. Este modelo também envolve os componentes: tempo, informação e controle.

Este livro é de grande importância para nosso trabalho. Porque desenvolve conceitos muito importantes, de uma forma clara e concisa. Sem dúvida, ele serviu, já num primeiro momento, para nos fazer encarar de uma forma diferente e mais profunda o verdadeiro conceito de risco, e todos os componentes que envolvem decisões nestas circunstâncias.

3) GITMAN, Lawrence J. *Princípios de administração financeira*, 7 e. Harbra, SP, 1997. 841 p.

Este é um livro bastante extenso, que abrange os mais variados campos da administração financeira, desde a mais simples matemática financeira, incluindo a contabilidade, até a economia e a estatística. Porém, somente as partes dois e três serão alvos de nosso estudo, e as partes quatro e cinco também merecerão alguma atenção.

Na parte dois, o autor apresenta os conceitos financeiros básicos: o valor do dinheiro no tempo, risco e retorno. Na parte três, são comentados os conceitos envolvidos em decisões financeiras sobre investimentos de longo prazo. Apresenta os princípios de fluxos de caixa e orçamento de capital, técnicas de análise de orçamentos de capital: certeza, risco e alguns aprimoramentos. A parte quatro trata do custo de capital, de alavancagem e de estrutura de capital. A parte cinco do livro apresenta o tópico: decisões financeiras a longo prazo, enfocando no passivo exigível a longo prazo, em ações ordinárias e na política de dividendos, e em ações preferenciais, *leasing*, títulos conversíveis, *warrants* e opções.

Apresentaremos, aqui, alguns dos principais conceitos que utilizaremos em nossa pesquisa, contidos, principalmente, na parte dois. São os fundamentos de risco e retorno, base para nosso trabalho.

Risco: representa a possibilidade de prejuízo financeiro; é a variabilidade de retornos associada a um determinado ativo, segundo o autor. É uma função crescente no tempo.

Carteira ou Portfolio: é um grupo ou conjunto de ativos.

Retorno: é o total de ganhos ou prejuízos dos proprietários, decorrentes de um investimento durante um determinado período de tempo. É calculado considerando-se as mudanças de valor do ativo, mais qualquer distribuição de caixa durante o período, cujo resultado é dividido pelo valor do investimento no início do período.

Preferências em relação ao risco: aversão ao risco, indiferença e tendência ao risco. De trás para frente, cresce a necessidade de que os investimentos produzam maiores retornos, para serem mais atrativos.

A forma mais simples de medir o risco de um ativo é considerar uma série histórica, e seu comportamento ao longo dos anos. Calculamos, então, o **desvio padrão** desta série, que representa o grau de **volatilidade**, mede o grau de dispersão em torno do valor esperado.

Correlação: medida estatística da relação, se houver, de dois dados de qualquer tipo. Mede a faixa de risco e retorno entre dois ativos.

Tipos de Risco: a) Total – combinação de risco diversificável e não-diversificável de um título. b) Diversificável – parte do risco de um ativo que pode ser atribuída a consequências randômicas, aleatórias, específicas a uma firma, pode ser eliminado por meio da diversificação. c) Não-diversificável – parte relevante do risco

de um ativo que pode ser atribuída a fatores de mercado, que afetam todas as empresas; não pode ser eliminado pela diversificação.

Risco Político: é o risco que emerge do perigo de que o governo anfitrião tome atitudes que possam afetar os investidores estrangeiros, ou da possibilidade de que problemas políticos no país possam pôr em risco os investimentos realizados nesse país por investidores estrangeiros. Esse risco, no Brasil, é bastante grande, porque não temos uma economia sólida o suficiente para atrair muito além de capitais especulativos.

Ainda neste capítulo (cap. 06 da parte II), o autor apresenta o **Modelo CAPM**, que explica a formação de preço dos ativos, associando o risco não-diversificável ao retorno dos ativos. Não entraremos em detalhes do modelo nesse momento.

O livro é excelente. Porém, é extremamente detalhista. Então, torna-se difícil resumir-lo todo aqui. Por tal motivo, limitamo-nos, no momento, a apenas descrever estes conceitos básicos e apresentar os tópicos abordados.

4) SILVA, Neto, Lauro de Araújo. *Opções - do tradicional ao exótico*, 2 ed. Atlas, SP, 1996. 291 p.

Este livro trata especificamente de opções. Porém, interessa-nos na medida em que aborda tópicos como o risco e o retorno neste mercado. Um de seus capítulos (capítulo sete) trata unicamente de volatilidade. Essa variável é essencial em nosso trabalho, porque é a quantificação mais pura do risco de mercado. Opção é um dos tipos de contrato futuro mais voláteis, dentre os existente no mercado financeiro. Portanto, mais exposto ao risco. Assim sendo, seu estudo é fundamental em nosso trabalho.

No capítulo um, o autor expõe (p. 17):

Opção é um instrumento que dá a seu titular, ou comprador, um direito futuro sobre algo, mas não uma obrigação; e a seu vendedor, uma obrigação futura, caso solicitado pelo comprador da opção. Dessa definição, podemos inferir a principal diferença entre o mercado futuro e o mercado de opções. No mercado futuro, tanto o comprador quanto o vendedor estão negociando um direito e uma obrigação realizáveis em data futura. No mercado de opções, estão-se negociando direitos e deveres realizáveis em datas distintas. (...)

Nas **opções de compra (calls)**, o detentor do direito (titular ou comprador da opção) tem o direito de comprar algo (objeto da negociação) por determinado preço (preço de exercício). As pessoas que querem possuir um bem no futuro irão comprar esta opção, garantindo assim o preço máximo de compra do bem. Quem possui o bem hoje, e poderá dispor do mesmo em data futura, é o vendedor dessa opção, que adquire a obrigação futura de entregar o bem, ao valor acordado ou preço de exercício),

mediante o recebimento presente do prêmio.

Nas **opções de venda (puts)**, o comprador da opção tem o direito de vender algo por determinado preço. As pessoas que possuem o bem e o negociarão em data futura irão comprar a opção de venda sobre esse bem, garantindo desta forma o preço mínimo de venda da mercadoria. O vendedor da opção irá adquirir a obrigação de comprar o ativo, se assim solicitado pelo titular da *put*.

Ele também classifica os vários tipos de opções e contratos; e analisa os possíveis riscos e retornos no mercado de opções, de acordo com o *spread* (ganho adicional) e o prêmio (lucro) que pode ser obtido.

No capítulo dois, o autor discute formas de fazer *hedge* no mercado de opções. O *hedge* funciona como um seguro para o preço das mercadorias negociadas nos contratos de opções, pelo qual um prêmio é cobrado como garantia. "Caso um 'sinistro' ocorra (o mercado estar acima ou abaixo de determinado nível de preços), a garantia será exercida. A não-ocorrência do 'sinistro' implicará na perda no prêmio pago."

No capítulo três, *Travas nos Mercados de Opções*, aprendemos como adequar a exposição de nossa posição, em relação às expectativas futuras de preços. Algumas destas posições de adequação recebem o nome de "travas" e nos possibilitam limitar o risco de mercado da posição assumida. Aqui, os assuntos são abordados de forma bem técnica (como em quase todo livro). Por isso, não entraremos em detalhes sobre esta explicação.

O capítulo quatro aborda o prêmio das opções. O autor explica (p. 76):

O prêmio de uma opção é determinado pelo mercado e sofre influência das expectativas de cada um de seus participantes quanto ao comportamento futuro de determinadas variáveis. O grande problema que se tem enfrentado, quando se negocia uma opção, é a mensuração e avaliação dessas variáveis,...

Como variáveis, o autor coloca: o preço do ativo objeto, o preço de exercício da opção, a taxa de juros, a elasticidade do valor do objeto em relação à taxa de juros e a volatilidade do preço à vista do objeto do contrato.

O capítulo cinco trata do preço de uma opção, de acordo com seu valor no tempo (prêmio de risco ou valor extrínseco) e seu valor intrínseco. "O valor intrínseco é determinado pela quantidade da opção que está dentro-do-dinheiro, ou seja, caso ela fosse exercida imediatamente, quanto ganharíamos." Também, discorre sobre o Modelo Binomial, utilizado na precificação de opções.

Ainda, retoma e amplia as variáveis que influenciam no preço, de acordo com seus indicadores (p. 99 -118):

Delta nos diz quanto varia o preço de uma opção para uma variação unitária no preço do objeto. Delta é a primeira derivada da função prêmio com relação ao ativo objeto. (...)

Gama é o indicador que mede o risco efetivo das estratégias que se utilizam do delta. Ele mede qual será o próximo delta quando

o valor do objeto sofrer uma alteração, ou seja, gama é derivada de delta. (...)

Teta representa a relação entre o tempo e o prêmio de uma opção; mede a perda no prêmio da opção no decorrer do tempo até o exercício. (...)

Vega representa a relação entre o prêmio e a volatilidade de uma opção; mede o quanto o prêmio de uma opção muda com mudanças na volatilidade do objeto. (...)

Rô é um indicador da sensibilidade da opção a variações nas taxas de juros; mede o quanto deverá mudar o prêmio de uma opção para cada variação de um ponto na taxa de juros.

O capítulo seis, *A Matemática da Distribuição Binomial*, trata da aplicação da distribuição binomial às opções e fala de medidas de sensibilidade.

O capítulo sete é um dos centros de nossa atenção: trata de volatilidade. Começa discorrendo sobre os caminhos aleatórios e a distribuição normal e sobre retorno total esperado, média e desvio-padrão. Passa por distribuição lognormal e acaba tratando volatilidade como desvio-padrão e classificando os vários tipos de volatilidades encontradas nos preços das opções. Por fim, mostra como calcular e estimar a volatilidade de preço.

O capítulo oito fala do Modelo de Black & Sholes. Esse se utiliza dos indicadores discutidos no capítulo cinco para precificar opções. O autor também expõe, aqui, alguns problemas encontrados no modelo.

O capítulo nove, *Métodos Numéricos - A Simulação de Monte Carlo*, apresenta vários modelos matemáticos utilizados para o estudo da evolução do preço de um ativo, por aproximação.

O capítulo dez é sobre Opções Exóticas. Essas são um tipo especial de derivativo, negociadas fora da Bolsa, em contratos de balcão, firmados entre um banco e um cliente, que determinam todas as especificidades do contrato (como prazo de vencimento, taxa de juros ou câmbio, tamanho do contrato, forma de liquidação, opções embutidas, etc.). Dentre as opções exóticas mais negociadas estão os *caps*, os *floors* e os *collars* de taxas de juros. O autor explica (p. 215-7):

Caps de taxas de juros foram criados pelos bancos como um teto de taxa de juros para empréstimos pós-fixados à Libor. Ou seja, *cap* estabelece a máxima de taxa de juros que será paga num título pós-fixado. Como esses empréstimos têm, na maioria das vezes, pagamentos intermediários dos juros devidos após um prazo de carência, o *cap* possui várias datas de exercício que correspondem a cada pagamento. (...)

Floors de taxas de juros são posições similares às opções de compra de taxa de juros. Eles são usados principalmente pelos doadores de recursos a taxas pós-fixadas, que desejam proteger seus investimentos contra uma queda na taxa de juros. O *floor* estabelece um piso de taxa de juros, abaixo do qual o retorno da aplicação não cairá. (...)

Collar pode ser a combinação da compra de um *cap* com a venda de um *floor*. É uma posição que permite a oscilação da taxa de juros entre a taxa do *cap* e a taxa do *floor*. Caso a taxa

caia abaixo dos níveis do *floor*, este será exercido, limitando o ganho realizado no empréstimo a taxas pós-fixadas. Caso a taxa de juros suba acima dos níveis do *cap*, o titular do *collar* exercerá sua opção de venda, limitando a perda no empréstimo. (...)

Swaption é a opção de entrar em um *swap* de taxa de juros; é outro tipo de contrato de balcão.

Além destas, o autor destaca outros tipos de opções: *lookback*, de barreira, asiáticas, à sua escolha, *cliquet*, circunstanciais, de início a termo, de alta e baixa, de melhor desempenho, explosiva, no grito, de restabelecimento de exercício, de cesta de ativos, binárias, diferenciais, compostas, de troca, a prestação e *quanto option*. Como podemos ver, são inúmeras e possuem, ainda, fórmulas para sua precificação específicas.

O capítulo onze traz gráficos das sensibilidades com combinação de variáveis. É uma análise gráfica dos indicadores delta, gama, teta e rô, variando de acordo com o tempo, o ativo objeto e a volatilidade e a taxa de juros implícitas no contrato.

O capítulo doze, por sua vez, apresenta gráficos das sensibilidades das opções sobre futuros, com combinação da variáveis. Trata-se de um aprofundamento e uma sofisticação do capítulo anterior.

Em suma, este livro é bastante técnico e sua leitura não é recomendada para aqueles que não tenham um conhecimento prévio razoável de opções, estatística e matemática financeira. É um livro claro, conciso e completo; é um verdadeiro manual sobre opções, reconhecido pela BMF.

5) JORION, Philippe. *Value at Risk - The new benchmark for controlling market risk*. The McGraw-Hill Companies, Inc., USA, 1997. 332 p.

Este livro trata especificamente do modelo do Value-at-Risk (VaR).

Na parte um, o autor fala de sua motivação para escrever o livro, dada a relevância do assunto. No capítulo um, ele discorre sobre a necessidade do gerenciamento de risco. No dois, ele apresenta alguns casos, que intitula de *lições sobre desastres financeiros*. O capítulo três é quase uma extensão do dois, intitula-se *Banking Regulatory Initiatives for VaR*.

A parte dois do livro chama-se *Building Blocks*. (O autor é tão criativo em seu vocabulário que, as vezes, ficamos sem tradução para suas palavras!) O capítulo quatro aborda as fontes do risco financeiro, em termos de risco e retorno. O capítulo cinco é mais quantitativo; explica como se mede o VaR. O capítulo seis vai ainda mais a fundo; trata especificamente da mensuração do risco para ativos de renda fixa, em termos de taxas de juros, *yield curve* e *duration*. O capítulo sete trata do risco em derivativos, especialmente em swaps e opções. O capítulo oito, *Portfolio Risk*, mostra o cálculo do VaR para um portfólio, através das matrizes de covariância. O capítulo nove discorre sobre a projeção de riscos e correlações, utilizando-se de médias móveis e exponenciais, da estimativa de GARCH e do modelo do RiskMetrics.

A parte três intitula-se *Value-at-Risk Systems*. O capítulo dez fala das variáveis

utilizadas para a mensuração do risco (o delta e o gama) e dos modelos empregados para tal: simulação histórica, teste de stress e Monte Carlo. O capítulo onze considera a implementação da metodologia do VaR. No capítulo doze, o autor retoma e explica detalhadamente o modelo *Structured Monte Carlo*. No treze, ele fala sobre risco de crédito.

A parte quatro do livro é sobre sistemas de gerenciamento de risco. No capítulo quatorze, o autor fala das ferramentas necessárias para tal. No quinze, fornece uma espécie de guia prático. No capítulo dezesseis, por fim, ele conclui sua obra.

Este livro será, sem dúvidas, uma ferramenta importantíssima para a realização de nosso trabalho. É extremamente técnico, recheado de gráficos, planilhas e fórmulas. Porém, consegue mesclar sua teoria com inúmeros exemplos, que o tornam mais palpável. Também faz um apanhado de quase todos os tópicos que abordamos em outros livros. Por isso, não fizemos nenhum comentário mais detalhado a respeito dessa obra: por um lado, para não sermos enfadonha; por outro, para não sermos excessivamente técnica.

6) Cartilha sobre alocação de capital para as operações de swap, 2 ed.

- Divulgada em março de 1998, pela Câmara para Assuntos de Administração de Risco, SP. -

Esta cartilha é uma espécie de manual prático. Através de exemplos, perguntas e respostas e análise da Legislação (resoluções do CMN), explica como o agentes do mercado devem alocar o capital em operações de *swap* e avaliar seu risco.

Primeiramente, esclarecemos: *swap* é um tipo de operação financeira em que dois agentes invertem suas posições no mercado. Esta posição pode ser indexada pela por algum título pré-fixado (como CDB ou títulos públicos), pelo CDI, pelo dólar ou pela TR, entre outras. Assim, os *swaps* mais comuns no mercado brasileiro são: Pré x CDI, US\$ x CDI, US\$ x Pré e TR x Pré.

Para cada um desses *swaps*, existem regras especiais. Cada um deve ser contabilizado de uma forma, tem um percentual específico a ser depositado como margem de garantia e diferentes fatores de risco. Não comentaremos aqui estes detalhes, por julgarmos os mesmos excessivamente técnicos. Também porque a compreensão desses exige um embasamento teórico prévio.

Esta cartilha também aborda o risco de crédito. Transcrevemos aqui um parágrafo (p. 03):

A melhor maneira para se avaliar o risco de crédito em operações realizadas no mercado de derivativos é obrigar as instituições financeiras a calcular o custo de reposição corrente, através da marcação a mercado de cada um de seus contratos, e adicionar a esta uma estimativa, um valor que reflita a exposição potencial futura para o prazo remanescente dos contratos. Assim, o cálculo do risco de crédito de derivativos corresponderia à soma

das parcelas relativas:

- ao custo de reposição (obtido através do processo de marcação à mercado) de todos os contratos que apresentem resultados positivos; e

- à exposição potencial futura, calculada com base nos valores referenciais das operações e tendo em vista a maturidade residual de cada contrato.

A seguir, a cartilha explica o que significa "marcar a mercado" (p. 05):

O cálculo do custo de reposição de uma operação de *swap* - ou seja, sua marcação a mercado - é definido como sendo a diferença entre os valores presentes da parte ativa da operação, calculados a partir das taxas de mercado para o período entre a data da marcação a mercado e a data de vencimento da operação.

De resto, a apostila expõe a metodologia divulgada pela CMN para que todas as instituições financeiras possam apresentar ao Banco Central informações homogêneas sobre sua exposição ao risco em posições de *swap*. A apostila, inclusive, padroniza as correlações a serem usadas nos cálculos.

Acreditamos que essa metodologia sirva como forma de controle e padronização dos dados informados ao Banco Central. Entretanto, não serve para um efetivo gerenciamento de risco por parte das instituições. Porque, ao padronizar correlações (de forma estanque no tempo), por exemplo, ignora, em parte, a volatilidade do mercado. E essa é a base de um gerenciamento de risco eficiente.

7) KEALHOFER, Stephen. *Portfolio management of default risk. Net Exposure*, vol. 1, n. 02, março/abril, 1998. 22 p.

Default risk poderia ser traduzido como risco de atraso ou falta de pagamento ou risco de inadimplência. Assemelha-se ao risco de crédito. Para deixar mais claro do que tratará no livro, o autor contextualiza (p. 02):

Uma organização tem obrigações fixas. Muitas delas são intrínsecas ao próprio negócio, como o pagamento de empréstimos bancários ou de encargos públicos. Em um dado momento, não havia formas de escapar ao cumprimento de tais obrigações; um devedor fugia ou seria preso. O tratamento moderno desta questão permite que o devedor (a empresa) pague seu credor, na forma acertada, ou transfira parte de seus bens (ativos imobilizados ou ações) para o credor.

Qual ação deve ser tomada, é uma decisão econômica. E a resposta econômica é: se a empresa possuir bens suficientes para saldar sua dívida, o fará; caso contrário, permanecerá devedora. O ponto crítico é que esta decisão depende do valor de mercado

dos bens da empresa e não do valor contábil somente.

É em cima deste ponto (o valor de mercado dos bens e, conseqüentemente, de um portfólio) que o autor vai devolver sua tese.

Considerando a curva lognormal de um bem, sua volatilidade, sua probabilidade e seu desvio-padrão, o autor mostra como encontrar seu *default point*. Em cima disso, são tomadas as decisões de saldar a dívida ou permanecer devedor (hipoteticamente, é claro).

Com base na probabilidade de inadimplência, na perda de valor de face dos ativos dada a situação inadimplente da empresa, na perda esperada e num coeficiente de perda inesperada, ele desenvolve um método para medir a diversificação do portfólio e suas prováveis perdas.

Depois o autor aborda o modelo da *default correlation*. Em suas palavras (p. 07):

Default Correlation mede a extensão da relação de inadimplência entre dois devedores. Se não há correlação entre eles, a inadimplência de um é independente da do outro e a correlação entre elas é zero. Neste caso, a probabilidade de ambos estarem inadimplentes ao mesmo tempo é o produto de suas probabilidades individuais.

Mais adiante, o autor discute a questão da valorização a mercado dos ativos. Segundo ele, para ativos imobilizados e/ou não-negociáveis, esta valorização extrapola o simples valor de mercado, e considera variáveis que pertencem ao contexto da própria empresa.

A seguir, ele discorre longamente sobre formas de diversificar o risco de inadimplência ao se compor um portfólio, entre elas, os *swaps*, baseados em risco e retorno.

Enfim, o autor, em seu artigo, tenta mostrar como medir e executar a diversificação de um portfólio e o quanto cada um dos ativos influencia no resultado final do portfólio. Para esta mensuração, é necessário saber a probabilidade de inadimplência para cada ativo, a *recovery* esperada para cada ativo em caso de inadimplência e as *default correlations* para cada par de devedores.

Este artigo nos interessou pela forma nova e única como trata a questão do risco de crédito. Na verdade, ele é um adequação da metodologia da KMV Corp. para a diversificação de portfólios. Como sabemos, diversificar o portfólio e, conseqüentemente o risco, é a única forma pela qual podemos equacionar o maior retorno com o menor risco. E esse é um ponto que pretendemos explorar em nossa pesquisa: dado/calculado o risco de um portfólio, como minimizá-lo por meio da diversificação de posições.

Encontramos o mesmo no site do jornal eletrônico Net Exposure, especializado em assuntos de gerenciamento de risco, no endereço: www.netexposure.co.uk.

B.2. ENTREVISTAS COM PROFISSIONAIS DO MERCADO

Durante esses primeiros três meses de pesquisa, estabelecemos contato e nos reunimos com diversos profissionais da área de gerenciamento de risco de algumas instituições financeiras, que desenvolveram internamente metodologias para a mensuração do risco de seus ativos e passivos.

Por questões éticas, não julgamos oportuno citar, aqui, o nome desses profissionais e nem de suas instituições. Entretanto, salientamos que suas contribuições foram de extrema relevância para nosso trabalho. Porque, em primeiro lugar, deram-nos a certeza que, realmente, o RiskMetrics (foco principal de nossa pesquisa) é mesmo um parâmetro para o desenvolvimento de metodologias para o gerenciamento de risco. Segundo, porque nos permitiram discutir alguns detalhes obscuros existentes na metodologia do RiskMetrics. E, terceiro, porque nos alertaram para outros detalhes que devem ser incorporados à essa metodologia; assim como outras alternativas conceituais para o gerenciamento do risco de mercado.

Todos esses detalhes e alternativas conceituais, exploraremos em profundidade no relatório final, de conclusão dessa pesquisa. Não o faremos nesse momento porque ainda julgamos cedo demais para traçarmos uma metodologia definitiva ou para criticarmos o RiskMetrics. Para fazê-lo, precisamos, previamente, testar os modelos em um maior número de séries históricas. Assim como é necessário compararmos os resultados previstos com o comportamento efetivo do mercado ao longo do tempo, para inferirmos sobre sua correção e aplicabilidade.

Nessa segunda fase do trabalho, então, poderemos detalhar os resultados práticos de nossas entrevistas.

C. BIBLIOGRAFIA PESQUISADA

Livros, revistas e artigos técnicos nacionais e internacionais sobre operações financeiras e risco, estatística, economia e matemática financeira.

Sites (na Internet) relacionados com o assunto pesquisado.

Material de apoio, utilizado em cursos e palestras ministrados por instituições financeiras.

Bibliografia Básica (a ser ampliada no decorrer da pesquisa):

BERNSTEIN, Peter L. *Desafio aos deuses. A fascinante história do risco*, 2 e. Campus, RJ, 1997. 389 p.

BANKS, Eric. *Volatility and credit risk in the capital markets*. Macmillian Publishers Ltd, UK, 1993. 269 p.

CAMPPEL, Tim S. & KRACAW, William A. *Financial risk management. Fixed income and foreign exchange*. Hapercollins College Publishers, NY, 1993. 350 p.

GITMAN, Lawrence J. *Princípios de Administração Financeira*, 7 e. Harbra, SP, 1997. 841 p.

- HULL, John. *Introdução aos mercados futuros e de opções*, 2 e. Bolsa de Mercadorias e Futuros e Cultura Editores Associados, SP, 1996. 448 p.
- JORION, Philippe. *Value at Risk - The new benchmark for controlling market risk*. The McGraw-Hill Companies, Inc., USA, 1997. 332 p.
- JP MORGAN/REUTERS. *CreditMetrics - Technical Document*. NY, 1997. 200 p.
- JP MORGAN/REUTERS. *RiskMetrics - Technical Document*, 4 e. NY, 1996. 283 p.
- LEFÈVRE, Edwin. *Reminiscências de um especulador financeiro*. SP, 1994, Makron Books. 272 p.
- MACCRIMMON, Kenneth R. & WEHRUNG, Donald A. *Taking risks*. The Free Press, NY, 1986. 280 p.
- NELKEN, Israel. *Volatility in the capital markets. State-of-the-art techniques for modeling, managing, and trading volatility*. Fitzroy Dearborn Publishers, Chicago, 1997. 224p.
- NEWBOLD, Paul. *Statistics for business & economics*, 4 e. NY, Prentice Hall, 1995. 867 p.
- OLIVEIRA, Edson Ferreira de. *Gerência de Investimentos*. JCA Treinamento Empresarial, SP, 1997.
- ROSS, Stephen A., WESTERFIELD, Randolph W. & JAFFE, Jeffrey F. *Administração Financeira. Corporate Finance*. Atlas, SP, 1995. 698 p.
- SACHS, Jeffrey D. & LARRAIN B., Felipe. *Macroeconomics in the global economy*. Prentice Hall, NJ, 1993. 778 p.
- SCHWARTZ, Robert J. & SMITH, Jr., Clifford W. *Advanced Strategies in financial risk management*. NY Institute of Finance, NY, 1993.
- SECURATO, José Roberto. *Decisões financeiras em condições de risco*. Atlas, SP, 1996. 244 p.
- SEIGEL, Daniel R. & SEIGEL, Diane E. *The futures markets. The professional trader's guide to portfolio strategies, risk management and arbitrage*. IRWIN, NY, 1994. 506 p.
- SILVA, Neto, Lauro de Araújo. *Opções - do tradicional ao exótico*, 2 ed. Atlas, SP, 1996. 291 p.
- WUNNICKE, Diane B.; WILSON, David R. & WUNNICKE, Brooke. *Corporate financial risk management. Practical techniques of financial engineering*. John Wiley & Sons, Inc., NY, 1992. 347 p.