

Introdução

Após as recentes crises financeiras que se abateram sobre os mercados financeiros de todo o mundo, com mais propriedade a de 2008/2009, mas ainda a crise no Leste Europeu em Julho/2007, a moratória Russa em Outubro/1998, e, no âmbito nacional, a mudança no regime cambial brasileiro, em Janeiro/1999, as instituições financeiras incorreram em grandes perdas em cada um desses eventos e uma das principais questões levantadas acerca dos modelos financeiros diziam respeito ao gerenciamento de risco. Os diversos métodos de cálculo do *Value-at-risk*, bem como as simulações e cenários traçados por analistas não puderam prever sua magnitude nem tampouco evitar que a crise se agravasse.

Em função disso, proponho-me à questão de estudar os sistemas de gerenciamento de risco financeiro, na medida em que este pode e deve ser aprimorado, sob pena de catástrofes financeiras ainda maiores. Embora seu conteúdo se mostre tão vasto na literatura, as metodologias para cálculo de valor em risco não são exatas e livres de falhas.

O Sistema Financeiro hoje é global e altamente integrado. Um ruído qualquer nos mercados provoca alterações no humor dos investidores e abrem espaço para ações especulativas globais em tempo real. Esse nível de integração e ação torna o controle de risco muito mais complexo e difícil de gerenciar, já que os Sistemas Financeiros locais ficam muito sensíveis a essa volatilidade.

Nesse contexto, coloca-se necessário o desenvolvimento e aprimoramento de ferramentas de gestão de risco que sejam capazes de auxiliar na melhor alocação dos recursos disponíveis, avaliando o nível de risco à que um investimento está exposto e sua compatibilidade com seu retorno esperado.

1.1

O surgimento dos modelos de gestão de risco financeiro

O crescimento recente da indústria de gestão de risco está diretamente ligado ao crescimento da volatilidade nos mercados financeiros desde os anos 70. São inúmeros os exemplos, mas destaco aqui alguns fatos importantes:

O sistema de taxas de câmbio fixas encerrou-se em 1971 em vários países, produzindo taxas de câmbio flutuantes e voláteis.

Os choques do petróleo, iniciados em 1973, foram acompanhados por uma alta inflação e oscilações bruscas nas taxas de juros.

O processo de unificação econômica e monetária européia foi interrompido pela crise no Sistema Monetário Europeu, (SME) em 1992, como decorrência de uma crise iniciada na Malásia. O Banco Central da Malásia perdeu mais de US\$3 Bi neste ano e mais US\$2 Bi no ano seguinte, com especulação de que a libra permaneceria no SME. Ao invés disso, o Banco da Inglaterra, sob forte ataque de especuladores, retirou a libra do processo do SME como defesa da sua moeda, resultando em perdas bilionárias aos britânicos.

Este último exemplo é singular, ao exemplificar o poder de desestabilização do sistema financeiro dos derivativos. Um contrato derivativo pode ser definido, em termos gerais, como um “contrato privado, cujo valor é quase todo derivado do valor de algum ativo subjacente, taxa referencial ou índice-objeto como ação, título, moeda ou commodity”. Como não há nenhum fluxo de caixa inicial, esse instrumento é alavancado.

Desde 1986, esses mercados cresceram de US\$1.083 bilhão para US\$102 trilhões ao final de 1999, segundo uma abrangente pesquisa realizada pelo Bank of International Settlements (BIS). A título de comparação, é maior que o total de ações e títulos negociados no mundo, algo em torno de US\$70 trilhões.

Contudo, embora as perdas com derivativos tenham crescido significativamente a partir de 1994, em função principalmente das oscilações nas taxas de juros, em comparação ao tamanho do mercado as perdas ainda são pequenas, da ordem de 0,03%. E o seu uso propicia um mecanismo essencial para

troca de riscos financeiros ao permitir que estes sejam transferidos para aqueles que podem suportá-los de forma mais confortável, reduzindo o montante de risco da economia global.

O crescimento elevado de transações financeiras e a rapidez com que ocorrem, bem como o crescente número de investidores a nível nacional e global, pressupõem uma avaliação do risco e das perdas a que as operações ficam sujeitos. As Instituições Financeiras em especial, pelo papel que representam na sociedade e a escala de atuação em vários setores na economia, precisam ser capazes de reagir de forma rápida e eficiente a movimentos adversos do mercado, o que elevou o tom de preocupações com o gerenciamento de risco, tanto para órgãos reguladores quanto para o gerenciamento e controle interno do risco.

Em particular, a regulamentação das Instituições requer a manutenção de níveis mínimos de capital como reserva contra riscos financeiros, com o Comitê da Basileia, através da Diretriz de Exigência de Capital do BIS (Bank of International Settlement) estabelecido que o capital de risco de um banco deve ser suficiente para cobrir perdas na sua carteira de investimentos por um período de 10 dias, em 99% dos casos, o chamado Value-at-Risk.

Desenvolvido em 1993 pelo Banco JP Morgan, o Value-at-risk (VaR) surgiu nesse contexto e tem sido adotada como metodologia de levantamento e gestão de risco de mercado e como base para o provisionamento mínimo de capital. Em sua essência, resume-se a um método estatístico para avaliar a possibilidade de perda máxima de uma carteira, em um determinado período de tempo, sob condições normais de mercado e sob um determinado nível de confiança.

Entretanto, para o seu cálculo, algumas premissas precisam ser consideradas, como a hipótese que considera que os retornos dos ativos, em geral, segue uma distribuição normal, o que se mostra inadequado. As distribuições de retornos apresentam caudas significativamente mais robustas que uma distribuição normal.

Em razão desta deficiência, buscou-se aprimorar o VaR modelando-se sua distribuição com base em outras distribuições no campo da estatística. Nesse ponto, a Teoria dos Valores Extremos mostrou melhor aderência à teoria por contemplar distribuições de retornos com caudas mais pesadas.

1.2

Revisão histórica

A noção de risco é associada à idéia da possibilidade de perda. Diferente de incerteza, quando uma variável aleatória apresenta uma distribuição desconhecida, denominamos risco quando uma variável aleatória apresenta uma distribuição de probabilidades conhecida. Ele surge de várias fontes, podendo ser criado pelo ser humano, como ciclos de negócios, inflação, guerras, mudanças das políticas dos governos, mas podem também ser proveniente de fenômenos naturais imprevisíveis como clima, terremotos, ou ainda resultado do desenvolvimento econômico de longo prazo, como inovações tecnológicas.

O risco e a vontade de assumi-lo são essenciais para o crescimento da economia. É uma idéia comum em mercados financeiros e em operações financeiras, mas sem aplicabilidade em decisões econômicas. Em geral, os investimentos são avaliados em termos de taxas de retorno e, quando seu cálculo se mostra inadequado, tem-se uma situação de incerteza.

As modernas técnicas de quantificação de risco tiveram origem no inovador trabalho de Harry Markowitz quando, em 1959, publicou seu livro *Portfolio selection: efficient diversification of investments*. Sua idéia era de que a decisão sobre a composição de uma carteira de investimentos está fundamentada apenas no valor esperado e no desvio padrão dos retornos da carteira, e que esta decisão seria consequência do processo de minimização do risco.

Com a noção de que os investimentos com risco caracterizam-se pela média e pelo desvio-padrão da distribuição probabilística dos retornos, representou-se graficamente a variação do retorno esperado e do desvio-padrão. A partir disso, deduziu-se que um ativo com risco domina outro quando, para o mesmo nível de risco, apresenta retorno esperado maior ou quando, para um mesmo nível de retorno esperado, apresenta risco menor.

Conforme ilustrado na figura a seguir, o critério de eficiência pode observado quando, fixando-se o risco, a carteira de maior retorno esperado seria a mais eficiente ou, fixando-se o retorno esperado da carteira, a de menor risco seria então a mais eficiente. Estas carteiras foram denominadas por Markowitz de carteiras eficientes.

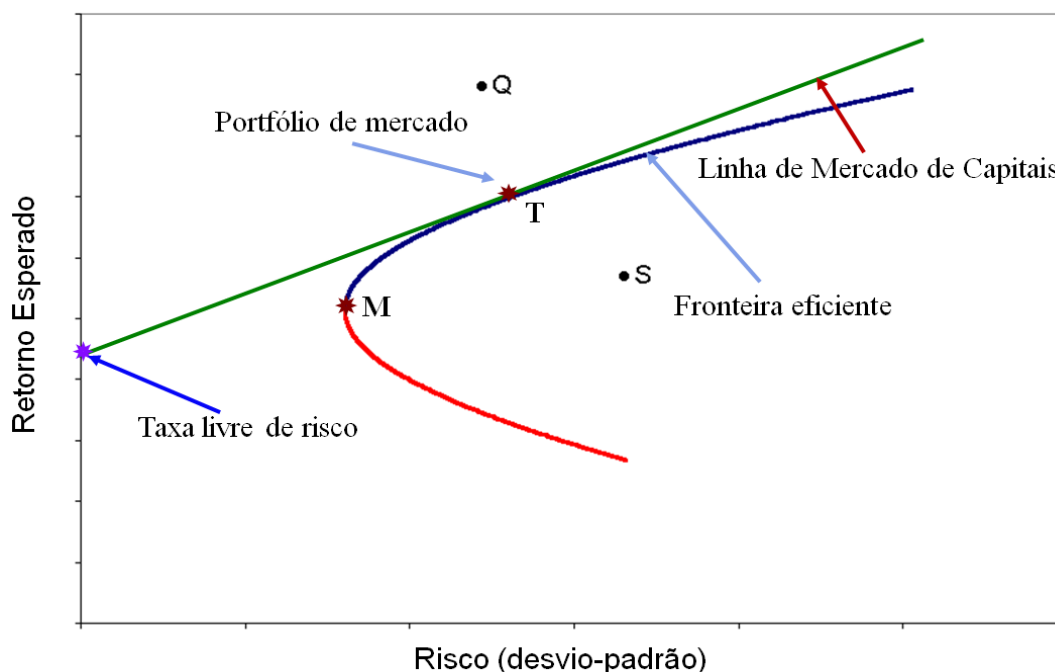


Figura 1 – Fronteira eficiente de Markowitz

Markowitz representou o ponto de partida para o estudo das teorias de carteiras e análise de risco. Contudo, o método em si não era capaz de determinar possibilidades de perdas futuras, tampouco identificar oscilações mais intensas, já que se baseava no cálculo histórico da volatilidade. Ele não seria suficiente para identificar e quantificar com precisão a intensidade e o tempo de duração de volatilidades futuras.

Conforme citado acima, as perdas bilionárias nas décadas de 70 e 80 em decorrência de volatilidade nos mercados representavam uma lacuna a ser melhor preenchida com o desenvolvimento de novas ferramentas e metodologias que resguardassem os ativos. Colocava-se necessário o desenvolvimento de um método analítico que fosse capaz de mensurar o montante financeiro em risco numa carteira de ativos. É neste cenário que o JP Morgan desenvolveu, em 1993 e

posteriormente, em 1994, foi divulgado ao mercado uma metodologia para medição do risco, sob o nome de RiskMetrics.

Desde seu surgimento, essa ferramenta tornou-se uma referência mundial, para medição e gerenciamento de risco financeiro. E, a partir disso, outras metodologias para o seu cálculo foram sugeridas, bem como pesquisas propondo melhorias para os estimadores de risco.

1.3 Motivação

Danielsson e Vries (1997) propuseram aplicar a Teoria dos Valores Extremos (TVE) para o cálculo de variáveis financeiras, como o Value-at-Risk. Segundo seu artigo, era proposto um método semi - paramétrico para o cálculo do VaR, que seria comparado à simulação histórica e ao método RiskMetrics em um portfólio de retornos de ativos. Segundo o estudo, por terem baixas probabilidades de ocorrência, a análise pelo RiskMetrics quanto aos valores extremos seria subestimado, ao passo que a análise por simulação histórica superestimaria o VaR.. Contudo, as estimativas obtidas ao se aplicar um método semi-paramétrico são mais precisas.

No Brasil, a pesquisa pioneira ao analisar a TVE para estimação das caudas das distribuições de retornos foi realizada por Ferreira (1999). Segundo esta, o autor estimou as caudas superior e inferior das distribuições de retornos de índices de ações negociados na Argentina, Brasil, Chile e México.

Em complemento, Mendes (2000) propõe a utilização de métodos robustos para o cálculo de risco em mercados emergentes de ações utilizando a Teoria dos Valores Extremos (TVE), analisando, mas uma vez, Argentina, Brasil, Chile e México. Posteriormente, Martins (2000), faz uma comparação entre cálculos de VaR usando metodologias distintas para o mercado acionário brasileiro, onde foi usado, entre outras metodologias, a Teoria dos Valores Extremos.

Em face dos recentes estudos e do período de crise nos mercados acionários iniciada em 2008 e que perdura trazendo volatilidade ao mercado, esse trabalho se

propõe a comparar duas metodologias de cálculo de VaR em carteiras de investimentos formadas a partir de metodologias distintas.

Primeiro, utilizando a Teoria dos Valores extremos (T.V.E.), que procura contemplar características implícitas nas caudas da distribuição de retornos dos ativos. As metodologias para o cálculo de VaR desenvolvidas para prevenção de riscos financeiros considera uma distribuição normal dos retornos dos ativos. Isto quer dizer que as ocorrências extremas não são corretamente incorporadas ao modelo.

O VaR com base na T.V.E., portanto, mostra-se mais atrativo, na teoria, para estimação de perdas/ganhos elevados, presentes nas caudas da distribuições. Para comparar a eficiência da minha análise, faço uso de outra metodologia, bastante utilizada pelo mercado, a Simulação de Monte Carlo (SMC) para o cálculo do VaR.

A SMC, por sua vez, possui propriedades que a tornam eficaz no cálculo do VaR, já que consegue avaliar problemas complexos, com muitas variáveis. Ela não fornece um resultado exato, mas uma distribuição de valores que descrevem determinado fenômeno. Sua eficiência está ligada diretamente ao número de simulações, e soluções mais apuradas estão ligadas ao desenvolvimento de tecnologias computacionais.

Para selecionarmos os ativos a compor as carteiras de investimentos, utilizei a metodologia de otimização de carteiras pelo Modelo de Índice Único. Em paralelo, foi usada, para o mesmo período e os mesmos ativos, a Teoria da Medida Ômega, proposta por Keating e Shadwick (2002).

O objetivo deste estudo é comparar os resultados obtidos com o VaR calculado por T.V.E. e por S.M.C., e encontrar resultados que comprovem que a T.V.E. melhor se adequa ao cálculo do VaR para níveis de confiança mais elevados, a partir de 95%, já que está ligada à ocorrência de valores extremos.

Para validação dos resultados obtidos, realizamos um backtesting. Para uma atribuição formal à validação, foi usado o Teste de Kupiec, que consiste na verificação do modelo baseado na taxa de exceções. A abordagem para este teste é

o arcabouço clássico de testes para sequências de sucessos e fracassos, denominado Eventos de Bernoulli.

1.4

Estrutura do trabalho

Para selecionarmos os ativos a compor as carteiras de investimentos, utilizei a metodologia de otimização de carteiras pelo Modelo de Índice Único. Em paralelo, foi usada, para o mesmo período e os mesmos ativos, a Teoria da Medida Ômega, proposta por Keating e Shadwick (2002).

Uma vez calculadas as carteiras, utilizamos as metodologias de cálculo de VaR baseadas na Simulação de Monte Carlo (SMC) e na Teoria dos Valores Extremos (TVE) para cálculo dos valores em risco. Em seguida, realizamos um backtesting para validação dos dados obtidos. Para uma atribuição formal à validação, foi usado o Teste de Kupiec, que consiste na verificação do modelo baseado na taxa de exceções. A abordagem para este teste é o arcabouço clássico de testes para sequências de sucessos e fracassos, denominado Eventos de Bernoulli.

O presente estudo foi dividido em 10 capítulos, conforme descrito abaixo:

No Capítulo 1, busca fazer uma revisão histórica do risco, com exemplos e explicitando a motivação deste estudo. É onde também se resume o propósito deste estudo e as fontes e ferramentas que serão usadas.

No Capítulo 2, apresenta-se o Value-at-Risk (VaR), suas definições formais e as metodologias usadas para o seu cálculo. Descreve também o processo de validação do modelo, conhecido como backesting.

O Capítulo 3 descreve as metodologias usadas para confecção de carteiras ótimas. Primeiro, apresenta a teoria do Modelo de Índice Único e o seu cálculo para confecção da carteira, bem como a estimação dos seus parâmetros. Por fim, apresenta a metodologia de otimização de carteiras. Em seguida, apresenta a Teoria da Medida Ômega para formação de carteira e o programa de otimização da função $\Omega(L)$.

No capítulo 4 apresentam-se as metodologias abordadas para mensuração dos valores em risco. Inicialmente é realizada uma abordagem geral da Teoria dos Valores Extremos (T.V.E.), enunciado o teorema de Fisher-Tippett e os três tipos de distribuições limites. O capítulo também se propõe a descrever a metodologia usada na estimação das caudas de distribuições, de forma paramétrica (Método da Máxima Verossimilhança e Método da Regressão) e de forma não-paramétrica (Estimador Pickands e Estimador Hill), finalizando na aplicabilidade para o cálculo do VaR.

Em seguida, apresentamos a Teoria na qual se baseia a simulação baseada no Método de Monte Carlo, sua aplicabilidade e os métodos de cálculo para estimação do VaR.

No Capítulo 5 inicio a parte prática do trabalho, com a formação das carteiras com base nas metodologias citadas, e dividindo os períodos de modo a proporcionar a formação da carteira no período t , a estimação dos parâmetros para o cálculo do VaR no período $(t+1)$ e, por fim, a realização do backtesting para validação do modelo no período $(t+2)$.

Com base nas carteiras obtidas, no Capítulo 6 calculamos os estimadores para o cálculo do VaR para, posteriormente, avaliar o backtesting dos mesmos. O presente capítulo é usado para uma análise dos dados encontrados, compará-los e chegar a uma conclusão do trabalho.

No capítulo 7 é apresentada a conclusão final das simulações realizada pelo estudo.

No Capítulo 8 é apresentada a Bibliografia.

Para uma melhor compreensão do estudo, propus realizar um resumo esquemático das principais etapas do trabalho, descritas a seguir:

Coleta de dados dos preços de ações de ativos negociados na Bolsa de São Paulo que sejam líquidos e com volumes representativos, para então calcular as taxas de retornos respectivas.

Definir as carteiras a serem utilizadas (por M.I.U. e Medida Ômega) e os intervalos de interesse. Definir os períodos para realização do Backtesting. Gerar séries de retornos das mesmas.

Para cada carteira, elaborar o histograma para o período de avaliação. Com isso, espero visualizar o formato das distribuições empíricas dos retornos das carteiras.

Aplico o teste de Jarque-Bera para verificação da assimetria e curtose dos histogramas. Com isso, concluo que a utilização de simulação por Monte Carlo e por TVE podem ser relevantes para o cálculo do VaR.

A não normalidade dos retornos demonstra que a simulação por Monte Carlo e a simulação por TVE se apresentam como boas estimativas para o cálculo do VaR.

Traço os Hillplot's das carteiras e determino o parâmetro de forma de cauda.

Realizo o cálculo do VaR para cada carteira usando a TVE e a Simulação por Monte Carlo, que se demonstra uma poderosa ferramenta, já que é capaz de captar as não linearidades dos ativos.

Realização do Backtesting para as simulações por Monte Carlo e por TVE e validação dos modelos de VaR por TVE e SMC utilizando o teste de Kupiec.