

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
MONOGRAFIA DE BACHARELADO

**GERENCIAMENTO DE RISCO DE MERCADO E O CAPM –
“CAPITAL ASSET PRICING MODEL”**

CAIO FERNANDES NEVES
Matrícula n°.: 103134134
caiofneves@yahoo.com.br

ORIENTADOR: Prof. Manuel Alcino R. da Fonseca

JULHO 2009

As opiniões expressas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do autor

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	3
CAPÍTULO I – RISCO NOS MERCADOS FINANCEIROS	5
I.1. CONCEITOS BÁSICOS	5
I.2. MOTIVAÇÃO PARA CONTROLE DOS RISCOS	6
I.3. TIPOLOGIA DO RISCO FINANCEIRO	16
I.3.1. RISCO DE MERCADO	16
I.3.2. RISCO DE CRÉDITO	17
I.3.3. RISCO DE LIQUIDEZ	17
I.3.4. RISCO OPERACIONAL	18
I.4. FERRAMENTAS DE GESTÃO DE RISCO	18
I.4.1. VALUE-AT-RISK	19
I.4.2. TESTE DE ESTRESSE	21
CAPÍTULO II – TEORIA DE PORTFÓLIO E O CAPM	24
II.1. INTRODUÇÃO	24
II.2. TEORIA DE CARTEIRAS DE MARKOWITZ	26
II.3. MODELO CAPM	31
CAPÍTULO III – O CAPM E A GESTÃO DE RISCO	36
III.1. INTRODUÇÃO	36
III.2. CAPM CONDICIONAL: D-CAPM	37
III.3. EXEMPLO NUMÉRICO	39
CONCLUSÃO	43
BIBLIOGRAFIA	45

INTRODUÇÃO

Com a evolução tecnológica, o desenvolvimento de novos mercados e a internacionalização e aprimoramento das relações econômicas, o mercado financeiro também evoluiu, permitindo-o exercer melhor suas funções básicas de intermediador entre os agentes econômicos e de alocador dos recursos existentes na economia. Desta forma diversos produtos e serviços financeiros foram e são criados continuamente, adicionando ao sistema eficiência e, ao mesmo tempo, complexidade, o que gera uma preocupação crescente com a identificação, quantificação e gestão de todos os riscos associados.

Nessa nova ordem econômica, no âmbito financeiro, é reforçada a preocupação com a questão da alocação de recursos de maneira eficiente, que proporcione maximização de resultados para um grau de risco assumido. Por sua vez, esse é um tema antigo de discussão na literatura financeira, sendo que é atribuído a Harry M. Markowitz a formulação básica da teoria de portfólios através de dois trabalhos publicados na década de 1950.

Contudo, com a contribuição de outros autores nas décadas de 1960 e 1970, notadamente William F. Sharpe, John Lintner, Jan Mossin, Fisher Black e Jack Treynor, é que se chega ao modelo de precificação de ativos conhecido por CAPM – Capital Asset Pricing Model, considerado um dos pilares da moderna teoria de finanças. Tal modelo permite a avaliação de ativos de risco e busca exibir a relação ótima entre retorno esperado e risco desejado para a composição de carteiras de ativos.

A presente monografia buscará, num primeiro momento, apontar as questões relevantes no trabalho de gerenciamento de riscos financeiros, tais como os tipos de risco que os agentes enfrentam, bem como as principais ferramentas e metodologias utilizadas para mensuração e controle desses riscos. Posteriormente será apresentado o modelo CAPM e como este se insere no trabalho de gestão de risco nos mercados financeiros.

Desse modo, a monografia está dividida em três capítulos. O primeiro capítulo tratará das questões relativas ao gerenciamento de riscos financeiros, sendo inicialmente

definidos alguns conceitos básicos sobre o tema, para que então sejam apresentadas as motivações dos agentes econômicos à implementação de controle de riscos, a classificação dos riscos comumente adotada pelos participantes do mercado e, por último, algumas ferramentas úteis para a mensuração e controle do risco.

Já no segundo capítulo será desenvolvido o tema da seleção de carteiras em situações de risco. Para tanto, será apresentado um breve histórico sobre a moderna teoria de carteiras e seus desdobramentos e, posteriormente, serão apresentadas a teoria de carteiras Markowitz e o modelo CAPM.

No terceiro capítulo será demonstrado como o modelo CAPM pode ser utilizado pelos participantes do mercado para medir o risco a que estão expostos. Também será apresentada uma modificação ao CAPM que busca adequar o modelo para problemas de assimetria na distribuição de retornos dos ativos do mercado. Por fim, será realizado um exemplo numérico comparando o modelo CAPM com a modificação apresentada, bem como as conclusões devidas.

CAPÍTULO I – RISCO NOS MERCADOS FINANCEIROS

O presente capítulo está subdividido em quatro seções. Na primeira parte são apresentados alguns conceitos básicos sobre risco que serão utilizados ao longo da monografia. Já na segunda parte são citadas as motivações dos agentes econômicos para um efetivo controle de risco, e posteriormente, na terceira seção, é apresentada a classificação comumente utilizada para os diferentes tipos de risco financeiro. Por último são apresentadas algumas ferramentas úteis para a mensuração e controle do risco, com ênfase no risco de mercado (perda potencial associada ao comportamento errático do mercado).

I.1. CONCEITOS BÁSICOS

Tendo em vista a atividade econômica, o termo risco é utilizado com regularidade para diversos propósitos no meio acadêmico, e também no âmbito das empresas e dos indivíduos. Considerando o lucro como a finalidade da atividade econômica, o risco pode ser definido como o grau de incerteza associado a retornos esperados, ou dito de outra forma, o risco é o desvio-padrão da rentabilidade. Desse modo, o risco pode ser medido, tal como observa KNIGHT (1921):

It will appear that a measurable uncertainty, or "risk" proper, as we shall use the term, is so far different from an unmeasurable one that it is not in effect an uncertainty at all. We shall accordingly restrict the term "uncertainty" to cases of the non-quantitative type. (I.I.26)

Numa definição mais abrangente, JORION (2007, p. 3) trata o risco como “a volatilidade de valores inesperados, que podem representar o valor dos ativos, patrimônio ou receitas” (tradução livre). Cabe citar uma classificação de risco comumente associada a ativos financeiros, e que é fruto do modelo CAPM. Trata-se da divisão do risco total entre “risco sistemático” e “risco não sistemático”. O primeiro se refere ao risco de perdas por mudanças em variáveis globais, tais como fundamentos macroeconômicos de um país ou da economia mundial, enquanto que o segundo

componente é único para o ativo (depende da sua natureza) e pode ser minimizado através de diversificação.

Contudo, risco também é tratado como possibilidade de perda, sendo geralmente de difícil mensuração. Nesse contexto, as empresas de todas as esferas da economia estão expostas a diferentes tipos de risco, que podem ser separados em três grupos: riscos de negócio, riscos financeiros e riscos não-financeiros.

Risco de negócio se refere aos riscos que as empresas se dispõem a assumir a fim de criar vantagem competitiva e criar valor para o acionista, conforme explica JORION (2007, p. 517). Portanto, está associado ao tipo de negócio da empresa, ao ambiente competitivo em que está imersa, à inovação tecnológica, e às decisões que são tomadas na execução de suas funções. Engloba também todas as decisões a respeito de desenvolvimento de produtos, de marketing, de tecnologia e da estrutura organizacional.

O risco financeiro está associado a possíveis perdas devido a ações e decisões tomadas no mercado financeiro. Neste grupo são classificados riscos associados a perdas devido a movimentos em diversos preços existentes na economia e que compõem os mercados financeiros, tais como taxas de câmbio, taxas de juros, preços de *commodities*, entre outros. Também é considerado o risco de perdas relacionadas ao não pagamento de dívidas, por exemplo. O risco financeiro é apresentado com mais detalhes na seção I.3.

Já o risco não-financeiro compreende os outros tipos de riscos que não podem ser classificados nos grupos anteriores, e que não são facilmente identificáveis. Entre os exemplos, estão os riscos de reputação, regulatório e político. Segundo JORION (2007, p. 518 a 520), o risco reputacional é o risco de perdas além das perdas operacionais diretas devido a manchas na reputação da firma, enquanto que os outros dois riscos se referem a possíveis perdas devido a mudanças no ambiente regulatório e político.

I.2. MOTIVAÇÃO PARA CONTROLE DOS RISCOS

Conforme explicitado anteriormente, as corporações estão expostas a diversos tipos de risco, sendo os riscos financeiros uma preocupação crescente. A partir da

década de 1970, diversas mudanças estruturais e crises econômicas levaram ao aumento da volatilidade nos mercados financeiros. Pode-se citar como exemplo a flexibilização das taxas de câmbio (que saíram de um regime de câmbio fixo para um regime de câmbio flutuante), os choques do petróleo, a política monetária contracionista implementada de modo agressivo pelo *FED*¹ em mais de uma ocasião, o estouro da bolha imobiliária no Japão, assim como as crises da Ásia e Rússia, entre outros. Além de serem eventos com alto grau de imprevisibilidade, uma característica comum à deflagração desses eventos foi a rapidez com o qual afetaram os preços dos ativos nos mercados financeiros, às vezes de maneira localizada, mas cada vez mais de maneira globalizada, gerando sempre destruição de riqueza.

Mas, além da globalização, a desregulamentação financeira iniciada nos anos 1970 também contribuiu para o aumento da volatilidade, uma vez que as instituições financeiras foram forçadas a serem mais competitivas, intermediando e assumindo cada vez mais risco. Então, com o rápido aumento dos riscos financeiros nos últimos 30 anos, a necessidade de proteção (*hedge*) a esses riscos fez crescer exponencialmente o uso de contratos de derivativos, que são instrumentos “cujo valor depende dos valores de outras variáveis básicas que o referenciam” (HULL, 1998, p. 1). Ainda segundo HULL (1998),

Os derivativos representam inovações de grande êxito nos mercados de capitais. Os três principais tipos de participantes desses mercados podem ser identificados como *hedgers*, especuladores e arbitradores. Os *hedgers* são aqueles que enfrentam o risco associado ao preço de um ativo e que usam derivativos para reluzi-lo ou eliminá-lo. Os especuladores desejam apostar nos movimentos futuros de preços de um ativo, utilizando derivativos para obter alavancagem extra. Os arbitradores entram no negócio para tirar proveito da discrepância entre os preços em mercados diferentes. Se, por exemplo, perceberem que o preço futuro de um ativo não está em sintonia com seu preço a vista, eles tomarão posições opostas nos dois mercados para travar um lucro. (p. 15)

Desta forma, derivativos são instrumentos muito eficientes para reduzir o risco financeiro ou para especular, uma vez que permitem a neutralização de exposições (função de *hedge*), mas também permitem alavancagem (função de especulação). E, além disso, os arbitradores operam nos mercados de modo que o preço dos ativos derivados não se distancie do valor fundamental em relação ao ativo a que se referem, do contrário haveria oportunidades de arbitragem.

¹ Federal Reserve, o banco central dos Estados Unidos.

Sob a ótica dos investidores, em RISKMETRICS (1996, p. 21 a 22) são apontadas duas mudanças ocorridas nos mercados financeiros que também influenciaram a busca por uma maior compreensão dos riscos envolvidos nos produtos e serviços comercializados. A primeira se refere à securitização (do inglês *securitization*), no qual ativos financeiros passíveis de negociação (*traded securities*) substituíram muitos ativos ilíquidos (como, por exemplo, ativos de crédito), viabilizando uma maior desintermediação financeira. Isso ocorre na medida em que os ativos ilíquidos, antes concentrados principalmente em bancos (risco concentrado), são transformados em ativos financeiros negociados em mercados de balcão ou bolsas, permitindo atuação de investidores de categorias diversas e de múltiplas localidades.

Então, conforme os investimentos se tornaram mais líquidos, a necessidade por medidas mais freqüentes de ganhos e perdas aumentou, e assim um maior número de firmas passou a realizar acompanhamentos diários. Ao mesmo tempo, os administradores passaram a se preocupar mais com os efeitos potenciais no valor de seus portfólios devido a mudanças nas condições de mercado.

A segunda mudança apontada se refere à apuração dos resultados dos investimentos, sendo desenvolvidos novos métodos e sistemas para medição de desempenho financeiro. Anteriormente a análise era focada nos retornos, mas como existe uma relação direta entre risco e retorno, uma análise mais abrangente que considerasse o componente do risco se tornou necessária. Portanto, as novas metodologias para apuração de desempenho incorporaram elementos de gerenciamento de risco.

Tendo em vista que mudanças no ambiente macroeconômico podem gerar instabilidade nos mercados financeiros, e que o universo de empresas de diferentes portes expostas a esses mercados cresceu, verificou-se principalmente a partir da década de 1990 um elevado número de ocorrências de grandes perdas financeiras devido principalmente à gestão ineficiente de riscos. Por outro lado, a evidência empírica demonstra que perdas também foram geradas a partir de falhas do próprio sistema financeiro, uma vez que a introdução de derivativos e novos produtos e serviços financeiros aumentou consideravelmente a complexidade do sistema, a ponto de ser difícil determinar a priori todos os riscos existentes.

A seguir estão expostos alguns casos clássicos de perdas devido a práticas inadequadas de gerenciamento de risco:

- **O Crash de 1987**

Este episódio tem como referência o dia 19 de Outubro de 1987, no qual os mercados de ações, associados aos mercados derivativos (futuros e opções), apresentaram grandes perdas no mundo todo. É considerado marcante não só pela magnitude das perdas (o índice de ações norte-americano S&P 500 apresentou perda superior a 20% neste dia, por exemplo), mas também por ter enfraquecido o sistema financeiro, evidenciando sua fragilidade quando há estresse de mercado, em que muitas vezes a situação de falta de liquidez alimenta a crise.

Especificamente no mercado norte-americano ficaram evidentes algumas falhas. Segundo CARLSON (2007), diversos fatores levaram ao *crash*. Cabe citar que, ao longo da década de 1980, o mercado de ações apresentou elevados ganhos, registrando também grande influxo de novos investidores, tais como os fundos de pensão. Também se verificou crescente o uso de contratos de derivativos e, com a evolução da informática, produtos financeiros foram desenvolvidos onde computadores eram configurados para negociar quantidades específicas de um elevado número de ações quando algumas condições fossem verificadas.

Desse modo, dois produtos ganharam destaque. O primeiro deles, conhecido como “*portfolio insurance*”, tinha como objetivo limitar a perda de investidores se o mercado estivesse em declínio, ajustando a exposição do portfólio ao mercado acionário através de derivativos (contratos futuros basicamente). O problema nessa abordagem foi o modo como o sistema foi operado, uma vez que as operações eram todas realizadas em blocos em momentos específicos, o que poderia levar a muitos investidores realizarem operações no mesmo momento. Assim, um movimento inicial de queda de preços poderia ser amplificado por vendas executadas pelos “*portfolios insurances*” a fim de proteger as carteiras de outras quedas adicionais e, portanto, parte do caos verificado no Crash de 87 se deve à proliferação desses produtos.

O segundo produto a ganhar destaque era derivado de uma estratégia de arbitragem conhecida como “*index arbitrage*”, cujo objetivo era lucrar com a discrepância entre o valor dos ativos nos mercados à vista e de futuros (assumindo posições contrárias nesses mercados), uma vez que haveria convergência dos preços no vencimento dos contratos de futuros. Contudo, como existiam restrições para execução de vendas a descoberto, esse tipo de estratégia gerou desequilíbrios quando os preços dos contratos de futuros estavam abaixo do mercado à vista, pois apenas os arbitradores que possuíam previamente as ações em seus portfólios poderiam vendê-las sem restrição.

Portanto, trata-se de um episódio em que perdas generalizadas foram observadas em função da própria estrutura que o mercado possuía. Também é possível afirmar que a inexistência de modelos e políticas de controle de risco que levassem em consideração as restrições de mercado devido à falta de liquidez em momentos de crise fez com que o mercado entrasse numa espiral de perdas, pois conforme os preços declinavam, a quantidade de vendedores aumentava sem que houvesse respaldo de compradores.

- **Metallgesellschaft**

O caso da Metallgesellschaft, um conglomerado industrial alemão, é um exemplo clássico de uso malsucedido de contratos derivativos para finalidade de *hedge*. Uma de suas subsidiárias, baseada em Nova Iorque, operou contratos futuros de petróleo a fim de se proteger da alta do preço da *commodity*, e acabou gerando perdas da ordem de \$1,3 bilhão em 1993.

A empresa tinha assinado contratos com seus clientes em que se comprometeria fornecer diversos derivados de petróleo ao longo de vários anos, de modo que seus clientes poderiam travar os preços desses derivados por longos períodos. Portanto, para não ficar exposta a oscilação do preço do petróleo (a empresa tinha definido não atuar como especuladora), travou totalmente sua exposição em contratos de futuros. O mais adequado, contudo, seria travar sua exposição em contratos a termo, uma vez que os contratos de futuro têm curta maturidade, isto é, com contratos a termo a empresa não teria um descasamento entre ativos e passivos, ou este seria bem reduzido.

As perdas da Metallgesellschaft ocorreram quando o preço do petróleo caiu em 1993, desviando-se do seu preço de longo prazo, e assim a empresa recebeu elevadas chamadas de margem decorrentes das perdas incorridas. Os responsáveis pela gestão da subsidiária foram substituídos, e a nova equipe decidiu liquidar toda a posição remanescente nos contratos de futuros, levando a realização das perdas. Posteriormente essa decisão foi criticada uma vez que essas perdas poderiam ser reduzidas ao longo do tempo, dada a natureza dos contratos que tinham com seus clientes. Por outro lado, argumenta-se também que o erro teria sido o tamanho do *hedge* realizado com os contratos de futuro.

- **Orange County**

Trata-se do caso em que um fundo de investimento liderado pela tesouraria do distrito Orange County da Califórnia, Estados Unidos, constituído com recursos de outros investidores governamentais como municípios e distritos especiais, entre outros, apresentou perdas de aproximadamente dois bilhões de dólares em 1994. Cabe mencionar que o Orange County foi obrigado a declarar falência por não suportar as perdas, que para o distrito atingiu a marca de \$1,6 bilhões.

O fundo tinha o objetivo de investir o fluxo de caixa de uma maneira conservadora e ao mesmo tempo lucrativa, a fim de auxiliar as repartições públicas a serem mais eficientes, mas acabou gerando enormes perdas. O erro estratégico foi ter se utilizado de alavancagem sem um controle efetivo dos riscos associados. Utilizando-se de várias técnicas², o fundo alavancou o patrimônio de \$7,5 bilhões para algo próximo a \$20 bilhões, alocando geralmente os recursos em títulos de renda fixa de maturidade média de quatro anos. Dessa forma o fundo apresentou boas rentabilidades, uma vez que as taxas de juros de curto prazo (que representavam o custo de financiamento) estavam abaixo das taxas de juros de médio prazo.

Contudo, em Fevereiro de 1994 o FED iniciou aperto monetário, e o ambiente que antes de taxas de juros declinantes (favorável à estratégia do fundo) inverteu sua

² Uma dessas técnicas consistia em utilizar os títulos públicos já adquiridos como garantia para compra de mais títulos. Isso permitia alavancar os retornos, mas também deixavam o fundo sujeito a novas chamadas de garantia, caso o valor de mercado dos títulos caísse. O sistema era operado via corretoras.

tendência, levando a desvalorização dos ativos do fundo. Diante dessas perdas, as instituições de mercado que proveram os financiamentos para o fundo passaram a realizar chamadas de margem, exigindo mais garantia para as operações. Eventualmente o fundo parou de cobrir as chamadas de margem, e assim suas contrapartes nos financiamentos passaram a liquidar as garantias depositadas anteriormente. Então, em Dezembro de 1994, o Orange County declarou falência, levando à liquidação de todos os ativos remanescentes.

Segundo JORION (2007, p.40), Bob Citron, o tesoureiro do distrito à época, declarou que não havia risco no seu portfólio, pois ele carregaria as posições até o vencimento. Seu erro foi ter considerado o valor de custo nos relatórios, negligenciando o valor de mercado dos ativos. Isso explica como as perdas atingiram valores exorbitantes sem que os investidores reparassem. Portanto, se os ativos fossem marcados a valor de mercado e se o fundo tivesse políticas de medição e controle de riscos, os investidores teriam noção mais exata da sua exposição, e na eventualidade de perdas as medidas cabíveis poderiam ser tomadas a tempo.

- **Barings**

O caso Barings Bank, banco britânico de 233 anos de existência reconhecido pelo seu conservadorismo, retrata a importância da supervisão e da formalização e aplicação de controles operacionais. As perdas geradas por um único operador no escritório do banco em Cingapura levaram à falência do banco em Fevereiro de 1995.

Nicholas Leeson, responsável pelo escritório do Barings em Cingapura e que ganhou muita autonomia pelos bons resultados gerados em 1994, possuía grandes posições em contratos de futuros nos mercados asiáticos. Seu mandato era de explorar possibilidades de arbitragem entre índices de ações similares das bolsas de Osaka e Cingapura. Contudo, nem sempre suas posições indicavam isso, e Leeson ainda estruturou operações que apostavam na estabilização do mercado de ações.

No início de 1995 o mercado de ações japonês caiu severamente, mas apesar das perdas acumuladas, a exposição foi elevada. Conforme explica JORION (2007, p. 36 a 38), Leeson acumulava várias funções que apresentavam um natural conflito de

interesse. Além de operador, era responsável pelo departamento que fazia o controle e verificação das operações nas bolsas, e isto o permitiu esconder essas operações da matriz do banco.

As perdas acumularam até o valor \$1,0 bilhão e diante da incapacidade de pagar os ajustes devidos e de depositar as garantias de margem adicionais, Leeson abandonou seu posto. As posições foram liquidadas e o banco veio a falir, sendo posteriormente comprado pelo grupo holandês de serviços financeiros ING pelo valor simbólico de uma libra esterlina.

- **LTCM**

O Long-Term Capital Management (LTCM) foi um proeminente *hedge fund* que, após apresentar retornos consistentes e crescentes por quatro anos seguidos, em meio à crise da Rússia em 1998, mais especificamente entre Junho e Setembro de 1998, praticamente viu desaparecer seu patrimônio sob gestão, de cerca \$4,7 bilhões no início de 1998. O episódio foi marcante por se tratar do maior fundo de sua classe à época, por ter envolvido muitas instituições financeiras respeitadas em seu processo de liquidação, e também pelo alto nível técnico e acadêmico dos seus administradores, entre os quais se pode citar Myron Scholes e Robert C. Merton, que dividiram o prêmio Nobel de Ciências Econômicas de 1997 por suas contribuições aos modelos matemáticos de precificação de opções.

Segundo JORION (2007, p.557 a 562), a principal estratégia do fundo consistia em operações de convergência e arbitragem, isto é, tratava-se de realizar operações que gerassem ganhos devido a pequenas diferenças de preços entre ativos considerados quase idênticos. O problema desta técnica é que gera retornos muito pequenos e, portanto, é preciso um alto grau de alavancagem a fim de se obter ganhos expressivos. E o LTCM operava de modo extremamente alavancado.

O fundo, em Dezembro de 1997, tinha um balanço patrimonial de \$125 bilhões, representando uma alavancagem de 25 para 1. Contudo, a posição bruta total atingia o valor nominal de \$1,25 trilhões se fossem consideradas todas as posições nos contratos de swap, opções e outros derivativos. Na sua maioria esses contratos indicavam

exposição oposta, de modo que o fundo apresentava uma posição líquida neutra. A falha dos administradores foi não considerar que, na hipótese de liquidação das operações, o tamanho das posições era tão grande que isto poderia causar um movimento brusco no mercado.

A alavancagem excessiva do LTCM, que numa situação de iliquidez de mercado levou a seu colapso, pode ser creditada aos empréstimos e linhas de crédito que instituições financeiras forneceram ao fundo, muitas vezes sem realizar a devida análise de crédito. Segundo LOWENSTEIN (2000), esses créditos foram obtidos basicamente em função da reputação de seus administradores, ao invés do perfil de risco do fundo. Por outro lado, o LTCM também era pouco cooperativo para prestar informações, pois buscava evitar que seus competidores na indústria de fundos soubessem de suas posições.

Sob a organização do FED, diversos participantes de mercado atuaram no salvamento do fundo, no qual foram injetados \$3,6 bilhões de novos recursos. Muitos desses participantes eram as contrapartes nos contratos que o LTCM possuía, e o consenso era que a continuidade da liquidação desses contratos, na maneira como vinha sendo feito, geraria perdas ainda maiores. Então se optou por aportar mais capital no fundo de modo que os contratos fossem desfeitos aos poucos.

- **Amaranth**

Outro caso de *hedge fund* que perdeu parte considerável de seus recursos sob gestão foi o do Amaranth Advisors em Setembro de 2006, sendo as perdas fruto da elevada exposição do fundo em *commodities* de energia, principalmente gás natural. De um patrimônio de aproximadamente \$9,0 bilhões, cerca de \$5,85 bilhões foram perdidos em menos de um mês, e as causas disso são objeto de discussão. Após as perdas, o fundo vendeu a parte de seu portfólio de energia para o J.P. Morgan e Citadel Investments, e posteriormente entrou em processo de liquidação.

CHINCARINI (2007) argumenta que apesar de muitos acreditarem que as posições do fundo em futuros e opções geravam uma exposição direcional, o mais provável é que a estratégia do fundo consistisse em explorar uma arbitragem estatística

no mercado de gás natural, observada para os meses de inverno versus os meses de verão. Dependendo da perspectiva macro dos gestores do fundo e combinando isto com uma tendência histórica dos preços, a exposição do fundo poderia ser dada em termos relativos no mercado de energia.

Os fatos indicam que a estratégia do fundo era bem fundamentada, mas o erro da gestão pode ter sido exagerar o tamanho das posições. Ou seja, o fundo pode ter sido vítima da iliquidez dos mercados uma vez que “a única forma de gerar perdas desse tamanho em Setembro teria sido através de posições em futuros e/ou opções de gás natural que representavam até 80% do total de posições abertas na NYMEX” (CHINCARINI, 2007, p. 27, tradução livre)³. Também é possível questionar se a equipe de gestão estava consciente de todos os riscos envolvidos e se o sistema de gerenciamento de risco do fundo era suficiente ou não. Segundo CHINCARINI (2007):

That is, although the trade was a reasonable one to make, Amaranth leveraged the position significantly and was taking on a lot of market risk. Even with simple market risk measures, they were implicitly prepared to lose about 56% of their fund (\$3.781B) in a “worst” case scenario (less than 1% of the time) for an expected profit of about \$1B. Whether they were aware or unaware of these risks is hard to know, but they were taking a risky position. (p. 27)

Portanto, tendo em vista todos esses casos de estudo, verifica-se que o desenvolvimento de normas e práticas de gestão de riscos, especificamente de riscos financeiros, torna-se fundamental para todos os participantes dos mercados financeiros. Bancos, empresas, investidores e reguladores precisam entender, medir e controlar os riscos a que estão sujeitos a fim de evitar perdas como as exemplificadas acima, e por isso muito estudo e esforço têm sido direcionado na elaboração de métodos que realizem essa função.

³ Apesar das bolsas definirem limites de tamanho de posição dos investidores, os *hedge funds* podem apresentar exposições maiores utilizando algum intermediário que possui limites maiores, tais como *broker-dealers* (corretoras que, além de operar pelos seus clientes, podem operar para sua própria conta).

I.3. TIPOLOGIA DO RISCO FINANCEIRO

Na exploração do tema de gestão de riscos financeiros, entre as contribuições de diversos autores, tem-se adotado uma tipologia padrão a fim de permitir um mapeamento dos riscos entre as macro-categorias de risco de mercado, crédito, liquidez e operacional. Cabe ressaltar que cada corporação está sujeita a diferentes tipos de riscos que dependem da natureza da sua atividade e, portanto, esta classificação não representa uma regra. Segue abaixo breve descrição de cada um desses tipos de risco.

I.3.1. RISCO DE MERCADO

Risco de Mercado é o risco de perdas associadas a alterações no nível ou na volatilidade dos preços de mercado. Pode ser medido de modo absoluto, isto é, focado na volatilidade dos retornos totais, ou de modo relativo, como desvio em relação a um índice utilizado como *benchmark*. A preocupação com o risco de mercado deve considerar tanto as exposições à direção das variáveis financeiras (como preços de ações, *commodities*, taxas de juros e taxas de câmbio), como também as exposições indiretas e não-lineares (relacionadas a posições de *hedge* e exposições à volatilidade).

O risco pode ser medido pelo desvio-padrão da rentabilidade, também chamado de volatilidade (σ), e as perdas (assim como os ganhos) podem ocorrer basicamente pela combinação de dois fatores: a volatilidade das variáveis financeiras e a exposição a essas fontes de risco, sendo esta última sujeita a controle por parte dos participantes do mercado. Comumente utilizadas para mapeamento de riscos de um portfólio, as medidas de sensibilidade de primeira ordem aos preços de mercado se apresentam de maneiras diversas, uma vez que dependem da natureza do fator de risco. Segundo JORION (2007),

In the fixed income market, exposure to movements in interest rates is called *duration*. In the stock market, this exposure is called *systematic risk*, or beta (β). In options market, exposure to movements in the value of the underlying asset is called *delta* (δ). Quadratic, or second-order exposures are called *convexity* and *gamma* (γ) in the fixed-income and options markets, respectively. (p.76)

O foco desta monografia é no risco de mercado, especificamente no risco ao mercado de ações, medido pelo parâmetro *beta*.

I.3.2. RISCO DE CRÉDITO

O Risco de Crédito está associado a perdas devido a contrapartes em contratos financeiros que estão incapacitados ou não desejam honrar suas obrigações contratuais. As perdas, nesse caso, correspondem a recursos que não serão mais recebidos. O risco é função do tamanho da exposição a uma contraparte em particular, e de artifícios que obriguem as partes envolvidas a honrar os compromissos assumidos. Por exemplo, a fim de mitigar o risco de crédito, muitos contratos financeiros estabelecem que certos ativos devam ser temporariamente transferidos de uma parte a outra, sendo utilizados como garantias para o caso de não pagamento.

Cabe ressaltar que além do risco de inadimplência, o risco de crédito também compreende outros fatores, tais como perdas devido à degradação da qualidade creditícia (situação em que uma instituição tem seu *rating* de crédito revisto para baixo, levando a desvalorização de sua dívida, por exemplo) e degradação de garantias (situação em que perdem valor de mercado). Também cabe mencionar o risco soberano que pode se apresentar de duas formas: moratória da dívida externa e por imposição de restrições aos fluxos cambiais, o que impede a liquidação de obrigações contratuais.

I.3.3. RISCO DE LIQUIDEZ

O Risco de Liquidez se apresenta basicamente de duas formas distintas. A primeira, conhecido como risco de mercado/produto, se dá quando uma transação não pode ser conduzida nos preços correntes de mercado devido ao tamanho da operação relativo ao lote padrão em que é negociado o ativo. Este risco varia conforme a categoria de ativo e se modifica com o tempo, além de estar sujeito às condições de mercado.

O segundo tipo de risco de liquidez, conhecido como fluxo de caixa/fundos, trata das situações em que há incapacidade em manter as obrigações de fluxo de caixa, isto é, quando há restrições de auto-financiamento ou financiamento externo para curto-prazo. Geralmente ocorre quando há descasamento de fluxos, tal como um banco que toma dinheiro emprestado com prazos curtos, e empresta os recursos em prazos mais longos. Também varia com as condições de mercado e é de difícil quantificação.

I.3.4. RISCO OPERACIONAL

O Risco Operacional compreende o universo de perdas decorrentes de processos e controles internos inadequados, falhas de sistema, falhas de gerenciamento, fraudes e erros humanos. Está presente nas operações e procedimentos do dia-a-dia das corporações. Perdas também podem ocorrer devido a modelagens de precificação de ativos inadequadas, que é um risco conhecido como risco de modelo.

Por sua vez, o risco de legal costuma ser classificado como um tipo de risco operacional, e está relacionado a perdas quando um contrato não pode ser amparado legalmente ou quando uma contraparte não possui autoridade legal para a realização de uma determinada operação. Em geral, as maiores perdas por conta de risco legal ocorrem devido a fraudes ou quando uma das partes em um contrato financeiro, frente a perdas inesperadas por motivos diversos, aciona a justiça a fim de invalidar o contrato, e na eventualidade de sucesso, o ônus recai sobre a contraparte que inicialmente apresentava ganho. Também estão inclusas as possíveis perdas devido à insolvência, falta de documentação e falta de representatividade ou autoridade por parte de um dos negociadores.

I.4. FERRAMENTAS DE GESTÃO DE RISCO

Tendo em vista a preocupação com a gestão do risco de mercado, algumas metodologias de mensuração e análise de risco foram desenvolvidas, mas pouco foi realizado com o intuito de padronização. No entanto, duas abordagens passaram a ser

amplamente utilizadas pelos participantes de mercado, e de certo modo são complementares.

A primeira abordagem, que tem um caráter estatístico, busca prever a distribuição de retornos de um portfólio qualquer por meio de probabilidades e modelos estatísticos, e é conhecido como *Value-at-Risk* (VaR). A segunda abordagem é conhecida por Teste de Estresse e compreende a reavaliação do portfólio em alguns cenários de preços e taxas específicas. A seguir são apresentados os principais pontos dessas duas ferramentas para a gestão de risco.

I.4.1. VALUE-AT-RISK

A metodologia Value-at-Risk (VaR) surgiu como resposta às crises financeiras do início da década de 1990 a fim de proporcionar aos participantes de mercado uma melhor noção dos riscos a que estão expostos. Sua formulação básica tem origem no final dos anos 1980, nos esforços de uma equipe do J.P.Morgan para sintetizar em um único número os riscos a que o banco estaria exposto. Posteriormente, em meados de 1992, a metodologia foi lançada para o mercado por meio de um documento técnico.

O VaR identifica em um único número a pior perda num horizonte de tempo determinado que não será excedida para o nível de confiança considerado. Deste modo, o VaR é um método para estimar o risco através de ferramentas estatísticas que são utilizadas rotineiramente em outros meios. Sua versatilidade permite que seja utilizado para diversos propósitos por diferentes instituições que compreendem o mercado. Suas aplicações podem ser classificadas como:

- Passiva, para geração de relatórios. Trata-se da primeira forma de aplicação do VaR, cujo objetivo era obter uma medida de risco agregado. Permite a divulgação de informação através da firma, para o gestor e acionista, de modo simples e não-técnico;
- Defensiva, para controlar o risco. Permite que sejam impostos limites a unidades de negócio e operadores. A vantagem do VaR é que cria uma base

de comum de comparação entre as diferentes áreas de negócio, que por sua vez têm fatores de risco próprios;

- Ativa, para administrar o risco. Permite uma melhor alocação de recursos entre unidades de negócio, produtos, operadores e na instituição como um todo, sendo utilizado para ajustar o desempenho ao risco.

Segundo JORION (2007, p. x), o VaR tem sido adotado por diversas instituições ao redor do mundo, entre os quais:

- Instituições financeiras: Instituições que lidam com inúmeras fontes de risco financeiro e trabalham com instrumentos complexos, buscam implementar sistemas de gestão de risco centralizados;
- Reguladores: A regulação prudencial de instituições financeiras estabelece a manutenção de níveis mínimos de capital como reserva aos riscos financeiros. Contudo, diversos reguladores sugerem o VaR como referência para mensuração de riscos;
- Instituições não-financeiras: Empresas que de alguma apresentam exposição a riscos financeiros também buscam métodos centralizados de controle de risco, utilizando VaR como ferramenta;
- Gestoras de recursos: Fundos de pensão, fundos de investimentos e investidores institucionais, realizam com o VaR uma administração mais adequada dos riscos financeiros.

A análise de risco por VaR é geralmente feita separando os ativos por fatores de risco, e existem diversos modelos de aplicação, que são divididos em dois grupos: modelos paramétricos (ou analíticos) e modelos não-paramétricos. A diferença fundamental entre esses dois grupos é que nos modelos paramétricos são feitos pressupostos sobre a distribuição de probabilidade dos retornos dos fatores primitivos de risco, e são de mais fácil aplicação. Por outro lado, os modelos não-paramétricos costumam ser preferíveis para portfólios com derivativos mais complexos, pois realizam a reprecificação dos ativos existentes, o que permite capturar as exposições não-lineares com melhor precisão. Segue abaixo breve descrição dos principais modelos:

- Delta-Normal: Assume distribuição normal para os retornos dos fatores de risco, aos quais são alocadas as posições do portfólio. As posições são tratadas de modo linear e por isso esse modelo é de fácil aplicação;
- Delta-Gamma-Normal: Assim como o modelo Delta-Normal, assume distribuição normal, mas trata as posições de modo não-linear. Considera, portanto, assimetrias dos retornos dos ativos, como o efeito de segunda ordem (*gamma*) do preço de ativo subjacente no preço de opções, que pode ter efeito dúbio sobre o retorno de um portfólio;
- Simulação Histórica: Não é feito qualquer pressuposto sobre a distribuição dos retornos pois utiliza a distribuição de retornos observada para os fatores primitivos de risco. Neste modelo calculam-se os retornos do portfólio para uma amostra (dados observados);
- Simulação de Monte Carlo: São calculados retornos do portfólio para diversos cenários de retornos dos fatores de risco, o que permite também capturar os efeitos não-lineares. Contudo, os cenários são gerados aleatoriamente, tendo em vista a distribuição característica dos fatores de risco.

A escolha pela metodologia de VaR depende da complexidade do portfólio e também dos objetivos da gestão de risco. Se a natureza da gestão é o conservadorismo e se a preocupação é realizar uma análise profunda do risco, é desejável a utilização de mais de uma metodologia a fim de sustentar os valores encontrados, assim como é desejável alguma métrica de risco que pressuponha anormalidade para o funcionamento dos mercados, como os Testes de Estresse, discutidos a seguir.

I.4.2. TESTE DE ESTRESSE

A aplicação de testes de estresse como ferramenta de análise e gestão de risco, consiste basicamente em atribuir considerável mudança no preço dos ativos de um portfólio a fim de mensurar a perda que pode ocorrer no cenário proposto. Naturalmente, esse tipo de metodologia pode capturar as perdas extremas potenciais em situações que são consideradas anormais para o funcionamento padrão dos mercados

financeiros. Esta metodologia também permite capturar as exposições não-lineares que são geradas pela existência de ativos derivativos complexos.

O teste de estresse permite, portanto, que seja realizada uma análise de sensibilidade do portfólio. Logo, a elaboração dos cenários de estresse é de suma importância, ainda mais por não obedecerem a uma norma absoluta, o que de certo modo os torna subjetivos. Segundo DARIO (2004, p. 17), existem algumas metodologias disponíveis para determinação dos cenários de estresse, sendo as principais:

- Análise de cenário: Consiste na criação de cenários potenciais futuros para medir o *profit and loss* (P&L) da posição;
- Simulação histórica: Utiliza eventos passados para a determinação do P&L, principalmente aqueles que geraram as maiores variações no valor da carteira;
- VaR estressado: Método em que os parâmetros utilizados no cálculo do VaR são estressados. Modifica-se a volatilidade dos ativos, bem como a estrutura de correlação;
- Teste de estresse sistemático: Consiste na criação de uma série de cenários de estresse para os principais fatores de risco da carteira. A diferença entre esse método e os anteriores, é que a avaliação de risco da carteira é feita de maneira sistêmica (obedecendo a certas correlações que se observam, por exemplo) e de tal modo que contemple todos os riscos envolvidos e não apenas alguns fatores de risco da carteira.

Dadas as suas características, o teste de estresse pode ser utilizado para os mesmos propósitos e pelas mesmas instituições que o VaR. Contudo, é recomendado para algumas aplicações específicas. DARIO (2004, p. 17) observa que o teste de estresse é utilizado pela BM&F (Bolsa de Mercadorias e Futuros) para a determinação das margens de garantias de contratos de futuros e opções, sendo os cenários de estresse determinados pelo Comitê de Risco da BM&F.

O teste de estresse se apresenta como uma ferramenta essencial na gestão de riscos financeiros, uma vez que ajuda a identificar as vulnerabilidades do portfólio de

uma instituição. Deve ser tratado como complemento ao VaR por permitir aos gestores incluir cenários possíveis de serem vistos mas que não ocorreriam segundo a metodologia do VaR, dado o intervalo de confiança considerado.

CAPÍTULO II – TEORIA DE PORTFÓLIO E O CAPM

O presente capítulo está subdividido em três seções. Na primeira parte é apresentado um breve histórico sobre a moderna teoria de carteiras e seus desdobramentos, e nas seções seguintes são descritos a teoria de carteiras Markowitz e o modelo CAPM, com as suas premissas e definições devidas.

II.1.INTRODUÇÃO

Em finanças, a preocupação de como o capital dos investidores é alocado no mercado financeiro é tema central, e é atribuído a Harry M. Markowitz o título de pai da moderna teoria de carteiras por suas contribuições em um artigo de 1952⁴ e em um livro sobre o assunto lançado em 1959⁵. Sua teoria busca mostrar como se processam as decisões de investimento em ativos sob condições de risco.

Markowitz formulou o problema de seleção de carteiras como uma escolha entre média e variância dos retornos de uma carteira de ativos, mostrando que ao visar uma rentabilidade esperada, isto é, mantendo-a constante, existe uma alocação ótima (carteira) que minimiza a variância (ou risco), ou alternativamente, mantendo a variância constante, existe uma carteira que maximiza o retorno esperado. Isso levou a construção da fronteira eficiente através da qual o investidor pode escolher seu portfólio preferido, que depende das preferências individuais sobre risco e retorno. Segundo ELTON (1997),

The important message of the theory was that assets could not be selected only on characteristics that were unique to the security. Rather, an investor had to consider how each security co-moved with all other securities. Furthermore, taking those co-movements into account resulted in an ability to construct a portfolio that had the same expected return

⁴ H. M. Markowitz. "Portfolio Selection". "Portfolio Selection". The Journal of Finance, vol. 7 n° 1: 77–91. 1952.

⁵ H. M. Markowitz. Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments. New York: John Wiley & Sons. 1959.

and less risk than a portfolio constructed by ignoring the interactions between securities. (p. 1744 – 1745)

Desse modo, sua principal contribuição foi demonstrar que diversificar a alocação de recursos é necessário para otimizar, sendo que os benefícios obtidos dependem das covariâncias que se verificam entre os retornos dos ativos. Contudo, dadas as limitações operacionais, na época existia certa dificuldade na aplicação da teoria uma vez que era preciso estimar uma grande quantidade de parâmetros: retornos esperados (geralmente representados pela média dos retornos observados), variância ou desvio-padrão dos retornos (que representam o risco) e correlações ou covariâncias de todos os pares de ativos considerados.

Diante desta dificuldade e dando continuidade aos trabalhos de Markowitz, uma série de artigos publicados entre 1960 e 1970 sobre o tema de seleção de carteiras culminou numa teoria de equilíbrio. Destaca-se a contribuição de William F. Sharpe, que no início da década de 1960 desenvolveu um modelo simplificado utilizando uma técnica de indexação, estabelecendo que as correlações entre os retornos dos ativos são devidas a uma resposta comum de todas as flutuações do mercado. Posteriormente, com as contribuições de John Lintner, Jan Mossin, Fisher Black e Jack Treynor, chega-se ao modelo de preços para o mercado de capitais, ou CAPM – Capital Asset Pricing Model, comumente aplicado ao mercado de ações.

Antes do CAPM, o risco era tipicamente estimado pelos retornos históricos para cada ativo individual. Uma das importantes contribuições do modelo foi argumentar que apenas uma parcela dessa variabilidade passada estaria relacionada ao risco. Existem dois fatores que produzem variabilidade de retornos. O primeiro, dito risco não sistemático, depende de eventos que são específicos à empresa.

O segundo fator, dito risco sistemático, representa a variabilidade do ativo associada a movimentos do mercado como um todo. Como nem todas as ações apresentam a mesma sensibilidade às mudanças do mercado surge o *beta* como parâmetro que mede a sensibilidade do ativo ao mercado. O *beta* é, portanto, uma medida de volatilidade relativa, pois mede a tendência sistemática em que ações individuais seguem os movimentos do mercado. Tecnicamente, o *beta* é a covariância entre as rentabilidades do ativo e do mercado, dividida pela variância da rentabilidade do mercado.

De acordo com GRUNDY (1995), no modelo CAPM, o risco não sistemático não está precificado em um mercado eficiente, e desse modo, não contribuiria para o chamado “prêmio de risco”. A razão para isso é que o risco não sistemático pode ser eliminado através de um portfólio bem diversificado, uma vez que eventos positivos e negativos que afetam empresas individualmente podem se cancelar no agregado. O risco sistemático, por sua vez, não pode ser eliminado via diversificação, uma vez que mesmo considerando que um investidor estivesse perfeitamente diversificado por possuir todas as ações individualmente, seu portfólio ainda teria risco na medida em que estaria sujeito a movimentos de alta e baixa do mercado como um todo. Deste modo, apenas o risco sistemático, ou risco não diversificável (dado pelo *beta*), é que é passível de compensação no mercado.

Devido à sua simplicidade, o modelo CAPM se tornou um importante desenvolvimento no mundo das finanças, mesmo considerando suas premissas questionáveis. Segundo ALLEN (1998), além de apresentar um arcabouço teórico sobre o preço de ações, o CAPM permitiu também uma série de testes empíricos para validar as suposições sobre a relação entre as diferentes ações que compõem o mercado.

II.2. TEORIA DE CARTEIRAS DE MARKOWITZ

Em sua teoria de seleção de carteiras, Markowitz procurou demonstrar que os investidores devem fundamentalmente realizar uma escolha entre média e variância dos retornos. Demonstrou não apenas a importância da diversificação, mas como efetivamente realizar esta diversificação. Suas premissas sobre o comportamento dos investidores podem ser resumidas em:

- Investidores consideram cada oportunidade de investimento representada por uma distribuição de probabilidade de retornos para o horizonte de investimento considerado;
- Investidores maximizam sua utilidade esperada para o horizonte de investimento considerado, e suas curvas de indiferença apresentam utilidade marginal decrescente para a riqueza;

- Investidores estimam o risco de uma carteira como a variabilidade dos retornos;
- Em todas as decisões de investimentos são considerados apenas o risco e retorno esperado (média) de uma oportunidade de investimento. Isto implica que as curvas de utilidade são função apenas do retorno esperado e da variância (ou desvio-padrão) dos retornos;
- Existe aversão a risco, de modo que, dados investimentos com retornos esperados idênticos, será preferível aquele com menor risco. Alternativamente, dados investimentos com riscos idênticos, será preferido aquele com maior retorno esperado.

Tendo isso em vista, para aplicação da teoria de Markowitz, é preciso computar uma série de parâmetros para o universo de ativos que podem compor uma carteira. É preciso determinar o retorno esperado para cada ativo, bem como a variância dos retornos, e por último a correlação existente entre retornos de cada par de ativo. Posteriormente, dependendo da composição de uma carteira qualquer, é possível determinar o retorno esperado e a variância da carteira. Esses parâmetros citados acima são definidos como:

- **Retorno esperado de um ativo**

O retorno esperado de um ativo pode ser definido como o somatório dos retornos potenciais ponderados pela respectiva probabilidade de ocorrência. Desse modo,

$$E(R_A) = \sum_{i=1}^n P_i R_i ,$$

onde $E(R_A)$ é o retorno esperado do ativo A, R_i é o retorno potencial do ativo no cenário i, P_i é a probabilidade do cenário i ocorrer, e n é o número de cenários possíveis.

- **Retorno esperado de uma carteira**

O retorno esperado de uma carteira de ativos é dado pela média ponderada dos retornos esperados dos ativos individuais, utilizando os pesos de cada ativo na carteira. Isto é,

$$E(R_C) = \sum_{j=1}^m x_j E_j ,$$

onde $E(R_C)$ é o retorno esperado da carteira, x_j é o peso do ativo j na carteira, E_j é o retorno esperado do ativo j , e m é o número de ativos que compõem a carteira.

- **Variância e desvio-padrão de um ativo**

Conforme dito anteriormente, variância (σ^2) e desvio-padrão (σ) são parâmetros que indicam o risco de um investimento. Desse modo sua estimação é de suma importância, e para um ativo podem ser definidos como

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n P_i [R_i - E(R_A)]^2$$

e

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} .$$

- **Covariância e correlação de dois ativos**

A covariância mede como duas variáveis quaisquer se movem juntas relativamente às suas médias individuais. Na análise de carteiras a principal preocupação é com a covariância das taxas de retornos dos ativos. Uma covariância positiva implica que os retornos de dois investimentos costumam se mover na mesma direção relativo às suas médias individuais no período considerado, ao passo que covariância negativa implica que os retornos caminham na direção oposta. Desse modo, a covariância entre dois ativos A e B é definida por:

$$Cov_{A,B} = \sum_{i=1}^n \{P_i [R_{i,A} - E(R_A)][R_{i,B} - E(R_B)]\},$$

onde $R_{i,A}$ e $R_{i,B}$ são os retornos dos ativos a e b, respectivamente, para o instante i , P_i é a probabilidade do instante i ocorrer, e $E(R_A)$ e $E(R_B)$ são os retornos esperados para os ativos A e B.

A covariância é uma medida de valor absoluto cuja magnitude depende da magnitude da variância dos retornos dos ativos individuais e do modo como esses retornos variam conjuntamente. Sendo assim, a correlação pode ser utilizada como medida padronizada de movimento conjunto do retorno de dois ativos, definida como:

$$\rho_{AB} = \frac{COV_{AB}}{\sigma_A \sigma_B}.$$

Um coeficiente de correlação negativo indica que retornos dos ativos se movem proporcionalmente em direções opostas, e um coeficiente positivo indica que se movem proporcionalmente na mesma direção. O coeficiente de correlação pode assumir valores do intervalo de -1 a +1, sendo que um coeficiente com valor zero indica que não existe relação linear entre os retornos de dois ativos.

- **Variância e desvio-padrão de uma carteira**

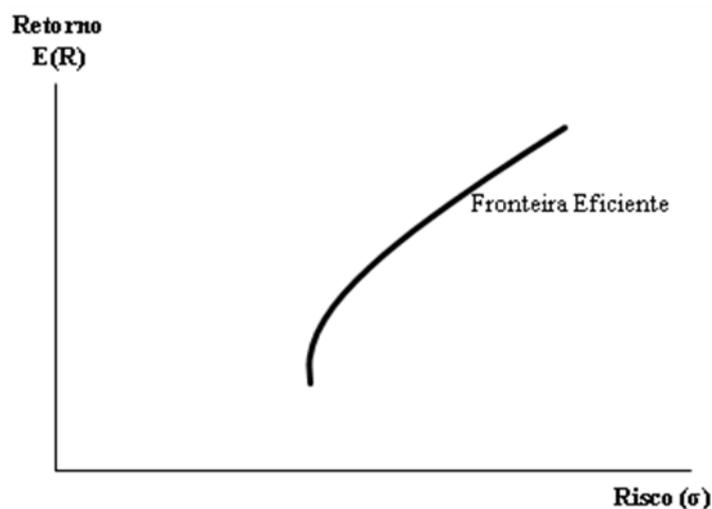
Apesar do retorno esperado para uma carteira ter sido definido como uma função linear dos retornos dos ativos, o mesmo não pode ser realizado para o desvio-padrão de uma carteira. No modelo de Markowitz, o desvio-padrão de uma carteira (σ_c) é dado por:

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_c^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n x_i x_j Cov_{ij}},$$

onde σ_c^2 é a variância dos retornos da carteira, x_i é o peso do ativo i na carteira, σ_i^2 é a variância dos retornos do ativo i , Cov_{ij} é a covariância dos retornos dos ativos i e j , e n é o número de ativos da carteira.

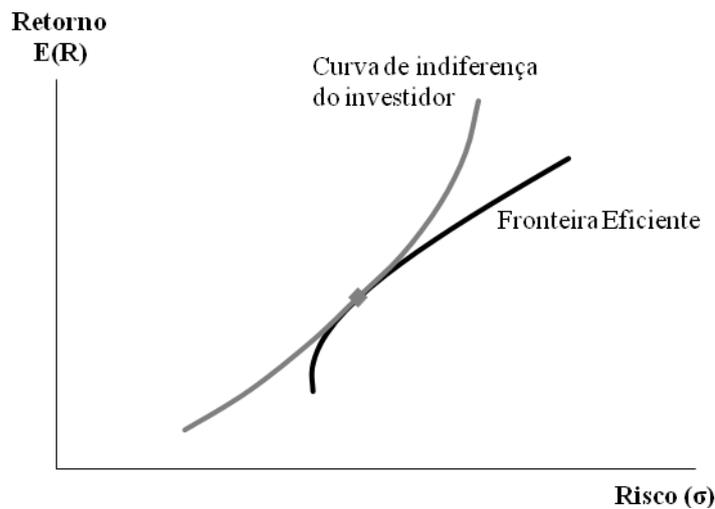
Uma vez determinados os parâmetros de retorno esperado e risco (desvio-padrão) para os ativos individualmente, pode-se combinar esses ativos de diversas maneiras, gerando carteiras, que por sua vez possuem retorno esperado e risco específicos. Desse modo, é possível determinar as carteiras eficientes entre todas as combinações de ativos possíveis. Entende-se por carteira eficiente aquela que apresenta o maior retorno esperado para um dado nível de risco. O conjunto de carteiras eficientes determina a fronteira eficiente, que geralmente possui a característica apontada na Figura 1.

Figura 1 – Fronteira Eficiente de Markowitz



Uma das principais contribuições de Markowitz para a teoria de carteiras foi demonstrar como se dá o processo de seleção da carteira ótima por um investidor avesso ao risco. Isto é feito combinando o conceito da fronteira eficiente com as curvas de indiferença do investidor. A carteira ótima é a carteira eficiente que possui maior utilidade para um investidor, o que implica que a carteira ótima será dada pela carteira presente na fronteira eficiente que tangencia a curva de indiferença do investidor, conforme exemplificado na Figura 2.

Figura 2 – Seleção da Carteira Ótima



II.3.MODELO CAPM

A teoria de seleção de carteiras, introduzida por Markowitz, pode ser aplicada para encontrar a alocação eficiente no mercado de ações, permitindo o desenvolvimento de um modelo para precificar os ativos de risco, o CAPM. Portanto, considerando as premissas de Markowitz sobre o comportamento dos investidores, a teoria do mercado de capitais tem como pressupostos:

- Os investidores são eficientes (como os de Markowitz), na medida em que buscam alocar seus recursos numa carteira que consta na fronteira eficiente. A carteira ótima depende da curva de utilidade de risco-retorno do investidor;
- Investidores podem emprestar recursos e tomar recursos emprestados, em qualquer montante, à taxa de juros livre de risco;
- Os investidores possuem expectativas homogêneas, isto é, estimam distribuições de probabilidade idênticas para as taxas de retorno dos ativos;
- Os investidores trabalham com o mesmo horizonte de investimento;

- Os investimentos são infinitesimalmente divisíveis, de modo que é possível comprar ou vender frações de cada ativo. Isto permite que a análise seja feita em curvas contínuas;
- Não existem impostos ou custos de transação;
- Não há inflação ou mudança de taxas de juros, ou estas já são antecipadas pelos agentes;
- Mercados de capitais estão em equilíbrio, ou seja, os ativos estão precificados conforme seus riscos.

Ao assumir a existência de um ativo livre de risco, a partir da teoria de carteiras de Markowitz, é possível generalizar uma teoria de preços de ativos em condições de risco. A escolha da carteira eficiente do mercado pode ser simplificada como uma escolha entre um ativo livre de risco e um ativo que representa a carteira com outros ativos, geralmente ações (carteira M). A carteira M compreende todos os ativos de risco presentes no mercado e é uma carteira eficiente, ou seja, está presente na fronteira eficiente de Markowitz.

Desse modo, o retorno esperado para a carteira eficiente do mercado será:

$$E(R_C) = (1 - x_M)r + x_M E(R_M) = r + x_M [E(R_M) - r]$$

onde, x_M é o peso da carteira M, $E(R_M)$ é o retorno esperado da carteira M, r é o retorno do ativo livre de risco e $(1 - x_M)$ é o peso do ativo livre de risco na carteira. Utilizando a equação da seção anterior e dado que o retorno do ativo livre de risco é constante (isto é, não possui variância e correlação, pois não é variável aleatória), o desvio-padrão (risco) dos retornos da carteira de mercado será dado por:

$$\sigma_C = x_M \sigma_M$$

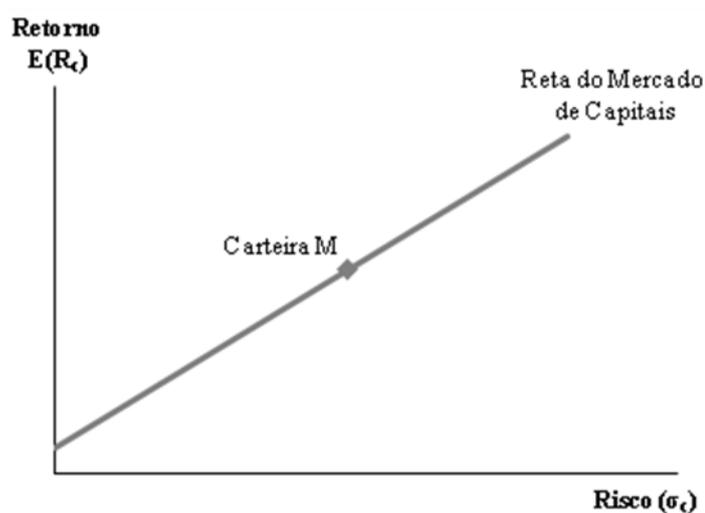
Com este resultado é possível reescrever a equação de retorno esperado como função do desvio-padrão dos retornos:

$$E(R_C) = r + \sigma_C \left\{ \frac{E(R_M) - r}{\sigma_M} \right\}$$

Esta equação é conhecida como Reta do Mercado de Capitais, e representa todas as alocações possíveis entre o ativo livre de risco e a carteira de risco do mercado. Portanto, a introdução do ativo livre de risco transformou a fronteira eficiente de Markowitz em uma reta.

É importante notar que no plano $E(R_C) \times \sigma_p$, o ponto em que a reta do mercado de capitais cruza o eixo $E(R_C)$ representa a carteira em que os investidores alocam 100% dos recursos no ativo livre de risco. A partir desse ponto os investidores passam a alocar parte dos recursos na carteira M, podendo inclusive tomar recursos no mercado e alocar mais de 100% nesta carteira. O ponto na reta do mercado de capitais a partir do qual isso ocorre, está indicado na figura abaixo, e representa a carteira em que 100% dos recursos estão alocados na carteira M.

Figura 3 – Reta do Mercado de Capitais

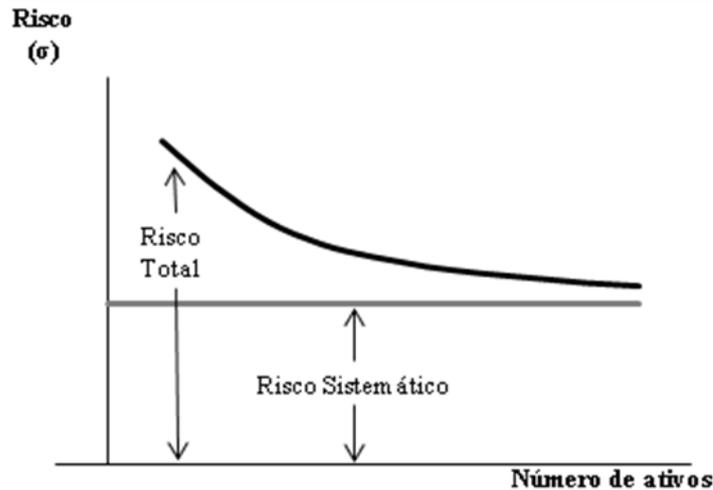


A respeito do risco de carteiras, cabe mencionar que a diversificação de ativos permite que o risco de uma carteira com muitos ativos seja menor que a média ponderada dos riscos individuais dos ativos, resultado que está explícito na equação do desvio-padrão dos retornos de carteiras apresentada na seção anterior. Esse fenômeno ocorre, pois, pela diversificação de ativos o risco não sistemático desaparece, deixando a carteira exposta apenas ao risco sistemático, ou risco de mercado.

O risco não sistemático é único, diversificável e específico à empresa, e como a carteira de mercado inclui todos os ativos de risco e é a carteira com maior grau de

diversificação, deve-se acreditar que o risco não sistemático não representa fator de risco nela. Resta apenas o risco sistemático nessa carteira, mas o conceito também se aplica a ativos individuais. Na figura abaixo está representado o benefício da diversificação de ativos em termos de redução de risco.

Figura 4 – Benefício da diversificação



Uma conclusão importante da teoria do mercado de capitais é que os retornos de equilíbrio dependem apenas do risco sistemático do ativo ou da carteira de ativos, e não do risco total medido pelo desvio-padrão, uma vez que o risco não sistemático não precisa de compensação por ser eliminado através da diversificação. Desse modo é possível derivar uma relação entre o retorno esperado de um ativo e o risco sistemático, representado pela covariância dos retornos do ativo em questão com os retornos da carteira representativa do mercado. A relação resultante é conhecida como Reta do Mercado de Títulos, expressa como:

$$E(R_i) = r + \frac{E(R_M) - r}{\sigma_M^2} (Cov_{i,M}),$$

onde $Cov_{i,M}$ é a covariância de retornos do ativo i com os retornos da carteira de mercado M . Cabe ressaltar que a Reta do Mercado de Capitais se diferencia da Reta do Mercado de Títulos, pois a primeira relaciona o retorno com o risco total (dado pelo

desvio-padrão), enquanto que a segunda relaciona o retorno esperado com o risco sistemático (dado pela covariância).

O modelo de preços de para o mercado de capitais, o CAPM, é resultado do parâmetro *beta* (β) que padroniza a medida de risco sistemático, definido como

$\beta = \frac{Cov_{i,M}}{\sigma_M^2}$. Assim, o CAPM estabelece que, em equilíbrio, o retorno esperado de um

ativo de risco é o retorno do ativo livre de risco somado a um prêmio de risco ajustado pelo *beta*, onde *beta* mede o risco sistemático. Ou seja:

$$E(R_i) = r + \beta[E(R_M) - r]$$

O CAPM é, portanto, um modelo que indica o que deveria ser o retorno esperado ou requerido para ativos de risco, permitindo a utilização de taxas de desconto mais adequadas nas análises de empresas. Também permite que seja possível determinar se um ativo está subvalorizado ou sobrevalorizado, comparando as taxas de retorno estimadas com as taxas de retorno requeridas implícitas no modelo.

CAPÍTULO III – O CAPM E A GESTÃO DE RISCO

O presente capítulo está subdividido em três seções. Na primeira parte é apresentado como o CAPM se insere na gestão de risco de mercado e na segunda seção é apresentada uma modificação ao CAPM que complementa a análise de risco. Por fim, na terceira seção é realizado um exemplo numérico comparativo.

III.1. INTRODUÇÃO

No capítulo 1 foi abordado o tema da gestão de riscos financeiros nas corporações que estão expostas a esse tipo de risco. Em relação ao risco de mercado, que representa a possibilidade de perdas devido à oscilação dos preços no mercado, foi dito que a medida de sensibilidade de primeira ordem varia conforme o tipo de ativo considerado. Especificamente para o mercado de ações essa medida de sensibilidade é dada pelo *beta*, e por isso no capítulo 2 foi apresentado o arcabouço teórico que estabeleceu esse parâmetro.

Também foram apresentadas no capítulo 1 duas ferramentas úteis para mensuração do risco de mercado, o VaR e Testes de Estresse. O VaR sintetiza em um número a pior perda esperada num horizonte de tempo determinado para o nível de confiança de considerado, através de metodologias estatísticas. Já o Teste de Estresse, que consiste na reavaliação do portfólio em alguns cenários de preços específicos, permite calcular as perdas potenciais em situações consideradas anormais para o funcionamento dos mercados financeiros.

Para carteiras de ações, desde as mais simples (apenas com posições compradas) até as mais complexas (com posições vendidas e instrumentos derivativos), o cálculo do VaR leva em conta as correlações observadas entre as ações negociadas no mercado. Já o Teste de Estresse envolve um caráter de subjetividade na sua formulação e implementação.

A prática de mercado para Teste de Estresse de uma carteira de ações, disseminada entre os participantes que possuem uma política de controle de risco de mercado, é estabelecer um cenário de choque de variação de preço para um índice de ações e através do *beta* (covariância do ativo versus a variância do índice de ações) determinar o risco de cada ativo. Ou seja, o parâmetro de estresse de uma ação (δ_i) pode ser definido como:

$$\delta_i = \beta_i \delta_M,$$

onde β_i é o beta do ativo *i* com índice de ações *M* e δ_M é o parâmetro de estresse para o índice de ações *M*. Observa-se que é preciso definir apenas um parâmetro, no caso, o estresse para o índice de ações de referência, que pode assumir um valor registrado historicamente ou pode ser definido de modo arbitrário que represente uma situação anormal de mercado com baixa probabilidade de ocorrência.

Por último, cabe citar que a determinação do beta dos ativos é objeto de controvérsia uma vez que as variâncias e covariâncias podem ser estimadas de diferentes modos, e a metodologia a ser adotada depende da base de dados disponível, do horizonte de tempo em questão e dos objetivos da análise de risco. Geralmente a preocupação é com o risco para o horizonte de um dia, e para tanto se trabalha com séries de dados de retornos diários, calculando as variâncias e covariâncias com janelas móveis de tamanho fixo, garantido que as inovações recentes dos preços de mercado sejam determinantes no modelo. Desse modo, a elaboração do cenário de estresse pode se estender a um choque nas variâncias e covariâncias observadas.

III.2. CAPM CONDICIONAL: D-CAPM

A evidência empírica sugere que tanto a normalidade quanto a simetria da distribuição dos retornos dos ativos no mercado de ações são questionáveis, e desse modo a variância obtida dessa distribuição pode não representar adequadamente o risco. Tendo isso em vista, ESTRADA (2002) propõe uma análise alternativa, onde a semi-variância substitui a variância como medida de risco. Segundo o autor,

The semivariance of returns, on the other hand, is a more plausible measure of risk for several reasons: First, investors obviously do not dislike upside volatility; they only dislike downside volatility. Second, the semivariance is more useful than the variance when the underlying distribution of returns is asymmetric and just as useful when the underlying distribution is symmetric; in other words, the semivariance is at least as useful a measure of risk as the variance. And third, the semivariance combines into one measure the information provided by two statistics, variance and skewness, thus making it possible to use a one-factor model to estimate required returns. (p. 366)

Utilizando o mesmo arcabouço teórico do CAPM, ESTRADA (2002) busca desenvolver um modelo de equilíbrio adaptado para o risco de *downside*, definido como *Downside CAPM (D-CAPM)*. Para tanto, substitui os conceitos de variância, covariância e beta por semi-variância (ou *downside variance*), semi-covariância (ou *downside covariance*) e *downside beta*, respectivamente, definindo-os como:

- **Semi-variância de um ativo**

$$\Sigma_i^2 = \sum_{i=1}^n P_i \{ \text{Min}[R_i - E(R_A), 0]^2 \}$$

- **Semi-covariância de dois ativos**

$$\text{Cov}'_{A,B} = \sum_{i=1}^n \{ P_i \{ \text{Min}[R_{i,A} - E(R_A), 0] \} \{ \text{Min}[R_{i,B} - E(R_B), 0] \} \}$$

- ***Downside beta***

$$B_i = \frac{\text{Cov}'_{i,M}}{\Sigma_M^2}$$

- **Retorno requerido para ativos de risco (D-CAPM)**

$$E(R_i)' = r + B_i [E(R_M) - r]$$

Para as situações de equilíbrio, comparando o retorno requerido para ativos de risco do CAPM com o do D-CAPM, observa-se que o D-CAPM estabelece o *downside beta* como a medida apropriada de risco sistemático para uma análise de risco de *downside*. Desse modo, para a análise de risco de mercado aplicado às ações, a ser executada pelos participantes de mercado, o *downside beta* pode ser utilizado como alternativa ao *beta* tradicional. Ou seja, é possível definir o parâmetro de estresse de uma ação (Δ_i) como:

$$\Delta_i = B_i \Delta_M,$$

onde B_i é o *downside beta* do ativo i com índice de ações M , conforme definido acima, e Δ_M é o parâmetro de estresse para o índice de ações M . Abaixo será apresentado um exemplo que compara o uso do *beta* tradicional com o *downside beta*.

III.3. EXEMPLO NUMÉRICO

Este exemplo tem como objetivo demonstrar a aplicação do *beta* e do *downside beta* na análise de risco de mercado para ações. Para tanto, foram selecionados alguns ativos negociados na BOVESPA (Bolsa de Valores de São Paulo), para os quais foram calculados esses parâmetros com base nos retornos diários observados entre 2/1/2008 e 30/12/2008. O período em questão foi caracterizado por muita volatilidade, sendo observada no primeiro semestre uma tendência de alta de preços para a maior parte dos ativos e posteriormente, no segundo semestre, uma tendência de baixa generalizada devido à crise deflagrada no mercado financeiro do EUA. Os ativos foram selecionados seguindo critérios de maior representatividade em termos de valor de mercado e volume médio negociado em relação a todo mercado.

As estatísticas (variâncias, covariâncias, semi-variâncias e semi-covariâncias) foram estimadas para cada ativo a cada dia utilizando os últimos 60 retornos disponíveis. A escolha dessa janela móvel de 60 retornos tem como objetivo garantir que as inovações recentes nos preços dos ativos sejam consideradas em detrimento dos acontecimentos passados. Desse modo, as estatísticas foram estimadas para os dias entre 28/3/2008 e 31/12/2008.

Cabe ressaltar que os *betas* e *downside betas* também foram estimados para cada dia, utilizando as covariâncias e semi-covariâncias dos ativos com o Índice Bovespa, que é o mais importante indicador do desempenho médio das cotações do mercado de ações brasileiro. Os resultados estão sintetizados na tabela abaixo:

Tabela 1 – Resumo das estimativas diárias para beta e downside beta

Ativo	Beta			Downside Beta			<u>Downside Beta</u>
	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Média
PETR4	0,81	1,23	1,01	1,04	1,70	1,30	1,31
VALE5	1,03	1,43	1,17	1,29	2,08	1,52	1,30
BBDC4	0,73	1,19	0,98	0,71	1,72	1,12	1,16
ITUB4	0,82	1,25	1,06	0,69	1,85	1,16	1,11
CSNA3	0,77	1,65	1,21	1,19	2,18	1,58	1,33
USIM5	0,93	1,57	1,23	0,91	1,94	1,40	1,14
GGBR4	1,04	1,57	1,29	1,07	2,48	1,56	1,20
BBAS3	0,73	1,43	1,13	0,70	1,95	1,27	1,12
RDCD3	0,53	1,20	0,87	0,71	2,40	1,52	1,80
AMBV4	0,40	1,03	0,66	0,44	1,24	0,94	1,49
CYRE3	0,88	1,77	1,32	0,95	1,82	1,44	1,10
LIGT3	0,59	1,14	0,79	0,65	2,52	1,34	1,74
GFGA3	0,95	1,72	1,45	0,96	1,99	1,59	1,10
NETC4	0,57	1,43	0,97	0,77	2,35	1,45	1,58
CMIG4	0,47	0,99	0,68	0,64	1,86	1,27	1,92
EMBR3	0,23	0,68	0,47	0,59	1,90	1,13	2,72
CPFE3	0,54	1,02	0,77	0,80	2,07	1,36	1,79
ELET6	0,59	1,07	0,77	0,59	1,98	1,22	1,59
TNLP4	0,30	1,05	0,75	0,64	3,23	1,54	2,43
PCAR5	0,45	0,88	0,69	0,52	1,47	0,93	1,37

Observa-se que os valores para *beta* e *downside beta*, estimados para fechamento de cada dia, variam bastante e é possível dizer que o *downside beta* é consistentemente maior que o *beta*, uma vez que a média dos valores da relação *downside beta* versus *beta* é maior que um para todos os ativos. Portanto, para uma gestão de risco de mercado mais conservadora, aparentemente a utilização do *downside beta* se apresenta mais adequada.

Contudo, podem-se realizar testes estatísticos mais profundos na série de dados a fim de verificar qual das duas medidas de risco é mais adequada para medir o risco. Uma maneira de realizar isso é aplicar uma regressão linear simples relacionando o retorno observado com o *beta* e *downside beta* estimado para o dia anterior. Desse modo é possível determinar se essas medidas de risco são significativas e explicam o retorno dos ativos.

Tendo em vista o Teste de Estresse, aplicou-se um filtro nos dados a fim de selecionar apenas os retornos que representassem situações de estresse de mercado. Isso foi realizado excluindo da base de cada ativo todos os dias em que os retornos foram positivos e também os dias em que os retornos negativos foram menores que dois desvios-padrão, em valor absoluto. O resultado disso foi uma série de dados com retornos diários (negativos) e os *betas* e *downside betas* calculados para o dia imediatamente anterior. Para cada medida de risco foi estimada uma regressão, definida como:

$$R_i = \gamma_0 + \gamma_1 VR_{i-1} + u_i,$$

onde R_i é o retorno do ativo observado no dia i , VR_{i-1} representa a variável de risco estimada para o dia anterior ao dia i , γ_0 e γ_1 são os coeficientes a serem estimados e u_i é o termo de erro. O resultado do exercício está expresso na tabela abaixo:

Tabela 2 – Resumo da regressão 1

VR	γ_0	Stat t	γ_1	Stat t	R ²	R ² Ajustado
Beta	-0,05	-5,19	-0,07	-6,76	0,36	0,35
Downside Beta	-0,06	-5,00	-0,05	-5,02	0,23	0,23

Valor crítico a 5% de significância: 1,99

Pode-se afirmar que ambas as medidas de risco, quando testadas isoladamente, são significativas para explicar os retornos observados em situações de estresse. Cabe mencionar que o beta se apresenta ligeiramente mais significativo que o downside beta, e por isso é possível realizar uma regressão que relacione os retornos com as duas medidas de risco, a fim de corroborar a conclusão inicial. Então, essa regressão se define como:

$$R_i = \gamma_0 + \gamma_1 \beta_{i-1} + \gamma_2 B_i + v_i,$$

onde R_i é o retorno do ativo observado no dia i , β_{i-1} e B_i são o *beta* e *downside beta*, respectivamente, estimados para o dia anterior ao dia i , γ_0 , γ_1 e γ_2 são os coeficientes a serem estimados e v_i é o termo de erro. O resultado dessa regressão demonstra que, quando testados conjuntamente, apenas o beta é significativo, e isso pode ser visualizado na tabela abaixo:

Tabela 3 – Resumo da regressão 2

	γ_0	Stat t	γ_1	Stat t	γ_2	Stat t	R ²	R ² Ajustado
<i>Beta,</i> <i>Downside Beta</i>	-0,04	-3,93	-0,05	-4,21	-0,02	-1,33	0,37	0,36

Valor crítico a 5% de significância: 1,99

Portanto, nesse exemplo, fica evidente que o *downside beta* pode ser utilizado como complemento ao *beta* na gestão de riscos de mercado para ações, uma vez que: (i) a adoção do *downside beta* resulta em maior conservadorismo na elaboração dos cenários para o teste de estresse, mas (ii) os testes na base de dados demonstram que o *beta*, no relativo, é mais significativo para explicar as piores variações de preços observadas para os ativos.

CONCLUSÃO

Na nova ordem financeira que se consolida no mundo, em que custos de transação são reduzidos permitindo que inúmeras transações sejam executadas a cada momento e de modo globalizado, a preocupação com o controle dos riscos associados cresce rapidamente. Esta monografia buscou identificar as questões relevantes para a gestão dos riscos financeiros, desde a identificação e classificação dos riscos, à mensuração e controle dos mesmos. Especificamente para o mercado de ações, foi apresentado um método de mensuração do risco que tem como arcabouço teórico o modelo de precificação CAPM.

Desse modo, no primeiro capítulo foi abordado o tema da gestão de riscos financeiros nas corporações que estão expostas a esse tipo de risco. Foram citados estudos de caso em que se verificou inadequação de políticas de controle de risco que culminaram em grandes perdas financeiras. Cabe mencionar que nem sempre essas perdas foram fruto de instabilidade nos fundamentos macroeconômicos das economias, mas se verificaram em condições adversas de funcionamento do mercado. Ainda no Capítulo I foi apresentada a classificação de riscos financeiros comumente utilizada pelos participantes de mercado (riscos de mercado, crédito, liquidez e operacional) e, por último, foram apresentadas duas ferramentas para mensuração do risco de mercado, o VaR (pior perda esperada num horizonte de tempo determinado para o nível de confiança de considerado) e Testes de Estresse (perdas potenciais em situações consideradas anormais para o funcionamento dos mercados financeiros).

Em relação ao risco de mercado, que representa a possibilidade de perdas devido à oscilação dos preços no mercado, foi dito que a medida de sensibilidade de primeira ordem varia conforme o tipo de ativo considerado. Para o mercado de ações essa medida de sensibilidade é dada pelo *beta*, e no segundo capítulo foi apresentado o arcabouço teórico que estabeleceu esse parâmetro, o CAPM. A teoria de seleção de carteiras, formulada inicialmente por Harry M. Markowitz, antecede o CAPM e serve de base para vários estudos sobre o tema. Por sua vez, o CAPM, tido como um dos pilares da moderna teoria de finanças, permite a avaliação de ativos de risco e busca

exibir a relação ótima entre retorno esperado e risco desejado, estabelecendo que, em equilíbrio, o retorno esperado de um ativo de risco é o retorno do ativo livre de risco somado a um prêmio de risco ajustado pelo *beta*, onde *beta* é a covariância entre os retornos de um ativo e os retornos da carteira de mercado em relação à variância dos retornos da carteira de mercado.

No terceiro capítulo foi demonstrado como o modelo CAPM pode ser utilizado pelos participantes do mercado para medir o risco a que estão expostos. Dado que o *beta* mede a sensibilidade relativa dos retornos de um ativo, este parâmetro pode ser utilizado para modelagem de cenários de estresse. Contudo, tendo em vista que a premissa de normalidade e simetria sobre a distribuição dos retornos dos ativos é questionável, foi apresentado um modelo derivado do CAPM que busca capturar o risco de *downside*. Este tem como resultado a definição do *downside beta*, que é calculado através da semi-variância e semi-covariância dos retornos, sendo também tratado como métrica de risco.

Com o propósito de comparar o *beta* com o *downside beta*, ambos voltados para a gestão de risco, foi realizado no Capítulo III um exemplo numérico. Os dois parâmetros foram calculados para alguns ativos selecionados e observou-se que o *downside beta* é consistentemente maior que o *beta*, o que implicaria em uma gestão de risco mais conservadora se fosse utilizado para tal propósito. Mas, a fim de validar os resultados encontrados e considerando que a gestão de risco está focada nas situações em que se observam perdas elevadas, realizaram-se testes para verificar qual das duas métricas tinha melhor aderência aos piores retornos observados. Os resultados dos testes indicaram que ambas as métricas são significativas, sendo que o *beta* se mostrou ligeiramente superior. Portanto, pode-se concluir que *beta* e *downside beta* devem ser utilizados em conjunto para medir corretamente o risco de ações ou carteiras de ações.

BIBLIOGRAFIA

ALLEN, Franklin; MORRIS, Stephen. **Finance Applications of Game Theory**. Paper, 1998. Disponível em: <[HTTP://fic.wharton.upenn.edu/fic/papers/98/9823.pdf](http://fic.wharton.upenn.edu/fic/papers/98/9823.pdf)>. Acesso em: 12 jul. 2009.

CARLSON, Mark. **A Brief History of the 1987 Stock Market Crash with a Discussion of the Federal Reserve Response**. Washington, D.C.: Divisions of Research & Statistics and Monetary Affairs, Federal Reserve Board, 2007.

CHINCARINI, Ludwig B.. **The Amaranth Debacle: A Failure of Risk Measures or a failure of Risk Management?** Paper, 2007. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=952607>>. Acesso em: 15 mai. 2009.

DARIO, Alan De Genaro. **Utilização da Teoria dos Valores Extremos para o estabelecimento de cenários de estresse: o caso da BM&F**. Resenha BM&F nº 161. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 2004.

DUARTE, Antônio Marcos Júnior et al. **Gerenciamento de riscos corporativos: Classificação, definições e exemplos**. Resenha BM&F nº 133. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 1999.

ELTON, Edwin. J.; GRUBER, Martin. J.. **Modern portfolio theory, 1950 to date**. Journal of Banking & Finance 21. 1997.

ESTRADA, Javier. **Systemic risk in emerging markets: the D-CAPM**. Emerging Markets Review, p. 365-379. 2002.

GRUNDY, Kevin; MALKIEL, Burton G.. **Reports of Beta's Death Have Been Greatly Exaggerated**. Princeton University, CEPS Working Paper nº 27. 1995. Disponível em: <<http://www.princeton.edu/~ceps/workingpapers/27malkiel.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2009.

HULL, John C.. **Opções, Futuros e Outros Derivativos**. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 1998.

JORION, Philippe. **Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk.** New York: The McGraw-Hill Companies, Inc, 2007.

KNIGHT, Frank Hyneman. **Risk, Uncertainty, and Profit.** Boston: Hart, Schaffner & Marx; Houghton Mifflin Co., 1921.

LOWENSTEIN, Roger. **When Genius Failed: The Rise and Fall of Long-Term Capital Management.** New York: Random House Publishing Group, 2000.

REILLY, Frank K.; BROWN, Keith C.. **An Introduction to Portfolio Management.** In: *Corporate Finance and Portfolio Management: CFA[®] Program Curriculum - Volume 4.* Boston: Pearson Custom Publishing, 2008. p. 227 a 250.

REILLY, Frank K.; BROWN, Keith C.. **An Introduction to Asset Pricing Models.** In: *Corporate Finance and Portfolio Management: CFA[®] Program Curriculum - Volume 4.* Boston: Pearson Custom Publishing, 2008. p. 253 a 286.

RISKMETRICS. **Riskmetrics[™] – Technical Document.** New York: Morgan Guaranty Trust Company of New York, 1996.