

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE**  
**DEPARTAMENTO DE CONTABILIDADE E ATUÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS**

**RISCO DE SUBSCRIÇÃO FRENTE ÀS REGRAS DE SOLVÊNCIA DO MERCADO**  
**SEGURADOR BRASILEIRO**

**Betty Lilian Chan**

**Orientador: Prof. Dr. Gilberto de Andrade Martins**

**SÃO PAULO**  
**2010**

Prof. Dr. João Grandino Rodas  
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Reinaldo Guerreiro  
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Prof. Dr. Edgard Bruno Cornachione Junior  
Chefe do Departamento de Contabilidade e Atuária

Prof. Dr. Luís Eduardo Afonso  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis

**BETTY LILIAN CHAN**

**RISCO DE SUBSCRIÇÃO FRENTE ÀS REGRAS DE SOLVÊNCIA DO MERCADO  
SEGURADOR BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Departamento de Contabilidade e Atuária da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo como requisito para a obtenção do título de Doutora em Ciências Contábeis.

**Orientador: Prof. Dr. Gilberto de Andrade Martins**

**SÃO PAULO**

**2010**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

Elaborada pela Seção de Processamento Técnico do SBD/FEA/USP

Chan, Betty Lilian

Risco de subscrição frente às regras de solvência do mercado  
segurador brasileiro / Betty Lilian Chan. – São Paulo, 2010.

99 p.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 2010.

Orientador: Gilberto de Andrade Martins.

1. Atuária 2. Seguro 3. Risco (Seguro) 4. Capital de risco I. Universidade  
de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade  
II. Título.

CDD – 368.01

*Aos meus pais,  
por me acompanharem nessa jornada.*



Muitas pessoas contribuíram para a realização desta pesquisa, direta ou indiretamente. Aproveito esta oportunidade para registrar os meus sinceros agradecimentos.

Ao meu orientador e grande amigo, Prof. Dr. Gilberto de Andrade Martins, com quem muito aprendi desde a graduação.

Ao Prof. Dr. Luiz Augusto Ferreira Carneiro e à Prof<sup>ª</sup>. Dra. Fernanda Chaves Pereira pelas valiosas contribuições feitas no exame de qualificação, que me levaram a aperfeiçoar esta tese.

Aos Professores da FEA por todos os ensinamentos e oportunidades que me proporcionaram e, em especial, aos: Prof. Dr. Luiz Paulo Lopes Fávero, Prof. Dr. Ariovaldo dos Santos, Prof. Dr. Geraldo Barbieri, Prof. Dr. Iran Siqueira Lima, Prof. Dr. L. Nelson Carvalho, Prof. Dr. Luiz João Corrar, Prof. Dr. Reinaldo Guerreiro e Prof<sup>ª</sup>. Dra. Vera Fava.

Aos meus pais e irmãos pela paciência, incentivo, apoio e compreensão pelos inúmeros momentos de ausência durante o período do Doutorado.

Às amigas Fabiana Lopes da Silva, Fernanda Furuta e Patrícia dos Santos Vieira pela amizade e por toda ajuda e apoio ao longo do doutorado.

Aos amigos da Pós e àqueles que me acompanharam nessa jornada, destacando: Chang Shy En, Karina Yuri Tanaka, Patrícia Kaori Tanaka, Márcia Kazumi Nagatomo, Vânia Kawamoto, Valkíria Nobue Yoshimura, Nivaldo Gomes Lamac, Fabio Lopes da Silva, Lenon Lopes da Silva, Mariana Silva Lopes, Hana Chan, Mitsue Hori, Nálbia de Araújo Santos, Márcia Teresa dos Anjos, Nelma T Zubek Valente, Enrico Antonio Chiavegato, Luana Rodrigues Tinoco Zapparoli, Priscila Fernandes Ribeiro, Simone Castella Friche, Josue Tzan Hsin Ma, Nilton Tsuchiya, Michelle Schuindt do Carmo, Fernanda Tiemi Ibuki, Nina dos Santos Schertel, Tiago Freitas Triumpho e Gustavo Melo.

**“Sob condições de incerteza, a racionalidade  
e a medição são essenciais para  
a tomada de decisões.”  
BERNSTEIN (1997, p. 187)**



## RESUMO

Nos últimos anos, o mercado segurador brasileiro tem apresentado forte expansão, a qual foi impulsionada pela estabilização econômica e o conseqüente aumento do consumo. No entanto, mediante um crescimento acelerado dos prêmios, eventuais desvios nas premissas adotadas na precificação podem expor as seguradoras a riscos pouco suportáveis no longo prazo. Este é um dos componentes do risco de subscrição, sendo o objeto do presente estudo. No âmbito regulatório, frente ao aumento das complexidades dos serviços financeiros e aos escândalos envolvendo grandes corporações, fez-se necessário o Novo Acordo da Basileia, o qual introduziu metodologias de apuração da necessidade mínima de capital mais sensível a risco, beneficiando instituições melhor administradas na medida em que requer menor alocação de capital. Nessa mesma linha, no mercado segurador dos países membros da União Européia, segue o projeto Solvência II. Acompanhando a tendência mundial, no Brasil, foram promulgadas novas regras de solvência para o mercado segurador, sendo estabelecidas, num primeiro momento, regras de alocação de capital para cobertura do risco de subscrição, sendo os demais tipos de risco a serem tratados na seqüência. É importante esclarecer que, diferentemente do setor bancário, no mercado segurador brasileiro não é permitida a utilização do próprio modelo interno ou dos parâmetros deste para determinação do capital mínimo requerido regulatório, mas apenas a aplicação de fatores mais suavizados para tal fim. Assim, como este não observa o risco mensurado internamente, o capital regulatório passa a representar um potencial custo imposto às seguradoras, o qual pode impactar diretamente na rentabilidade das linhas de negócio. Nesse sentido, o presente estudo buscou investigar, sob a ótica e limitação de usuário externo das demonstrações contábeis, a existência de indícios que levam a supor que a nova regulamentação sobre o capital mínimo para cobertura do risco de subscrição penalizou as seguradoras de menor porte, tendo-se em vista o seu valor em risco para o nível de confiança de 99,5%. Para tanto, foi necessário: (a) apurar o capital mínimo regulatório, seja com ou sem modelo interno, (b) estimar o valor em risco de cada seguradora para o nível de confiança de 99,5% e (c) distinguir as seguradoras por porte, o qual foi determinado pela técnica de Análise de Conglomerados. O maior desafio foi determinar, para cada seguradora, o item (b), o qual consistiu na estimação das distribuições marginais das perdas por categoria de negócio e a agregação dessas pela aplicação da teoria de cópulas. Depois, calculou-se a razão entre (i) a somatória do grau de provisionamento com a alocação do capital regulatório (abordagens com e sem modelo interno) e (ii) o valor em risco ao nível de confiança de 99,5%. Em seguida, aplicou-se o teste de Mann-Whitney para comparar médias em função do porte. A partir da análise desenvolvida, observou-se que modelo regulatório se mostrou mais coerente quando aplicado às seguradoras médias e grandes, tendo-se em vista que apresentou menor dispersão no parâmetro calculado, cuja mediana estava em torno de 1. Ou seja, para essas, tal resultado sugere que o grau de provisionamento juntamente com o capital regulatório retrata, aproximadamente, o nível de confiança de 99,5%, em consonância com o Projeto Solvência II. A dispersão para as seguradoras pequenas é bem maior e a mediana está próximo a 1,5, o que indica que a abordagem regulatória requer em torno de 50% a mais de recursos que o nível de confiança de 99,5% exige. Esse resultado indica uma desvantagem competitiva se comparada às seguradoras de médio e grande porte. Portanto, os resultados dos testes sugerem que as novas regras de alocação de capital para o mercado segurador brasileiro penalizou as seguradoras de menor porte, impactando na rentabilidade, na precificação e na competitividade se comparada às médias e grandes, o que, por sua vez, tende a favorecer a concentração do setor.

## ***ABSTRACT***

In recent years, the Brazilian insurance market has shown strong growth, which was driven by economic stabilization and the consequent increase in consumption. However, on an environment accelerated growth of premiums, any deviations in the pricing assumptions may expose insurers to unbearable risks in the long term. This is one of the components of the underwriting risk which is the object of this study. In a regulatory side, increased complexities of the financial services and scandals involving large corporations resulted in the creation of the New Basel Accord, which introduced new methodologies to analyze the minimum capital required, considering the risk based capital approach, benefiting the better managed institutions as they require less capital allocation. In a similar vein, countries of the European Union follow the Solvency II project for their insurance market. Following the global trend, new solvency rules for the insurance market were approved in Brazil, being established in the first instance, rules of capital allocation to cover the underwriting risk. Other risk types will be addressed later by the government. It is important to clarify that, unlike the banking sector, the Brazilian insurance market is not allowed to use its own internal model or the parameters of this model to determine the minimum regulatory capital required, but only the application softened factors for this purpose. Thus, as it does not observe the risk internally measured, the regulatory capital becomes a potential cost imposed on the insurers, which can impact directly the profitability of the business lines. Therefore, from the point of view and limitation of external user of financial statements, the present study investigated the existence of signs that could lead to suppose that the new regulations on minimum capital to cover the underwriting risk have penalized the smaller insurance companies, when keeping in view their value at risk for the confidence level of 99,5%. To this end, it was necessary: (a) to determine the minimum regulatory capital, either approaches with or without internal model; (b) to estimate the value at risk of each insurer for the confidence level of 99,5%; and (c) to distinguish insurers by size, according to the cluster analysis technique. The biggest challenge was to determine, for each insurer, the item (b), which consisted in the estimation of marginal distributions of losses and aggregation of these by applying the theory of copulas. Then we calculated the ratio of (i) the sum of the degree of provisioning with the allocation of regulatory capital (approaches with and without internal model) and (ii) the value at risk at the level of confidence 99,5%. Next, we applied the Mann-Whitney Test to compare means of the insurers by size. From the developed analysis, it was observed that the regulatory model was more consistent on medium and large insurers as they have shown a lower dispersion in the parameter of interest, presenting a median around 1. That is, for them, the result suggests that the level of provisioning along with the regulatory capital has approximately reflected the confidence level of 99,5%, which is in line with the Solvency II project. Small insurers have shown much higher dispersion and their median is close to 1,5. This indicates that the regulatory approach requires around 50% more resources than the confidence level of 99,5% requires. This represents a disadvantaged competition, if compared with large and medium sized companies. Therefore, the test results suggest that the new rules of capital allocation for the Brazilian insurance market has penalized the smaller insurers, impacting their profitability and competitive pricing when compared with the medium and large ones, which, in turn, tend to favor an industry concentration.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b>	<b>2</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b>	<b>5</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
1.1 Contextualização	7
1.2 Situação-Problema	9
1.3 A Tese	13
1.4 Objetivos	14
1.5 Hipótese	15
1.6 Justificativa e importância	16
<b>2. PLATAFORMA TEÓRICA</b>	<b>19</b>
2.1 Tipos de risco	19
2.1.1 Risco de Subscrição	22
2.2 Dinâmica das operações de seguros	26
2.3 Risco de subscrição e novas regras de solvência para o mercado segurador	31
2.3.1 Contexto internacional	31
2.3.2 Capital mínimo requerido no mercado segurador brasileiro	34
2.4 Capital Econômico	40
2.5 Conceito de Dependência	43
2.5.1 Introdução à Teoria de Cópulas	47
<b>3. MODELAGEM</b>	<b>61</b>
3.1 Metodologia	61
3.2 Tratamento da base de dados e cálculo dos parâmetros da distribuição marginal	74
<b>4. ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>81</b>
<b>5. CONCLUSÕES</b>	<b>89</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>93</b>

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

APT: *Arbitrage Pricing Theory*

BIS: *Bank for International Settlements*

CAPM: *Capital Asset Pricing Model*

CMR: Capital Mínimo Requerido

CNSeg: Confederação Nacional das Empresas de Seguros Gerais, Previdência Privada e Vida, Saúde Suplementar e Capitalização

CNSP: Conselho Nacional de Seguros Privados

EVA: *Economic Value Added*

FENASEG: Federação Nacional das Empresas de Seguros Privados e de Capitalização

IBNR: Provisão de Sinistros Ocorridos e Não Avisados

PIB: Produto Interno Bruto

PIP: Provisão de Insuficiência de Prêmios

PPNG: Provisão de Prêmios Não Ganhos

PSL: Provisão de Sinistros a Liquidar

RAROC: *Risk Adjusted Return on Capital*

SCR: *Solvency Capital Requirement*

SES: Sistema de Estatística da Susep

SUSEP: Superintendência de Seguros Privados

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Parcela Variável do Capital Base.....	36
Tabela 2 - Região de Atuação .....	38
Tabela 3 - Lista de <i>Journals</i> que mais trataram sobre a teoria de cópulas.....	50
Tabela 4 - Distribuição original da sinistralidade anual por classe de negócio .....	76
Tabela 5 - Distribuição da representatividade do prêmio ganho por classe de negócio .....	76
Tabela 6 - Distribuição da sinistralidade.....	77
Tabela 7 - Distribuição da quantidade de categorias de atuação por seguradora.....	79
Tabela 8 – Distribuição do índice de cobertura.....	81
Tabela 9 - Estatística descritiva do índice de cobertura .....	83
Tabela 10 - Média do ativo total e prêmio ganho e a quantidade de seguradora por <i>cluster</i> ...	85
Tabela 11 - Estatística descritiva do nível de confiança por <i>cluster</i> .....	85
Tabela 12 - Resultado do Teste de <i>Mann-Whitney</i> (entre o <i>cluster</i> 1 e 2) .....	88

**LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 - Evolução dos Prêmios Retidos .....	8
Gráfico 2 - Principais razões para calcular o Capital Econômico.....	42
Gráfico 3 - Evolução do número de documentos sobre a teoria de cópulas: 1971 - 2005 .....	50
Gráfico 4 - Histograma do Nível de Confiança (sem modelo interno) .....	82
Gráfico 5 - Histograma do Nível de Confiança (com modelo interno).....	82
Gráfico 6 - Boxplot da dispersão do índice de cobertura considerando a abordagem sem modelo interno.....	86
Gráfico 7 - Boxplot da dispersão do índice de cobertura considerando a abordagem com modelo interno.....	87

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1 - Linha do tempo do risco de subscrição .....	25
Figura 2 - Cadeia das operações de seguro .....	30
Figura 3 - Requerimento de Capital - Solvência II .....	34
Figura 4 - Distribuição de perdas .....	42
Figura 5 - Exemplo de aplicação de uma Função Cópula.....	47
Figura 6 - Exemplo de Cópula Normal com coeficiente de correlação 0.7 .....	52
Figura 7 - Exemplo de Cópula t-Student com coeficiente de correlação 0.7 e 3 graus de liberdade.....	53
Figura 8 - Exemplo de Cópula Gumbel com $\alpha$ igual a 2 .....	55
Figura 9 - Exemplo de Cópula Clayton com $\alpha$ igual a 2 .....	56
Figura 10 - Exemplo de Cópula Frank com $\alpha$ igual a 10.....	57
Figura 11 - Comparação entre Cópulas (amostra simulada).....	58
Figura 12 - Distribuição de Perdas .....	62
Figura 13 - Procedimento de cálculo do capital econômico .....	64
Figura 14 - Exemplo de Distribuição Gama ( $\alpha, \beta$ ) .....	65
Figura 15 - Dendrograma ( <i>Ward Method</i> ) .....	84





# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

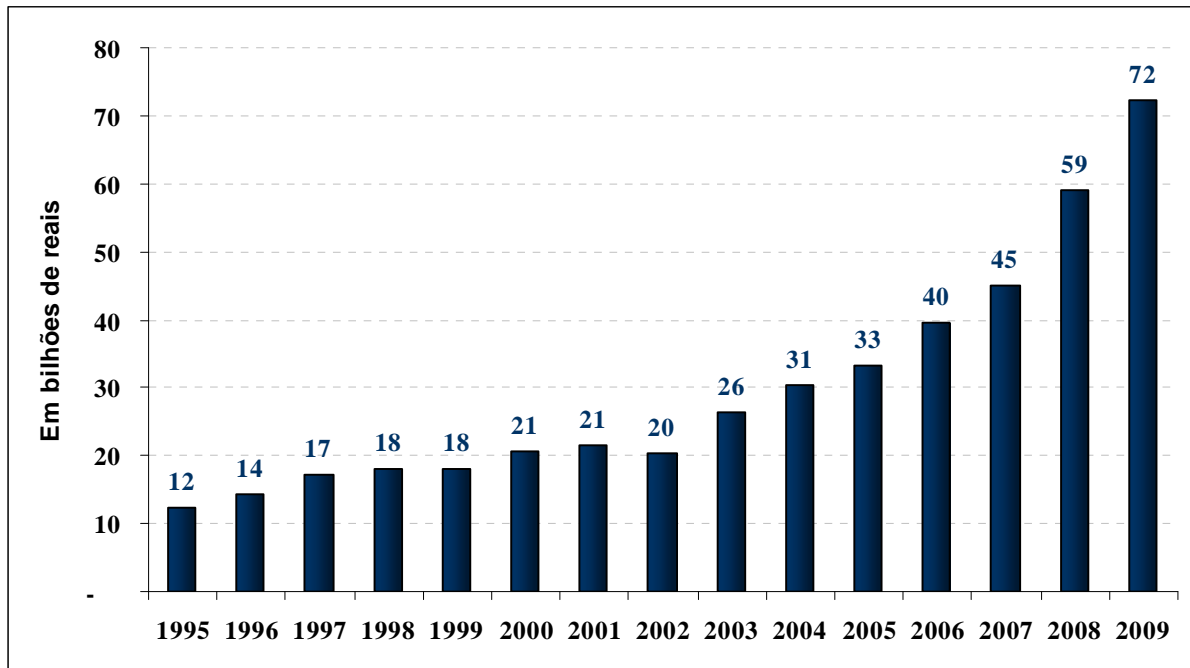
A estabilização da economia e o conseqüente crescimento econômico incentivaram o aumento do consumo o qual, por sua vez, contribuiu para o aumento da demanda de seguros no mercado brasileiro.

De acordo com a Moody's (2006, p. 1):

O mercado segurador brasileiro é, com ampla margem, o maior da América Latina e, em razão de sua economia crescente e sua população, de aproximadamente 180 milhões, oferece potencial para tornar-se um dos mais importantes centros seguradores no médio-longo prazo, em todos segmentos incluindo Seguros Gerais, Seguro de Vida e Produtos de Previdência Complementar.

Segundo dados da Confederação Nacional das Empresas de Seguros Gerais, Previdência Privada e Vida, Saúde Suplementar e Capitalização (CNSeg, ex-FENASEG - Federação Nacional das Empresas de Seguros Privados e de Capitalização), em 2005, o mercado de seguros, previdência aberta e capitalização representava mais de 3% do produto interno bruto (PIB) nacional. Em 2009, conforme estatística da Superintendência de Seguros Privados (SUSEP), somente o setor de seguros já correspondia a mais de 2% do PIB.

A seguir é apresentada a evolução dos prêmios retidos apenas do mercado segurador:



**Gráfico 1 - Evolução dos Prêmios Retidos**

FONTE: Elaborado a partir da base de dados SES disponibilizado pela SUSEP (até dez/09)

Conforme o Gráfico 1, observa-se que o setor de seguros apresentou expansão significativa nos últimos anos, passando de cerca de R\$ 12 bilhões de prêmios retidos em 1995 para R\$ 72 bilhões em 2009, o que indica um crescimento de quase 500% no período.

Entretanto, Myhr e Markham (2006, p. 17) alertam que:

Um aumento rápido dos prêmios, no entanto, pode ser indesejável e poderia indicar padrões de subscrição muito indulgentes ou níveis de prêmios inadequados. Um crescimento inapropriado dos prêmios pode até levar a lucros reduzidos na medida em que os sinistros começam a exceder os prêmios coletados para cobrir as exposições ao risco.

Tal preocupação se justifica pelo fato de que os custos das operações de seguros, muitas vezes, podem demorar vários anos até que se tornem efetivamente conhecidos.

Nesse sentido, Contador (2007, p. 95) destaca:

Nas empresas industriais, o custo do produto é conhecido no momento da venda e o resultado da venda é a diferença entre o preço e os custos, acrescidos dos impostos indiretos. Portanto, o conceito é o de custo observado. No caso de uma operação de seguro, o custo total da venda não é conhecido no momento da operação. Pode ser zero, se o sinistro não acontecer, ou atingir valores às vezes desconhecidos, inclusive diferidos no tempo, ou seja, o sinistro pode ocorrer muito tempo depois da venda da apólice (seguro de vida, por exemplo).

Assim, eventuais desvios nas premissas adotadas na precificação, mediante um crescimento acelerado dos prêmios, podem expor as seguradoras a riscos pouco suportáveis no longo prazo. Esse risco é um dos componentes do risco de subscrição, sendo o objeto do presente estudo.

## 1.2 Situação-Problema

No início da década de 70, foi introduzido nos países membros da União Europeia o projeto Solvência I, o qual consistia na observância de um montante mínimo de capital destinado à absorção de eventuais perdas, sendo o modelo de cálculo considerado relativamente simples, à semelhança do segmento bancário representado, até então, pelo Acordo da Basiléia I.

O cenário regulatório do mercado brasileiro de seguros até 2006 não foi diferente. A margem de solvência, determinada pela Resolução CNSP N. 8/89, alterada pela Resolução CNSP N. 55/2001, correspondia ao montante igual ou maior entre (a) 0,20 vezes o total da receita líquida de prêmios emitidos dos últimos doze meses e (b) 0,33 vezes a média anual do total dos sinistros retidos dos últimos trinta e seis meses.

Posteriormente, com os escândalos envolvendo grandes corporações como Enron, Adelphia Communications, Kmart, Worldcom, Global Crossing, dentre outros, enfraqueceu-se um dos principais alicerces entre os investidores e as empresas: a confiança (CHAN *et al.*, 2004).

Paralelamente, desastres financeiros emergiram como Daiwa Bank (1995), Barings Bank (1995), Sumitomo Corporation (1996), contribuindo, em conjunto com a dinamização do mercado, para impulsionar melhorias no processo de supervisão e fiscalização do mercado financeiro.

Dessa forma, frente ao aumento das complexidades dos serviços financeiros e aos escândalos envolvendo grandes corporações, fez-se necessário o Novo Acordo da Basiléia, também conhecido como Basiléia II, o qual introduziu metodologias de apuração da necessidade mínima de capital mais sensível a risco (conceito conhecido como *risk-based capital*), beneficiando instituições mais bem administradas à medida que requer menor alocação de capital.

Nessa mesma linha, no âmbito do mercado segurador dos países membros da União Européia, segue o projeto Solvência II, também baseado no conceito de *risk-based capital*.

É importante destacar que a convergência de técnicas de supervisão entre países favorece o fluxo de capitais, tendo-se em vista que, ao considerar as mesmas regras, minimiza-se os efeitos de eventuais barreiras a entradas de novas empresas.

Seguindo a tendência mundial, o órgão regulador do mercado segurador brasileiro também introduziu mudanças significativas no capital mínimo requerido para autorização e funcionamento das sociedades seguradoras por intermédio das Resoluções CNSP (Conselho Nacional de Seguros Privados) N. 155, 156, 157 e 158, todas publicadas no final do ano de 2006. Nessa primeira etapa, foi estabelecida regra específica apenas para a determinação do capital mínimo adicional destinado à cobertura do risco de subscrição, embora tenham deixado explícito que os riscos de crédito, de mercado, legal e operacional seriam regulamentados posteriormente (art.10 da Resolução CNSP N. 155, de 2006).

O risco de subscrição pode ser entendido como o risco associado à adequação: (a) das bases técnicas utilizadas na precificação e (b) da constituição das provisões técnicas, sendo, portanto, um dos principais riscos inerentes à atividade seguradora (CHAN *et al.*, 2008).

Nessa linha, Fraga (2005) explica que o risco de precificação se refere à possibilidade do montante dos sinistros a ser pagos pela sociedade ser maior que o prêmio a ser recebido, enquanto o risco de provisão refere-se à cobertura emitida e ganha, porém ainda não totalmente liquidada, sendo, portanto, sujeita ao desenvolvimento adverso dos sinistros.

A Resolução CNSP N 158, de 2006, trata da fórmula de cálculo do capital mínimo requerido para a cobertura do risco de subscrição, prevendo duas possibilidades: uma utilizando fatores mais agravados que acarretam em maior necessidade de capital quando a empresa não dispõe de um modelo interno de avaliação de risco e outra, com fatores mais suavizados, caso a instituição possua um modelo interno.

É importante esclarecer que, diferentemente do setor bancário, no mercado segurador brasileiro não é permitida a utilização do próprio modelo interno ou dos parâmetros do

modelo interno para determinação do capital mínimo requerido, mas, apenas, a aplicação de fatores mais suavizados para tal fim, conforme fórmula disposta na referida resolução.

Chan *et al.* (2008) observaram que a Resolução CNSP N. 158/06 propiciaria impactos significativos na necessidade de capital, chegando a atingir uma diferença, em muitos casos, de mais de 200% em relação ao critério até então vigente. Conforme notícia divulgada no Portal Nacional de Seguros & Saúde (2007):

O presidente do Sincor-RJ, Henrique Brandão, advertiu, hoje, que as novas regras para adequação de capital estabelecidas pela Susep podem provocar uma concentração ainda maior do mercado. Segundo ele, 40 ou 50 seguradoras de pequeno e médio portes correm o risco de ser compradas ou de, simplesmente, fecharem as portas por não conseguirem atender às exigências da nova legislação.

[...]

Na avaliação do presidente do Sincor-RJ, há sério risco de desaparecimento de pequenas e médias empresas, que têm atuação regional ou são especializadas em determinados nichos de mercado: "das 91 seguradoras em plena atividade hoje, 67 vão precisar de novos aportes, que podem chegar a 200% do capital em determinados casos", salientou.

Nesse sentido, atendendo a pleitos do mercado segurador, em dezembro de 2007, foi promulgada a Circular SUSEP N. 355, alterando os fatores de cálculo previstos na Resolução CNSP N. 158/06, amenizando o impacto da nova regulamentação sobre solvência no mercado segurador, mas não permitindo ainda a adoção de modelos internos, nem de parâmetros internos para cálculo de capital.

Sherris e Hoek (2004) destacam que a alocação de capital é um fator importante para o processo de precificação, sobretudo no que se refere à rentabilidade das operações e ao gerenciamento de risco. Ou seja, ao exercer papel fundamental na precificação, indiretamente, está relacionada à atividade de subscrição de riscos, auxiliando na seleção do portfólio que maximiza o valor da empresa.

Para selecionar o portfólio que maximiza o valor da empresa, por sua vez, é necessário entender o valor econômico de cada linha de negócio, conceito relacionado, por exemplo, a técnicas como RAROC (*risk adjusted return on capital*) ou EVA (*economic value added*), as quais envolvem a determinação do capital econômico.

RAROC é uma técnica difundida no sistema financeiro que leva em consideração a rentabilidade do negócio observando o seu risco, enquanto o EVA é uma técnica que busca

identificar as linhas de negócio que criam valor para a empresa, isto é, quando o valor econômico gerado supera a expectativa mínima esperada. Ambos, portanto, são métricas que permitem comparar operações com retorno e risco diferentes, considerando o valor econômico do negócio.

É razoável pressupor que a alocação de capital pelo modelo regulatório tenda a ser, normalmente, superior ao determinado pelo modelo interno de cada instituição, pois o primeiro tende a levar em consideração uma margem de conservadorismo por não conhecer efetivamente o risco a que a entidade está exposta, conseqüentemente, não representando a realidade específica de cada seguradora. Como não se tem a opção de alocar capital pelo modelo interno propriamente dito, o capital regulatório passa a representar um potencial custo imposto às seguradoras, o qual pode impactar diretamente na rentabilidade das linhas de negócio.

Se o modelo regulatório exigir maior alocação de capital para cobertura de risco de subscrição para as seguradoras de menor porte que para as de grande porte, em termos de nível de confiança em relação ao risco a que cada entidade está exposta, então faz sentido a preocupação de potencial concentração do setor. Em outras palavras, isso levaria a supor que o capital regulatório influenciaria de maneira distinta na precificação entre seguradoras conforme o porte dessas, impactando na competitividade do setor, o que não é desejável, sob a ótica da possível concentração do segmento. Cabe destacar que embora o conceito de capital econômico se diferencie do capital regulatório pelo fato de o primeiro ser calculado a partir de características de risco específico da entidade e o segundo normalmente se basear em estatísticas médias do setor, o capital regulatório pode ser convertido em capital econômico bastando estimar qual a probabilidade de ruína (ou tolerância ao risco) equivalente a este a que a entidade está exposta (SOA, 2004) com o capital regulatório.

Para Silva e Moraes (2006, p.4),

As empresas mais eficientes aproveitam da melhor maneira as oportunidades existentes, tornam-se mais lucrativas e ganham fatias de mercado. As menos eficientes têm prejuízo, perdem fatia de mercado, são absorvidas por outras mais eficientes ou encerram suas atividades.

De acordo com outra reportagem veiculada pelo Portal Nacional de Seguros & Saúde (2009), reproduzido do Jornal do Comércio da Agência Estado:

Há tendência de concentração no setor de seguros e seguradoras pequenas e médias estão preocupadas com esse processo, de acordo com o integrante do Conselho Superior da Confederação Nacional de Seguros, Resseguros, Previdência Privada, Saúde Suplementar e Capitalização (CNSeg, novo nome da Fenaseg) José Américo Peón.

As seguradoras médias e pequenas estão se organizando na Fenaseg, disse Peón. De acordo com ele, as empresas desse porte já formaram um grupo para estudar como podem se posicionar diante do cenário de concentração. De acordo com Peón, os custos do setor, inclusive relacionados à Superintendência de Seguros Privados (Susep), cada vez ficam mais caros. Isso estimula as associações fusões e aquisições entre empresas para obter ganhos de escala (CHIARINI, 2009).

Em 2009, foi aprovada a fusão entre a gigante financeira holandesa Aegon e a Mongeral. De acordo com a notícia divulgada na Gazeta Mercantil e reproduzida no Portal Nacional de Seguros & Saúde (2009), “a fusão entre as empresas foi anunciada em outubro do ano passado, como uma forma de a Mongeral ganhar mais dinamismo no mercado segurador brasileiro e atender às atuais demandas de capital mínimo sem perder competitividade”.

Nessa linha, emerge a seguinte questão de pesquisa:

- A Resolução CNSP N. 158/06, alterada pela Circular SUSEP N. 355/07, sobre o capital mínimo requerido para cobertura do risco de subscrição penalizou as seguradoras de menor porte, representando uma desvantagem competitiva para essas?

O nível de capital influencia diretamente a rentabilidade do negócio. Assim, se a questão-problema se confirmar, a nova regulamentação pode representar uma desvantagem competitiva para as seguradoras de menor porte, o que, por sua vez, tende a favorecer a concentração do mercado.

### **1.3 A Tese**

O capital econômico pode ser entendido como o montante de recursos destinado à cobertura de potenciais perdas inesperadas dentro de um horizonte de tempo, dado um nível de tolerância ao risco.

Para o mercado segurador brasileiro, o capital mínimo requerido, incluindo a parcela destinada a cobertura do risco de subscrição, é determinado de forma regulamentar, o que leva

à inquietação acerca da aderência desta necessidade de capital frente à realidade particular de cada seguradora.

Portanto, como o capital mínimo requerido pelo modelo regulatório pode representar um potencial custo imposto às seguradoras, se o nível de tolerância ao risco exigido se distinguir em função do porte das empresas, o modelo regulatório tende a influenciar de maneira adversa na rentabilidade das linhas de negócio e, conseqüentemente, na competitividade do setor, podendo, no limite, incentivar a concentração do segmento.

## **1.4 Objetivos**

Diante do exposto, os objetivos do presente estudo podem ser subdivididos em duas categorias, a saber: geral e específico.

### **Objetivo geral**

- Investigar, sob a ótica de um usuário externo de demonstrações contábeis, se a Resolução CNSP N. 158/06, alterada pela Circular SUSEP N. 355/07, penalizou as seguradoras de menor porte, exigindo maior alocação de capital para a cobertura do risco de subscrição, tendo-se em vista o valor em risco para um nível de confiança de 99,5% para a distribuição de perdas.

Dada as possíveis conseqüências decorrentes da nova regulamentação acerca do capital regulatório, fato que contribui para o aumento da relevância do assunto tratado, o presente estudo busca averiguar se há indícios de que as seguradoras pequenas foram penalizadas na alocação de capital para a cobertura do risco de subscrição se comparadas as de médio e grande porte.

O termo nível de confiança foi utilizado para denotar o grau de tolerância ao risco de subscrição a que uma seguradora está exposta, tangenciando os conceitos de probabilidade de ruína, utilizado em Ciências Atuariais, ou o conceito de VaR (*value at risk*), difundido em finanças. Ou seja, a ideia é comparar o modelo de capital regulatório, juntamente com o grau



de provisionamento, com o valor em risco, considerando o nível de confiança de 99,5% (ou probabilidade de ruína de 0,5%), o qual é a referência do Projeto Solvência II.

### **Objetivos específicos**

Os objetivos específicos consistem em:

- a) Estimar a perda esperada por categoria de negócio e por seguradora;
- b) Estimar, considerando o nível de confiança de 99,5%, a perda agregada por seguradora;
- c) Calcular o índice de cobertura do valor em risco de 99,5% de confiança, considerando o capital regulatório e as provisões destinadas à cobertura da perda esperada;
- d) Distinguir as seguradoras por porte;
- e) Verificar se existem diferenças significativas no índice de cobertura calculado no item “c” em função do porte das seguradoras.

Cabe observar que o valor em risco mencionado é composto pela somatória entre as provisões destinadas à cobertura da perda esperada e o capital econômico necessário para o nível de confiança desejado.

### **1.5 Hipótese**

Conforme mencionado, as novas regras de solvência aplicáveis ao mercado segurador preveem apenas duas possibilidades para determinação do capital mínimo requerido, (a) uma com modelo interno e (b) outra sem modelo interno, cuja única diferença reside nos fatores a serem utilizados em cada situação, os quais são mais severos.

Portanto, tendo-se em vista que a regulamentação local não permite o uso de modelos internos ou de parâmetros internos que melhor retratem a realidade particular de cada seguradora para determinação do capital mínimo requerido para a cobertura do risco de subscrição, o presente estudo colocará a teste a seguinte hipótese:

- H1: Há diferenças significativas, em função do porte das seguradoras, no índice de cobertura do valor em risco, para o nível de confiança de 99,5%, considerando, juntamente com as provisões, o capital regulatório determinado pela Resolução CNSP N. 158/06, alterada pela Circular SUSEP N. 355/07.

Assim, se a hipótese se confirmar, o capital regulatório tende a influenciar de maneira adversa na rentabilidade das linhas de negócio e, conseqüentemente, na competitividade do setor, o que, por sua vez, pode incentivar a concentração do segmento.

## **1.6 Justificativa e importância**

Os recentes desastres financeiros contribuíram para estimular o desenvolvimento de práticas de gerenciamento de riscos mais adequadas à realidade das instituições. Assim, no âmbito internacional, emergiram regulamentações, tais como Novo Acordo da Basileia, também conhecido como Basileia II, e o projeto Solvência II, os quais introduziram metodologias de apuração da necessidade mínima de capital mais sensível ao risco.

A necessidade de implementação de melhorias no processo de supervisão e fiscalização levou o órgão regulador brasileiro, em consonância com as práticas internacionais, a alterar significativamente o capital mínimo requerido para autorização e funcionamento das seguradoras, sendo fixados, nessa primeira fase, a fórmula e os fatores para apuração do capital adicional relativo ao risco de subscrição. Nesse sentido, faz-se necessário uma reflexão acerca da adequação do modelo estabelecido frente à realidade subjacente.

São escassas as literaturas acadêmicas que tratam do assunto, cabendo destacar o estudo realizado por Chan *et al.* (2008), os quais investigaram, a partir de uma análise de dados em corte referente ao exercício social findo em 31 de dezembro de 2006, a coerência do modelo de capital mínimo requerido para cobertura do risco de subscrição estabelecido pela Resolução CNSP N. 158/06.

É importante observar que a referida pesquisa foi realizada à luz da Resolução CNSP N. 158/06, ainda sem as alterações nos fatores introduzidos pela Circular SUSEP N. 355/07.

Além disso, não foi considerado o conceito de capital econômico, mas a coerência da relação entre a exigência de capital e a sinistralidade e sua volatilidade.

Vale ainda ressaltar que, segundo Popper, para o progresso da ciência, dever-se-ia esperar que as teorias fossem falseadas para que houvesse crescimento do conhecimento, com teorias que contém mais verdades e não mais falsidades do que suas antecessoras, o que justifica a proposta do presente estudo de aprofundar nas investigações acerca da adequação do modelo regulatório (NEWTON-SMITH *in* O'HEAR, 1997).

Soma-se a esse contexto a crescente utilização do conceito de capital econômico na gestão interna das entidades. Como o capital mínimo é determinado pelo modelo regulatório, não sendo permitida a utilização do modelo interno propriamente dito ou de seus parâmetros, o capital regulatório passa a representar um potencial custo imposto às seguradoras, o qual pode influenciar na rentabilidade das linhas de negócio. Daí a necessidade de investigar a relação entre o capital mínimo regulatório e o capital econômico, fixando-se um determinado nível de confiança para a distribuição de perdas. Assim, faz-se necessário estimar o capital econômico e compará-lo com o capital regulatório, a fim de investigar se há diferenças entre esses em função do porte da seguradora. Vale lembrar que quando as novas regras de solvência foram divulgadas, foram questionadas se essas incentivavam a concentração do setor, penalizando as entidades de menor porte, fato que contribui para aumentar a relevância do tema.

Conforme Silva e Moraes (2006, p. 3):

É importante o estudo dos fatores que levam à concentração e como ela afeta o comportamento estratégico das empresas. A concentração e a centralização do capital levam ao desenvolvimento de estruturas de mercado cada vez mais oligopolizadas ou, até mesmo, monopolistas. Isto porque surgem combinações entre empresas que visam a dominar a concorrência.

Além disso, outra inquietação comumente encontrada na literatura acadêmica quando se estuda o conceito de capital econômico é a agregação de riscos. Nessa linha, são recentes as pesquisas que tratam da utilização da teoria de cópulas para tal fim.

Portanto, o assunto ora tratado mostra-se contemporâneo no que se refere (a) às novas regras de solvência, (b) à associação entre o capital regulatório e o capital econômico e (c) ao método de agregação de risco via teoria de cópulas. No entanto, cabe ressaltar que a

contemporaneidade traz consigo uma grande dificuldade no desenvolvimento deste estudo, a qual reside na escassez de literaturas científicas que tratam do assunto.

Como ineditismo do trabalho, resalte-se a tentativa de estimar e analisar, sob a ótica do usuário externo de demonstrações contábeis das seguradoras, a aderência do capital regulatório frente à realidade subjacente de cada seguradora para um nível de confiança de 99,5%, o qual é a referência no Projeto Solvência II.

## 2. PLATAFORMA TEÓRICA

### 2.1 Tipos de risco

A palavra risco, de acordo com etimólogos, advém do latim *ressecum*, “o que corta”, sendo empregada, na época medieval, em linguagem náutica como “perigo no mar”, “perigo oculto”. Posteriormente, derivou-se o termo *risicare* (em italiano), que significa ousar. Nessa linha, Berstein (1997) destaca que a compreensão do risco está associada à coragem, fato que se observa desde épocas remotas. No mundo contemporâneo, a coragem é substituída pela gestão, cabendo determinar qual a tolerância ao risco que se queira assumir para garantir a solvibilidade do negócio (RODRIGUES, 2008).

Segundo Brigham (1999, 158), "risco é a chance de que ocorra um evento desfavorável". Para Jorion (2003, p.3), “risco pode ser definido como a volatilidade de resultados inesperados, normalmente relacionada ao valor de ativos ou passivos de interesse”.

Para entender melhor o conceito de risco, Securato (1996, p. 21) explica que:

[...] observemos que ela [definição do risco] estabelece um conceito relativo que é o grau de incerteza de um evento. Lembremos que um “evento certo”, ou seja, que com certeza ocorrerá, é tratado no estudo do cálculo de probabilidades como correspondendo à probabilidade de 100%; nessas condições, sempre que estivermos diante de eventos que apresentam certo grau de incerteza, podemos estabelecer uma correspondente probabilidade de ocorrência do evento.

O grau de incerteza, ou seja, o risco, será intimamente ligado com a probabilidade de ocorrência dos eventos em estudo. A condição limite será a condição de incerteza plena em que não queremos ou não temos condições de usar o conceito de probabilidades para a avaliação do evento. Assim, desde que seja possível, a forma de atenuar as condições de incerteza consiste na utilização das probabilidades dos eventos em estudo. É por meio das probabilidades que pretendemos captar a influência da experiência, do julgamento e do ambiente, em diferentes condições de projeções dos resultados, relativos a uma questão que será objeto de decisão.

Nestas condições, a forma mais comum de tratamento da questão é a obtenção de uma distribuição de probabilidades, sua média e desvio; o desvio em relação à média é entendido como o risco da variável em estudo.

Diante do aumento das complexidades dos serviços financeiros e das crises financeiras envolvendo grandes corporações, emergiram modelos regulatórios como Basileia II e Solvência II que dispõem sobre a alocação de capital mínimo das entidades, baseados no conceito de *risk-based capital*.

Segundo Fraga (2005, p. 66),

Ter um montante de capital próprio apropriado é importante para as empresas de seguro, para que a imagem de confiança que os segurados possuem com relação às seguradoras não seja abalada. Estudar os riscos associados ao processo de negócios das seguradoras ajuda a compreender como as margens de solvência podem ser afetadas pelas variabilidades e incertezas presentes no ambiente do negócio.

Segundo o art. 103 da proposta da Diretiva que trata do Projeto Solvência II (Directiva 2007/0143):

1. O requisito de capital de solvência de base deve incluir módulos de risco distintos, agregados em conformidade com o disposto no ponto 1 do anexo IV.  
Deve consistir, no mínimo, nos seguintes módulos de risco:
  - a) Risco de subscrição do seguro não-vida;
  - b) Risco de subscrição do seguro de vida;
  - c) Risco de subscrição do seguro especial de doença;
  - d) Risco de mercado;
  - e) Risco de incumprimento pela contraparte.

No Brasil, embora tenha sido regulamentada apenas a necessidade de capital mínimo para a cobertura do risco de subscrição, a SUSEP já sinalizou que os riscos de mercado, crédito, operacional e legal serão tratados na seqüência.

Risco de mercado advém da possibilidade de obtenção de ganhos e perdas decorrentes de volatilidade nos preços e nas taxas de mercado, influenciando a disponibilidade de ativos para a cobertura das obrigações.

Uma das variantes do risco de mercado é o risco de liquidez, o qual pode ser subdividido em duas vertentes: uma sob a ótica do ativo e outra sob a ótica do financiamento. A primeira refere-se à possibilidade de o valor de liquidação do ativo ser significativamente diferente de sua atual marcação a mercado (em função do tamanho da exposição, por exemplo), enquanto a segunda refere-se à possibilidade de uma instituição incorrer em problemas de caixa e não conseguir levantar a quantia necessária para honrar suas obrigações, o que pode levar à sua inadimplência.

O risco de liquidez decorre de situações nas quais, em função da necessidade de honrar os compromissos da entidade, se incorre na venda forçada de ativos, cujo valor de realização pode ser inferior ao seu valor de mercado.

Sobre risco de mercado, Brooks *et al.* (2009) destacam a necessidade de pesquisas, sobretudo nas seguintes áreas: co-dependência de riscos, risco de concentração, distribuição de perdas com caudas mais pesadas, risco de moeda (o qual influencia, especialmente, as operações de resseguros) e correlação entre ativos e passivos.

O risco de crédito, por sua vez, é decorrente da possibilidade de uma das partes de um contrato que envolve promessa de pagamento futuro não cumprir com suas obrigações, acarretando em custo de reposição do fluxo de caixa da outra parte.

Em seguros, dentro da categoria de risco de crédito, destaca-se o risco de contraparte, o qual está presente, sobretudo, em operações de resseguro, securitizações e derivativos. Além disso, é importante observar o risco de concentração e analisar as correlações entre os riscos de crédito e entre esse e os outros tipos de risco (BROOKS *et al.*, 2009).

O risco operacional emergiu de forma mais intensa no início da década de 90, frente à onda de desastres financeiros como, por exemplo, os casos: Daiwa Bank (decorrente de operações não autorizadas), Sumitomo Corporation (em função de fraudes e operações não autorizadas), Credit Lyonnais (controles deficientes de concessão de crédito), Barings (falhas nos controles internos), etc.

De acordo com Carvalho *et al.* (2004, p. 266), “a definição dos eventos que se enquadram sob o âmbito do risco operacional ainda não é uniforme, em virtude, sobretudo, da amplitude da sua conceituação”.

Nessa linha, de acordo com Crouhy *et al.* (2001), para o risco operacional permanece um conceito vago porque é difícil fazer uma distinção clara entre risco operacional e as normais incertezas enfrentadas pela organização em suas operações diárias. Por exemplo, se um cliente falhou em devolver um empréstimo, então pode-se razoavelmente investigar se o fracasso era devido a qualquer risco de crédito normal ou devido a erro humano por parte dos responsáveis pelo empréstimo.

Carvalho *et al.* (2004, p. 266) ressaltam que “[...] a dificuldade de sua delimitação não significa que deva ser ignorado”.

O Novo Acordo da Basileia (BIS, 2005) define risco operacional como o risco de perda direta ou indireta, resultante de inadequações ou falhas de processos internos, pessoas e sistemas, ou de eventos externos. Essa definição inclui o risco legal, mas exclui o risco estratégico e de reputação.

Conforme pode se observar, pelo Novo Acordo da Basileia, o risco legal é considerado parte do risco operacional.

Segundo Rodrigues (2008, p. 26), o risco legal é também denominado de “risco de conformidade ou de regulação, que dizem respeito a atividades que podem violar regulamentações governamentais como manipulação de mercados e transações realizadas por pessoas com acesso a informações privilegiadas”.

Embora não haja ainda regulamentação específica de alocação de capital para cobertura desses tipos de risco, como já mencionado, a SUSEP já sinalizou que serão tratados futuramente.

Como o objeto do presente estudo é o risco de subscrição, foi dedicado um tópico específico para explaná-lo, o qual é apresentado na seqüência.

### **2.1.1 Risco de Subscrição**

Para entender o risco de subscrição, é necessário compreender primeiro a atividade de subscrição de risco, típico de seguradoras.

Contador (2007, p. 94) explica que:

Toda operação de montagem de uma apólice de seguro dentro de uma seguradora inicia-se com a avaliação do risco do bem ou atividade que o segurado em potencial, ou proponente, representa. A operação de classificação do risco é denominada *subscrição de risco*, e determina o resultado líquido daquela apólice em particular. Se a subscrição for bem feita tecnicamente, todos ganham: o segurado, que terá garantido o recebimento da indenização no caso de sinistro; a seguradora, que



terá um resultado direto positivo, e provavelmente terá a fidelidade do segurado e novos negócios futuros; os corretores, que terão representado corretamente o segurado; e a economia em geral.

Nesse sentido, Myhr e Markham (2004, p. 114) esclarecem que:

A subscrição de risco é definida como determinar que exposições de risco serão seguradas, por qual valor segurado, a que preço e sob que condições será feito o seguro. Para tomar uma decisão de subscrição, os subscritores passam pelos seguintes seis passos:

1. Avaliação da exposição ao risco
2. Definição das alternativas de subscrição
3. Escolha de uma alternativa de subscrição
4. Definição do prêmio apropriado
5. Implementação da decisão de subscrição
6. Monitoramento das exposições ao risco.

Assim, compete aos subscritores entender as atividades e as operações de cada proponente, analisando, sobretudo, a existência de condições de agravamento ao risco, isto é, situações que contribuem para aumentar a frequência ou severidade de potenciais sinistros.

Além disso, a subscrição de risco deve buscar minimizar os efeitos da seleção adversa, condição na qual as pessoas ou entidades mais propensas ao risco tendem a adquirir o seguro, o que contribui para aumentar a probabilidade de ocorrência do sinistro, diferenciando o perfil da carteira segurada da população.

Logo, a subscrição de riscos está relacionada com o nível de sinistralidade do portfólio, tendo-se em vista que essa atividade envolve a fixação das condições do seguro, do preço e da exposição da seguradora.

Dentre as atividades de subscrição, ressalte-se a precificação, a qual faz uso, principalmente, da experiência de risco da seguradora.

Figueiredo (1997, p. 25) explica que:

Calcular o preço de um seguro significa calcular quanto o portador da apólice terá que despende pelos gastos e despesas referentes à cobertura que lhe é devida.

[...]

Assim, o prêmio é um dos principais elementos na formação de um contrato de seguro, pois ele traduz o preço pelo qual o segurador concorda em assumir o risco.

Portanto, o não acompanhamento da aderência das bases técnicas utilizadas na precificação frente à realidade subjacente pode expor as seguradoras a riscos pouco suportáveis no longo prazo.

Tal situação é agravada frente a um rápido crescimento dos prêmios, pois os custos das operações de seguros, nem sempre são observáveis no curto prazo, o que significa dizer que pode demorar anos até que se perceba que a subscrição foi indulgente, sendo o valor dos sinistros superior ao do montante dos prêmios.

Brooks *et al.* (2009) elencaram quatro principais fontes de risco de subscrição, sendo um relacionado à precificação e três à volatilidade dos sinistros. Em relação à precificação, destacam o risco de sua inadequação, sobretudo em função das pressões decorrentes das condições de mercado, o que favorece o relaxamento do nível de conservadorismo a ser adotado, levando as seguradoras a incorrer em riscos mais elevados. Quanto à volatilidade dos sinistros, ressaltam:

- Para o segmento de seguros massificados, que, normalmente, envolvem grandes volumes com indenizações de baixo montante, tem-se o risco de frequência ou severidade (custo) acima do esperado, pois uma pequena variação tende a impactar de forma significativa no resultado da operação;
- Para o segmento de grandes riscos, cuja indenização envolve valores significativos, destacam o risco de haver mais sinistros dessa natureza que o esperado ou em magnitudes mais severas que o estimado;
- E, por fim, o risco catastrófico, que por si só afeta significativamente o resultado das seguradoras.

Nessa linha, o risco de subscrição pode ser decomposto em: (a) risco de provisão, (b) risco de provisão de prêmio não ganho e (c) risco de precificação, conforme ilustrado pela figura a seguir.



**Figura 1 - Linha do tempo do risco de subscrição**  
 FONTE: Fraga (2005, p. 68)

Cardoso (2008, p. 12) explica que “o risco de precificação estaria associado aos novos negócios iniciados a partir da data base de avaliação. O risco de reserva seria referente aos riscos não esperados e cujas reservas já teriam sido constituídas”.

Portanto, o risco de subscrição está relacionado tanto à adequação das bases técnicas utilizadas na precificação como à adequação do nível de provisionamento, sendo que eventuais desequilíbrios serão refletidos na sinistralidade da companhia em algum momento, em ambas as situações.

Além disso, Brooks *et al.* (2009), também, chamam atenção para eventuais efeitos da correlação entre riscos, sobretudo quanto ao aspecto de dependência nas caudas da distribuição de perdas, objeto do presente estudo.

Cabe ainda destacar que o risco de subscrição para as seguradoras é análogo ao risco de crédito para as instituições financeiras, representando o risco associado à atividade principal da entidade, o que ressalta a sua importância e, conseqüentemente, do tema ora tratado.

## 2.2 Dinâmica das operações de seguros

As operações de seguros são baseadas no processo de diluição de risco conhecido como mutualismo. Souza (2001, p. 28) explica que “o mutualismo refere-se a pessoas com interesses seguráveis afins que constituem uma reserva financeira que tem por finalidade suprir as necessidades de componentes do grupo que venham a ser afetados por um acontecimento não previsto”.

Figueiredo (1997, p.18) destaca que:

O mutualismo é basicamente a divisão de um prejuízo entre um grupo de indivíduos, e é um dos principais fundamentos nos quais tecnicamente se baseia o seguro.

O seguro utiliza como mecanismo de redução de riscos a combinação de um número suficiente de unidades de exposição a riscos semelhantes, a fim de tornar as perdas individuais previsíveis e, repartindo-se proporcionalmente por todas as unidades que foram combinadas, torná-las mais suportáveis economicamente.

É, pois, pela aplicação deste princípio que as empresas seguradoras conseguem pulverizar os riscos assumidos, minimizando assim os prejuízos que a efetivação de eventos danosos relativos a esses riscos possam trazer.

Conforme Silva *et al.* (2008, p. 2), “o seguro é um instrumento criado pelo homem como forma de transferência ou minimização do risco decorrente de eventos aleatórios danosos, sendo baseado no conceito de mutualismo.”

A operação do seguro está relacionada à incerteza sobre a possibilidade de que um determinado dano ocorrerá. Nessa linha, o seguro está diretamente relacionado à atividade de administração do risco. Segundo Chan (2004, p. 20),

A preocupação relativa às incertezas futuras tem acompanhado a evolução da humanidade, desde os primórdios até os dias atuais. A história do seguro mostra claramente o sentimento de insegurança presente no mundo dos negócios, dado que a sua origem reside nas inquietações acerca do risco envolvido nas viagens marítimas, desde épocas remotas.

Contador (2007) distingue a história do seguro em quatro fases, a saber: (a) primitiva, (b) intermediária ou arcaica, (c) pré-moderna e (d) moderna.

A fase primitiva corresponde ao período anterior à criação da escrita, caracterizada pelo instinto de preservação da espécie e dos sentimentos de solidariedade e de compaixão. Nessa época, as leis de formação do risco eram desconhecidas, sendo as decisões baseadas na sorte.

A fase intermediária ou arcaica é marcada pela institucionalização comercial do princípio da transferência de risco, embora a crença na sorte ainda moldasse as ações dos homens. Nessa época, os gregos já começaram a perceber que alguns eventos eram mais prováveis que outros, embora ainda não tenham chegado na teoria das probabilidades. Contratos de seguros, baseado no conceito de mutualismo, surgiram para apoiar e impulsionar o transporte marítimo. Nessa fase, a precificação do risco era fundamentalmente baseada na tentativa e erro.

A etapa seguinte é a fase pré-moderna, a qual se inicia com o Renascimento, movimento que favoreceu o desenvolvimento científico e, conseqüentemente, a teoria das probabilidades. Além disso, a crise de 1929, que culminou com a Grande Depressão, contribuiu para evidenciar a importância da administração de risco. Porém, nesse período, poucos tinham renda para contratar um seguro, e mesmo os que tinham não podiam confiar na solvência da seguradora.

Em relação à fase moderna, Contador (2007, p. 17) explica:

Paradoxalmente, a crise de 1929 plantou as bases para a fase moderna do seguro, com os seus quatro pilares básicos. Primeiro, o estabelecimento de um marco regulatório que estimule a concorrência, corrija ou compense as falhas de mercado no tocante à informação desigual, incompleta ou distorcida e, conseqüentemente, amorteca ou elimine as crises de insolvência dos mercados de seguros. Segundo, a imposição de melhores leis de proteção ao consumidor. Terceiro, o setor passou a contar com o fantástico avanço da informática e das novas tecnologias da informação e comunicação, com novas exigências e desafios para a qualificação dos profissionais. E quarto, o processo de internacionalização das economias força movimento semelhante nos mercados de seguro, com a conseqüente necessidade de convergência dos modelos de regulação e de sistemas de contabilidade; a integração dos mercados nacionais de seguro e de ativos financeiros; rápida difusão da tecnologia de informação; troca internacional do conhecimento sobre as metodologias e técnicas de avaliação de riscos; e a integração dos mercados financeiros institucionais.

O mercado segurador brasileiro, por sua vez, teve início em 1808 com a abertura dos portos ao comércio internacional. Segundo o Anuário Estatístico de 1997 da Superintendência Nacional de Seguros Privados (SUSEP), a primeira companhia de seguros a funcionar no

Brasil foi a “Companhias de Seguros BOA-FÉ”, em 24 de fevereiro de 1808, cuja principal atividade era operar o seguro marítimo.

Em 1966, por meio do Decreto-lei N. 73, de 21 de novembro, foram reguladas todas as operações de seguros e resseguros e instituído o Sistema Nacional de Seguros Privados, constituído pelo Conselho Nacional de Seguros Privados (CNSP); Superintendência de Seguros Privados (SUSEP); Instituto de Resseguros do Brasil (IRB); sociedades autorizadas a operar em seguros privados; e corretores habilitados (SUSEP, 1997).

O CNSP é o órgão responsável pelas diretrizes e normas da política de seguros no Brasil, enquanto a SUSEP é o órgão responsável pela fiscalização da política traçada pelo CNSP.

O seguro pode ser entendido como uma técnica de gerenciamento de risco que transfere do segurado para a seguradora algumas ou todas as consequências financeiras potenciais de determinadas exposições de risco.

Segundo Bernstein (1997, p. 2):

A administração do risco nos guia por uma ampla gama de tomada de decisões, da alocação da riqueza à salvaguarda da saúde pública, da condução da guerra ao planejamento familiar, do pagamento de prêmios de seguros ao uso de cinto de segurança, da plantação de milho à venda de flocos de milho.

Conforme Myhr e Markham (2006, p. 4), o processo de gerenciamento de risco pode ser dividido nas seguintes fases:

1. Identificar as exposições ao risco.
2. Analisar as exposições ao risco.
3. Examinar a viabilidade das técnicas de gerenciamento de risco.
4. Selecionar as técnicas mais apropriadas.
5. Implementar as técnicas de gerenciamento.
6. Monitorar os resultados e proceder às mudanças conforme for necessário.

Dentre as técnicas de gerenciamento de risco, têm-se, basicamente, as seguintes alternativas: (a) rejeição, (b) mitigação, (c) transferência e (d) retenção, as quais podem ser aplicadas de forma combinada dependendo da estratégia da entidade.

Uma vez identificadas as exposições de risco potencial, o próximo passo é a definição da estratégia de gerenciamento desse. Uma primeira possibilidade seria rejeitar o risco, dada a impossibilidade ou a relação de custo e benefício de constituição de garantias econômicas suficientes para suportá-lo.

Outra alternativa consiste na adoção de técnicas de prevenção a risco, a fim de mitigar a gravidade das perdas que venham a ocorrer. Como, normalmente, o risco não pode ser eliminado totalmente por essa abordagem, tem-se a possibilidade de transferência do risco, como, por exemplo, a contratação de seguro.

Mas nem todas as exposições podem ser seguradas ou totalmente seguradas, restando a alternativa de retenção, também, denominado de auto-seguro.

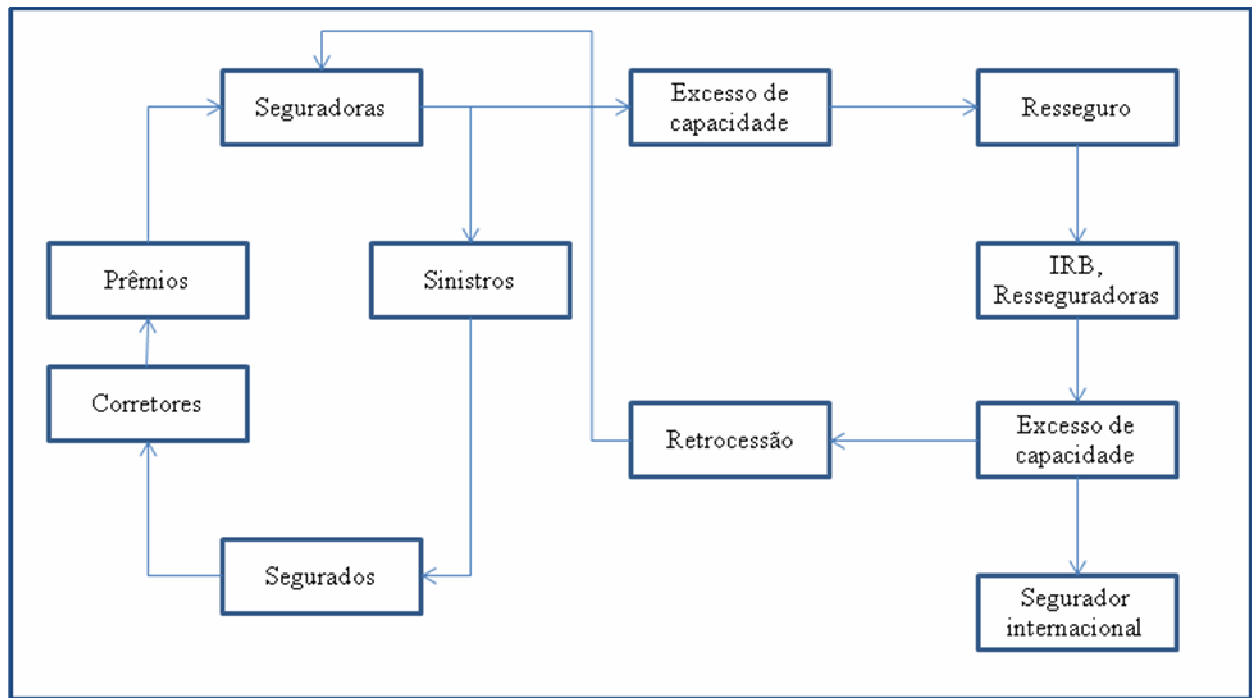
O risco de potenciais perdas financeiras pode ser dividido em riscos puros e especulativos.

Os puros são aqueles que envolvem a possibilidade de haver ou não uma perda para o segurado, nunca um ganho. São os riscos seguráveis. Os especulativos são aqueles em que o segurado tem chances de perder ou ganhar. São considerados riscos não seguráveis e devem ser tratados sob técnicas comerciais e financeiras (RODRIGUES, 2008, p. 15).

Souza (2002, p. 24) define seguro como:

[...] uma operação que toma forma jurídica de um contrato, em que uma das partes (segurador) se obriga para com a outra (segurado ou beneficiário), mediante o recebimento de uma importância estipulada (prêmio), a compensá-la (indenização) por um prejuízo (sinistro), resultante de um evento futuro, possível e incerto (risco), indicado no contrato.

A cadeia das operações de seguro é ilustrada pela Figura 2 mostrada a seguir.



**Figura 2 - Cadeia das operações de seguro**  
 FONTE: Contador (2007, p. 94)

O seguro exerce importante papel socioeconômico. Luporini (1993, p. 14) destaca a importância social do seguro:

- Proteção aos indivíduos: Liberação de recursos para reposição de perdas;
- Promover a formação de poupança: Que garante as operações de seguros e o papel de investidor institucional;
- Garantir operações mercantis e de créditos: Em transações comerciais o seguro propicia maior segurança para o contratante e o contratado;
- Contribuir para minimização de sinistros: O segurador procura aconselhar e tomar medidas preventivas para a proteção pessoal e do patrimônio.

Silva (2005), por sua vez, ressalta a importância econômica, no sentido de ser um elemento acumulador de capital, uma vez que requer a formação e aplicação de fundos no mercado financeiro, pela acumulação dos prêmios recebidos para o pagamento das indenizações. Ou seja, destaca a vocação de investidor institucional do mercado segurador, exercendo importante papel no processo de captação e acumulação de poupanças, que são revertidas para a economia na forma de investimentos.

É importante destacar ainda que, no mercado segurador, é usual distinguir a atividade de seguros em dois tipos: (a) de pessoas (ou ramo vida) e (b) de danos patrimoniais (ou ramos elementares). Souza (2002, p. 62) explica a diferença entre esses como segue:



Nos seguros de pessoas, o pagamento da indenização não tem relação com o valor do dano produzido pela ocorrência do sinistro e sim com o valor da cobertura contratada pelo segurado. As principais modalidades são: seguro de vida e de acidentes pessoais.

Os seguros de danos patrimoniais têm como principal finalidade reparar, ao segurado, a perda financeira ocasionada pelo sinistro. Os danos patrimoniais estão divididos em dois grandes grupos: seguro de responsabilidade e de bens.

Tal distinção se faz necessária, sobretudo, em função das técnicas de precificação particular de cada segmento, que não serão abordadas neste estudo por não fazer parte do escopo.

## **2.3 Risco de subscrição e novas regras de solvência para o mercado segurador**

### **2.3.1 Contexto internacional**

Acionistas e outros *stakeholders* podem divergir quanto ao montante de alocação de capital e, conseqüentemente, quanto ao risco que se pretende incorrer. Acionistas tendem a preferir menor nível de alocação de capital ou maior alavancagem, dado que se trata de um credor quirografário, isto é, não goza de preferência em caso de falência/concordata, sendo pago após todos os demais credores. Os credores, por outro lado, tendem a preferir menor risco, ou seja, maior alocação de capital.

Embora esse conflito de interesse exista, em princípio, em todos os graus de alocação de capital, o seu impacto é mitigado quanto maior é o seu nível (DUFFIE; SINGLETON, 2003). Nesse sentido, a exigência de capital mínimo por parte dos órgãos reguladores busca inibir eventuais ineficiências no equilíbrio de interesses.

Assim, no início da década de 70, foi introduzido o Projeto Solvência I no mercado segurador europeu, sendo a Diretiva para os ramos elementares estabelecida em 1973 e para os ramos vida em 1979.

O Projeto Solvência I regulava o cálculo de capital requerido das seguradoras e resseguradoras destinado à absorção de eventuais perdas. Consistia em uma metodologia simples, fácil de ser implementada, similar às Resoluções CNSP N 73/02, N 8/89 e N 55/01, mas não era sensível ao risco, sendo um dos pontos críticos atribuídos a esse modelo.

Entretanto, frente ao aumento da complexidade dos serviços financeiros e ao crescimento acelerado do segmento de seguros na Europa, emergiu no final da década de 90 as primeiras raízes do projeto Solvência II, embora oficialmente tenha sido iniciado em 2002.

Cabe observar que, com o aumento da participação do segmento de seguros na economia, eleva-se a sua potencialidade de influência, seja positiva ou negativa, no sistema financeiro e na economia como um todo. Nessa linha, os órgãos reguladores exercem importante papel na garantia da estabilidade e da confiabilidade desse segmento, o qual é revestido de interesse público e caracterizado pela assimetria informacional, atributos que realçam a necessidade de mecanismos de proteção dos consumidores.

Em um estudo realizado por Sharma *apud* Eling *et al.* (2006) relativo à solvência do mercado segurador, foi observado que seguradoras com dificuldades financeiras não conseguiram se recuperar sem o aporte de capital, o que fortalece a adoção do conceito de *risk-based capital* por parte dos órgãos reguladores.

Myhr e Markham (2004, p. 582) destacam que:

A NAIC (a associação nacional dos superintendentes de seguros dos estados dos EUA) desenvolveu um sistema de avaliação do capital com base no risco (*Risk-based capital system*, daqui por diante, referido neste texto como sistema RBC) para determinar o valor mínimo de capital que uma seguradora precisa para bancar suas operações em face das características dos riscos que ela assume. Antes da implementação do RBC, a legislação de seguros de cada estado dos EUA, em suas disposições que especificavam as exigências de capital mínimo, dava pouca ou nenhuma importância à questão das diferenças entre os riscos assumidos por diferentes seguradoras. A fórmula do sistema RBC da NAIC e do modelo de lei que permitiu sua implantação procura fazer com que o capital mínimo exigido para uma seguradora seja uma função dos riscos assumidos por ela.

A manutenção de um montante de capital mínimo visa a aumentar a segurança do sistema, tendo-se em vista que representa uma forma de absorver potenciais perdas não previstas via provisão.

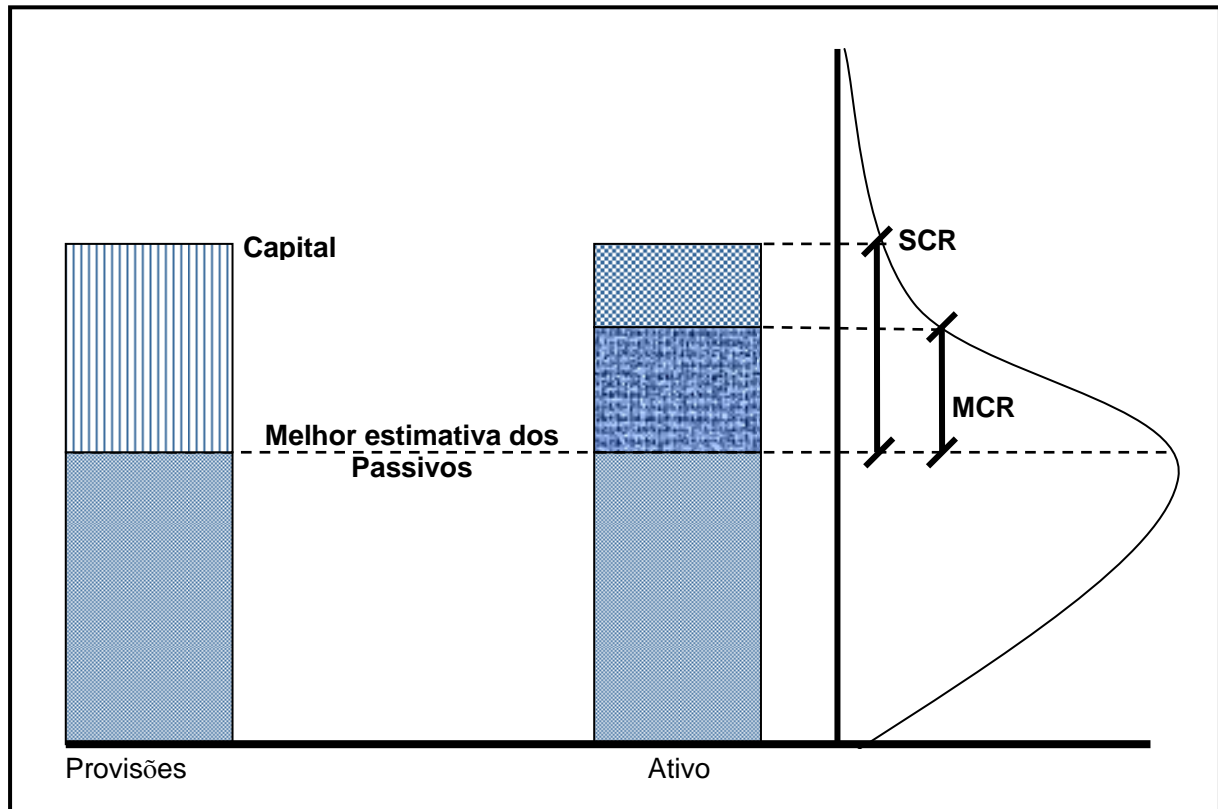
Assim, o Projeto Solvência II busca estabelecer uma metodologia de apuração da necessidade mínima de capital mais sensível a risco, beneficiando instituições mais bem administradas à medida que requer menor alocação de capital.

A Diretiva que trata do Projeto Solvência II pode ser dividida nos seguintes tópicos: (a) requisitos qualitativos e supervisão, (b) relatórios de supervisão e divulgação pública, (c) promoção da convergência em matéria de supervisão, (d) requisitos quantitativos e (e) supervisão de grupo.

As regras de cálculo de capital estão contempladas no item (d) relativo aos requisitos quantitativos. Esse tópico é subdividido em seis seções, a saber:

- i. Avaliação dos elementos do ativo e do passivo: Estabelece basicamente que os ativos e passivos devem ser avaliados pelo seu valor justo (*fair value*);
- ii. Provisões técnicas: As provisões técnicas devem garantir a cobertura das obrigações relativas aos contratos de seguro e resseguro, sendo baseadas no valor atual de realização corrente, o qual reflete o montante de desembolso caso transferisse os direitos e obrigações contratuais a outra empresa;
- iii. Capital próprio (patrimônio líquido): Trata da classificação da qualidade dos elementos que compõem o patrimônio líquido de referência, os quais são subdivididos nas seguintes categorias: subordinação, capacidade de absorção de perdas, permanência, perpetuidade e ausência de encargos obrigatórios;
- iv. Requisito de capital de solvência (*SCR – solvency capital requirement*): Representa o capital econômico que uma empresa de seguros ou resseguros deve possuir para limitar a probabilidade de ruína a 0,5%, segundo uma fórmula padrão ou utilizando um modelo interno, desde que esse satisfaça as condições e normas de qualidade estatística, calibragem, validação e documentação;
- v. Requisito de capital mínimo (*MCR – minimum capital requirement*): Corresponde ao nível mínimo de capital, abaixo do qual seria sujeito à intervenção da autoridade de supervisão;
- vi. Investimento: Os ativos devem ser investidos, geridos e monitorados em conformidade com o princípio da prudência, no melhor interesse dos segurados, garantindo o casamento de ativos e passivos.

Nesse sentido, a margem de solvência consiste na alocação de capital cuja contrapartida contábil corresponde a ativos que se destinam a cobrir o pagamento de eventuais obrigações não esperadas, ou seja, não provisionadas, conforme ilustrado na Figura 3.



**Figura 3 - Requerimento de Capital - Solvência II**  
 FONTE: Adaptado de Sandström (2006)

Portanto, espera-se que o Projeto Solvência II encoraje a implementação e o desenvolvimento contínuo de práticas de gerenciamento de risco, bem como promova maior proteção aos segurados e contribua para o aumento da competitividade do mercado segurador e ressegurador, à medida que o risco tenda a ser mais bem assimilado no processo de precificação.

### **2.3.2 Capital mínimo requerido no mercado segurador brasileiro**

Seguindo a tendência mundial de regulação baseada no conceito de *risk-based capital*, o órgão regulador do mercado segurador brasileiro emitiu as seguintes Resoluções CNSP (Conselho Nacional de Seguros Privados) N. 155, 156, 157 e 158 no final do ano de 2006. Em

dezembro de 2007, foi promulgada a Circular SUSEP N. 355, alterando os fatores de cálculo previstos na Resolução CNSP N. 158/06, dada a magnitude do impacto da nova regulamentação no segmento. Esse conjunto de regras passou a vigorar a partir de 1º de janeiro de 2008.

Até então, o capital mínimo a ser mantido pelas sociedades seguradoras era o máximo entre:

- Capital mínimo estabelecido para obter autorização para operar em (a) ramos elementares, (b) capitalização ou (c) ramos vida e previdência complementar (Resolução CNSP N. 73/2002) e;
- Margem de solvência que, conforme Resolução CNSP N. 8/1989 alterada pela Resolução CNSP N. 55/2001, é determinada pelo maior valor entre (a) 0,20 vezes o total da receita líquida de prêmios emitidos dos últimos doze meses e (b) 0,33 vezes a média anual do total dos sinistros retidos dos últimos trinta e seis meses.

Já de acordo com a nova regulamentação, o capital mínimo requerido corresponde à soma do capital-base com o capital adicional, sendo o primeiro um montante fixo e o segundo um montante variável de capital, o qual será destinado à cobertura dos riscos inerentes à operação (Resolução CNSP N. 178/07 a qual revogou a Resolução CNSP N. 155/06).

É importante esclarecer que o capital-base, por sua vez, é constituído por uma parcela fixa de R\$ 1.200.000,00, correspondente à autorização para atuar em ramos elementares e de pessoas, e por uma parcela variável conforme a região de atuação (ver Tabela 1). O capital-base exigido para operar em todo o território nacional, conforme a Resolução CNSP N. 178/07, é de R\$ 15.000.000,00, enquanto na legislação anterior era de R\$ 7.200.000,00 (Resolução CNSP N. 73/2002), indicando um aumento de mais de 100%.

**Tabela 1 - Parcela Variável do Capital Base**

Região	Estados	Parcela Variável (em reais)
1	AM,PA,AC,RR,AP,RO	120,000
2	PI,MA,CE	120,000
3	PE,RN,PB,AL	180,000
4	SE,BA	180,000
5	GO,DF,TO,MT,MS	600,000
6	RJ, ES, MG	2,800,000
7	SP	8,800,000
8	PR,SC,RS	1,000,000

Além disso, uma vez calculado o capital mínimo requerido, dependendo do grau de insuficiência do patrimônio líquido ajustado, são diferenciadas as exigências do órgão regulador, a saber:

- a) Insuficiência inferior a 30%: apresentar plano corretivo de solvência com previsão de recomposição patrimonial;
- b) Insuficiência entre 30% e 50%: apresentar plano de recuperação de solvência, acompanhado de novo plano de negócios e nota técnica atuarial, para correção dos problemas que ocasionaram a insuficiência de patrimônio líquido ajustado;
- c) Insuficiência entre 50% e 70%: regime especial de fiscalização de direção fiscal;
- d) Insuficiência acima de 70%: será automaticamente cassada a autorização para operação em todas as segmentações de negócio que está autorizada a operar.

Em relação ao capital mínimo adicional, até o momento, o órgão regulador introduziu regra específica apenas para a cobertura do risco de subscrição, mas já sinalizou que os demais tipos de risco serão tratados na sequência.

Segundo o Glossário Técnico que consta no Anexo da Circular SUSEP N. 253/04, risco de subscrição é o “risco oriundo de uma situação econômica adversa que contraria tanto as expectativas da sociedade no momento da elaboração de sua política de subscrição quanto as

incertezas existentes na estimação das provisões”. Ou seja, está relacionado tanto à adequação (a) das bases técnicas utilizadas na precificação como (b) da constituição das provisões técnicas, sendo o efeito de ambos os aspectos refletidos em algum momento na sinistralidade da companhia.

Ryan *apud* Machado (2007) constatou que, dos 683 casos de insolvência de seguradoras no mercado americano, no período compreendido entre 1969 e 1998, 42% estavam relacionados ao risco de subscrição, sendo esse, portanto, um dos principais tipos de risco a que uma seguradora estaria exposta.

Conforme Resolução CNSP N. 158/06, alterada pela Circular SUSEP N. 355/07, o capital adicional relativo ao risco de subscrição é determinado da seguinte maneira:

$$CA^{rs} = \sqrt{\sum_{i=1}^{51} \sum_{j=1}^{51} (f_i^{prem} \cdot premio_i^m) \cdot (f_j^{prem} \cdot premio_j^m) p_{i,j}^{prem}} + \sum_{k=1}^{17} \sum_{l=1}^{17} (f_k^{prov} \cdot sinistro_k^m) \cdot (f_l^{prov} \cdot sinistro_l^m) p_{k,l}^{prov}$$

Sendo:

- $CA^{rs}$  = capital adicional para a cobertura do risco de subscrição;
- $f_i^{prem}$  = fator relativo ao risco de emissão/precificação do segmento de mercado i, conforme previsto no Anexo I (aplicável para as seguradoras que disponham de modelo interno de avaliação de risco) ou Anexo IV (aplicável para as seguradoras que não disponham de modelo interno de avaliação de risco) da Circular SUSEP N. 355/07;
- $f_k^{prov}$  = fator relativo ao risco de provisão da classe de negócio k, conforme previsto no Anexo II (aplicável para as seguradoras que disponham de modelo interno de avaliação de risco) ou Anexo V (aplicável para as seguradoras que não disponham de modelo interno de avaliação de risco) da Circular SUSEP N. 355/07;
- $premio_i^m$  = prêmio retido dos últimos 12 meses anteriores à data-base “m” do segmento de mercado “i”;
- $sinistro_k^m$  = sinistro retido dos últimos 12 meses anteriores à data-base “m” da classe de negócio “k”;

- $\rho_{i,j}^{prem}$  = fator de correlação entre os segmentos de mercado dos riscos de emissão/precificação, conforme tabela 1 do Anexo III Circular SUSEP N. 355/07;
- $\rho_{k,l}^{prov}$  = fator de correlação entre as classes de negócio relativo aos riscos de provisão de sinistro, conforme tabela 2 do Anexo III da Circular SUSEP N. 355/07;
- $i$  = segmento de mercado conforme a classe de negócio e a região de atuação;
- $j$  = segmento de mercado conforme a classe de negócio e a região de atuação.

A região de atuação é subdividida em 3 áreas, cuja composição é reproduzida no quadro a seguir:

**Tabela 2 - Região de Atuação**

Região de Atuação (r)	Estados
1	Demais Estados, Distrito Federal e Territórios
2	RJ, ES, MG, PR, SC, RS
3	SP

FONTE: Circular SUSEP N. 355/07

Ademais, a Circular SUSEP N. 355/07 classifica os ramos de seguros em 17 classes de negócios, a saber: (1) Residencial, (2) Condominial, (3) Empresarial, (4) Patrimonial Demais, (5) Riscos Especiais, (6) Responsabilidades, (7) Cascos, (8) Automóvel, (9) Transporte Nacional, (10) Transportes Demais, (11) Riscos Financeiros, (12) Crédito, (13) Vida em Grupo, (14) Pessoas Demais, (15) Habitacional, (16) Rural/Animais e (17) Outros.

Cabe notar que a fórmula de apuração do capital adicional para cobertura do risco de subscrição é subdividida em uma parte que trata dos prêmios e outra que trata dos sinistros. Na parte dos prêmios, os fatores consideram a classe de negócio e a região de atuação, sendo, portanto, 17 classes de negócios por 3 regiões de atuação, chegando a 51, parâmetro que corresponde ao número do primeiro somatório. O segundo somatório, o qual trata dos sinistros, somente, considera a distinção por classe de negócio, o que corresponde a 17 categorias.

É importante observar que, independentemente, de a seguradora dispor, ou não, de um modelo interno de avaliação de risco, a regra de determinação do capital adicional é preestabelecida, sendo a única diferença a atribuição dos fatores, os quais são mais suavizados para as que apresentam modelo interno.



Nesse sentido, como os fatores, seja para quem possui modelo interno ou para quem não possui, são pré-determinados pelo órgão regulador, faz-se necessário investigar a adequação frente à realidade subjacente, objeto do presente estudo.

Chan *et al.* (2008) realizaram uma análise de dados em corte, referente ao exercício social findo em 31 de dezembro de 2006, investigando a coerência do modelo de capital mínimo requerido para cobertura do risco de subscrição estabelecido pela Resolução CNSP N. 158/06. Tal estudo observou que existe uma relação inversamente proporcional entre a necessidade de capital adicional para o risco de subscrição e as variáveis explicativas sinistralidade e sua respectiva volatilidade, o que sugere que os fatores pré-fixados não pareciam ser adequados. Cabe observar que a referida pesquisa foi realizada à luz da Resolução CNSP N. 158/06, ainda sem as alterações nos fatores regulamentares previstas na Circular N. 355/07.

Além disso, tal estudo foi baseado em dados em corte, deixando uma lacuna sobre o relacionamento de longo prazo entre o modelo regulatório e o risco de subscrição. Ademais, não foi investigado se o nível de tolerância ao risco determinado pelo capital regulatório foi coerente no sentido de estabelecer o mesmo patamar para todas as empresas do setor, sem distinção, por exemplo, do porte das seguradoras.

Rodrigues (1997, p. 3) destaca que “para a indústria de seguros, a sinistralidade observada para determinados patamares de volume de prêmios de seguros depende basicamente da composição da carteira de cada seguradora”. Relativo a esse aspecto é importante notar que a fórmula de cálculo regulatória busca tratar os efeitos da diversificação ou concentração de carteira com base na correlação entre as classes de negócios e, no referido estudo, não foi testado esse efeito.

Com a promulgação da Circular SUSEP N. 355/07, foram alterados os agrupamentos de classes de negócios e os fatores implícitos na fórmula de cálculo previsto na Resolução CNSP N. 158/06, fato que contribui também para o aumento da relevância do assunto tratado nesse artigo, dados os possíveis efeitos ocasionados por tal alteração.

## 2.4 Capital Econômico

O conceito de capital econômico, amplamente difundido nas instituições financeiras, tem recentemente despertado o interesse, também, das seguradoras.

Conforme Jorion (2003, p. 46), o capital econômico corresponde ao “montante de capital que as instituições empregariam para oferecer sustento a suas atividades na ausência de restrições regulamentares, depois de cuidadoso estudo da troca entre risco e retorno envolvida”.

Uma pesquisa em 2002, contando com aproximadamente 500 empresas, mostrou que somente cerca de 35% utilizavam o conceito de capital econômico (SOA, 2004). Um outro estudo encomendado pela Sociedade dos Atuários (SOA – *Society of Actuaries*) à consultoria Towers Perrin para tratar desse tema, conduzido por Farr *et al.* (2008), divulgado em 2008, observou que, das 200 companhias pesquisadas, 65% calculam e utilizam o conceito de capital econômico nas práticas de gestão e 35% ainda não, embora desses, cerca de 54% já consideram a possibilidade de tal prática, o que equivale a 19% das empresas pesquisadas. Comparando os dois estudos citados, observa-se um crescimento significativo (de 35% para 65%) das seguradoras que passaram a adotar esse conceito, o que sugere que o assunto ora tratado é contemporâneo.

Segundo Stuchi (2003, p. 30), capital econômico para risco de crédito “[...] pode ser definido como o montante de patrimônio líquido necessário para cobrir qualquer valor de perda entre as perdas esperadas e a taxa de insolvência objetivada”.

Analogamente, para o segmento de seguros, de acordo com documento elaborado pelo SOA (2004), capital econômico pode ser definido como a suficiência de recursos para cobertura de potenciais perdas, dado um nível de tolerância ao risco, num horizonte de tempo. É importante ressaltar que tal documento distingue capital econômico de capital regulatório, sendo o primeiro calculado de acordo com os riscos peculiares da companhia, enquanto o segundo tenda a refletir parâmetros médios do segmento que nem sempre são aderentes à realidade particular de cada seguradora.

Assim, enquanto a principal motivação para o cálculo do capital regulatório é a solvência da instituição, para o capital econômico, é a compreensão do risco a que a entidade está exposta, o que leva à determinação do nível de tolerância ao risco que a empresa quer assumir.

Conforme Cardoso (2008, p. 77), “uma das principais funções do gerenciamento de riscos em um setor financeiro é determinar a quantidade de capital que a instituição necessita para se proteger contra perdas futuras significativas, e inesperadas”.

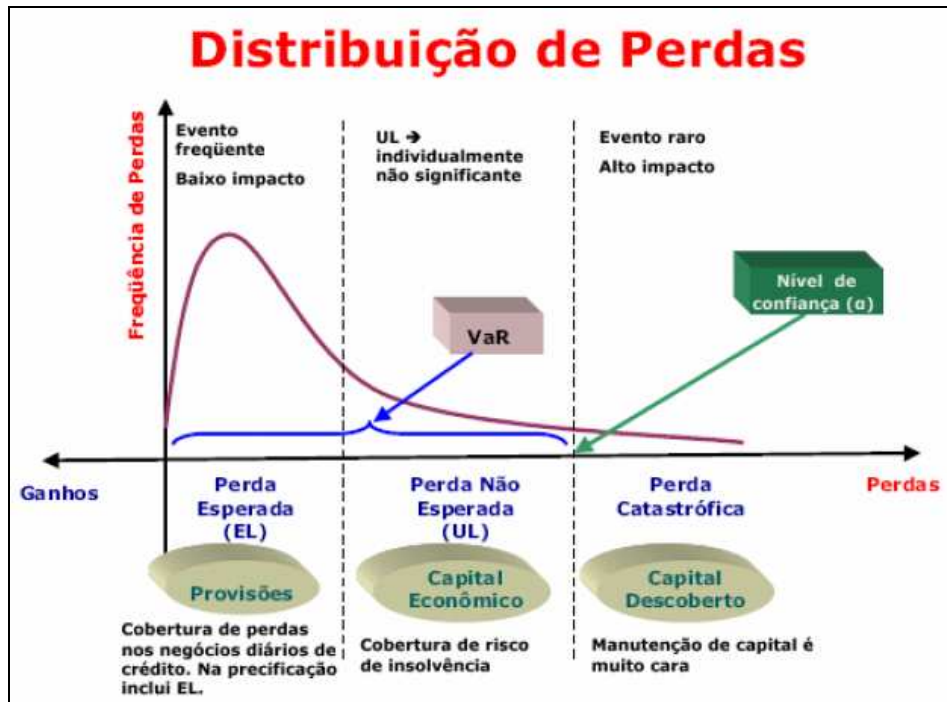
Stolf (2008, p. 30) explica que:

Para o entendimento do capital econômico alocado, deve-se, inicialmente, definir dois conceitos importantes:

a) Perdas Esperadas (*Expected Loss – EL*): podem ser consideradas como uma variável intrínseca às atividades da instituição, sendo tidas como o valor esperado das perdas. Perdas dessa natureza devem ser cobertas por provisões adequadas.

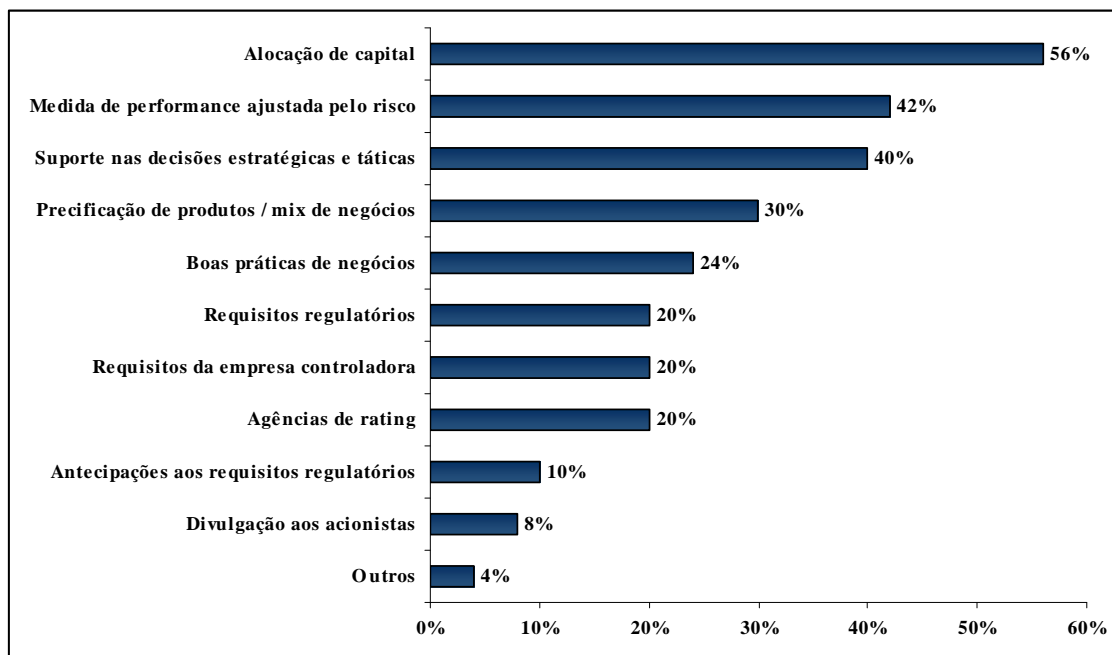
b) Perdas Inesperadas (*Unexpected Loss – UL*): as perdas inesperadas estão diretamente ligadas às incertezas do negócio. A estimativa dessas perdas passa pela determinação de uma taxa de insolvência que usualmente a instituição deseja para seu negócio, pois isso lhe proporcionará definir o nível de significância [...]. Portanto, temos que o capital econômico deve ser igual ao montante capaz de absorver perdas em níveis existente entre as perdas esperadas e inesperadas.

A Figura 4, apresentada a seguir, ilustra esse conceito para risco de crédito, sendo raciocínio análogo para o risco de subscrição.



**Figura 4 - Distribuição de perdas**  
 FONTE: Stolf (2008, p. 31)

Dentre as principais finalidades para se estimar o capital econômico, conforme a referida pesquisa de Farr *et al.* (2008), destacam-se: (a) alocação de capital, (b) medida de performance ajustada pelo risco e (c) auxílio em decisões estratégicas e táticas. Maiores detalhes são expostos no Gráfico 2.



**Gráfico 2 - Principais razões para calcular o Capital Econômico**  
 FONTE: Adaptado de Farr *et al* (2008)

A alocação de capital nas linhas de negócio da empresa é uma forma de refletir a contribuição dessas para a sua necessidade de capital total. Além disso, tal prática viabiliza a análise da *performance* de cada linha de negócio, subsidiando as decisões estratégicas e táticas, tais como a determinação do mix de produtos para otimizar o valor da entidade.

Um outro conceito emergente, subjacente ao de capital econômico e que deve contribuir para impulsionar a sua adoção, é o RAROC (*Risk Adjusted Return on Capital*). O RAROC é um indicador muito utilizado na indústria financeira, refletindo o retorno do investimento ponderado pelo risco. Ele é calculado pela razão entre o lucro econômico e o capital econômico, sendo, normalmente, comparado com o custo de oportunidade do acionista para verificar se determinada linha de negócio está, ou não, gerando valor para o acionista.

Mas cabe ressaltar que não basta apurar o capital econômico destinado a cada linha de negócio, pois o risco da instituição deve considerar os riscos agregados, sendo a metodologia de agregação um desafio que tem despertado interesse em diversos pesquisadores e gerado estudos, tais como Tang e Valdez (2006), Seth (2007), Morone *et al* (2007), Cardoso (2008), Santos (2008), Melo (2008), Pereira e Pereira (2009), entre outros.

Dentre as medidas de agregação de riscos, destaque-se a teoria de cópulas, objeto do presente estudo, que será discutido em tópico específico.

## **2.5 Conceito de Dependência**

O conceito de dependência está relacionado à ideia de conhecimento do comportamento de uma variável, dado o conhecimento de outra da qual é dependente.

Embora os termos correlação e dependência sejam comumente utilizados como sinônimos, o primeiro é um tipo particular do segundo. Nesse sentido, Santos (2008, p. 1) destaca que:

Embora gerenciamento de riscos financeiros contemporâneos usam a correlação para descrever dependências entre riscos, a inclusão de derivativos não lineares invalida muita das suposições das distribuições no entendimento do uso da correlação. Em seguros estas suposições são freqüentemente problemáticas porque os dados de sinistros tem curtose e caudas pesadas.

De acordo com Embrechts *et al.* (1999, p. 2), a correlação é um dos conceitos mais ambíguos em seguros e em finanças modernas, sendo, muitas vezes, mal interpretada. Parte dessa confusão é atribuída à literatura pertinente, a qual, muitas vezes, faz uso do termo correlação como sinônimo de dependência, o que não necessariamente é verdadeiro, pois correlação é apenas um tipo específico de dependência.

Segundo Assis e Laurinir (2008, p. 12),

O uso de correlação linear como medida de dependência em universos não-normais apresenta, adicionalmente, outras falhas, sendo que muitas vezes essa medida acusará um valor abaixo de 1 mesmo quando há dependência perfeita entre as variáveis, o que pode levar novamente a erros de interpretação no grau de diversificação e, conseqüentemente, nos riscos aos quais uma carteira de investimentos está sujeita, por exemplo.

Santos (2008, p. 23) enumera cinco falhas e interpretações errôneas do coeficiente de correlação linear, a saber:

**Falha 1:** As variâncias de X e Y tem que ser finitas ou o coeficiente de correlação linear não é definido. Isto não é ideal para uma medida de dependência e causa problemas quando trabalhamos com distribuição com caudas pesadas.

[...]

**Falha 2:** Independência de duas variáveis aleatórias implica que elas não são correlacionadas, mas correlação zero em geral não implica independência.

**Falha 3:** A correlação linear tem uma certa deficiência que é ser não-invariante sob transformações não lineares estritamente crescentes.

[...]

**Falha 4:** Distribuição marginal e o coeficiente de correlação linear determinam a distribuição conjunta. Isto é verdade se restringirmos nossa atenção às distribuições multivariadas normais e ou distribuições elípticas.

[...]

**Falha 5:** Dadas as distribuições marginais F1, F2 de X e Y, todos os valores de correlação linear entre -1 e 1 pode ser atingido sem termos especificação da distribuição conjunta. A afirmação acima não é verdadeira [...]

Cardoso (2008, p. 61) elenca três equívocos sobre o coeficiente de correlação linear, cabendo destacar:

Equívoco 3: O pior VaR para a soma de dois riscos ( $X_1, X_2$ ) ocorre quando esses têm correlação máxima, ou seja, são comonótonos.

A igualdade  $VaR_\alpha(X_1, X_2) = VaR_\alpha(X_1) + VaR(X_2)$  é válida quando as perdas  $X_1$  e  $X_2$  são comonótonas. Entretanto, pode haver uma situação em que o VaR é superaditivo, ou seja,  $VaR_\alpha(X_1, X_2) > VaR_\alpha(X_1) + VaR(X_2)$  para duas perdas  $X_1$  e  $X_2$  com um nível de confiança  $\alpha$ . Então, a superaditividade de um portfólio deveria corresponder a uma correlação menor do que a encontrada em riscos comonótonos.

Anjos *et al.* (2004, p. 34) destacam as propriedades que as medidas de dependência devem apresentar:

Apesar da multiplicidade de medidas de dependência, todas elas são norteadas por um conjunto de propriedades desejáveis para tais medidas. Seja  $\delta(.,.)$  uma medida dependência, então:

- (i) Simetria ( $\delta(X, Y) = \delta(Y, X)$ );
- (ii) Normalização ( $-1 \leq \delta(X, Y) \leq 1$ );
- (iii)  $\delta(X, Y) = 1 \iff X, Y$  comonotônicas,  
 $\delta(X, Y) = -1 \iff X, Y$  contramonotônicas,
- (iv)  $\delta(T(X), Y) = \delta(X, Y)$ , com  $T$  crescente  
 $\delta(T(X), Y) = -\delta(X, Y)$ , com  $T$  decrescente
- (v)  $\delta(X, Y) = 0 \iff X, Y$  independentes.

As propriedades (iv) e (v) são mutuamente excludentes, de modo que nenhuma medida de dependência tem essas propriedades simultaneamente.

Duas variáveis aleatórias são ditas comonotônicas se são positivamente dependentes perfeitamente e contramonotônicas se são negativamente dependentes perfeitamente.

Apesar de a correlação ser uma medida amplamente utilizada em finanças, como em teorias de *Capital Asset Pricing Model (CAPM)* ou de *Arbitrage Pricing Theory (APT)*, tal métrica é fundamentada na distribuição normal multivariada dos retornos. Em seguros, por sua vez, é usual a presunção de independência da ocorrência dos sinistros, sendo mais recente a preocupação dos riscos dependentes. Assim, a teoria de cópulas mostra-se como uma alternativa emergente para modelar a dependência dos riscos.

Pires (2004, p. 12) explica que:

O uso disseminado da correlação como medida de dependência tem fundamento em modelos como o CAPM (*Capital Asset Pricing Model*), os quais usam correlações fundamentados em algum tipo de hipótese referente à distribuição multivariada Normal para os retornos dos ativos. De fato, quando estamos no contexto da estrutura multivariada Normal, o uso do coeficiente de correlação como medida única de dependência é correto; porém, isso é um caso peculiar. Por exemplo, se  $X=(X_1, \dots, X_n)$  representam  $n$  ativos de uma carteira e se eles se comportam conforme uma distribuição multivariada Normal, então é possível interpretar a ausência de correlação como medida de independência. Se, contudo,  $X$  segue uma distribuição  $t$  multivariada, a ausência de correlação não implica que os  $n$  ativos são independentes. Assim, como a correlação é somente uma medida de dependência linear, ela não pode, no contexto mais geral, revelar nada mais a respeito da estrutura completa de dependência entre variáveis aleatórias.

A premissa de normalidade multivariada foi muito utilizada em função de sua facilidade de aplicação, sendo, nesse caso, a associação entre duas variáveis aleatórias totalmente descritas quando se conhece as distribuições marginais e o coeficiente de correlação. No entanto, em

seguros, a distribuição de perdas, em geral, apresenta cauda mais pesada, fragilizando a assunção dessa premissa.

Conforme Anjos *et al.* (2004, 33),

A dependência entre as variáveis aleatórias é totalmente definida pela função de distribuição conjunta dessas variáveis, ou seja, todo o conhecimento a respeito das características da dependência entre as variáveis e de suas interrelações está encerrado nesta função. No entanto, a distribuição conjunta não informa especificamente como é essa dependência, nem a mensura. Para isso são desenvolvidas as medidas de dependência, que são instrumentos que quantificam essa associação. Essa quantificação tem como base um intervalo entre -1 e +1, valores que representam respectivamente a dependência perfeita negativa e a dependência perfeita positiva. De maneira análoga ao comportamento das funções, a associação entre variáveis tem uma infinidade de formas de se manifestar, por exemplo dependência linear, dependência caudal, entre outras.

Nessa linha, cada medida de dependência tem um propósito específico, o que indica que aplicada de maneira inapropriada pode levar a conclusões impróprias também.

Nesse sentido, Pires (2004, p. 12) ressalta que “no caso de gestão de risco, em que se está preocupado com eventos situados nas caudas das distribuições, o uso do coeficiente de correlação como medida fundamental de dependência pode conduzir a graves erros”.

Na mesma linha, Cardoso (2008, p. 58) destaca que:

A presença de assimetrias e caudas pesadas nas distribuições de sinistros invalida muitas das suposições sobre o uso da correlação para descrever a dependência entre classes de seguros. [...] a correlação é somente uma discricção limitada da dependência entre variáveis aleatórias, exceto para a distribuição normal multivariada em que a correlação descreve toda a estrutura de dependência.

Sendo assim, uma das principais preocupações acerca da discussão sobre alocação de capital para cobertura do risco de perdas inesperadas em seguros é a dependência nas caudas. Nesse sentido, a utilização de medidas de dependência linear pode não ser apropriada, de modo que o uso de cópulas aparenta ser mais adequado.

Portanto, para o objetivo proposto que envolve modelar a dependência nas caudas da distribuição de perdas, a correlação linear não se mostra como a medida mais indicada.



### 2.5.1. Introdução à Teoria de Cópulas

A palavra cópula é originária do latim, sendo utilizada para denotar união ou conexão entre partes. Esse termo foi adotado em estatística para indicar uma classe de funções que permitem unir a função de distribuição conjunta e suas marginais.

Anjos *et al.* (2004, p. 1) explicam que:

[...] cópulas são funções que ligam funções distribuição multivariadas com suas funções distribuição marginais univariadas. Alternativamente, cópulas são funções distribuição multivariadas cujas marginais unidimensionais são uniformes em  $[0,1]$ .

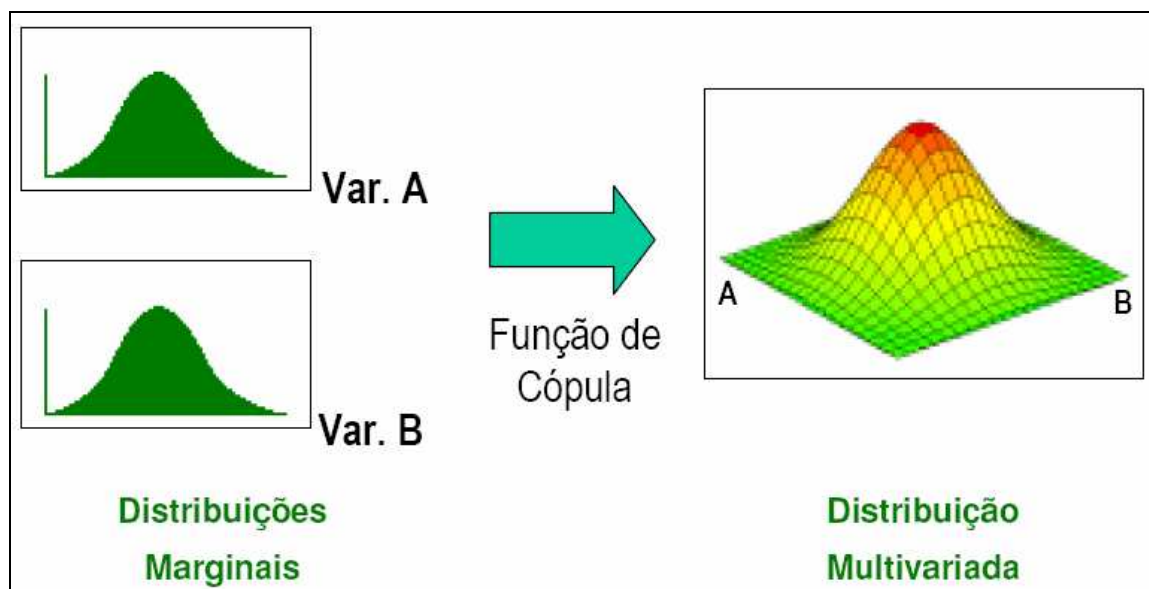
Bianchi (2008, p. 3) esclarece que:

A cópula é uma distribuição multivariada cujas marginais são  $U(0,1)$ . Seja o vetor aleatório  $U = (U_1, \dots, U_d) \in I^d$  com cópula  $d$ -dimensional  $C$ , temos:

$$C(u_1, \dots, u_d) = P(U_1 \leq u_1, \dots, U_d \leq u_d), \quad (u_1, \dots, u_d) \in I^d$$

E combinado com o fato de que qualquer v.a. contínua pode ser transformada por sua acumulada para uma v.a. com distribuição  $U(0,1)$ , cópulas podem ser usadas para fornecer uma estrutura de dependência multivariada separadamente das distribuições marginais.

A figura a seguir ilustra essa ideia.



**Figura 5 - Exemplo de aplicação de uma Função Cópula**

FONTE: Andrade (2004, p. 131)

A Figura 5 mostra um exemplo de duas variáveis aleatórias A e B, cujas distribuições são dadas (distribuições marginais) e deseja-se obter a distribuição conjunta das duas variáveis

(distribuição multivariada, sendo no caso específico uma distribuição bivariada). Para obter a distribuição conjunta, é aplicada uma função matemática sobre as distribuições das variáveis A e B. Esta função é denominada de função de cópula (ANDRADE, 2004).

Andrade (2004, p. 131) explica que:

Para uma distribuição multivariada F definida por:

$$F(x_1, \dots, x_N) = \text{Prob}(X_1 \leq x_1, \dots, X_N \leq x_N)$$

cujas funções de distribuição marginais são:

$$F_n(x_n) = \text{Prob}(X_n \leq x_n), \quad 1 \leq n \leq N$$

A função de cópula C é formalmente definida como a função de distribuição acumulada tal que:

- $C: [0,1]^N \rightarrow [0,1]$ ;
- C é crescente e contínua em todo  $x_n$ ,  $1 \leq n \leq N$ ;
- C possui marginais  $C_n$ , tais que  $C_n(u_n) = C(1, \dots, 1, u_n, 1, \dots, 1) = u_n$  para  $0 \leq u_n \leq 1$ .
- $F(x_1, \dots, x_N) = C(F_1(x_1), \dots, F_N(x_N))$

Os modelos multivariados possuem dois componentes: (a) univariado (marginal) característico de cada variável e (b) estrutura de dependência entre as distribuições marginais das variáveis, sendo denominada de cópula.

Pereira e Pereira (2009, p. 15) destacam que “Cópulas nos permitiram criar distribuições multivariadas que possuam marginais com distribuições diferentes. Isto é de grande valia para o nosso caso uma vez que algumas séries financeiras podem apresentar assimetria e curtose nos mais diversos graus”.

Assis e Laurini (2008, p. 9) ressaltam que:

Tradicionalmente, grande parte dos modelos de precificação assumia a hipótese simplificadora de que os retornos dos ativos financeiros seguiam uma distribuição normal. Até certo ponto essa hipótese parecia aceitável, entretanto, hoje em dia, temos conhecimento da não-normalidade dos retornos e de fatos estilizados como a presença de “caudas pesadas” (leptocurtose) e assimetria em séries de ativos financeiros, o que torna as abordagens originais de modelos baseados nessas hipóteses aperfeiçoáveis.

[...]

Não é preciso muito para perceber que assumir hipóteses não realistas ao precificarmos uma opção ou ao construirmos uma carteira ótima de investimentos pode levar a resultados errôneos e a possíveis prejuízos, por isso torna-se de suma importância ter um bom conhecimento de como as séries financeiras se comportam e podem vir a se comportar em determinadas situações. Esse ponto torna-se ainda mais relevante quando estamos tratando de modelos multivariados, já que, além do conhecimento sobre o comportamento de cada ativo individualmente, é importante saber como se comportam esses ativos quando em conjunto.

Análogo aos pontos levantados por esses autores para Finanças, tem-se o segmento de Seguros, cujos dados de sinistros costumam ter curtose e caudas pesadas (SANTOS, 2008).

Assis e Laurini (2008, p.12) ainda observam que:

A principal contribuição da teoria de cópulas surge quando estamos lidando com problemas multivariados. Uma cópula permite expressarmos uma distribuição de probabilidade conjunta através das distribuições marginais. De acordo com a teoria, qualquer distribuição de probabilidade conjunta pode ser escrita em termos de uma função tomando as distribuições marginais como argumentos. Sendo assim, as cópulas são uma maneira de tentar extrair a estrutura de dependência de uma função de distribuição conjunta, tornando possível separar a dependência do comportamento marginal de cada uma das variáveis.

[...]

O conceito de correlação linear, por exemplo, extremamente utilizado na maioria das instituições financeiras para medir co-movimentos de mercados, pode se tornar falho num universo desse tipo: o coeficiente de correlação linear só é suficiente para descrever a estrutura de dependência entre variáveis se elas estão relacionadas exclusivamente de forma linear, o que é extremamente improvável em um mundo não-gaussiano.

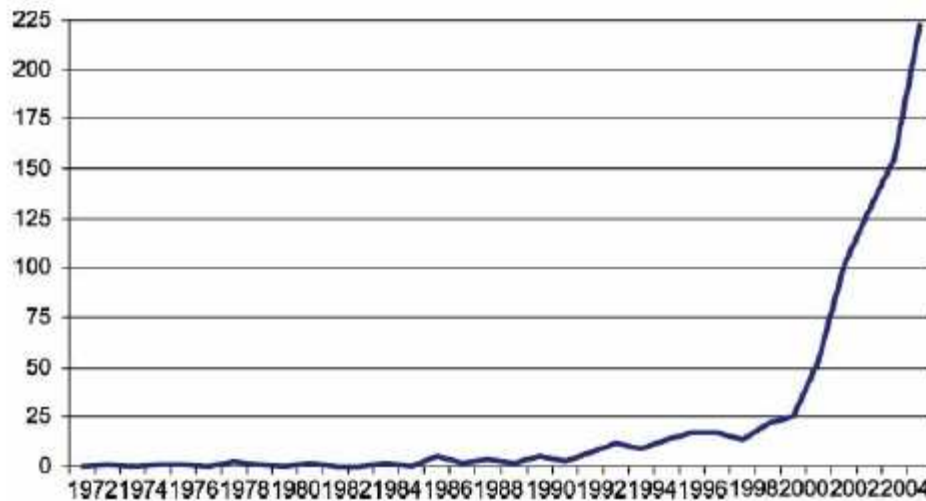
[...]

Para ilustrar a situação, podemos citar um exemplo simples, comumente documentado na literatura: ativos que apresentam uma associação mais forte em seus retornos durante recessões ou crises se comparada com a associação observada quando o mercado está em alta, ou estável.

Nesse sentido, a teoria de cópulas mostra-se como uma alternativa para tentar melhor traduzir esse tipo de situação, sobretudo em casos de não normalidade da distribuição de perdas e da relação dependência não linear.

Embora os fundamentos da teoria de cópulas se baseiem no Teorema de Sklar de 1959, suas aplicações em finanças e seguros são relativamente recente.

O Gráfico 3, a seguir, mostra o levantamento bibliométrico realizado por Genest *et al.* (2009) sobre a evolução do número de documentos científicos sobre a teoria de cópulas no *Google Scholar*, *Web of Science*, *Synergy*, *Proquest*, *MathScinet*, *Elsevier Science Direct*, entre outros.



**Gráfico 3 - Evolução do número de documentos sobre a teoria de cópulas: 1971 - 2005**  
 FONTE: Genest *et al* (2009, p.2)

O referido estudo também mostra uma lista de *Journals* nos quais mais foram encontradas publicações a esse respeito, sendo a tabela reproduzida a seguir:

**Tabela 3 - Lista de *Journals* que mais trataram sobre a teoria de cópulas**

Rank	Journal	Papers published
1	<i>Journal of Multivariate Analysis</i>	29
2	<i>Statistics &amp; Probability Letters</i>	26
3	<i>Insurance: Mathematics and Economics</i>	23
4	<i>Communications in Statistics: Theory and Methods</i>	19
5	<i>Biometrika</i>	14
6	<i>Risk Magazine</i>	14
7	<i>The Canadian Journal of Statistics</i>	12
8	<i>Biometrics</i>	12
9	<i>Quantitative Finance</i>	11
10	<i>Journal of Nonparametric Statistics</i>	10

FONTE: Genest *et al* (2009, p. 3)

O levantamento apresentado no Gráfico 3 e na Tabela 3 corroboram a afirmação de que a aplicação da teoria de cópulas é relativamente recente em finanças e seguros.

As cópulas mais frequentemente utilizadas são: (a) as Elípticas e (b) as Arquimedianas (YAN; KOJADINOVIC, 2007). Dentre as Cópulas Elípticas, as quais são caracterizadas por pertencer à classe de cópulas simétricas, destacam-se duas famílias: Cópula Normal (Gaussiana) e Cópula t-Student. Na classe das Cópulas Arquimedianas, as quais mais bem se

adaptam às distribuições assimétricas, destacam-se as famílias: Cópula Gumbel, Cópula Clayton e Cópula Frank.

A Cópula Normal, como o próprio nome sugere, advém da distribuição normal multivariada, ou seja, ao se combinar as distribuições marginais normais, a Cópula Normal gera a distribuição normal multivariada. Cabe ressaltar que se uma distribuição marginal não for normal, a distribuição conjunta resultante também tende a não seguir uma distribuição normal.

A estrutura de dependência da Cópula Normal pode ser descrita como segue:

$$C_R^{Ga}(\mathbf{u}_1, \dots, \mathbf{u}_n) = \Phi_R(\Phi^{-1}(\mathbf{u}_1), \dots, \Phi^{-1}(\mathbf{u}_n))$$

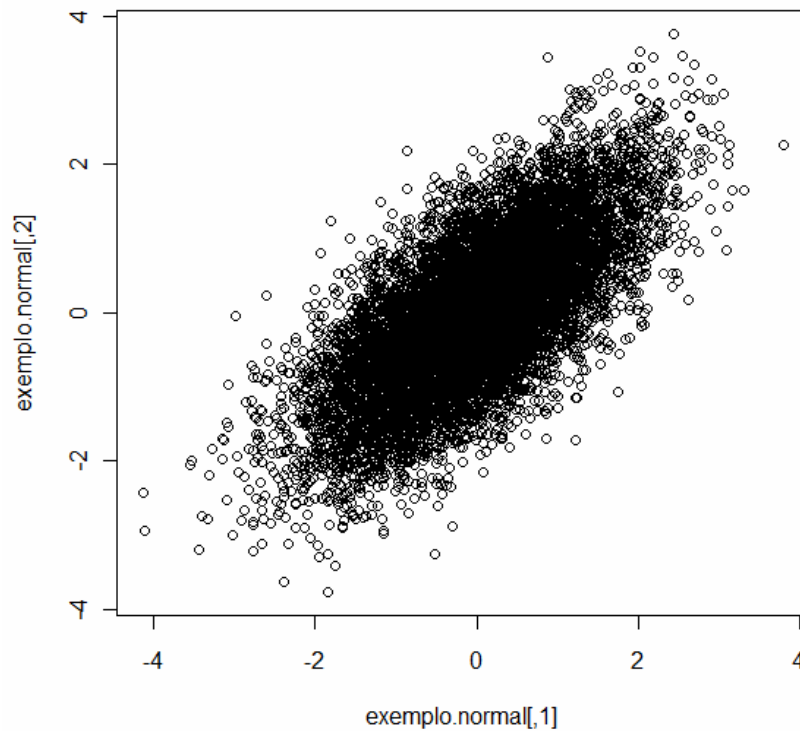
Em que:

$\Phi_R$  : indica a distribuição normal multivariada;

$R$  : matriz de correlação linear;

$\Phi^{-1}$  : inversa da distribuição normal univariada.

Como mencionado, a Cópula Normal, por pertencer à classe de Cópulas Elípticas, caracteriza-se por ser simétrica. Além disso, esse tipo de cópula não admite dependência extrema em nenhuma das caudas. Para ilustrar essa afirmação, foi elaborado um exemplo hipotético, gerando uma Cópula Normal a partir de 10.000 amostras aleatórias, considerando um coeficiente de correlação de 0.7 e duas distribuições marginais do tipo normal padrão, cujos resultados foram reproduzidos na Figura 6, apresentada a seguir.



**Figura 6 - Exemplo de Cópula Normal com coeficiente de correlação 0.7**

A Cópula t-Student é similar à Cópula Normal, mas com um parâmetro adicional para controlar a dependência nas caudas. Ela pode ser representada como segue:

$$C_{v,R}^t(u_1, \dots, u_n) = T_{v,T}^n(t_v^{-1}(u_1), \dots, t_v^{-1}(u_n))$$

Em que:

$T_{v,T}^n$  : indica a distribuição multivariada t-Student;

$R$  : matriz de correlação linear;

$t_v^{-1}$  : inversa da distribuição t-Student univariada;

$v$  : graus de liberdade.

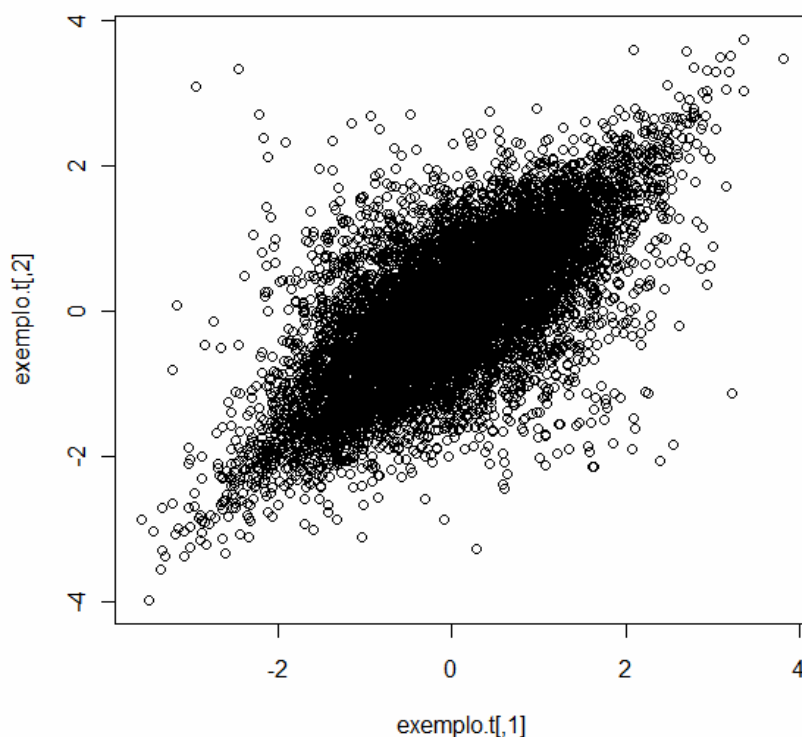
Assis e Laurini (2008, p. 20) ressaltam que:

A relação de dependência extrema existente nas caudas ao utilizarmos a Cópula t tende a zero à medida que os graus de liberdade tendem ao infinito, o que significa dizer que o resultado obtido a

partir de uma Cópula  $t$  se aproxima cada vez mais ao resultado obtido através de uma cópula Gaussiana à medida que os graus de liberdade aumentam.

Por também ser de fácil implementação e, adicionalmente, permitir estrutura de dependência extrema nas caudas, a Cópulas  $t$  é uma alternativa bastante interessante ao uso de cópulas Gaussianas em aplicações.

Para ilustrar a estrutura de dependência decorrente desse tipo de cópula, foi elaborado outro exemplo, considerando 10.000 amostras aleatórias de uma Cópula  $t$ -Student com coeficiente de correlação de 0.7 e 3 graus de liberdade, contemplando duas distribuições marginais do tipo normal padrão. A Figura 7 apresenta o resultado desse exemplo.



**Figura 7 - Exemplo de Cópula  $t$ -Student com coeficiente de correlação 0.7 e 3 graus de liberdade**

Uma das grandes limitações ao uso da classe de Cópulas Elípticas, sobretudo na área de gestão de riscos, reside no fato de que a estrutura de dependência das caudas deve ser simétrica. Daí a crescente relevância das Cópulas Arquimedianas, caracterizadas pela assimetria.

O nome Arquimedianas advém do axioma de Arquimedes para um número real positivo: Se  $a, b$  são números reais positivos, então existe um número inteiro  $n$  tal que  $na > b$  (NELSEN, 2006). Assim, seja  $C(u, v)$  uma Cópula Arquimediana Binária, então:

1.  $C(\cdot)$  é simétrica (permutável), isto é,  $C(u,v) = C(v,u)$
2.  $C(\cdot)$  é associativa, isto é,  $C(C(u,v),w) = C(u, C(v,w))$  para todo  $u, v, w$  em  $(0,1)$ .
3. Seja  $\varphi(\cdot)$  a geradora de  $C(\cdot)$ , então para alguma constante  $k > 0$  tem-se que  $k\varphi(\cdot)$  é também geradora de  $C(\cdot)$  (ANJOS *et al*, 2004, p. 29).

Pereira e Pereira (2009) explicam que Cópula Arquimediana, construída a partir do gerador  $\varphi$ , é dado por:

$$C(u_1, \dots, u_p) = \varphi^{-1} \{ \varphi(u_1) + \dots + \varphi(u_p) \}$$

Em que  $\varphi^{-1}$  é o gerador inverso de  $\varphi$ . Assis e Laurini (2008, p. 23) observam que o gerador  $\varphi$  deve satisfazer as seguintes condições:

- i.  $\varphi(1) = 0$ ;
- ii. para qualquer  $x$  pertencente ao intervalo entre 0 e 1,  $\varphi'(x) < 0$ , ou seja,  $\varphi$  é uma função decrescente;
- iii. para qualquer  $x$  pertencente ao intervalo entre 0 e 1,  $\varphi''(x) \geq 0$ , ou seja,  $\varphi$  é uma função convexa;
- iv.  $\varphi$  é uma função contínua.

Dentre as classes de Cópulas Arquimedianas, como mencionado, destacam-se: Cópula Gumbel, Cópula Clayton e Cópula Frank.

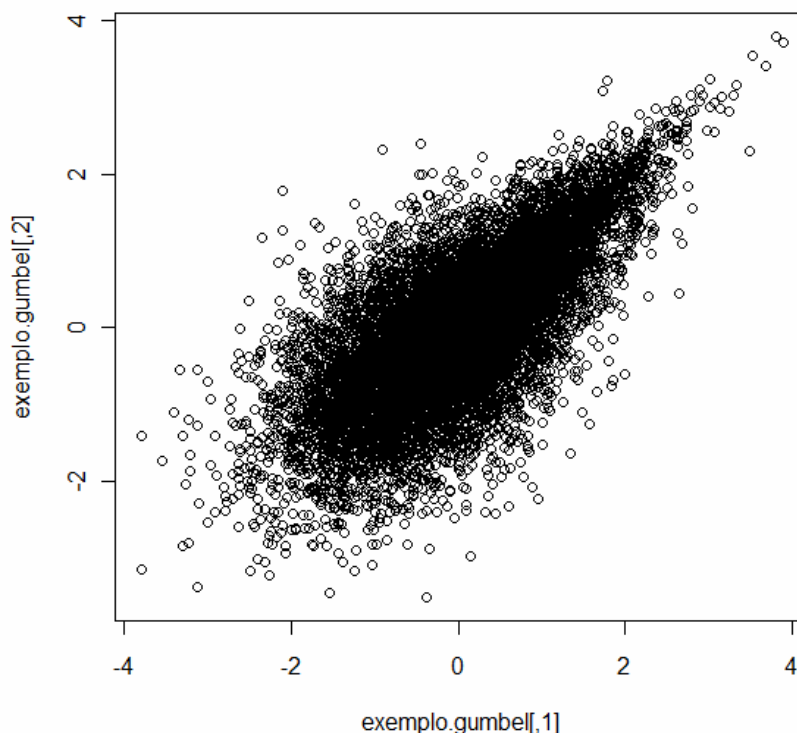
A Cópula Gumbel apresenta dependência extrema somente na cauda superior, sendo descrita, na sua modalidade bivariada, por:

$$C(u, v, \alpha) = \exp \left\{ - \left[ (-\ln u)^\alpha + (-\ln v)^\alpha \right]^{1/\alpha} \right\}$$

Sendo o parâmetro  $\alpha$  restrito ao intervalo  $[1, \infty)$ . Quando esse parâmetro for igual a 1, indica que as séries são independentes e quanto mais ele tender ao infinito, sugere-se que há uma associação positiva cada vez mais forte. Esse tipo de cópula não admite dependência negativa na cauda.

Para ilustrar o comportamento desse tipo de cópula, foi elaborado um exemplo, gerado a partir de 10.000 amostras aleatórias, com  $\alpha$  igual a 2 e duas distribuições marginais do tipo normal padrão. O resultado é mostrado a seguir na Figura 8.





**Figura 8 - Exemplo de Cópula Gumbel com  $\alpha$  igual a 2**

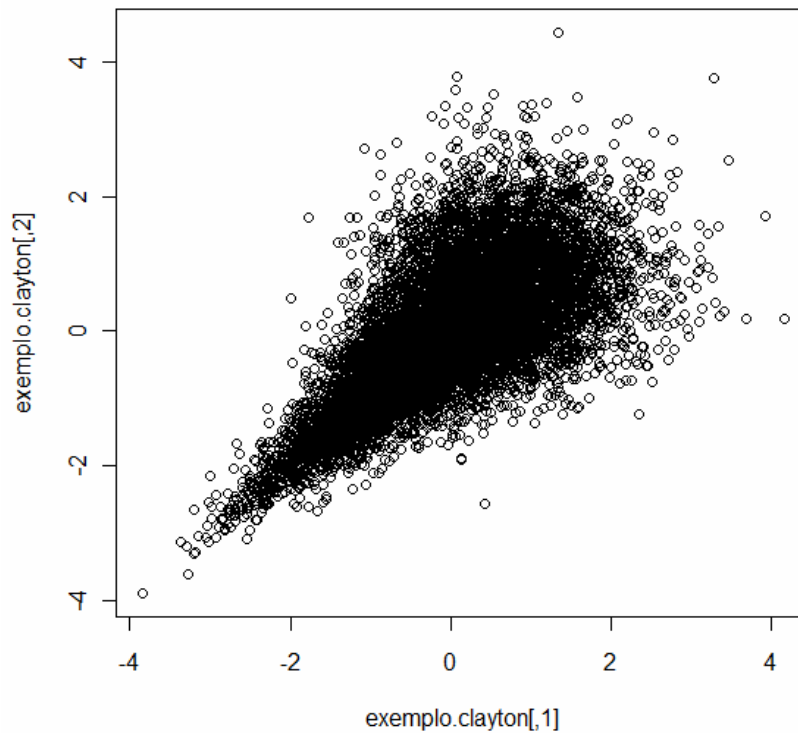
Outra família de cópulas muito utilizadas da classe arquimediana é a Cópula Clayton, também conhecida como Cook-Johnson. Esse tipo de cópula apresenta dependência extrema somente na cauda inferior, sendo descrita, na modalidade bivariada, por:

$$C(u, v, \alpha) = \max\left[\left(u^{-\alpha} + v^{-\alpha} - 1\right)^{-1/\alpha}, 0\right]$$

Sendo o parâmetro  $\alpha$  contido no intervalo  $[-1,0) \cup (0,\infty)$ . Quando esse parâmetro for igual a zero indica independência, quando for -1 sugere máxima dependência negativa e quando tender ao infinito representa a máxima dependência positiva.

Segundo Assis e Laurini (2008, p. 25), “algumas evidências empíricas apontam que a estrutura de dependência proposta por essa cópula é muitas vezes de fato encontrada nos mercados”.

Para exemplificar o comportamento desse tipo de cópula, a partir de 10.000 amostras aleatórias, supondo 2 distribuições marginais do tipo normal padrão e  $\alpha$  igual a 2, tem-se:

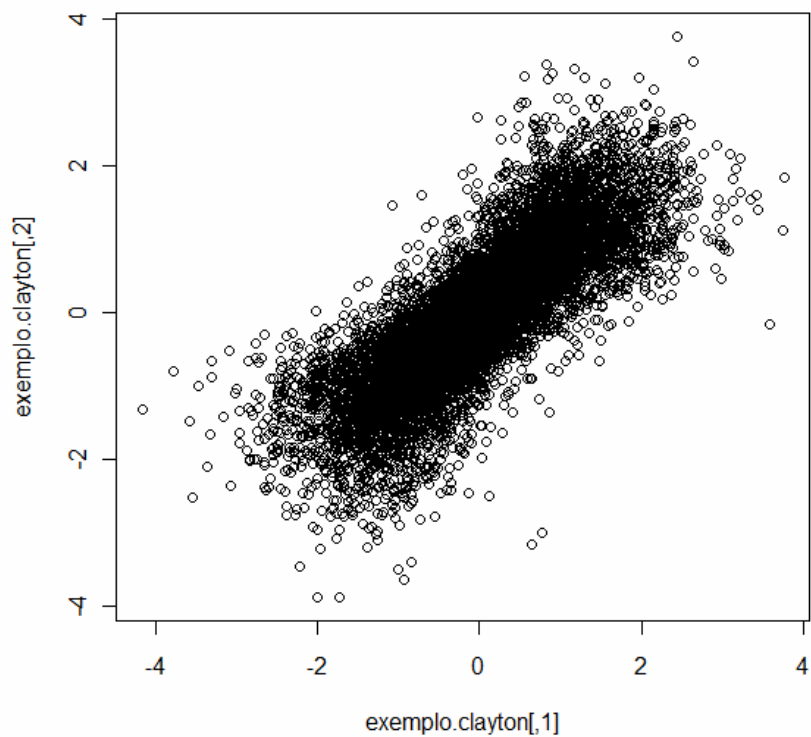


**Figura 9 - Exemplo de Cópula Clayton com  $\alpha$  igual a 2**

A Cópula Frank, por sua vez, apresenta a mesma estrutura de dependência em ambas as caudas, característica semelhante à classe de Cópulas Elípticas. Esse tipo de cópula, em sua versão bivariada, é definida como segue:

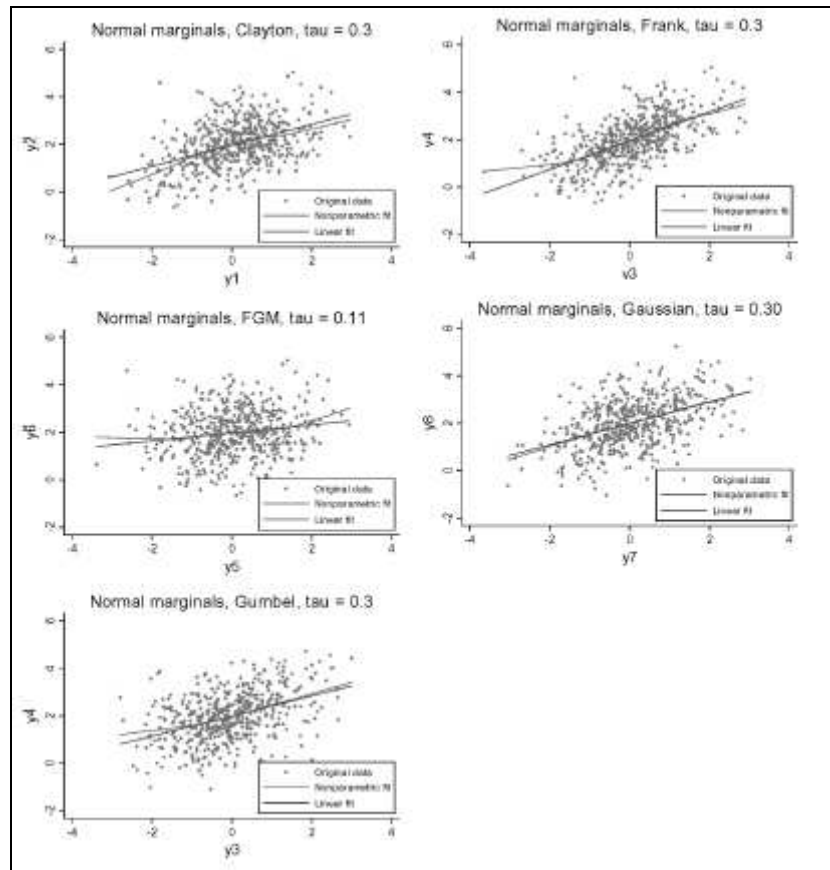
$$C(u, v, \alpha) = \left( -\frac{1}{\alpha} \right) \cdot \ln \left( 1 + \frac{(\exp(-\alpha u))(\exp(-\alpha v) - 1)}{\exp(-\alpha) - 1} \right)$$

Sendo o parâmetro  $\alpha$  contido no intervalo  $(-\infty, 0) \cup (0, +\infty)$ . Quando esse parâmetro for igual a zero, representa independência, quando tender a menos infinito, indica máxima associação negativa e quando tender a mais infinito sugere máxima associação positiva. Também para ilustrar o comportamento desse tipo de cópula, fez-se um exemplo, considerando  $\alpha$  igual a 10, a partir de 10.000 amostras aleatórias, considerando duas distribuições marginais do tipo normal padrão. A Figura 10 mostra o resultado desse exemplo.



**Figura 10 - Exemplo de Cópula Frank com  $\alpha$  igual a 10**

Trivedi e Zimmer (2005) mostram uma breve comparação entre as Cópulas Arquimedianas, reproduzidas na figura a seguir.



**Figura 11 - Comparação entre Cópulas (amostra simulada)**

FONTE: Trivedi e Zimmer (2007, p.30)

Conforme se observa na Figura 11, a principal diferença entre a Cópula Gaussiana (Normal) e as Cópulas Arquimedianas (como Frank, Clayton e Gumbel) reside no fato dessas, com exceção da Cópula Frank, apresentarem dependências assimétricas. Enquanto a Cópula Clayton mostra maior dependência nas caudas à esquerda, a Cópula Gumbel apresenta maior dependência à direita.

Bianchi (2008, p.15) explica que:

Dependência caudal inferior e superior entre dois mercados financeiros existe quando a probabilidade de valores conjuntos negativos (positivos) em eventos extremos é maior que a que poderia ser prevista a partir das distribuições marginais. Recentes estudos empíricos mostram que períodos de turbulência e calma em finanças são caracterizados por diferentes níveis de dependência caudal, sendo a dependência mais forte sobre a cauda inferior do que na cauda superior.

As cópulas Arquimedianas podem ser construídas facilmente e a forma fechada para sua expressão é simples. Estas facilidades se devem ao fato da representação da cópula Arquimediana permitir reduzir o estudo de cópula multivariada ao estudo de uma função univariada denotada por gerador de uma cópula Arquimediana  $\phi$ .

Cabe ressaltar que dependendo do tipo de cópula a ser utilizada, mas aplicada às mesmas distribuições marginais, podem-se obter resultados muito diferentes. Nesse sentido, Anjos *et al.* (2004, p. 129) dispõe que: “na prática, o problema de identificação da cópula mais adequada para um conjunto de dados é complexo. No caso de modelagem de eventos extremos, podemos superar esta dificuldade restringindo nossa atenção às cópulas de valores extremos”.

Nessa linha, dentre as cópulas de valores extremos, destacam-se as Cópulas Arquimedianas da família Gumbel, as quais foram utilizadas no presente estudo.



### 3. MODELAGEM

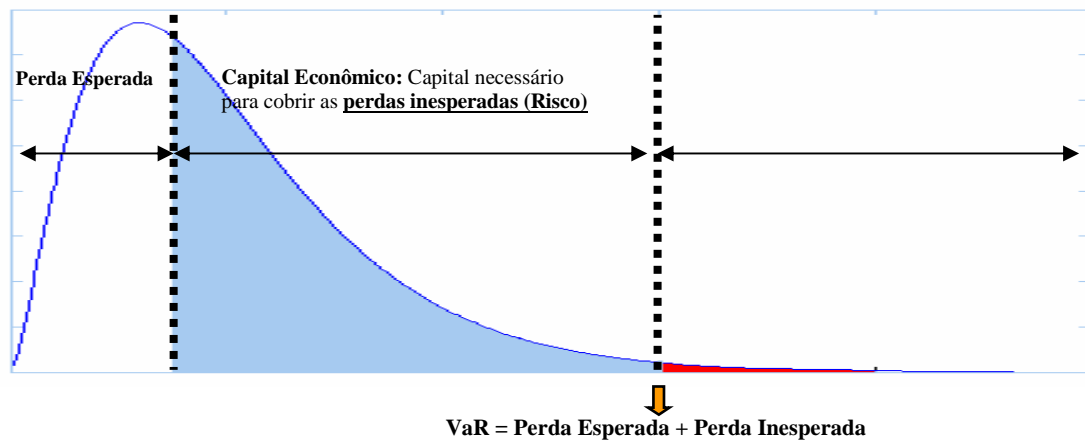
#### 3.1 Metodologia

A ciência da construção de modelos consiste em um conjunto de instrumentos quantitativos que são usados para construir e, em seguida, testar representações matemáticas do mundo real (PINDYCK; RUBINFELD, 2004).

Nesse sentido, este estudo busca, por intermédio da construção de um modelo, investigar a existência de indícios que levem a supor que a nova regulamentação penalizou a alocação de capital para a cobertura de risco de subscrição para as seguradoras de menor porte, sob a ótica e as conseqüentes limitações de usuários externos.

Visando testar tal conjectura, a presente pesquisa se orientou por uma abordagem teórico-empírica, baseada no banco de dados do SES atualizado até 31.12.2009, disponibilizado no site da SUSEP.

A constituição de reservas (em termos atuariais) ou provisões (em termos contábeis), juntamente com a alocação de capital busca cobrir as perdas esperadas e inesperadas da entidade, conforme ilustrado na Figura 12. A literatura acadêmica, normalmente, considera que a provisão deve cobrir as perdas esperadas, enquanto o capital se destina à cobertura das perdas inesperadas, sendo a somatória das perdas esperadas e inesperadas correspondente ao nível de confiança relativo à exposição ao risco de perdas do portfólio, análogo ao conceito de VaR (*value at risk*) de uma carteira.



**Figura 12 - Distribuição de Perdas**

A ideia subjacente à estimação do nível de confiança para cobertura de eventuais perdas a que uma entidade está exposta se fundamenta nas práticas de gestão de risco, dentre as quais se destaca o interesse em avaliar o potencial de resultados desfavoráveis que estão concentrados nas caudas das distribuições, o que, por sua vez, determina a tolerância ao risco da instituição.

O típico processo de precificação e gerenciamento de risco costuma analisar o resultado por linha de negócio. Entretanto, o risco da entidade como um todo, normalmente, tende a ser menor que a somatória dos riscos de cada linha de negócio quando existe o efeito diversificação de carteiras. Nesse sentido, segundo Pereira e Pereira (2009, p. 1):

Dentre os principais desafios enfrentados no cálculo de medidas de risco de *portfólios* está em como agregar riscos. Esta agregação deve ser feita de tal sorte que possa de alguma forma identificar o efeito da diversificação do risco existente em uma operação ou em um *portfólio*.

Desta forma, muito tem se feito para identificar a melhor forma para se chegar a esta definição, alguns modelos como Valor em Risco (VaR) paramétrico assumem que a distribuição marginal de cada variável integrante do *portfólio* seguem a mesma distribuição, sendo esta uma distribuição normal, se preocupando apenas em modelar corretamente a volatilidade e a matriz de correlação. Modelos como VaR histórico assume a distribuição real da variável e não se preocupam com o formato da distribuição resultante multivariada.

Assim sendo, a teoria de Cópulas mostra-se uma grande alternativa, à medida que esta teoria permite a criação de distribuições multivariadas sem a necessidade de se supor qualquer tipo de restrição às distribuições marginais e muito menos as multivariadas.

Além disso, existem vários estudos sugerindo algumas alternativas para a alocação de capital em conformidade com o risco de cada linha de negócio, viabilizando a análise da rentabilidade por intermédio de técnicas como, por exemplo, RAROC ou EVA.



Como a alocação de capital para cobertura do risco de subscrição segue um modelo regulatório, esse passa a representar um custo mínimo imposto às seguradoras, o qual pode impactar diretamente na rentabilidade das linhas de negócio.

Segundo Cardoso (2008, p.12):

A SUSEP define que o capital mínimo de uma seguradora deve ser suficiente para cobrir as variações provenientes de uma situação econômica adversa que contraria as expectativas de mercado no momento da elaboração da sua política de subscrição. Esta definição inclui as oscilações das provisões de sinistros ocorridos até a data base, dos sinistros oriundos de apólices com exposição no ano subsequente à data base, bem como todos os desenvolvimentos possíveis de sinistros dos riscos assumidos. A SUSEP classificou o risco de subscrição em risco de reserva e risco de precificação. O risco de precificação estaria associado aos novos negócios iniciados a partir da data base de avaliação. O risco de reserva seria referente aos riscos não esperados e cujas reservas já teriam sido constituídas.

Conforme mencionado, o risco de subscrição pode ser decomposto em risco de provisão, destacando-se a provisão de prêmio não ganho, e risco de precificação.

Para se ter uma ideia da relevância do risco de subscrição e da representatividade do risco de provisão, Cardoso (2008, p. 13) observou que:

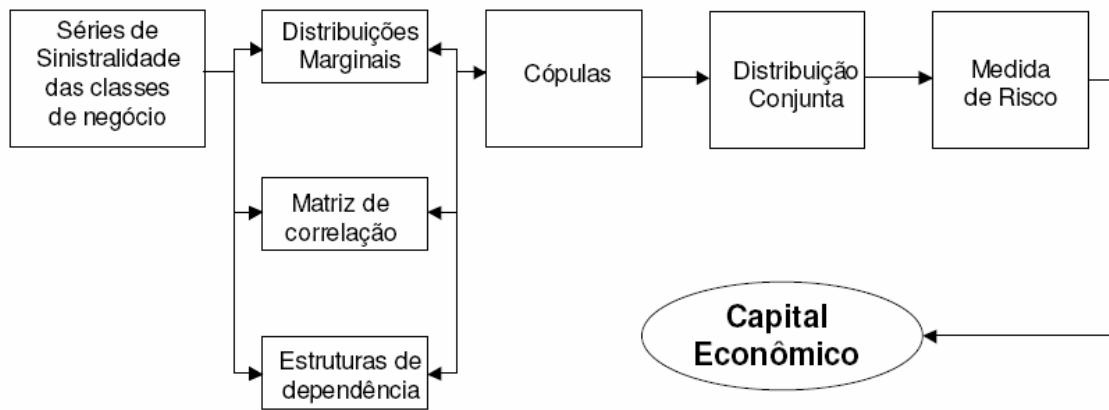
A.M.Best [2004] realizou um estudo com o objetivo de identificar os casos de insolvências de seguradoras dos USA e identificou o risco de subscrição como uma das suas principais causas. Das causas primárias identificadas para 562 de 871 companhias que ficaram insolventes no período de 1969 a 2002, 61,4% eram relativos ao risco de subscrição. O mesmo estudo realizado [baseado em 305 de 481 companhias que ficaram insolventes no período] entre 1969 e 1990 tinha apontado 55,4% das insolvências oriundas deste risco. Este aumento se deu principalmente pelo aumento de insolvência devido à deficiência de reservas.

[...]

Identifica-se um aumento de 35,27% de insolvências oriundas de deficiência de reserva, constatando a necessidade de uma maior atenção por parte das seguradoras e do órgão regulador.

Tal estudo sugere que o risco de provisão tenda a ser mais sensível que o risco de precificação em casos de insolvência de seguradoras.

Cardoso (2008) propõe a seguinte abordagem para determinar o capital econômico de uma seguradora:



**Figura 13 - Procedimento de cálculo do capital econômico**  
 FONTE: Cardoso (2008, p. 78)

A metodologia proposta neste estudo para determinar o cálculo de capital econômico se baseia na abordagem de Cardoso (2008), com algumas variações de ordem prática no que se refere ao tratamento dos dados e ao tipo de cópula a ser adotado, explicadas na seqüência.

Além disso, é razoável pressupor que a distribuição das perdas apresente assimetria, pois, no mínimo, essas tendem a zero, não fazendo sentido a ocorrência de perdas negativas. Nesse sentido, fez-se uso da distribuição gama, a qual é a uma das mais flexíveis (ver Figura 14), cuja função densidade de probabilidade reside no domínio dos números reais positivos.

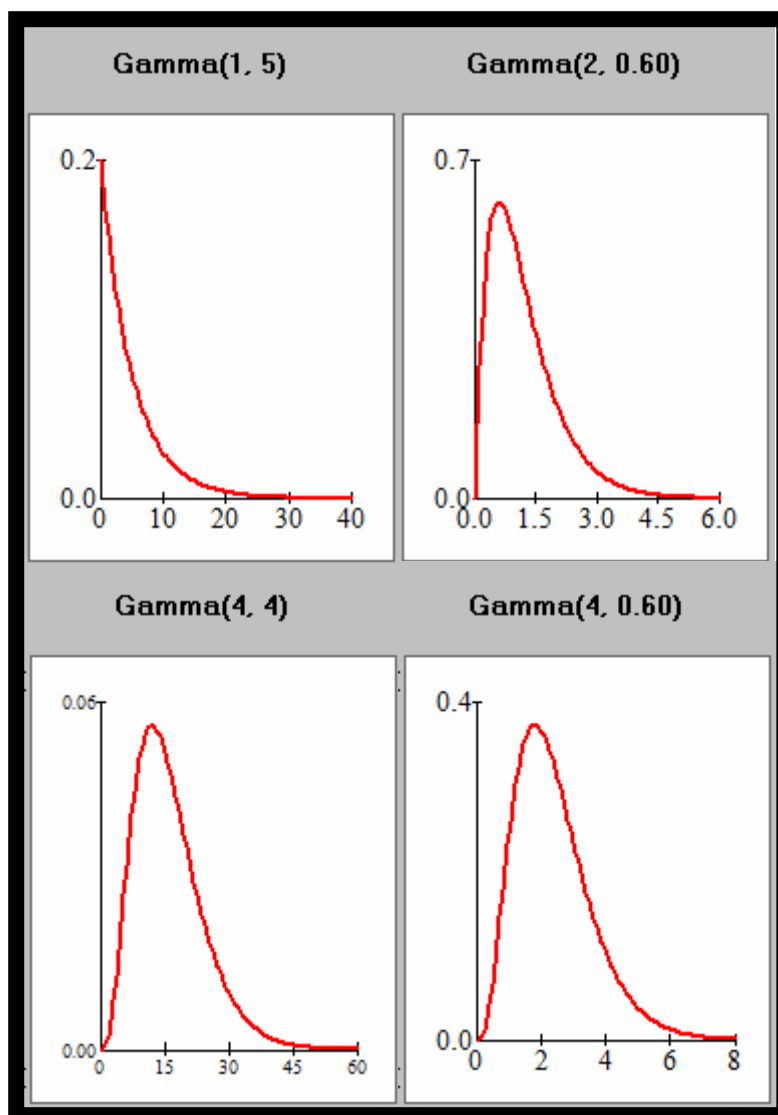


Figura 14 - Exemplo de Distribuição Gama ( $\alpha, \beta$ )

Conforme Hossack *et al.* (1999), quando se dispõe de dados exaustivos, é possível responder a muitas questões em seguros com base na distribuição observada. Entretanto, quando não se dispõe de dados suficientes, a única alternativa é assumir premissas, por exemplo, acerca da distribuição teórica.

Os referidos autores destacam ainda como razões para a utilização de distribuições teóricas: (a) a conveniência prática, (b) a distribuição teórica ser completamente descrita por poucos parâmetros, (c), o fato de permitir inferências a respeito do comportamento de portfólios de seguros e (d) a conveniência para manipulações algébricas. Todas essas razões fazem com que a utilização de distribuições teóricas em muitas situações se torne preferível à adoção da distribuição observada.

Nessa linha, em função da escassez de dados, a utilização da distribuição observada ou a aplicação de testes de aderência parecem não aplicáveis, o que conduziu o estudo a adotar distribuições teóricas (paramétricas), no caso específico, a distribuição gama, como já mencionado.

Dada a limitação do histórico das séries, também não foi possível realizar testes de estacionariedades. No entanto, é razoável pressupor que as séries de sinistralidades sejam estacionárias (CARDOSO, 2008). Isso se justifica pelo fato de que, teoricamente, a sinistralidade não deveria apresentar comportamentos explosivos, sendo esperado que se reverta à média no longo prazo. Essa afirmação é fundamentada na premissa de continuidade das empresas, o que leva a supor a manutenção do equilíbrio entre os prêmios e sinistros, sob pena do comprometimento da solvência das seguradoras. Assim, o presente estudo parte do pressuposto de que as séries são estacionárias.

Portanto, assume-se como premissa que a distribuição das perdas por categoria (conceito a ser explicado no item 3.1., por ora, entendido como segregação do portfólio em grupos de risco similares, análoga às classes de negócios definidas na Circular SUSEP N. 355/07) segue uma distribuição gama.

Tal premissa se faz necessária em função da escassez de dados de sinistralidade por categoria e por seguradora para que seja realizado um teste de aderência individual.

A distribuição gama é uma função contínua no domínio dos números reais positivos e sua distribuição densidade de probabilidade pode ser descrita como segue:

$$f(x) = \frac{\beta}{\Gamma(\alpha)} \cdot e^{-\beta x} \cdot (\beta x)^{\alpha-1} \quad (1)$$

E a média e a variância dada por:

$$\text{média} = \frac{\alpha}{\beta} \quad (2)$$

$$\text{variância} = \frac{\alpha}{\beta^2} \quad (3)$$

Para estimar a potencial perda agregada, deve-se levar em consideração a estrutura de dependência entre as diferentes classes de negócios em que cada uma das seguradoras atua. Para essa finalidade, a correlação linear não se mostra uma medida adequada, tendo-se em vista que a preocupação reside na dependência nas caudas e não se pode afirmar que a distribuição conjunta é normal, o que implica que a ausência de correlação não, necessariamente, indica independência entre as variáveis. Nesse sentido, fez-se uso da teoria de cópulas, sendo essa uma forma de tratar a estrutura de dependência.

Em função da limitação de se tratar da ótica de usuários externos, não se tem estatísticas de frequência e severidade dos sinistros para calcular, por exemplo, o prêmio de risco, prêmio puro e prêmio comercial, bem como a probabilidade de ruína por classe de negócio. Ademais, como o risco de subscrição está associado ao risco de insuficiência de provisão e de inadequação dos modelos de precificação, o risco de subscrição é refletido de alguma forma na sinistralidade (CHAN *et al.*, 2008). Na mesma linha, Cardoso (2008, p. 80) destaca que “como a sinistralidade representa a subscrição de cada classe de negócio, sua distribuição deve ser similar à distribuição dos sinistros”, sendo esta a premissa do presente estudo.

Assim, a perda esperada dos riscos subscritos, para 31/12/2009, pode ser estimada por:

$$PE\_ris\ cos\_subsc_i = (Pr\_Ganho_i + PPNG_i) \cdot sin\_media_i \quad (4)$$

Em que:

- $PE\_ris\ cos\_subsc_i$ : perda esperada referente aos riscos subscritos até a data de referência;
- $Pr\_Ganho_i$ : prêmio ganho referente ao exercício findo em 31/12/2009 da categoria  $i$ ;
- $PPNG_i$ : provisão de prêmios não ganhos em 31/12/2009 referente à categoria  $i$ , explicada melhor na seqüência;
- $sin\_media_i$ : sinistralidade média da classe de negócio  $i$ .

Cabe, porém, destacar que um dos principais propósitos da alocação de capital é garantir a manutenção da solvência da seguradora, dado um nível de confiança, para os próximos 12 meses, período no qual, também, se espera emitir novos prêmios de seguros, se a entidade estiver em regime de continuidade.

A solvência pode ser entendida aqui como suficiência de ativos para a cobertura das obrigações. Isso significa dizer que ao calcular o capital em uma data de referência, esse, juntamente com as provisões, deve ser suficiente para cobrir o pagamento das obrigações durante o próximo exercício social, bem como as obrigações presentes e futuras decorrentes dos riscos subscritos até os próximos 12 meses. Não foi objeto deste estudo avaliar o casamento dos fluxos de caixa de ativos e passivos, o que implicaria na análise da qualidade e liquidez dos ativos, bem como do fluxo de caixa das obrigações.

Assim, como a data de referência é 31.12.2009, faz-se necessário estimar os prêmios para os próximos 12 meses, ou seja, para o ano 2010, tendo, no caso específico, assumido o mesmo valor dos prêmios retidos do ano de referência.

Logo, para se estimar a perda esperada dos riscos subscritos e a subscrever nos próximos 12 meses, procedeu-se da seguinte maneira:

$$PE\_riscos\_subsc\_subscrever_i = (Pr\_Ganho_i + PPNG_i + Pr\_retido_{2010}) \cdot sin\_media_i \quad (5)$$

Em que:

- $PE\_riscos\_subsc\_subscrever_i$ : Perda esperada decorrente dos riscos subscritos e a subscrever nos próximos 12 meses, no caso, para o ano de 2010;
- $Pr\_retido_{2010}$ : Prêmio retido estimado para o ano de 2010, sendo adotado o mesmo valor do ano de 2009.

É importante também explicar o conceito da PPNG. A PPNG é uma provisão destinada à cobertura dos riscos ainda não incorridos, trata-se, portanto, um ajuste pelo regime de competência para reconhecimento dos prêmios emitidos. Segundo a Resolução CNSP N. 162/06:

Art. 4o A Provisão de Prêmios Não Ganhos (PPNG) deve ser constituída para a cobertura dos sinistros a ocorrer considerando indenizações e despesas relacionadas, ao longo dos prazos a decorrer referentes aos riscos vigentes na data base de cálculo, obedecidos os seguintes critérios:

I - o cálculo da PPNG deve apurar a parcela de prêmios não ganhos relativa ao período de cobertura do risco, sendo formada pelo valor resultante da fórmula abaixo, em cada ramo, por meio de cálculos individuais por apólice ou endosso representativos de todos os contratos de seguro vigentes na data base de sua constituição ou a eles relacionados;

**PPNG= Período de risco a decorrer X Prêmio Comercial Retido/Período total de cobertura de risco**

II - o cálculo da provisão deve ser efetuado "pro rata die", tomando por base as datas de início e fim de vigência do risco, no mês de constituição;

III - o prêmio comercial retido é o valor recebido ou a receber do segurado (valor do prêmio emitido, pago à vista ou parcelado), nas operações de seguro direto ou de congêneres, nas operações de cosseguro aceito, líquido de cancelamentos e restituições, e de parcelas de prêmios transferidas a terceiros em operações de cosseguro e/ou resseguro;

IV - o cálculo da provisão deve contemplar estimativa para os riscos vigentes mas não emitidos (PPNG-RVNE), sendo obtida por método previsto em nota técnica atuarial mantida pela sociedade seguradora;

Como a base de dados do SES não apresenta a PPNG por ramo para que se possa agrupá-las nas categorias  $i$ , o presente estudo assumiu como premissa que a composição dessa provisão segue a mesma composição dos prêmios ganhos no exercício social findo em 31/12/2009. Desse modo, a PPNG por categoria  $i$  foi obtida da seguinte maneira:

$$PPNG_i = PPNG \cdot \frac{Pr\_Ganho_i}{Pr\_Ganho_T} \quad (6)$$

Sendo:

- $Pr\_Ganho_T$ : prêmio ganho total referente ao exercício social findo em 31/12/2009.

Tendo-se em vista que a PPNG é apenas um prêmio diferido, não foi considerada a sua totalidade como parte da provisão destinada à cobertura da perda esperada. Ou seja, além das demais provisões técnicas, a PPNG destinada à cobertura do risco de subscrição ( $PPNG_{risco\_subs}$ ) foi considerada da seguinte forma:

$$PPNG_{\text{risco\_subs}} = \sum_{i=1}^n PPNG_i \cdot \text{sin\_media}_i \quad (7)$$

Em que  $n$  representa a quantidade total de categorias  $i$  que cada seguradora atua.

Com isso, pressupõe-se que a sinistralidade média observada deva ser uma boa *proxy* da sinistralidade relativa aos prêmios a apropriar.

Assim, a provisão relativa à cobertura da perda esperada é obtida pela somatória das seguintes provisões, conforme Resolução CNSP N. 162/06:

$$\text{Provisão}_{\text{perda\_esperada}} = \text{PIP} + \text{PSL} + \text{IBNR} + PPNG_{\text{risco\_subs}} \quad (8)$$

Sendo:

- PIP: provisão de insuficiência de prêmios;
- PSL: provisão de sinistros a liquidar;
- IBNR: provisão de sinistros ocorridos e não avisados.

Como o interesse é comparar o nível de confiança ou tolerância ao risco de subscrição estimado individualmente para cada seguradora com a metodologia de cálculo de capital regulatório acrescida da constituição de provisão para cobertura da perda esperada, fez-se necessário apurar o capital mínimo requerido conforme explicado no tópico 2.3.2 do presente estudo.

Cabe lembrar que o capital mínimo requerido (CMR) é constituído por: (a) capital base (CB) e (b) capital adicional para cobertura do risco de subscrição ( $CA^{rs}$ ).

$$\underline{CMR = CB + CA^{rs}} \quad (9)$$

O capital base é composto por uma parcela fixa no valor de R\$1.200.000,00 e por uma parcela variável em função dos Estados de atuação (vide Tabela 1 apresentado no tópico 2.3.2). Para



estimar a parcela variável, buscou-se investigar os Estados em que a seguradora emitiu prêmio no ano de 2009 a partir do banco de dados SES, disponibilizado no site da SUSEP.

Para determinar o capital adicional para cobertura do risco de subscrição referente ao exercício social findo em 31.12.2009, conforme disposto pela Resolução CNSP N. 158/06, alterada pela Circular SUSEP N. 355/07, aplicou-se a seguinte fórmula, considerando as abordagens com e sem modelo interno:

$$CA^{rs} = \sqrt{\sum_{i=1}^{51} \sum_{j=1}^{51} (f_i^{\text{prem}} \cdot \text{premio}_i^m) \cdot (f_j^{\text{prem}} \cdot \text{premio}_j^m) p_{i,j}^{\text{prem}} + \sum_{k=1}^{17} \sum_{l=1}^{17} (f_k^{\text{prov}} \cdot \text{sinistro}_k^m) \cdot (f_l^{\text{prov}} \cdot \text{sinistro}_l^m) p_{k,l}^{\text{prov}}} \quad (10)$$

Para maiores detalhes dessa fórmula, ver capítulo 2.3.2 do presente estudo.

Para estimar a distribuição das perdas agregadas referente ao exercício findo em 31.12.2009, primeiro foram calculadas a média ( $\mu_i$ ) e o desvio padrão ( $\sigma_i$ ) da distribuição de perdas para cada categoria  $i$  e para cada seguradora individualmente.

Pressupondo que as distribuições marginais de perdas para cada categoria  $i$  seguem uma distribuição gama, a partir dos valores observados de  $\mu_i$  e  $\sigma_i$ , foram determinados os respectivos parâmetros de  $\alpha$  e  $\beta$  dessa distribuição. Em seguida, estimou-se a distribuição conjunta por intermédio da teoria de cópulas, levando em consideração a estrutura de dependência dessas. Nesse sentido, Cardoso (2008, p. 15) ressalta que:

Dentre os principais aspectos a se considerar na construção de modelo, destaca-se a importância da incorporação das associações existentes em cada classe de seguros. A maioria dos modelos é composta por sub-modelos de determinação de capital para cada tipo de risco que a companhia está exposta. O capital total requerido de uma companhia será a agregação dos capitais individuais de cada classe. Entretanto, os riscos de cada classe de seguros podem ter uma interdependência, em geral, não linear, impossibilitando a soma direta desses capitais. Um dos grandes problemas de uma metodologia de determinação de capital é identificar, mensurar e incorporar as dependências existentes entre as classes. Os riscos de uma atividade seguradora podem ser altamente dependentes em situações extremas.

A teoria das cópulas tem se mostrado uma ferramenta eficaz para a agregação de capitais uma vez que incorpora as dependências entre os riscos na estimação do capital econômico. Como a cópula permite separar os efeitos das estruturas de dependência das características peculiares às distribuições marginais, é possível explorar o impacto das dependências dos riscos no capital requerido total.

Como o interesse reside em modelar uma medida semelhante ao conceito de VaR do portfólio, foi utilizada a classe de Cópulas Arquimedianas (PEREIRA; PEREIRA, 2009). Dentre as classes de cópulas utilizadas para modelar fortes dependências nas caudas destacadas por Tang e Valdez (2006), tem-se a Cópula Gumbel, a qual foi adotada pelo presente estudo. Para maiores detalhes, ver Denuit *et al.* (2005) e Craighead (2008).

Há várias formas de se ajustar uma cópula. Neste estudo, fez-se uso de simulações. Conforme Mendes (2004, p. 200):

Simulações têm hoje um papel importante na inferência estatística. Uma de suas principais utilidades é a de ajudar a investigar as propriedades de um estimador. Se a distribuição exata ou assintótica de um estimador (de um parâmetro ou de uma medida de risco) não é conhecida, a geração de um número grande de amostras a partir da distribuição dos dados originais, e o cálculo do valor deste estimador para cada uma das amostras geradas, nos darão uma boa ideia da distribuição deste estimador, em particular de seu valor médio e variabilidade.

As simulações da Cópula Gumbel, a partir das distribuições marginais estimadas com os parâmetros observados, fornecem uma maneira de entender a forma da distribuição multivariada subjacente.

Assim, foi calculado o valor em risco (a somatória da perda esperada e inesperada) estimado para o nível de tolerância ao risco de 99,5%, o qual é a referência estabelecida no Projeto Solvência II.

Logo, têm-se, basicamente, duas formas de comparação entre o capital econômico e o regulatório, que são análogas:

1. Pela relação entre o capital regulatório e o econômico, sendo esse a diferença entre o valor em risco para 99,5% de confiança e as provisões para perda esperada ou;
2. Pela cobertura do valor em risco para 99,5% de confiança, considerando o capital regulatório e as provisões para perda esperada.

Neste estudo, optou-se pela 2ª forma, apurando como parâmetro de interesse o índice de cobertura determinado pela razão entre (a) o valor da provisão destinada à cobertura da perda esperada ( $\text{Provisão}_{\text{perda\_esperada}}$ ), juntamente, com o capital mínimo requerido (CMR) pelo

modelo regulatório e (b) a necessidade de recursos (somatória da perda esperada e inesperada estimada) para 99,5% de nível de confiança, conforme fórmula a seguir:

$$\text{índice de cobertura} = \frac{(\text{Capital Base} + \text{Capital Adicional}_{\text{risco\_subscrição}} + \text{Provisão}_{\text{perda\_esperada}})}{\text{Valor em Risco}} \quad (11)$$

Cabe lembrar que a abordagem regulatória apresenta duas possibilidades para calcular o capital adicional para cobertura do risco de subscrição: uma considerando que a seguradora não disponha de modelo interno e outra pressupondo que possua, embora não se permita a utilização desse para determinação da necessidade de capital.

Logo, o valor do parâmetro de interesse será superior a 100% quando a exigência regulatória é maior que a necessidade de recursos apurada, individualmente, para cada seguradora. Cabe observar que o primeiro é uma regra padrão que não necessariamente reflete a realidade particular de cada empresa. Nesse sentido, se o modelo regulatório penalizar as seguradoras de menor porte em detrimento as de grande porte, supõe-se que existe um fator de desvantagem competitiva que pode incentivar a concentração do setor.

É importante destacar que o modelo proposto possui o viés de se tratar de um usuário externo das demonstrações contábeis.

Para investigar a existência de diferenças significativas entre o nível de confiança entre seguradoras de pequeno e grande porte, o próximo passo é a distinção das seguradoras por porte.

A fim de não introduzir o viés de seguradoras que não operam em condições normais ou que estão no início de suas atividades, as quais apresentam carteiras pouco maduras, foram excluídas da análise aquelas que apresentaram em 31/12/2009 prêmio ganho anual inferior à R\$120.000,00, parâmetro considerado pela Receita Federal como microempresa.

Para introduzir o efeito do porte das entidades no estudo, fez-se uso da técnica estatística denominada de análise de conglomerados (ou *cluster analysis*). Trata-se de uma técnica multivariada que permite segregar elementos ou variáveis em grupos homogêneos internamente, heterogêneos entre si e mutuamente exclusivos, a partir de determinados

parâmetros conforme uma medida de distância ou similaridade. Os parâmetros selecionados para caracterização do porte foram: total do ativo e prêmio ganho referente ao exercício findo em 31.12.2009. Para viabilizar a utilização dessa técnica, esses valores foram padronizados pelo método do *Z scores*, que, conforme Hair *et al.* (2005, p. 396), é o mais comum.

Foi adotado o enfoque conhecido como *hierarchical clustering*, cujo processo de agregação trata cada entidade, a princípio, isoladamente como um *cluster* e, a partir de uma medida de semelhança, é iniciado o agrupamento.

Dentre as diversas medidas de distâncias existentes, selecionou-se a *Squared Euclidean Distance*, por ser a recomendável para a aplicação do método de aglomeração denominada de *Ward's Method*. Esse método foi utilizado pela sua característica de gerar *clusters* com aproximadamente o mesmo número de observações (HAIR *et al.*, 2005, p. 393).

A partir da análise do *Agglomeration Schedule* e do Dendrograma, será delineado o número de *clusters* a ser adotado.

Após a classificação das seguradoras por porte, proceder-se-á ao teste de média não paramétrico denominado de *Mann-Whitney* ou *Kruskal-Wallis* (dependendo da quantidade de *cluster* a ser definido) relativo ao nível de confiança obtido para cada seguradora para cobertura do risco de subscrição, tendo-se em vista o capital mínimo requerido e o nível de provisionamento.

### **3.2 Tratamento da base de dados e cálculo dos parâmetros da distribuição marginal**

Conforme mencionado, o presente estudo fez uso da base de dados do SES atualizada até 31.12.2009, disponibilizada no site da SUSEP. Dessa base de dados, foram utilizadas as seguintes tabelas:

- *ses\_balanco*: contém os valores correspondentes às contas contábeis do balanço patrimonial por seguradora e por data de referência, utilizada para obter o valor do ativo em 31.12.2009;

- `ses_seg_prov_det`: contém os valores das provisões técnicas, utilizada para obter os valores da PPNG, PIP, PSL e IBNR de cada seguradora em 31.12.2009;
- `ses_uf2`: contém os valores dos prêmios por ramo, estado, data e seguradora, utilizada para cálculo do capital mínimo requerido para a cobertura do risco de subscrição, conforme disposto na Resolução CNSP N. 158/06, alterada pela Circular SUSEP N. 355/07;
- `ses_seguros`: contém os valores dos prêmios e sinistros por ramo, data e seguradora, utilizada para cálculo do capital mínimo requerido e para cálculo do indicador de sinistralidade (sinistro retido/prêmio ganho).

Nesse tópico, será apresentado somente o tratamento de base de dados e o cálculo dos parâmetros da distribuição gama para cada categoria  $i$ , sendo essa definida operacionalmente aqui.

A Circular SUSEP N. 355/07 classifica os ramos de seguros em 17 classes de negócios, a saber: (1) Residencial, (2) Condominial, (3) Empresarial, (4) Patrimonial Demais, (5) Riscos Especiais, (6) Responsabilidades, (7) Cascos, (8) Automóvel, (9) Transporte Nacional, (10) Transportes Demais, (11) Riscos Financeiros, (12) Crédito, (13) Vida em Grupo, (14) Pessoas Demais, (15) Habitacional, (16) Rural/Animais e (17) Outros.

Assim, primeiramente, agruparam-se os ramos por classe de negócio e foram calculados os índices de sinistralidade anuais (sinistro retido/prêmio ganho) por classe de negócio, desde 1995 a 2009, para cada seguradora. No entanto, observou-se, na base de dados, a presença de valores negativos de prêmios ganhos (em bases anuais e por classe de negócio), bem como valores muito baixos como centavos, o que distorce de maneira significativa a sinistralidade média e, conseqüentemente, seu desvio padrão (vide Tabela 4).

**Tabela 4 - Distribuição original da sinistralidade anual por classe de negócio**

Quantil		Sinistralidade
100%	Máximo	203144000000000000000000%
99%		81273%
95%		1457%
90%		293%
75%	Q3	87%
50%	Mediana	47%
25%	Q1	12%
10%		-25%
5%		-375%
1%		-73507%
0%	Mínimo	-378309000000000000000000%

Conforme se pode observar na **Tabela 4**, métodos usuais de detecção de *outliers* dificilmente eliminariam o problema, tendo-se em vista que o desvio padrão é excessivamente elevado. Portanto, para tentar minimizar a distorção propiciada por valores negativos de prêmios ganhos, filtrou-se somente o histórico de prêmios ganhos positivos, mas, por ora, isso não trata ainda dos valores incoerentemente altos de sinistralidade, que serão analisados na seqüência.

Embora a Circular SUSEP N. 355/07 distinga 17 classes de negócio, em 31.12.2009, observa-se a seguinte distribuição da representatividade do prêmio ganho anual por classe de negócio por seguradora:

**Tabela 5 - Distribuição da representatividade do prêmio ganho por classe de negócio**

Quantil		Distribuição do Prêmio Ganho por Classe de Negócio / Prêmio Ganho Total por Seguradora
100%	Máximo	100%
99%		100%
95%		84%
90%		60%
75%	Q3	15%
50%	Mediana	2%
25%	Q1	0%
10%		0%
5%		0%
1%		0%
0%	Mínimo	0%

Conforme pode ser observado na Tabela 5, cerca de 50% das observações representam menos de 2% do prêmio ganho das seguradoras. Assim, para minimizar o efeito de prêmios ganhos muito baixos, decorrente da fraca atuação da seguradora naquele segmento, procedeu-se da seguinte forma: para cada seguradora, as classes de negócio que representavam menos de 5% do seu prêmio ganho ou que o prêmio ganho anual fosse inferior a R\$12.000,00 (parâmetro arbitrado, considerando R\$1.000,00 por mês, o que é irrisório para o mercado segurador, mas contribui para eliminar as sujeiras de base de dados), foram agrupadas em uma categoria denominada de 99999, sendo as demais categorias consideradas como a própria classe de negócio definida pela Circular SUSEP N. 355/07. Portanto, a definição operacional de categoria adotada nesse estudo é similar às classes de negócio estabelecida pela Circular SUSEP N. 355/07, mas agrupando-se aquelas pouco representativas da carteira para cada seguradora, pois geram estimativas isoladamente pouco robustas da sinistralidade.

Tal tratamento é análogo ao realizado por Cardoso (2008), que, para modelar o capital econômico de uma empresa, considerou 86% do total de prêmios retidos da companhia no período analisado.

Assim, respeitando os agrupamentos das classes de negócio de cada seguradora, buscou-se o histórico de sinistralidade anual (1995-2009) por categoria para cada entidade. Dessa forma, obteve-se a seguinte distribuição de sinistralidade:

**Tabela 6 - Distribuição da sinistralidade**

Quantil		Sinistralidade
100%	Máximo	7267%
99%		234%
95%		98%
90%		81%
75%	Q3	66%
50%	Mediana	48%
25%	Q1	29%
10%		14%
5%		8%
1%		2%
0%	Mínimo	0%

Hair *et al.* (2005, p. 71) identificaram 4 situações que justificam a ocorrência de observações atípicas (*outliers*):

A primeira surge de um erro de procedimento, como erro na entrada de dados ou uma falha na codificação.

[...]

A segunda classe de observação atípica é a observação que ocorre como o resultado de um evento extraordinário, o que então explica a peculiaridade da observação.

[...]

A terceira classe refere-se a observações extraordinárias para as quais o pesquisador não tem explicação.

[...]

A quarta e última classe de observações atípicas contém observações que estão no intervalo usual de valores para cada variável, mas são únicas em sua combinação de valores entre as variáveis.

Fávero *et al.* (2009) ressaltam que:

[...] o tratamento de *outliers* é desejado quando o pesquisador tem por interesse investigar o comportamento da variável em questão sem a influência de observações com valores discrepantes. Por outro lado, se a intenção for justamente a de analisar o comportamento dessas observações discrepantes ou de criar subgrupos por meio de critérios de discrepância, talvez a eliminação dessas observações ou a substituição de seus valores não sejam boas soluções.

Cabe destacar que o presente estudo tentou minimizar o efeito de eventuais problemas de base de dados, cuja informação foi entendida como não representativa da população, o que iria distorcer os resultados. No entanto, não foi escopo desse tratamento a eliminação de valores discrepantes decorrentes de eventos extraordinários, pois a intenção é modelar a dependência das caudas da distribuição de perdas e, portanto, não faria sentido descartar essas observações.

Após esse tratamento de base de dados, foi calculada a média da distribuição de perdas de cada categoria por seguradora conforme equação 5, descrita anteriormente. O desvio padrão da perda esperada foi determinado da seguinte maneira:

$$\text{Desvio\_Padrão}_i = (\text{Pr\_Ganho}_i + \text{PPNG}_i + \text{Pr\_retido}_{2010}) \cdot \text{desvio\_padrão}_{\text{sinistralidade}_i} \quad (12)$$

Sendo:

- $\text{desvio\_padrão}_{\text{sinistralidade}_i}$  : desvio padrão da sinistralidade anual por categoria e por seguradora.

Como a variância da distribuição de perdas corresponde ao quadrado do desvio padrão, obtêm-se os parâmetros  $\mu_i$  e  $\sigma_i$  para cada categoria e por seguradora.



A amostra final, em 31.12.2009, contou 85 seguradoras com a seguinte distribuição da quantidade de categorias de atuação:

**Tabela 7 - Distribuição da quantidade de categorias de atuação por seguradora**

Quantidade de Categorias de Atuação	Quantidade de Seguradoras	Frequência (%)	Frequência Acumulada (%)
1	9	10.59	10.59
2	29	34.12	44.71
3	23	27.06	71.76
4	10	11.76	83.53
5	4	4.71	88.24
6	5	5.88	94.12
7	3	3.53	97.65
8	2	2.35	100.00

A tabela anterior mostra que mais de 70% das seguradoras atuam em apenas 3 categorias, sendo essa a base final utilizada no estudo.



#### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Cópula Gumbel multivariada, ora utilizada para agregar as distribuições de perdas por categoria para cada seguradora, é baseada na seguinte equação:

$$\exp\left\{-\left[\sum_{k=1}^n (-\log u_k)^\theta\right]^{\frac{1}{\theta}}\right\} \quad (13)$$

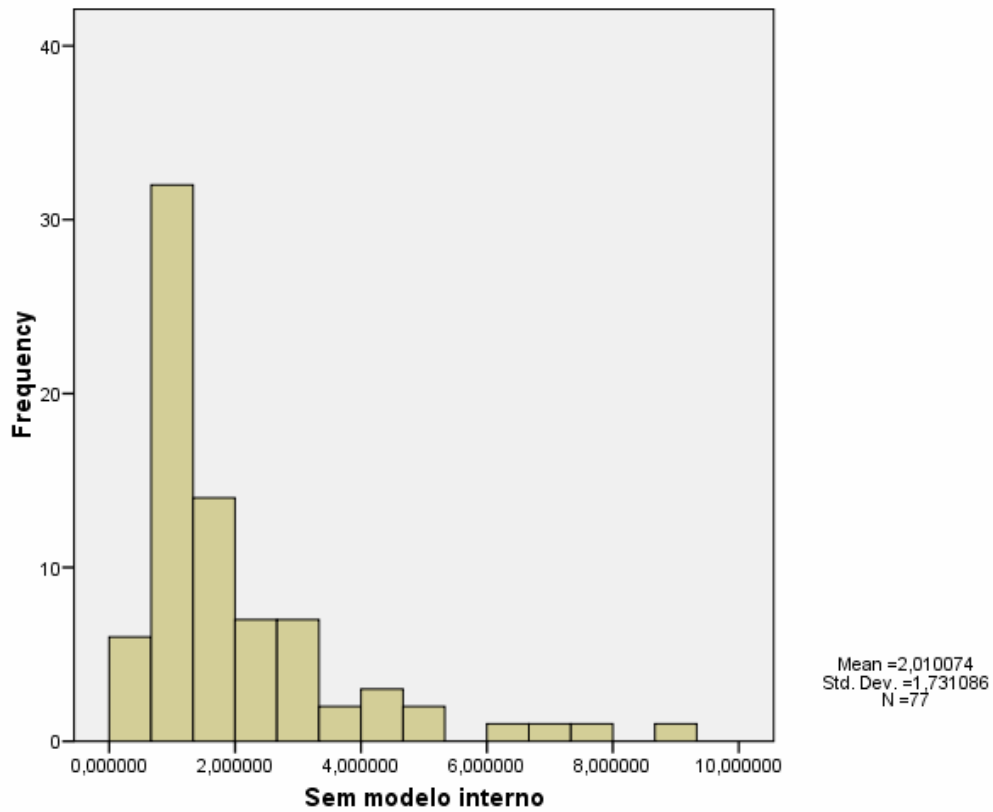
Partindo-se do pressuposto de que as distribuições marginais das perdas por categoria seguem uma distribuição gama e considerando a cópula estimada, computou-se o valor que se espera para a perda não ser superior em 99,5% das vezes. Ou seja, trata-se da estimativa do valor em risco por seguradora para a cobertura do risco de subscrição ao nível de 99,5% de confiança. Assim, calculou-se o parâmetro de interesse (ver fórmula 11), comparando esse valor com a soma entre a Provisão<sub>perda\_esperada</sub> (ver fórmula 8) e o CMR (ver fórmula 9, seja considerando o capital adicional com ou sem modelo interno) para as 85 seguradoras analisadas. A Tabela 8, a seguir, mostra a distribuição dos valores obtidos.

**Tabela 8 – Distribuição do índice de cobertura**

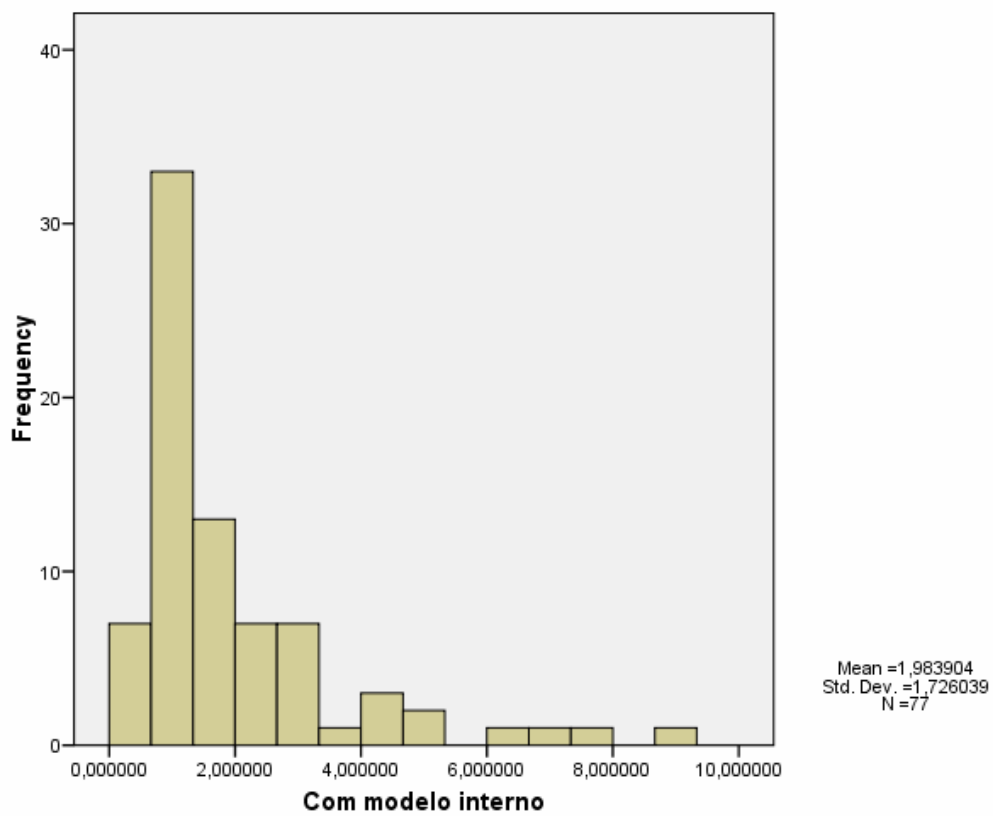
	Percentil 05	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 95	Percentil 99
Sem modelo interno	54%	91%	269%	926%	31882%
Com modelo interno	53%	89%	266%	918%	31874%

Conforme se pode observar pela tabela anterior, foi necessário excluir os *outliers*, utilizando, para os estudos subsequentes, apenas a amostra que estava entre o Percentil 05 e o Percentil 95, totalizando 77 seguradoras.

A seguir, são apresentados os histogramas da distribuição de frequências do parâmetro de interesse para a abordagem do capital adicional regulatório sem modelo interno (Gráfico 4) e com modelo interno (Gráfico 5).



**Gráfico 4 - Histograma do Nível de Confiança (sem modelo interno)**



**Gráfico 5 - Histograma do Nível de Confiança (com modelo interno)**

Conforme os Gráfico 4 e 5, abordagem sem modelo interno e com modelo interno, respectivamente, na média, o modelo regulatório exige cerca de 2 vezes o montante necessário de recursos para um nível de confiança de 99,5%, embora a mediana esteja em torno de 1,3 vezes, o que indica que a distribuição é assimétrica. A Tabela 9, a seguir, sintetiza a análise descritiva do parâmetro de interesse.

**Tabela 9 - Estatística descritiva do índice de cobertura**

<b>Índice de cobertura</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Sem modelo interno	2.010074	1.339604	1.731086
Com modelo interno	1.983904	1.308243	1.726039

A Tabela 9 sugere que, juntamente com as provisões, a abordagem sem modelo interno requer, em média, cerca de 2,01 vezes o valor em risco para um nível de confiança de 99,5%, enquanto a abordagem com modelo interno requer, aproximadamente, 1,98. A análise da mediana parece mais coerente, cujo valor do índice de cobertura está em torno de 1,30 ou 1,40. Apesar das diferenças apresentadas nas medidas de tendência central, indicando que não são distribuições simétricas, o ponto que merece destaque, aqui, para futuras pesquisas é investigar qual a magnitude da diferença das abordagens para alocação de capital que conduziria a um incentivo ao desenvolvimento de um modelo interno.

Em seguida, procedeu-se à Análise de Conglomerados, considerando as variáveis prêmio ganho e ativo total, padronizadas pelo método de Z score. Foi adotado o enfoque *hierarchical clustering* e selecionado a medida de distância denominada de *Squared Euclidean Distance*, bem como o método de aglomeração conhecido como *Ward's Method*.

A partir da análise do *Agglomeration Schedule* e do Dendrograma, entende-se como razoável a formação de 4 *clusters*. O Dendrograma foi reproduzido na Figura 15.

\*\*\*\*\* H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S \*\*\*\*\*

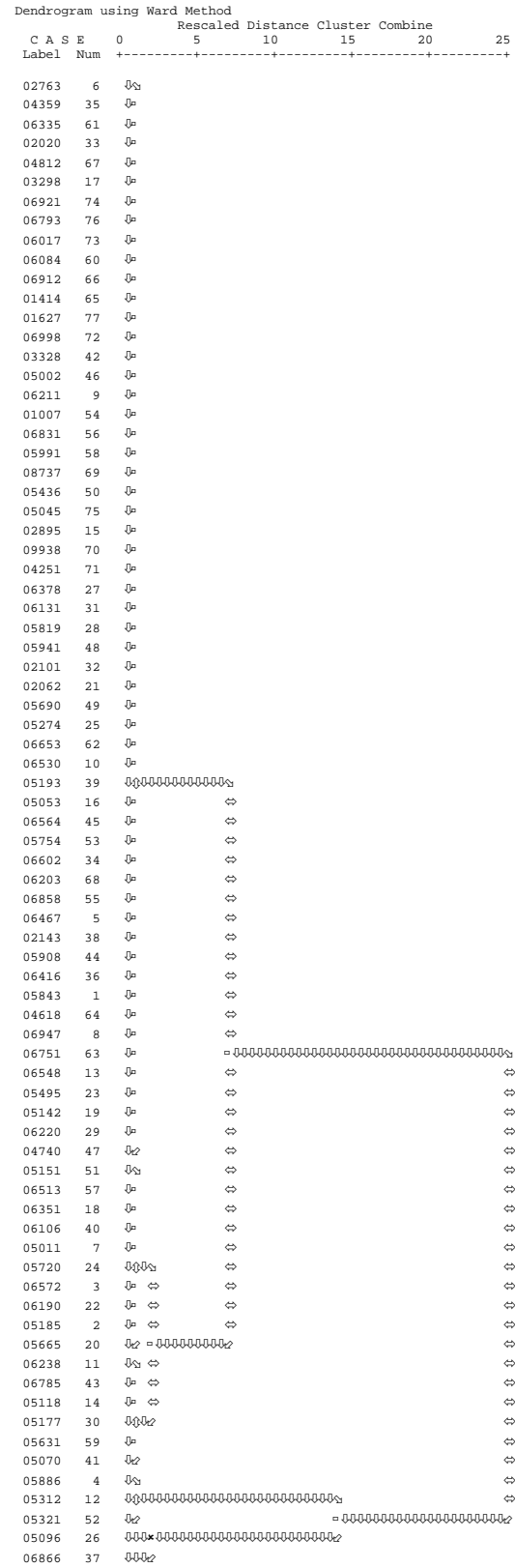


Figura 15 - Dendrograma (Ward Method)

A Tabela 10, a seguir, mostra a média do ativo total e do prêmio ganho e a quantidade de seguradoras em cada *cluster*.

**Tabela 10 - Média do ativo total e prêmio ganho e a quantidade de seguradora por *cluster***

Cluster	Média		Quantidade de seguradoras
	Ativo total	Prêmio ganho	
1	552,261,892	93,279,313	56
2	3,315,025,863	1,000,140,941	16
3	8,513,032,794	3,207,949,857	3
4	59,631,057,831	1,132,724,533	2

O *cluster* 4 é formado por apenas duas seguradoras, as quais apresentam forte atuação em vida e previdência, sendo o ativo total influenciado pela atividade de previdência, embora no prêmio ganho tenha sido considerado apenas a parte que trata de seguros. O *cluster* 3 é formado pelas 3 maiores empresas do setor. No entanto, em função da pequena quantidade de empresas classificadas no *cluster* 3 e 4, esses foram agrupados ao *cluster* 2, dado que se assemelham mais em termos de porte a esse grupo que ao *cluster* 1. Assim, na sequência, foram comparados dois grupos, a saber:

- Grupo 1: formado pelo *cluster* 1, totalizando 56 seguradoras, sendo ora denominado de seguradoras pequenas;
- Grupo 2: formado pelos *clusters* 2, 3 e 4, totalizando 21 seguradoras, sendo ora denominados de seguradoras médias e grandes.

Na Tabela 11 seguinte são apresentados a média, a mediana e o desvio padrão do parâmetro de interesse, comparando (a) as seguradoras pequenas com (b) as médias e grandes.

**Tabela 11 - Estatística descritiva do nível de confiança por *cluster***

Porte das seguradoras	Sem modelo interno			Com modelo interno		
	Média	Mediana	Desvio Padrão	Média	Mediana	Desvio Padrão
Pequenas	2.3166	1.5897	1.9158	2.2909	1.5579	1.9106
Médias e grandes	1.1926	0.9965	0.5735	1.1653	0.9689	0.5615

Com base na Tabela 11, visualmente, há razões para supor que o modelo regulatório penalizou as seguradoras de menor porte, exigindo uma alocação em proporções maiores que

as médias e grandes empresas no que se refere ao valor em risco no nível de confiança de 99,5%.

Os gráficos de *boxplot*, a seguir, mostram a dispersão do parâmetro de interesse, sem modelo interno e com modelo interno, respectivamente, comparando-se as seguradoras de pequeno porte com as de médio e grande.

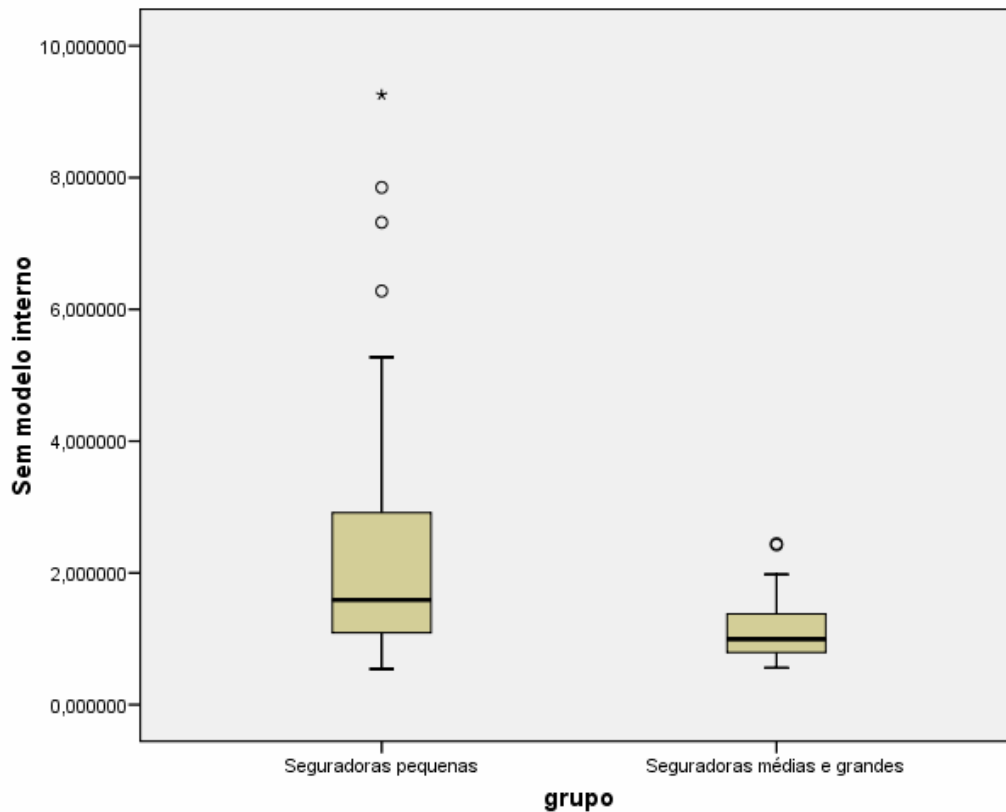
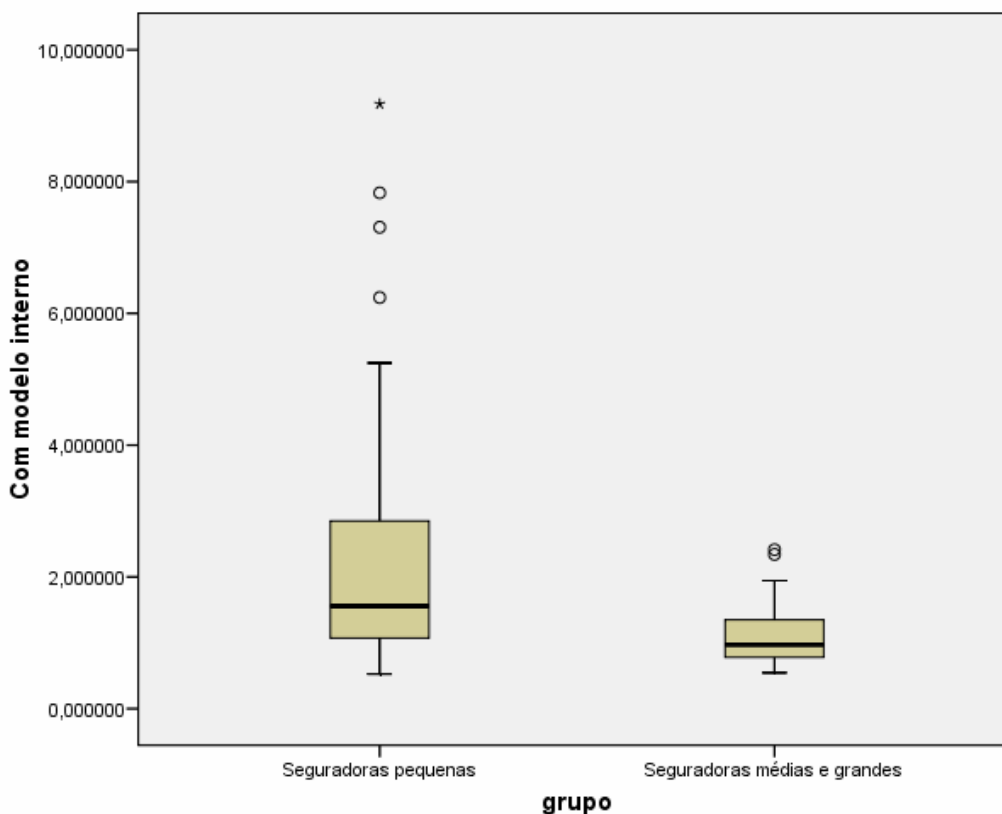


Gráfico 6 - Boxplot da dispersão do índice de cobertura considerando a abordagem sem modelo interno





**Gráfico 7 - Boxplot da dispersão do índice de cobertura considerando a abordagem com modelo interno**

Os dois gráficos são bem parecidos, mostrando que a abordagem com modelo interno apresenta comportamento bem semelhante ao sem modelo interno, sendo a diferença apenas uma mudança de patamar, como esperado. Além disso, é possível notar que o modelo regulatório parece mais coerente quando aplicado às seguradoras médias e grandes, pois a dispersão é bem menor, sendo a mediana em torno de 1, o que significa dizer que o grau de provisionamento e a alocação de capital observam, aproximadamente, o nível de confiança de 99,5%. Para as seguradoras de menor porte, a dispersão é bem maior e a mediana se localiza próximo a 1,5, sugerindo que a abordagem regulatória exige em torno de 50% a mais de recursos que o nível de confiança de 99,5%, conseqüentemente, representando uma desvantagem competitiva, se comparada às seguradoras de médio e grande porte, pois terá que alocar mais capital, o que impacta na sua rentabilidade.

Para testar se as diferenças visualmente observadas são significativas, procedeu-se ao teste de médias denominado de *Mann-Whitney* entre (a) as seguradoras de pequeno porte e (b) as de médio e grande porte para o parâmetro estimado sem e com modelo interno. A Tabela 12, a seguir, sintetiza os resultados.

**Tabela 12 - Resultado do Teste de *Mann-Whitney* (entre o *cluster* 1 e 2)**

	Sem modelo interno	Com modelo interno
Mann-Whitney U	341.000	342.000
Wilcoxon W	572.000	573.000
Z	-2.825	-2.814
Asymp. Sig. (2-tailed)	.005	.005

a Grouping Variable: grupo

Os resultados do teste de *Mann-Whitney* apresentados na Tabela 12 sugerem haver diferenças significativas entre os dois grupos ao nível de significância de 5%, corroborando a análise gráfica.

Cabe destacar que a nova regulamentação de capital mínimo requerido pode ser interpretada como um custo imposto às seguradoras em prol da manutenção da sua solvência. No entanto, os resultados dos testes efetuados sugerem que ela penalizou as de menor porte, impactando na rentabilidade, precificação e competitividade dessas se comparadas às médias e grandes, o que, por sua vez, tende a favorecer a concentração do setor.

## 5. CONCLUSÕES

Nos últimos anos, o mercado segurador brasileiro tem apresentado forte expansão, a qual foi impulsionado pela estabilização econômica e o consequente crescimento do consumo. Tal cenário favorável traz consigo uma preocupação acerca da adequação da subscrição de riscos, pois eventuais desvios nas premissas adotadas na precificação podem conduzir a seguradora a se expor a riscos pouco suportáveis no longo prazo. Essa situação é agravada em mercados competitivos, os quais podem levar a práticas de subscrição indulgentes ou prêmios inadequados para aumento da participação do mercado.

Paralelamente a esse cenário, têm-se observado desastres financeiros que incentivaram os órgãos reguladores a exigir modelos de alocação de capital mais sensíveis a risco, de maneira a resguardar, considerando determinado nível de confiança e um horizonte de tempo, a solvência das instituições frente a eventuais situações desfavoráveis. Assim, à semelhança de Basileia II para as instituições financeiras, tem-se o Projeto Solvência II para as seguradoras.

Acompanhando a tendência mundial, o órgão regulador do mercado segurador brasileiro introduziu novas regras de solvência, que, a princípio, impactariam de forma significativa a alocação de capital, sobretudo, das seguradoras de menor porte. Na sequência, atendendo a pleitos de mercado, foi promulgada a Circular SUSEP N. 355/07, alterando os fatores do modelo de cálculo do capital adicional para a cobertura do risco de subscrição, amenizando o impacto das novas regras de solvência.

É importante destacar que o modelo regulatório prevê duas possibilidades de alocação de capital para cobertura do risco de subscrição: um para as seguradoras que não possuem modelo interno e outro para aquelas que possuem, mas ambos são determinados pelo modelo regulatório, cuja única diferença reside nos fatores, os quais são mais severos para o primeiro caso. Ou seja, mesmo para as seguradoras que dispõem de um modelo interno, a determinação do capital mínimo adicional para a cobertura do risco de subscrição será baseado no modelo regulatório, não sendo permitido usar o modelo interno ou parâmetros desse.

Além disso, é razoável pressupor que o modelo regulatório tende a proporcionar níveis mais elevados de alocação de capital que o de modelos internos, dada a margem de

conservadorismo que, normalmente, é adotada quando não se conhece efetivamente o risco da entidade. Nesse sentido, o capital regulatório passa a representar um potencial custo imposto às seguradoras, podendo impactar diretamente no processo de precificação e na análise de *performance* da linha de negócio.

Assim, se o modelo regulatório requerer maior alocação de capital para cobertura do risco de subscrição para as seguradoras de menor porte, em termos de nível de confiança da distribuição de perdas, então seria possível influenciar de maneira adversa na competitividade dessas, culminando, em última instância, no incentivo à concentração do setor.

Logo, o presente estudo buscou investigar, sob a ótica e limitação de usuário externo das demonstrações contábeis, a existência de indícios que levem a supor que a nova regulamentação sobre o capital mínimo para cobertura do risco de subscrição penalizou as seguradoras de menor porte.

Para tanto, foi necessário distinguir as seguradoras por porte, o qual foi determinado pela técnica de Análise de Conglomerados, considerando as variáveis: prêmio ganho e ativo total. Em seguida, para estimar a distribuição de perdas conjunta das classes de negócio por seguradora, foram estimadas as distribuições marginais e agregadas pela aplicação da teoria de cópulas. Depois, calculou-se o índice de cobertura, dado pela razão entre (a) a somatória do grau de provisionamento com a alocação do capital regulatório (abordagens com e sem modelo interno) e (b) o valor em risco ao nível de confiança de 99,5%. A partir do parâmetro de interesse apurado para cada seguradora e da distinção das seguradoras por porte, procedeu-se aos testes de médias para investigar se existem evidências que levem a supor que o modelo regulatório penalizou as empresas de menor porte.

Os resultados dos testes estatísticos aplicados sugerem que há indícios que levem a rejeição da hipótese nula de igualdade de médias, por porte, entre as seguradoras relativas ao índice de cobertura para o valor em risco, considerando o nível de confiança de 99,5%. Isto é, os resultados indicam que o nível de tolerância ao risco associado ao capital regulatório se diferencia em função do porte das seguradoras, penalizando as pequenas, representando uma desvantagem competitiva, o que, por sua vez, pode contribuir para a concentração do setor.

Além disso, observou-se que o modelo regulatório se mostrou mais coerente quando aplicado às seguradoras médias e grandes, por ter apresentado menor dispersão no parâmetro de interesse, cuja mediana estava em torno de 1. Dessa maneira, tal resultado sugere que o grau de provisionamento, juntamente com o capital regulatório retrata, aproximadamente, o nível de confiança de 99,5%, em consonância com o Projeto Solvência II, mas, somente, para as seguradoras consideradas como médias e grandes.

A dispersão para as seguradoras pequenas é bem maior e a mediana está próximo a 1,5, o que sugere que a abordagem regulatória requer em torno de 50% a mais de recursos que o nível de confiança de 99,5% exige. Esse resultado sugere uma desvantagem competitiva para essas se comparadas às seguradoras de médio e grande porte.

Portanto, os resultados indicam a confirmação da hipótese proposta nesta tese, ou seja, que o modelo regulatório penalizou as seguradoras pequenas em detrimento às médias e grandes, o que, por sua vez, acaba influenciando de maneira adversa na rentabilidade das linhas de negócio e, conseqüentemente, na competitividade do setor, podendo, no limite, incentivar a concentração do segmento.

Além disso, este estudo também levantou a seguinte inquietação para futuras pesquisas: qual a magnitude da diferença na alocação de capital regulatório para as abordagens com e sem modelo interno que criaria um incentivo para o seu desenvolvimento ou aperfeiçoamento?



## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Fabio Wendling Muniz de. **Desenvolvimento de modelo de risco de portfólio para carteiras de crédito a pessoas físicas**. São Paulo. 2004. Tese (Doutorado) - FGV/EAESP.

ANJOS, Ulisses U. dos; FERREIRA, Flavio H.; KOLEV, Nikolai V.; MENDES, Beatriz V. M. **Modelando dependências via cópulas**. ABE – Associação Brasileira de Estatística, p. 143, 2004.

ARNOLD, Helen. *Dependence Modelling via the Copula Method. Vacation student Project. Quantitative Risk Management Group, CSIRO Mathematical and Information Sciences. CMIS Report, 06/15, fev/2006.*

ASSIS, Rodrigo Moreira de; LAURINI, Márcio Poletti. Funções de Cópula na Precificação de Opções. IBMEC, **Working Paper**, n. 103, São Paulo: 2008.

BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS (BIS). *The new Basel capital accord*. 2005. Disponível em: <http://www.bis.org> . Acesso em 05/09/2008.

BERNSTEIN, Peter L. **Desafio aos Deuses: A fascinante história do risco**. John Wiley & Sons. Tradução: Ivo Korytowski. 9ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

BIANCHI, Marta Cristina Colozza. **Teste Gráfico para o Ajuste de Cópulas Arquimedianas usando variáveis BIPIT: Um Estudo de Simulação**. Campinas, São Paulo: 2008. Dissertação (Mestrado em Estatística) - Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, UNICAMP.

BRASIL. Superintendência de Seguros Privados. **Resolução CNSP N. 8, de 21 de julho de 1989**. “Margem de Solvência para Seguradoras”.

\_\_\_\_\_. Superintendência de Seguros Privados. **Resolução CNSP N. 55, de 2001**. “Dispõe sobre margem de solvência das sociedades seguradoras”.

\_\_\_\_\_. Superintendência de Seguros Privados. **Resolução CNSP N. 73, de 2002**. “Dispõe sobre o capital mínimo das sociedades seguradoras e de capitalização e entidades abertas de previdência complementar constituídas sob a forma de sociedades por ações, e dá outras providências”.

\_\_\_\_\_. Superintendência de Seguros Privados. **CIRCULAR SUSEP N. 253, de 12 de maio de 2004**. “*Estabelece questionário sobre os riscos, em especial os de subscrição, suportados pelas sociedades seguradoras e dá outras providências.*”

\_\_\_\_\_. Superintendência de Seguros Privados. **Resolução CNSP N. 155, de 2006.** “Dispõe sobre o capital mínimo requerido para autorização e funcionamento das sociedades seguradoras e dá outras providências”.

\_\_\_\_\_. Superintendência de Seguros Privados. **Resolução CNSP N. 156, de 2006.** “Cria o Plano Corretivo de Solvência das Sociedades Seguradoras”.

\_\_\_\_\_. Superintendência de Seguros Privados. **Resolução CNSP N. 157, de 2006.** “Cria o Plano de Recuperação de Solvência das Sociedades Seguradoras”.

\_\_\_\_\_. Superintendência de Seguros Privados. **Resolução CNSP N. 158, de 2006.** “Dispõe sobre as regras sobre o capital adicional baseado nos riscos de subscrição das sociedades seguradoras e dá outras providências”.

\_\_\_\_\_. Superintendência de Seguros Privados. **Resolução CNSP N. 178, de 2007.** “Dispõe sobre o capital mínimo requerido para autorização e funcionamento das sociedades seguradoras e dá outras providências”.

\_\_\_\_\_. Superintendência de Seguros Privados. **Resolução CNSP N. 200, de 2008.** “Altera dispositivos da Resolução CNSP N. 178, de 28 de dezembro de 2007”.

\_\_\_\_\_. Superintendência de Seguros Privados. **CIRCULAR SUSEP N. 355, de 14 de dezembro de 2007.** “*Dispõe sobre as regras do capital adicional baseado no risco de subscrição das sociedades seguradoras alterando os anexos da Resolução CNSP N° 158/2006 e dá outras providências.*”

BRIGHAM, Eugene F. **Fundamentos da moderna administração financeira.** Rio de Janeiro: Campus, 1999.

BROOKS, D. *et al.* **Actuarial aspects of internal models for Solvency II. Draft paper Presented to the Institute of Actuaries, 23/02/2009.**

BUENO, Rodrigo De Losso da Silveira. **Econometria de séries temporais.** São Paulo: Cengage Learning, 2008.

CARDOSO, Petrusca Arrieiro. **Uma metodologia para estimação do capital econômico: incorporação de dependência entre riscos via cópulas.** Rio de Janeiro: set/2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Atuariais) - Instituto de Gestão de Riscos Financeiros e Atuariais da PUC-RJ.

CARVALHO, L. Nelson G.; TRAPP, Adriana Cristina Garcia; CHAN, Betty Lilian. **Disclosure e risco operacional: uma abordagem comparativa em instituições financeiras que**



atuam no Brasil, na Europa e nos Estados Unidos. **RAUSP**, São Paulo, v.39, n.3, p. 264-273, julho/agosto/setembro de 2004.

CHAN, Betty Lilian. **Equilíbrio atuarial dos planos de benefício definido e evidenciação das entidades fechadas de previdência complementar: um estudo de caso**. São Paulo: 2004. Dissertação (Mestrado em Controladoria e Contabilidade) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.

CHAN, Betty L.; SILVA, Fabiana L.; MARTINS, Gilberto de A. Novas regras de solvência no mercado segurador brasileiro: uma reflexão acerca do modelo adotado. *In*: 8º Congresso USP de Controladoria e Contabilidade, 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Congresso USP de Controladoria e Contabilidade, 2008.

CHIARINI, Adriana. Concentração preocupa pequenas e médias. **Jornal do Comércio da Agência Estado**. 26/08/2009. Disponível em: [http://www.segs.com.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=35021&Itemid=157](http://www.segs.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=35021&Itemid=157). Acesso em: 26/08/2009.

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPÉIAS. Proposta de Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho aos seguros de vida ao acesso à actividade de seguros e resseguros e ao seu exercício. **Proposta de Solvência II**. Bruxelas, 07/10/2007: 2007/0143.

CONTADOR, Claudio R. **Economia do seguro: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Atlas, 2007.

CRAIGHEAD, Steve. *A Toy Copula ERM Model in  $R^2$* . **Risk Management, Society of Actuaries**, n. 12, Mar/2008.

CROUHY, Michael; GALAI, Dan; MARK, Robert. **Risk management**. New York: McGraw-Hill, 2001.

DENUIT, M.; DHAENE, J; GOOVAERTS, M; KAAS, R. **Actuarial Theory for Dependent Risk**. John Wiley & Sons, 2005, p. 440.

DICKEY, David A.; FULLER, Wayne A. *Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root*. **Econometrica**. v. 49, n. 4, Julho/1981.

DUFFIE, Darrel; SINGLETON, Kenneth J. **Credit Risk: pricing, measurement, and management**. New Jersey: 2003, Princeton University Press. p.396.

ELING, Martin; SCHMEISER, Hato; SCHMIT, Joan T. The Solvency II Process: Overview and Critical Analysis. University of St. Gallen. **Working Paper Series in Finance**. Paper N. 28. Maio/2006.

EMBRECHTS, Paul, MCNEIL, Alexander, STRAUMANN, Daniel. *Correlation and dependence in risk management: properties and pitfalls*. Jul/1999.

EMBRECHTS, Paul. Copulas: A personal view. **Working Paper**. Jun/2009. Disponível em: [http://www.math.ethz.ch/~baltes/ftp/eqf\\_copulas.pdf](http://www.math.ethz.ch/~baltes/ftp/eqf_copulas.pdf) . Acesso: 20/08/2009.

FARR, Ian; MUELLER, Hubert; SCANLON, Mark; STRONKHORST, Simon. *Economic Capital for Life Insurance Companies*. *Society of Actuaries*. Fev/2008. Disponível em: <http://64.49.242.50/files/pdf/research-ec-report.pdf>. Acesso em: 12/08/2009.

FÁVERO, Luiz Paulo, BELFIORE, Patrícia, SILVA, Fabiana Lopes, CHAN, Betty Lilian. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FIGUEIREDO, Sandra. **Contabilidade de seguros**. São Paulo: Atlas, 1997.

FRAGA, Eduardo. Avaliação do risco de subscrição de prêmio utilizando inferência bayesiana. **Revista Brasileira de Risco e Seguro**. Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 64-83, abr/jul. 2005. Disponível em: [http://www.rbrs.com.br/paper/\\_download/RBRS2\\_4%20-%20Eduardo%20Fraga.pdf](http://www.rbrs.com.br/paper/_download/RBRS2_4%20-%20Eduardo%20Fraga.pdf). Acesso em: 12/08/2009.

FUSAI, Gianluca, RONCORONI, Andrea. *Implementing models in quantitative finance: methods and cases*. Springer, 2008, p. 607.

GAZETA MERCANTIL. Susep aprova fusão Aegon-Mongeral. **Portal Nacional de Seguros & Saúde**, 26/05/2009. Disponível em: [http://www.segs.com.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=28936&Itemid=157](http://www.segs.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=28936&Itemid=157). Acesso em: 07/09/2009.

GENEST, Christian, GENDRON, Michael, BROURDEAU-BRIEN, Michael. *The advent of copulas in finance*. *The European Journal of Finance*. Vol. 00, No. 0, Month 2009, 1-10. Disponível em: <http://archimede.mat.ulaval.ca/pages/genest/publi/EJOF-2009.pdf> . Acesso: 25/08/2009.

HAIR JR. J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HOSSACK, I. B., POLLARD, J. H., ZEHNWIRTH, B. *Introductory statistics with applications in general insurance*. Cambridge University Press, 2a. ed. United Kingdom, 1999.

JORION, Philippe. *Value at risk: a nova fonte de referência para a gestão do risco financeiro*. Tradução: Thierry Barbe. 2ª. Ed. rev. e ampl., São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros – BM&F, 2003.

KLEIBER, Christian, KOTZ, Samuel. *Statistical size distributions in economics and actuarial sciences*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003.

LUPORINI, Carlos Eduardo de Mori. **Avaliação de cias. seguradoras: insuficiências dos critérios atuais e proposta de um novo modelo**. Tese (doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

LÜTKEPOHL, Helmut. *New introduction to multiple time series analysis*. Springer, 2007.

MACHADO, Márcia Regina Calvano. **Gestão do risco de subscrição em seguradoras que operam em risco massificado: um estudo de caso**. São Paulo. 2007. p. 133. Dissertação (Mestrado em Controladoria e Contabilidade) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo.

MELO, Eduardo Fraga Lima de. Uma aplicação de cópulas de Lévy na agregação de processos multivariados de ruína. **Revista Brasileira de Risco e Seguro (Online)**, v. 4, p. 47-64, 2008.

MOODY'S. **Perspectiva da Moody's para o mercado segurador brasileiro**. Perspectiva Setorial, outubro de 2006.

MORONE, Marco; CORNAGLIA, Anna; MIGNOLA, Giulio. *Economic Capital Assessment via Copulas: Aggregation and allocation of different risk types*. **Working Paper**, 2007. Disponível em: <http://www.riskwhoswho.com/Resources/MignolaGiulio1.pdf>. Acesso em: 12/08/2009.

NELSEN, Roger B. *Na Introduction to copulas*. 2a. ed. Springer, New York: 2006.

O'HEAR, Antony (organizador). **Karl Popper: filosofia e problemas**. Editora UNESP, 1997.

PEREIRA, Denis Eduardo; PEREIRA, Pedro L. Valls. Cópulas – Uma alternativa para a estimação de modelos de risco multivariados. **Textos para Discussão da Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getulio Vargas – FGV-EESP** No. 170, Rio de Janeiro: 2009.

PETERNELLI, Luiz Alexandre, MELLO, Márcio Pupin de. **Conhecendo o R: uma visão estatística**. Editora UFV, Viçosa: 2007, p.181.

PETTERE, G.; KOLLO, T. (2006). *Modelling claim size in time via copulas*. **28th International Congress of Actuaries (ICA)**. The International meeting of actuarial profession; Paris, France; May 28 - June 2, 2006. Disponível em: <http://papers.ica2006.com/Papiers/206/206.pdf>: ICA, 2006. Acesso: 12/08/2009.

PIRES, Ricardo Antonio. **Modelando a dependência nas caudas das distribuições: o uso de cópulas em finanças**. São Paulo. 2004. p. 71. Dissertação (Mestrado em Teoria Econômica) - Instituto de Pesquisas Econômicas da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.

PINDYCK, Robert S., RUBINFELD, Daniel L. **Econometria: modelos & previsões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004, 2ª. Reimpressão.

RODRIGUES, Murilo Ramos Alambert. Relações de longo prazo entre prêmios ganhos e sinistros retidos no mercado segurador brasileiro. **CEPS – Centro de Estudos e Pesquisas em Seguros**. COPPEAD, Rio de Janeiro: Julho/2007, No.4.

RODRIGUES, José Angelo. **Gestão de Risco Atuarial**. São Paulo: Saraiva, 2008.

MORETTIN, Pedro A. **Econometria Financeira: Um curso em séries temporais financeiras**. São Paulo: Blucher, 2008.

SANDSTRÖM, Arne. *Solvency: models, assessment and regulation*. Chapman & Hall/CRC: 2006.

SANTOS, Josivon Souza dos. **Simulação de variáveis aleatórias dependentes: aplicação risco subscrição**. São Paulo. 2008. p. 58. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo.

SECURATO, José Roberto. **Decisões financeiras em condições de risco**. São Paulo: Atlas, 1996.

SETH, Harshil. *Estimating VaR using Copula*. **URA Final Report**, 2007.

SHERRIS, Michael; HOEK, John van der. *Capital allocation in insurance: economic capital and allocation of the default option value*. **39th Actuarial Research Conference, August 5-7 2004, University of Iowa in Iowa City, Iowa**. Disponível em: [http://www.actuaries.org/AFIR/Colloquia/Boston/Sherris\\_VanDerHoek.pdf](http://www.actuaries.org/AFIR/Colloquia/Boston/Sherris_VanDerHoek.pdf) . Acesso em: 15/05/2009.

SILVA, José Pereira. **Gestão e Análise de Risco de Crédito**. 4ª. Ed., São Paulo: Atlas, 2003.

SILVA, Josemar Costa. **Práticas contábeis das operações de seguros: Análise comparativa entre as normas brasileiras e o projeto proposto pelo IASB**. Caderno de Seguro: teses, v. 10, no. 23. Rio de Janeiro, Funenseg, 2005.

SILVA, César Augusto Tibúrcio, MORAES, Marcos Campos. Concentração do setor financeiro brasileiro após o plano real. *In: 6º Congresso USP de Controladoria e*

Contabilidade, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Congresso USP de Controladoria e Contabilidade, 2006.

SILVA, Fabiana Lopes, CHAN, Betty Lilian, MARTINS, Gilberto de Andrade. Demanda de resseguros no Brasil. *In: 8º Congresso USP de Controladoria e Contabilidade, 2008, São Paulo. Anais...* São Paulo: Congresso USP de Controladoria e Contabilidade, 2008.

SOA – *Society of Actuaries. Specialty Guide on Economic Capital*. Versão 1.5, Mar/2004. Disponível em: [www.soa.org/files/pdf/news-pub-2004-spg-econ.pdf](http://www.soa.org/files/pdf/news-pub-2004-spg-econ.pdf). Acesso em: 12/08/2009.

SOUZA, Silney de. **Seguros: contabilidade, atuária e auditoria**. São Paulo: Saraiva, 2001.

STOLF, Wagner Albres. **Quantificação do risco de crédito: um estudo de caso utilizando o modelo Creditrisk+**. Piracicaba: 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

STUCHI, Luciano Gabas. **Quantificação de risco de crédito: uma aplicação do modelo CreditRisk+ para financiamento de atividades rurais e agroindustriais**. Piracicaba: 2003. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

TANG, Andrew, VALDEZ, Emiliano. *Economic Capital and the Aggregation of Risks using Copulas. The 8<sup>th</sup> International Congress of Actuaries. Paris: 2006*. Disponível em: <http://www.ica2006.com/Papiers/282/282.pdf> Acesso em: 12/08/2009.

TRIVEDI, Pravin K.; ZIMMER, David M. *Copula modeling: an introduction for practitioners. Foundations and Trends in Econometrics*. v. 1, n. 1, 2005.

YAN, Jun. *Enjoy the Joy of Copulas: With a Package copula. Journal of Statistical Software*. v. 21, Issue 4, Out/2007.

YAN, Jun, KOJADINOVIC, Ivan. *Package 'copula'*. Versão 08.3, 23/JAN/2009. Disponível em: <http://cran.r-project.org/web/packages/copula/copula.pdf>. Acesso em: 20/05/2009.