

Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL
Instituto de Ciências Sociais Aplicadas - ICSA

TAYLOR OLIVEIRA FIDELIS

Uma breve Introdução ao Projeto Solvência II:
Requisitos Quantitativos

Varginha
2018

TAYLOR OLIVEIRA FIDELIS

Uma breve Introdução ao Projeto Solvência II: Requisitos Quantitativos

Trabalho apresentado como fase final do Programa Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão para a obtenção do título de Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Economia pela Universidade Federal de Alfenas.

Orientador: REINALDO ANTÔNIO GOMES MARQUES
Co-Orientador(a): JOSIANE CORREIA DE SOUSA CARVALHO

TAYLOR OLIVEIRA FIDELIS

Uma breve Introdução ao Projeto Solvência II: Requisitos Quantitativos

Trabalho aprovado. Varginha, 26 de Julho de 2018:

Aprovado: _____

Orientador.

Aprovado: _____

Co-orientador(a).

Aprovado: _____

Assinatura do membro da banca.

Aprovado: _____

Assinatura do membro da banca.

Varginha
2018

Lista de Figuras

1	Linha temporal do desenvolvimento do projeto solvência II	12
2	Projeto Solvência II-Os Três Pilares	15
3	Relação da abordagem total do balanço com a distribuição de perda	16
4	Estrutura dos módulos de risco considerados para o calculo do SCR	24

Lista de Tabelas

1	Princípios que se assentam o Projeto Solvência I e II	13
2	Representação da estruturação de como é mensurado a melhor estimativa . . .	20
3	Matriz de correlação Capital Adicional-CA	23
4	Matriz de correlação	26

Lista de Abreviaturas

<i>Accident&Health_{ST}</i>	Saúde a curto prazo
<i>Adj</i>	Ajustamentos
<i>BSCR</i>	Basic Solvency Capital Requirement
<i>Health_{LT}</i>	Saúde a longo prazo
<i>Health_{WC}</i>	Remuneração dos trabalhadores
<i>Life_{cat}</i>	Risco de eventos catastróficos
<i>Life_{dis}</i>	Risco de Incapacidade
<i>Life_{exp}</i>	Riscos de Despesas
<i>Life_{lapse}</i>	Riscos de Descontinuidade
<i>Life_{long}</i>	Risco de Longevidade
<i>Life_{morb}</i>	Risco de Morbilidade
<i>Life_{mort}</i>	Risco de Mortalidade
<i>Life_{rev}</i>	Risco de revisão
<i>Mkt_{conc}</i>	Risco de concentração
<i>Mkt_{eq}</i>	Risco de ações
<i>Mkt_{fx}</i>	Risco Cambial
<i>Mkt_{int}</i>	Risco de taxa de juros
<i>Mkt_{prop}</i>	Risco de Propriedade
<i>Mkt_{sp}</i>	Risco de Spread
<i>NL_{cat}</i>	Risco Catastrófico
<i>NL_{pr}</i>	Risco de prémios e reservas
<i>QIS4</i>	Quantitative Impact Study
<i>SCR</i>	Solvency Capital Requirement
<i>SCR_{cred}</i>	Risco de Crédito

SCR_{def} Risco de Contraparte

SCR_{health} Solvency Capital Requirement Health

SCR_{life} Solvency Capital Requirement Life

SCR_{mkt} Solvency Capital Requirement Market

SCR_{nl} Solvency Capital Requirement Non Life

SCR_{op} Solvency Capital Requirement Operacional

SUSEP Superintendência de seguros Privados

Sumário

1	Introdução	9
2	Projeto Solvência II	11
2.1	Desenvolvimento histórico	11
2.2	Requisitos Quantitativos	14
2.3	Melhor estimativa	17
2.4	Mínimo Capital Requerido (MCR)	22
2.5	Requisito Capital de Solvência(SCR)	23
2.5.1	Formula Padrão	25
2.5.2	Recursividade	26
3	Considerações finais	27
	Referências	28

Resumo

Dada a importância da melhor mensuração de capital nas seguradoras, a fim de fazer face às perdas resultantes de distintas avarias financeiras ocorridas em um futuro próximo desconhecido e pela implementação do projeto de revisão das garantias financeiras para a atividade seguradora no âmbito global designado como Solvência II. O presente estudo busca dar uma breve introdução a este projeto, em específico no que tange aos requisitos quantitativos de capital de solvência e suas metodologias de cálculo. Neste contexto, tal enfoque justifica-se devido o projeto Solvência II estar em processo de implementação pela Superintendência de Seguros Privados(SUSEP) órgão regulamentador brasileiro, bem como, a importância do assunto no atual cenário econômico Brasileiro. Como base metodológica este trabalho conta com o estudo das diretivas do parlamento Europeu, artigos, teses, livros dissertações e leis brasileiras. Quanto aos resultados deste trabalho, podemos dizer que corresponde a motivação e conhecimento para compreender algumas das grandes dificuldades enfrentadas por seguradoras no que diz ao cálculo do capital de solvência.

Palavras-chave: *Solvência II, Requisitos quantitativos de capital de Solvência.*

1 Introdução

A natureza aleatória do sinistro, quer quanto à severidade bem como sua ocorrência, faz com que os compromissos financeiros das seguradoras sejam simultaneamente indeterminados em relação aos seus valores e aos prazos em que terão de ser honrados. Tomando estas incertezas como fatores essenciais na atividade seguradora, é possível o levantamento de distintas questões relacionadas ao capital suficiente para o cumprimento das perdas futuras ou capital de solvência. Como este é mensurado? Quais são os métodos utilizados e quais os melhores? Quais fatores internos e externos são levados em conta? Como os órgãos regulamentadores trabalham estas incertezas para distintos portes de seguradoras e riscos assumidos?

Dentre estes e outros questionamentos em união com as mudanças no meio envolvente, como a globalização dos mercados, os atentados terroristas, aumento do nível de criminalidade, as mudanças climáticas e entre outros, fizeram com que este trabalho convergisse para a compreensão do chamado projeto Solvência II. Este projeto surgiu na Europa como projeto de revisão das garantias financeiras do setor financeiro na união europeia.

Assim, chegamos em um impasse, porque estudar um projeto desenvolvido na Europa? Este fato se justifica devido as diretrizes estruturais formuladas no projeto Solvência II estarem repercutidas ou utilizadas por grande parte dos órgãos de regulamentação no mundo, inclusive no Brasil. Neste contexto, este trabalho assume as premissas construídas pelo projeto Solvência II, a fim de fundamentar a mensuração do capital necessário para que uma dada seguradora possa cumprir suas obrigações futuras incertas.

O projeto Solvência II aborda a incerteza subtraindo primeiro o chamado "melhor estimativa", e o resultado desta diferença é dividido em dois níveis de capital, havendo diferentes objetivos e implicações. Estes níveis foram denominados de *Solvency Capital Requirement (SCR)* e *Minimum Capital Requirement (MCR)*. O MCR é o limite mínimo de capital abaixo do qual uma seguradora apresente um risco excessivo de perda de direitos e benefícios para os segurados e beneficiários¹. Já o SCR está relacionado ao nível de capital que permite a absorção de um montante significativo de perdas inesperadas, com elevado grau de confiança, em um dado horizonte temporal.

Dentre os dois níveis de capital abordados, o SCR apresenta a maior complexidade de todo projeto Solvência II. Isso está interligado a dificuldade de mensurar as incertezas atreladas a seguradora como a incerteza dos valores dos sinistros, a influência do porte da Seguradora, comportamento dos seguimentos de negócio, mercado, área de cobertura, câmbio, taxa de juros, gestão, economia e dentre outros fatores agravantes. Desta forma, o projeto Solvência II optou pela chamada fórmula Padrão, afim de apresentar uma metodologia simplificada de aplicação. A busca por um modelo de simples aplicação para mensuração do SCR deve-se pela grande dificuldade encontrada por grande parte das seguradoras para implementar métodos de estimação mais robustos. Dentre as dificuldades encontradas estão o alto custo, tamanho da seguradora e quantidade de informação. Vale ressaltar, que o projeto Solvência II apresenta a possibilidade das seguradoras adotarem metodologias de cálculos próprias, que esta por sua vez deve ser aprovada pelo órgão regulamentador.

Os resultados de [22] apontam que em seguros, o ato de financiar a metodologia baseada na fórmula Padrão, que não leva em consideração à existência de extremos e assimetria pode acarretar na insolvência de uma dada seguradora. No entanto, o mesmo autor parte do princípio da agregação da fórmula padrão e apenas utiliza ajustes de melhorias. Vale ressaltar, que este trabalho se delimita apenas em apresentar como é realizado os cálculos de requisito de capital com base na Fórmula Padrão ou *Formula Standard*.

Assim, para trabalhos futuros para dar continuidade a este trabalho a abordagem de outras metodologias como a melhoria de *Cornish-Fisher* (Abordada por [1]e[22]), um esquema simples com base na distribuição log-normal(abordado por [22]) e outras², apresenta-se conveniente. Objetivando assim uma mensuração via simulação, de quais metodologias apresentam melhores estimativas quanto ao requisito de capital de solvência frente a realidade. E assim buscar entender a principal questão de todo projeto Solvência II, será que a simplificação na mensuração do capital de solvência baseada na metodologia atual não poderia estar levando grande parte das seguradoras a uma situação de insolvência?

¹Diretiva 2009/138/CE de 25 de novembro de 2009-Artigos 128º a 131º secção-5 Capítulo-VI

²Sendo a primeira abordada por [1], que usou a melhoria Cornish-Fisher de aproximações pela assimetria para o sistema de Gauss, sendo capaz de demonstrar que a assimetria pode ser atualizada de forma recursiva. E a segunda metodologia apresentada por [22], argumenta que um esquema simples com base na distribuição log-normal, demonstrou-se superior à fórmula padrão e a ajustes do tipo *Cornish-Fisher*.

Como este trabalho busca apresentar de forma global a estrutura do projeto Solvência II e especificar quanto ao cálculo de capital de solvência, temos assim, quanto a sua estrutura uma linha que parte de um aspecto macro do que vem a ser este projeto, como abordado na sub-sessão desenvolvimento histórico, que retoma a sua origem as bases regulamentares e princípios estruturais. Até chegar a um nível micro no que diz a especificidade da sub-sessão requisitos quantitativos que trás as três subdivisões de capital de solvência descritas anteriormente e por fim as considerações finais que traz um breve resumo de todo projeto Solvência II e apresenta principais pontos que são considerados polêmicos neste Projeto bem como motivadores para futuros trabalhos.

2 Projeto Solvência II

2.1 Desenvolvimento histórico

Para que seja possível a compreensão do projeto Solvência II e de sua repercussão que atinge um caráter global atualmente, é necessário a compreensão de sua principal essência fundadora. Essa essência, segundo [36] veio com a necessidade do desenvolvimento de um mercado único dos serviços de seguros a fim de eliminar os obstáculos inerente à atividade seguradora. Este propósito começou a ser alcançado com o Tratado Maastricht³. No entanto, mesmo com a livre circulação, as seguradoras não conseguiam por si só resolverem as divergências de regras e princípios existentes em cada estado ou país membro.

Assim, com objetivo de harmonizar e uniformizar as regras do mercado foi dado o enfoque no processo legislativo comunitário entre as seguradoras, que começou em 1973 para os ramos não vida e em 1979 para os ramos vida [36]. Este ato de unificação, hoje é tomado como espelho para unificação a nível global, dado que os interesses são os mesmos, porém com dimensão e obstáculos aparentemente maiores. Dado o conhecimento da essência que estabelece o cerne regulamentar do setor de seguros, o próximo passo é compreender o desenvolvimento regulamentar ou normativo deste, mediante a existência de centenas de atos normativos e diretivas que procederam desde 1973 até os dias atuais. Na Figura-1 é apresentado a linha temporal com os principais atos normativos que se delimitam ao objeto de pesquisa aqui tratado.

³Formalmente Tratado da União Europeia-TUE foi assinado em 7 de fevereiro de 1992 pelos membros da Comunidade Europeia na cidade de Maastricht, no qual foi estabelecida a livre circulação de pessoas, bens, serviços e capitais [25]

2.1 Desenvolvimento histórico

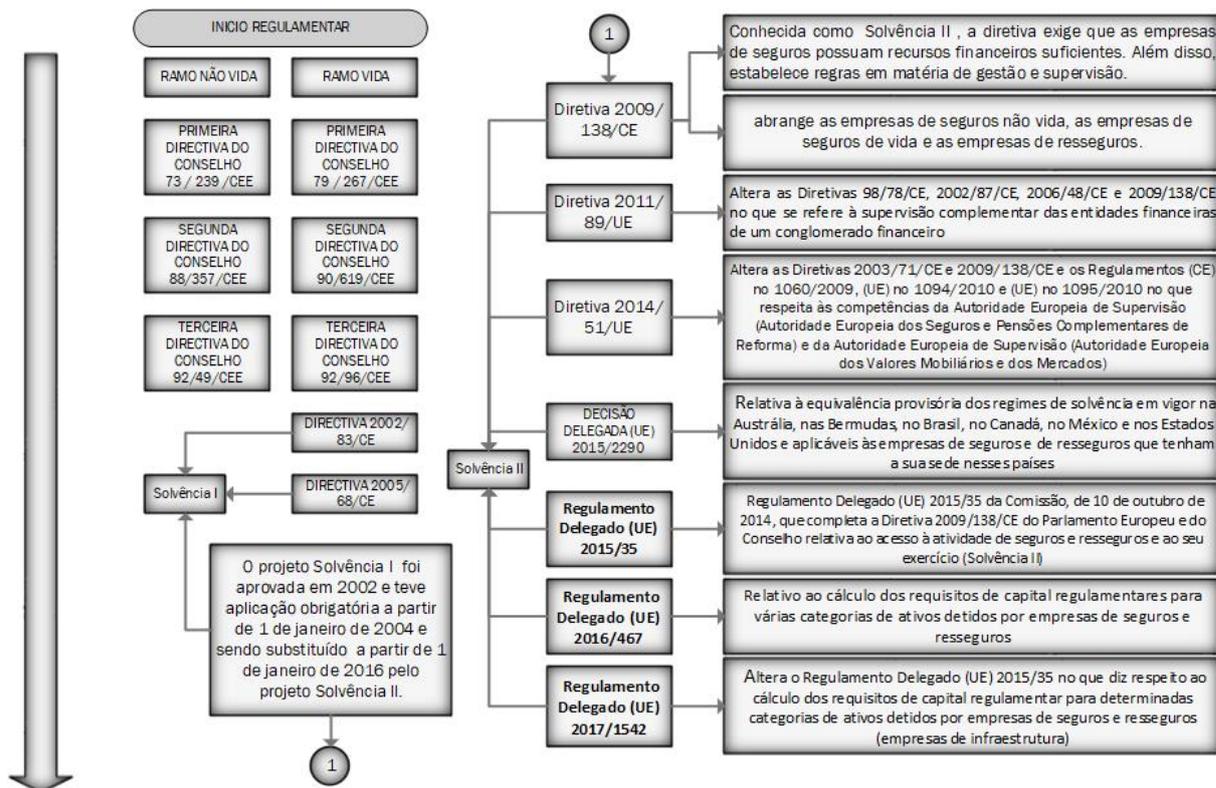


Figura 1: Linha temporal do desenvolvimento do projeto solvência II

Fonte: Construção de autoria própria baseado nas respectivas diretivas, regulamentos e decisões do Parlamento Europeu. Para melhores conhecimentos sobre cada procurar em: [12], [13], [14], [15], [16], [17], [2], [3], [4], [5],[6], [7], [8], [9] e [10].

Como pode ser visualizado na Figura-1, é possível dividir a linha do tempo em três períodos que resume os passos da evolução regulamentar do setor de seguros, previdência e resseguro europeu. Sendo o primeiro de 1973 até 2001, o segundo de 2001 até 2016 e o terceiro que parte de 2016 até os dias atuais. No primeiro período, temos as chamadas regulamentações originárias, que tinham como base primária a estruturação regulamentar⁴. Já a preocupação sobre o correto dimensionamento do capital de solvência é visto desde a primeira Diretiva 73/239/CEE do Conselho, que impõe que as empresas de seguros disponham de uma margem de solvência (Ramo não vida)⁵.

A inexistência de estudos quanto a um modelo para mensuração de capital de solvência no período, a complexidade do mercado de serviços financeiros e a tendência para concretização de um mercado único, foram os principais precursores pela busca de novas metodologias pela Comissão Europeia no que tange a correta mensuração desde capital. Os estudos de [45] e [36]

⁴Diretivas Originárias: Diretiva 79/267/CEE, Diretiva 73/239/CEE, Diretiva 88/357/CEE, Diretiva 90/619/CEE, Diretiva 92/49/CEE e Diretiva 92/96/CEE

⁵Diretiva 73/239 CEE-”Considerando que a procura de um método comum para o cálculo das reservas técnicas é, atualmente, objeto de estudos, no plano comunitário; que parece, portanto, oportuno reservar para diretivas futuras a realização da coordenação nesta matéria, bem como as questões relativas à determinação das categorias de investimento e à avaliação dos ativos...”;

2.1 Desenvolvimento histórico

trazem que além destes precursores, o principal objetivo do conselho era estabelecer elevados níveis de proteção ao consumidor aquando da integração do mercado financeiro. Assim, é levantado em questão a proteção ao consumidor.

Já no início do segundo período, é estabelecido pelo parlamento europeu o projeto Solvência I, que foi apenas um projeto temporário afim de criar uma base regulamentar para que fosse possível o desenvolvimento do projeto Solvência II. O Projeto Solvência I realizou pequenas modificações nos requisitos de capital originalmente introduzidos nas primeiras diretivas. Quanto ao terceiro período, ocorre a implementação do projeto Solvência II, que foi criado para requerer maiores mudanças. Assim, para que seja possível a compreensão dos princípios que mudaram de um projeto para outro, segue a Tabela-1, que trás um breve resumo sobre.

Princípios em que assenta o Projeto Solvência 1	Princípios em que assenta o Projeto Solvência 2
Proteção ao consumidor através de regulamentação	Proteção ao consumidor através da disciplina de mercado
Visa a proteção para companhias existentes	Estimula a competição de mercado
Supervisão é feita com discrição	Supervisão é forçada a um processo transparente
Evita insolvência a quase todo custo	Intervenção adequada quando os problemas são descobertos
O valor das provisões Técnicas é suficientemente adequado para cumprir com o pagamento das indenizações	O valor das provisões Técnicas é o valor atual exato das indenizações futuras
Elevados requisitos de capital e insensíveis ao risco. O risco está implicitamente refletido ao nível do provisionamento	Requisitos de capital baseados no risco

Tabela 1: Princípios que se assentam o Projeto Solvência I e II

Fonte: Informações retiradas em: [36], [2] e [4]

Vale ressaltar, que todas as diferenças entre os projetos estão relacionadas com seus princípios ou forma de regulamentação como abordados na Tabela-1. E também é de grande importância destacar que o projeto Solvência II é mais estruturado e pensado que o projeto Solvência I, isto se deve ao seu tempo de desenvolvimento que se iniciou em 2001. Assim, de forma superficial é possível afirmar que o Projeto Solvência I representou ser um objeto de pesquisa para o desenvolvimento do Solvência II.

A natureza aleatória do sinistro, fator essencial na atividade seguradora, quer quanto à severidade bem como sua ocorrência, faz com que os compromissos financeiros das seguradoras sejam simultaneamente indeterminados em relação aos seus valores e aos prazos em que terão de ser honrados. Estes fatores definem a natureza probabilística na avaliação da Solvência e as dificuldades em estabelecer o “capital ótimo” que uma seguradora deve possuir para estar em

condições (“com elevada probabilidade”) de honrar todos os contratos que estabelece [40].

Além das dificuldades encontradas nas seguradoras quanto ao correto dimensionamento do capital necessário para cumprir com suas obrigações futuras, estas deparam-se com um conflito comum entre segurados e acionistas, onde na perspectiva dos segurados, uma companhia de seguros deve estar a todo o momento em condições de cumprir as suas obrigações, enquanto, na perspectiva dos acionistas deveria ser utilizado o mínimo capital possível pela empresa para fins de aumentar o lucro [20]. Neste contexto, há necessidade de conciliar estes dois interesses, como o correto controle sobre os ativos baseados na estrutura de risco de cada seguradora, e estes podem ser considerados os principais objetivos do Projeto Solvência II.

No que se remete ao desenvolvimento estrutural do projeto Solvência II, temos:

A sua génese remonta a 2001, na sequência das conclusões do relatório Muller⁶, elaborado por um grupo de trabalho composto por membros da Conferência das Autoridades de Supervisão Europeias de Seguros e que precedeu o CEIOPS⁷ (que foi criado apenas em 2004). Em maio de 2001, a Comissão Europeia iniciou os trabalhos de revisão estrutural da regulação do setor dos seguros (que recebeu então a designação “Solvência II”), tendo convidado esse mesmo organismo a providenciar aconselhamento técnico. No final de 2002, era publicado o relatório Sharma⁸, designado pela Conferência das Autoridades de Supervisão de Seguros dos Estados Membros da União Europeia. Após o que se seguiram novas rondas de pedidos de aconselhamento pela Comissão Europeia, concatenadas com a realização de estudos de impacto quantitativo para testar as várias fases de desenvolvimento das especificações do novo regime [20, p.1].

Quanto a sua estrutura, foi estabelecida tendo em conta três grandes objetivos estratégicos, denominados como três pilares. Segundo [36], estes foram adaptados às necessidades da supervisão seguradora, sendo estes, requisitos quantitativos, requisitos qualitativos e a prestação de informação. A apresentação dos três pilares é representada na Figura-2.

Dentre os três pilares, este trabalho aborda o primeiro pilar, o qual remete-se ao estudo dos requisitos quantitativos. Assim, para conhecimento dos demais pilares é sugerida a leitura de trabalhos como [36], [28], [40], [26] entre outros.

2.2 Requisitos Quantitativos

Quanto aos requisitos quantitativos, de maneira resumida, correspondem as metodologias que uma dada seguradora deve adotar para estimar um montante de capital necessário para que

⁶Müller, H. et al. (1997), relatório do grupo de trabalho “Solvency of Insurance Undertakings“, designado pela Conferência das Autoridades de Supervisão de Seguros dos Estados Membros da União Europeia.

⁷CEIOPS-Comité das Autoridades Europeias de Supervisão dos Seguros e Pensões Complementares de Reforma.

⁸Sharma, P. et al. (2002), relatório do grupo de trabalho “Prudential Supervision of Insurance Undertakings“



Figura 2: Projeto Solvência II-Os Três Pilares

Fonte: Construção de autoria própria baseado nas diretiva [8]

possa exercer a sua atividade, de forma a cumprir todas as responsabilidades que venha a surgir durante um dado período temporal futuro e incerto. No entanto, para mensurar esse capital, o projeto Solvência II adota três metodologias de cálculo ou estimativas. Sendo estas:

- I) **O chamado "melhor estimativa" ou *Best Estimate (BE)***: Segundo o Regulamento Delegado (UE) 2015/35 do Parlamento Europeu, o cálculo da melhor estimativa tem em conta a evolução futura prevista, que terá um impacto relevante nas entradas e saídas de fluxos de caixa necessários para liquidar as responsabilidades de seguro e de resseguro na totalidade do respectivo período de vigência. Para esse efeito, a evolução futura deve abranger as evoluções em termos demográficos, jurídicos, médicos, tecnológicos, sociais, ambientais e económicos, nomeadamente a inflação, tal como referida no artigo 78.º, ponto 2, da Diretiva 2009/138/CE [4].
- II) **O mínimo capital requerido (CMR) ou *Minimum capital requirement (MCR)***: O requisito de capital mínimo deverá garantir um nível mínimo abaixo do qual o montante dos recursos financeiros não deverá cair. É necessário que seja calculado segundo uma fórmula simples, sujeita a um limite inferior e a um limite superior definidos com base no requisito de capital de solvência baseado no risco, a fim de permitir uma escala crescente de intervenção das autoridades de supervisão, e que se baseie em dados passíveis de auditoria como é abordado nas considerações, ponto 70, da Diretiva 2009/138/CE [4].
- III) **Requerimento de capital de solvência (RCS) ou *solvency capital requirements (SCR)***: De acordo com a Diretiva 2009/138/CE, o SCR deve ser calculado com base no princípio da continuidade das atividades da empresa. Quanto a sua determinação pode ser realizado com base na *Fórmula Standard*, determinada pelo órgão regulamentador ou por meio de Modelos Internos Integrais ou Parciais, construídos pela própria seguradora [4].

Neste contexto, antes de aprofundar em cada metodologia abordada é necessário estabelecer premissas financeiras, atuariais e económicas, bem como apresentar o comportamento destes

2.2 Requisitos Quantitativos

cálculos no ativo e passivo de uma seguradora. Para facilitar a compreensão quanto a estruturação das premissas e ao comportamento dos cálculos, segue a Figura-3, que apresenta de forma ilustrativa a relação das contas tanto do passivo como do ativo com a provisão, resultante das metodologias trazidas pelo projeto Solvência II.

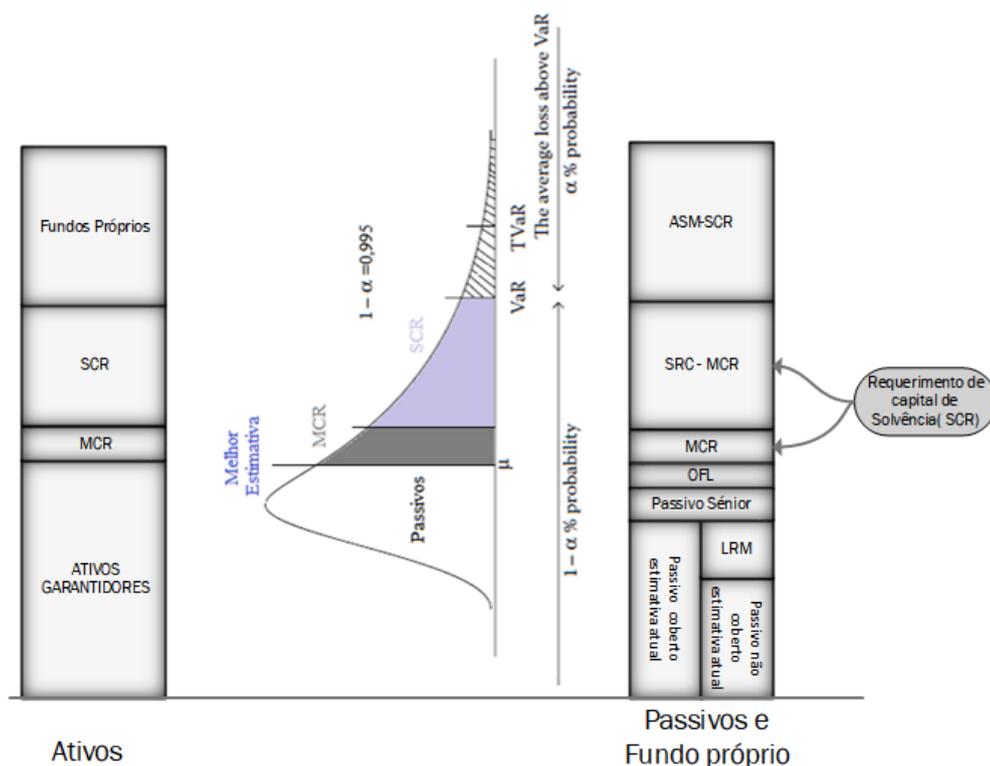


Figura 3: Relação da abordagem total do balanço com a distribuição de perda

Fonte: Construção de autoria própria baseado em [8] e [1]

As siglas na Figura-3 representam:

ASM: *Available Solvency Margin*, capital disponível (Disponível Margem de Solvência),

MCR: *Minimum Capital Requirement*, Requisito Mínimo de Capital,

LRM: *Liability Risk Margin (added)*, margem de risco do passivo (adicionada),

OFL: *Own Funds Liabilities*, Passivos de fundos próprios (ver detalhes em [46] e EIOPA-BoS-14/168),

VaR: *Value-at-Risk*, para o contexto atuarial é apenas um percentil ou quantil de uma determinada distribuição de riscos agregados⁹.

⁹O VaR em uma carteira é a perda potencial máxima que esperamos em um determinado período, digamos 1 ano, em um determinado nível de confiança ou sob uma certa probabilidade de ruína (α %). O conceito de VaR não é novo, mas o nome deriva da introdução de [41]. Hoje em dia, o VaR é o conceito de referência para determinar as cobranças de capital de risco de mercado no setor bancário. É também o conceito chave tanto no Basileia II quanto no sistema europeu Solvência II [1].

TVaR: O valor da cauda em risco (TVaR), também conhecido como expectativa condicional da cauda (TCE) ou expectativa de cauda condicional (CTE), em termos gerais quantifica o valor esperado da perda, dado que ocorreu um evento fora de um determinado nível de probabilidade.

A distribuição de perdas abordada na Figura-3 apresenta como é o comportamento da agregação do MCR, BE e SCR, sendo a melhor estimativa atrelada ao total dos ativos garantidores da seguradora ou quanto ao passivo correspondendo ao passivo coberto, passivo não coberto, LRM, Passivo Sênior e OFL. O SCR deve corresponder ao Value-at-Risk do próprio fundo de uma seguradora ou resseguradora, com um nível de confiança de 99,5% ao longo do período de um ano [4]. Vale ressaltar que o Value-at-Risk é a medida de risco assumida pelo projeto de Solvência II, e podendo também ser limitado pelo TVaR, caso a seguradora em questão adote como metodologia interna. Já o MCR, diz respeito ao limite mínimo de capital abaixo do qual a seguradora apresenta um risco excessivo para os segurados [4], que pode ser limitado pelo órgão regulamentador com base na estrutura de risco da seguradora, ou pode ser mensurado pela própria seguradora tendo aprovação do órgão regulamentador quanto a metodologia.

2.3 Melhor estimativa

Como introduzido anteriormente, a Melhor Estimativa ou Best Estimate(BE), se refere ao cálculo que a seguradora faz referente as entradas e saídas de fluxos de caixa, necessários para liquidar as responsabilidades de seguro e de resseguro na totalidade do respectivo período de vigência, que geralmente é um ano. Neste âmbito, vamos entender como ele é mensurado, para isso precisamos entender o que vem a ser fluxo de caixa, como o projetamos e como mensuramos o valor presente levando em conta as taxas de juros e inflação.

Vamos fazer um breve resumo no que tange a cada passo para estimar a melhor estimativa:

- 1º passo: Fazer a projeção dos fluxos de caixa que pode ser feito utilizando informações passadas e a partir destas projetar por algum método atuarial¹⁰ ou se conhecer o comportamento da distribuição da perda pode ser feito via simulação e realizar o cálculo da esperança $E[X]$ ou média
- 2º passo: Fazer a projeção das taxas de juros, esta projeção consiste em estimar o comportamento das taxas de juros no período de um ano, geralmente obtida a partir de instrumentos financeiros considerados isentos de risco de crédito disponíveis no mercado.
- 3º passo: Fazer a projeção da inflação, está é baseada na projeção que os bancos centrais de cada país disponibiliza como meta de inflação.

¹⁰Dentre estes métodos podemos abordar o método *Chain-ladder* usado com maior frequência em trabalhos atuariais como [22], [36],[40] e outros,

4º passo: Trazer os fluxos de caixas estimados a valor presente considerando a taxa de juros estimada e a correção pela inflação. Assim, obtendo a melhor estimativa

A projeção dos fluxos de caixa utilizada no cálculo da melhor estimativa como abordado por [4] e [8] tem em conta, explícita ou implicitamente, todas as incertezas dos fluxos de caixa, designadamente o conjunto das seguintes características:

- Incerteza quanto ao momento de ocorrência, frequência e severidade dos eventos segurados;
- Incerteza quanto aos montantes dos sinistros, nomeadamente a incerteza quanto à inflação dos sinistros, e ao período necessário para regularizar e pagar os sinistros;
- Incerteza quanto ao montante das despesas referidas no artigo 78.º, ponto 1, da Diretiva 2009/138/CE;
- Incerteza quanto à evolução futura prevista referida no artigo 29.º, na medida em que seja exequível;
- Incerteza quanto ao comportamento do tomador do seguro;
- Dependência entre duas ou mais causas de incerteza;
- Dependência dos fluxos de caixa em circunstâncias anteriores à data do fluxo de caixa

Dentre tantas incertezas e a variabilidade estrutural econômica de cada país, faz com que a cada seguradora realize a projeção de seus fluxos de caixa de forma diferenciada. Neste contexto, ao levar em conta a estrutura econômica no Brasil e o acordo abordado pelo [7] quanto a metodologia de cálculo das seguradoras brasileiras remetidas aos termos da [21] que estabelece que as seguradoras, resseguradores locais e entidades de previdência complementar aberta (EAPC) devem registrar esses compromissos futuros trazendo-os a valores presentes.

Em função da convergência a padrões internacionais de supervisão de solvência e de reporte financeiro, em execução pela Superintendência de Seguros Privados (SUSEP), e pela Circular SUSEP 410, de 22 de dezembro de 2010 (Susep, 2010), as seguradoras, resseguradores locais e EAPCs devem testar a adequação de seus passivos, e, para isso, precisam realizar estimativas correntes dos valores descontados dos seus fluxos de caixa, considerando premissas atuais, realistas e não tendenciosas, para cada variável envolvida. Um dos elementos mais relevantes para o cálculo da adequação de passivos é a estimação da estrutura a termo de taxa de juros (ETTJ) livre de riscos, obtida a partir de instrumentos financeiros considerados isentos de risco de crédito disponíveis no mercado brasileiro.

Neste contexto, dado que cada seguradora estabelece a forma como é realizado a projeção do seu fluxo de caixa, é essencial o conhecimento de métodos que o faça. Dentre os métodos

mais empregados temos a Estrutura a Termo de Taxas de Juros (ETTJ)¹¹ que é apresentada com certa propriedade por [31]. Para fins de explicação quanto a sua metodologia, temos que:

”A ETTJ não é diretamente observável na prática e precisa ser estimada a partir de cotações de mercado para títulos de renda fixa ou instrumentos financeiros derivativos, disponíveis para um número finito de vencimentos (os dados/pontos observados da curva”). A partir deste conjunto discreto de dados, pode-se construir uma curva/função “contínua” que aproximadamente se “encaixe” nos dados observados, usando técnicas de interpolação, e estimar o valor da curva/função em pontos fora da zona conhecida, usando técnicas de extrapolação. O procedimento mais comum para estimação da estrutura a termo é impor, em um primeiro momento, uma forma funcional com K parâmetros para a função desconto $P_t(\tau)$, para a taxa à vista $y_t(\tau)$ ou para a taxa a termo $f_t(\tau)$. As formas funcionais podem ser polinômios (Chambers, Carleton e Waldman, 1984), splines (McCulloch, 1975; Litzenberger e Rolfo, 1984; Fisher, Nychka e Zervos, 1995), funções exponenciais¹² (Nelson e Siegel, 1987; Svensson, 1994), ou uma combinação destas ou outras funções¹³ (Smith, A. e Wilson, T., 2001; Barrie e Hibbert, 2008). Em um segundo momento, os K parâmetros são estimados (minimizando a soma dos quadrados da diferença entre os dados estimados e observados da curva) ou determinados (montando um sistema de K equações a partir do qual os K parâmetros são calculados). Os métodos mais proeminentes e amplamente usados por diversos bancos centrais são os propostos por Nelson e Siegel (1987) e Svensson (1994). [31, p.268]

A taxa de juros à vista associada a uma dada maturidade de um ano pode ser interpretada como o retorno de um título de renda fixa de cupom zero com vencimento em um ano [31]. Vale ressaltar que a escolha da maturidade de um ano se deu pelo fato dos contratos de seguros terem vigência de um ano. As taxas a termo são as taxas de juros implícitas pelas taxas à vista para períodos de tempo no futuro. A relação entre as duas pode ser ilustrada pelas Fórmulas-1 e 2, a primeira usada para taxas compostas anualmente, e a segunda usada para taxas compostas continuamente [31]:

$$(1 + R_{t,t+T}^t)^T = \prod_{k=0}^{T-1} (1 + F R_k^t(1)) \quad (1)$$

$$e^{T * y_t(T)} = e^{\sum_{k=0}^{T-1} F R_k^t(1)} \quad (2)$$

em que:

- $R_{t,t+T}^t$ é a taxa à vista anual composta anualmente em t para o período entre t e t + T,

¹¹Que é um conceito central da teoria financeira e econômica usado para precificar qualquer conjunto de fluxos de caixa [33]

¹²Svensson impõe uma forma paramétrica com 6 parâmetros; Nelson-Siegel impõe uma com 4 parâmetros [43]

¹³Smith-Wilson usa a soma de um termo exponencial para o comportamento assintótico de longo prazo da função desconto e uma combinação linear de N funções kernel (sendo N o número de dados/pontos observados na parte líquida da curva de juros); Barrie-Hibbert usa cubic splines para a parte líquida da curva de juros e Nelson-Siegel para a parte extrapolada. [31]

2.3 Melhor estimativa

- $y_t(T)$ é a taxa à vista anual composta continuamente (c.c.) em t para o prazo T,
- $FRc_k^t(1)$ é a taxa a termo anual em t para o período entre $t + k$ e $t + k + 1$,
- $FRv_k^t(1)$ é a taxa a termo anual c.c. em t para o período entre os anos $t+k$ e $t + k + 1$
- $T (\in \mathbb{N})$ é o prazo de maturidade (medido em anos)
- t é a data de avaliação da ETTJ (data de pregão)

Pode-se converter taxa contínua para taxa discreta, aplicando as expressões-3 e 4:

$$y_t(T) = \ln(1 + R_{t,t+T}^t) \quad (3)$$

$$FRc_k^t(1) = \ln(1 + FR_k^t(1)) \quad (4)$$

Dado o conhecimento das taxas de juros refletidas no rendimento de um título de cupom zero, é necessário também conhecer o impacto da infração nos fluxos de caixa, esta será repercutida o valor pelo banco central do Brasil pela RESOLUÇÃO Nº 4.671 como meta para a inflação de 3,75% (três inteiros e setenta e cinco centésimos por cento). Vale ressaltar que cada país estabelece uma meta diferente. Quanto aos valores dos sinistros projetados, dado a inexistência de dados passados é utilizado o método de Monte Carlo¹⁴ para simulação. Vamos entender agora como esta é estruturada seguindo os passos descritos anteriormente, partindo da estruturação dos fluxos de caixa. Segue a Tabela-2.

Acidente período (i)	Desenvolvimento período j						
	0	1	2	...	j	...	J
1	X(1,0)	X(1,2)	X(1,3)	...	X(1,j)	...	X(1,J)
2	X(2,0)						
...	...						
i	X(i,0)				X(i,j)		
...	...						
I	X(I,0)						
I-1	X(I-1,0)						

Tabela 2: Representação da estruturação de como é mensurado a melhor estimativa

Fonte: Construção de autoria própria baseado em [8] e [1]

¹⁴Das técnicas para obtenção de variáveis aleatórias usualmente utilizada para fins de simulação computacional, o Monte Carlo vem sendo empregado frequentemente em trabalhos atuariais. Dado o enfoque nos estudos que analisa os comportamentos dos diferentes modelos frente a distintos cenários, como é visto em: [1], [22], [24], [39], entre outros. Segundo [30] "no trato computacional, essas variáveis não são, de fato, aleatórias, mas pseudo aleatórias, pois são gerados por algoritmos determinísticos...". Quanto ao aprofundamento sobre Monte Carlo e demais métodos de simulação pode ser conferido em [30], [24] e outros.

em que:

- J : corresponde ao tempo final de desenvolvimento do período;
- I : corresponde ao tempo final do período;
- $X_{i,j}$: corresponde a distribuição de valores dos sinistros que ocorreram no período i e com desenvolvimento j ;
- $I + 1$: corresponde ao período que estamos projetando os fluxos de caixa.

Neste contexto, para melhor compreensão se considerarmos que na Tabela-2 cada período i corresponde a um intervalo de um ano temos que cada período de desenvolvimento j corresponde a um período de 1 mês, assim $X_{i,j}$ corresponde a um vetor com todos os sinistros com respectivos valores de indenizações referente ao mês j do ano i . No entanto, como os fluxos de caixa referente a cada período i e mês j corresponde a soma de todos os valores de sinistros em geral, consideramos a variável aleatória sinistro agregado S representada pela Fórmula-9, sendo:

$$S_{i,j} = \sum_{k=1}^{N_{i,j}} X_k, \text{ para } (1 \leq i \leq I), (0 \leq j \leq J) \quad (5)$$

em que;

- X_k : representa os sinistros individuais em termo de valor e k é a posição de cada valor no vetor de sinistros;
- $N_{i,j}$: representa o número de sinistros ocorridos neste período i e desenvolvimento de período j .

Na Tabela-2, temos que os valores da diagonal destacada em cinza escuro, corresponde aos valores projetados para os fluxos de caixa para o ano $I + 1$ e seus respectivos meses j de desenvolvimento. Dada a compreensão da estrutura, vamos agora entender o método de projeção que resulta os valores do fluxo de caixa. No que se refere aos métodos de projeção para os valores de sinistros é possível apontar métodos determinísticos e métodos estocásticos. Dentre os métodos determinísticos podemos abordar Chain Ladder [42], Grossing Up [37], Link Ratio [34] e outros. Já nos métodos estocástico temos o método de Mack [38], Bootstrap [44], OdPoisson [27] e outros.

Como o projeto solvência II deixa em aberto quanto a escolha do método de projeção, Assim dentre os métodos de estimação o método Chain Ladder¹⁵ se destaca, devido à sua simplicidade e eficácia, e também está bastante difundido no mercado. sendo um dos métodos mais utilizados e mais práticos, desta forma para fins de explicação vamos adotar este método.

O método Chain Ladder produz uma sequência ("Chain") de fatores de desenvolvimento,

¹⁵O método Chain Ladder foi um dos primeiros métodos de previsão de reservas a ser desenvolvido, sendo que os resultados obtidos devido à utilização desta técnica, na maioria das vezes, são muito próximas da realidade [42].

sendo que os montantes de indenizações liquidados em cada ano de desenvolvimento representam um novo degrau na escada ("Ladder"). Assim, através destes fatores e a partir do conjunto de dados estruturados como apresentado na Tabela-2, são obtidas estimativas para os fluxos de caixa futuros. Tomando como suposição que existe uma proporcionalidade entre os anos de desenvolvimento no que tange ao valor dos sinistros, ou seja, os fatores de desenvolvimento são os mesmos ao longo dos anos. Desta forma apesar dos resultados obtidos serem úteis na medida em que permitem a seguradora conhecer valores plausíveis para as reservas, com a utilização deste método não é possível avaliar o nível de incerteza intrínseco ao processo de estimação [42].

Dada a proporcionalidade entre os anos de desenvolvimento vamos entender como é calculado os fatores e subsequentemente a projeção do ano $I + 1$. A formula geral para encontrar os fatores é dada pela Expressão-(6)

$$\hat{f}_j = \left(\frac{\sum_{k=1}^{I-j} S_{k,j+1}}{\sum_{k=1}^{I-j} S_{k,j}} \right), \text{ para } 1 \leq j \leq I - 1 \quad (6)$$

Assim temos como resultado um vetor \hat{f}_j com $J - 1$ fatores descrito por $\hat{f}_1, \dots, \hat{f}_{J-1}$. Agora para encontrar os montantes de indenizações acumulados para o desenvolvimento j do ano $I+1$ temos que multiplicar o fator pela informação passada conforme dado pela Expressão-7

$$\hat{S}_j = S_{(j-1, I-j)} \cdot \hat{f}_{(j-1)}, \text{ para } 2 \leq j \leq I - 1 \quad (7)$$

Já a estimação do fluxo de caixa da posição \hat{S}_1 pode ser dado pela média de $S_{i,0}$ em que $1 \leq i \leq I$. Assim dado que encontramos os fluxos de caixa do ano $I+1$ basta trazer cada j para o valor presente em $j = 0$ como a direção da seta na Tabela-2, e levando em consideração o efeito da inflação no tempo assim obtemos a melhor estimativa.

2.4 Mínimo Capital Requerido (MCR)

Em termos da [4] o Mínimo Capital Requerido pode ser considerado o montante de capital que uma seguradora deverá manter, a qualquer tempo, para poder operar e é equivalente à soma do capital base ou melhor estimativa com o capital adicional. Em que o capital adicional é composto por um montante variável de capital que uma sociedade seguradora deverá manter, a qualquer tempo, para poder garantir os riscos inerentes a sua operação. Dado que já conhecemos a melhor estimativa, vamos entender o que vem a ser este capital adicional. Para a mensuração deste o Projeto Solvência II deixa em aberto para os órgãos regulamentares de cada país estabelecer como consta em [4], isso deve-se por cada seguradora estar inserida em uma área de cobertura diferente e bem como sujeitas a índices de sinistralidade diferentes. No entanto no Brasil a SUSEP por meio da [11] que estabelece um modelo para encontrar o capital variável. Como

2.5 Requisito Capital de Solvência(SCR)

segue a Expressão-8.

$$CA = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \rho_{ij} \cdot CA_i \cdot CA_j} \quad (8)$$

em que:

- CA : capital adicional, na forma definida por [11]
- CA_i e CA_j : capital adicional baseado nos riscos “i” e “j”, respectivamente.
- ρ_{ij} : corresponde a correlação entre riscos “i” e “j”. seus valores são dados pela Tabela-3.

No cálculo do capital adicional, CA_i e CA_j são substituídos por CA_{subs} (capital adicional baseado no risco de subscrição das sociedades seguradoras ou resseguradores locais, definidos em regulação específica) e CA_{cred} (capital adicional baseado no risco de crédito, definido em regulação específica). Quanto a Matriz de correlação é dada pela [11] como é apresentada na Tabela 3.

j \ i	CA_{subs}	CA_{cred}
CA_{subs}	1	
CA_{cred}	0,5	1

Tabela 3: Matriz de correlação Capital Adicional-CA
Fonte:RESOLUÇÃO CNSP N° 227

Assim, após mensurar este capital adicional é possível obter o mínimo capital requerido, Vale ressaltar que foi apresentado somente uma das metodologias utilizadas para estimar esse capital, requerendo maior aprofundamento no que tange ao MCR. Já no que tange aos valores do CA_{cred} e CA_{subs} estes são estimados considerando a metodologia do Value-at-Risk como apresentado anteriormente.

2.5 Requisito Capital de Solvência(SCR)

De acordo com [4] e [8], o SCR deve ser calculado com base no princípio da continuidade das atividades da empresa. Quanto a sua determinação pode ser realizado com base na *Formula Standard* ou por meio de Modelos Internos Integrais ou Parciais. Segundo [36], a *formula Standard* desenvolvida a nível europeu , tem como objetivo ser equivalente á probabilidade de ruína para uma seguradora de médio porte europeia. A estrutura do SRC, segundo a EIOPA-14/209 de 30 Abril 2014 é apresentada na Figura-4.

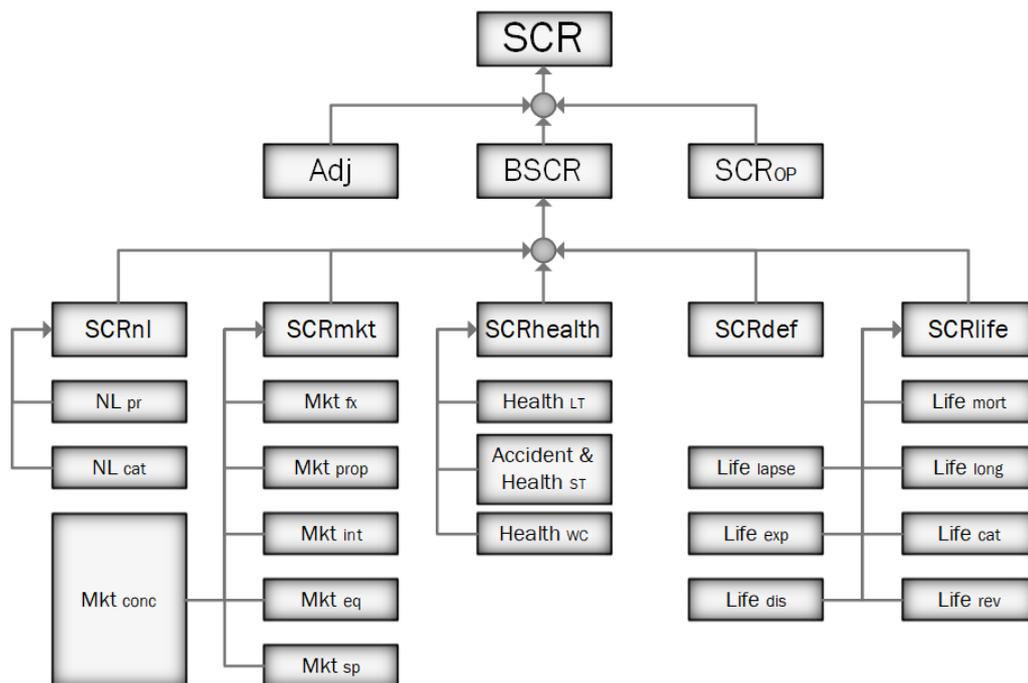


Figura 4: Estrutura dos módulos de risco considerados para o calculo do SCR

Fonte: Construção de autoria própria baseado em [8] e [4]

A estrutura hierárquica para estimação do SCR apresentada na Figura-4, no que tange aos módulos de risco, esta representa uma seguradora que trabalha com todos os ramos de seguros. Assim, para seguradoras que atuam apenas em um ramo considera-se somente a ramificação cuja suas atividades estejam representadas.

Na maioria dos modelos de determinação de capital de solvência,conforme abortado pelo projeto solvência II como em [22], [36], [1],[19] e outros, leva em consideração composição hierárquica por sub-modelos que mensuram de forma individual o capital para cada classe de negócio de uma dada seguradora. O capital total requerido de solvência será, então, a agregação ou soma destes capitais individuais.

No entanto, o comportamento marginal das classes de negócio não é suficiente para avaliar a necessidade de capital de uma seguradora, uma vez que os riscos individuais podem ter uma interdependência, geralmente não linear, impossibilitando a agregação direta dos capitais individuais. Neste contexto, é necessário conhecer o tipo e o grau de dependência entre cada sub-modulo de risco por negócio [23]. Assim chegamos na raiz de toda complexidade do projeto Solvência II. No projeto Solvência II a fim de simplificar trouxe a correlação como método para medir esta interdependência e para inferir sobre o tipo e o grau de dependência realizou estudos em cima de uma seguradora de médio porte com todas as linhas de negócios, encontrando assim estas relações de dependência e criando uma matriz de correlação com valores das correlações, trazida pela EIOPA-14/209(2014).

Neste contexto, dado o conhecimento, das premissas regulamentares e financeiras ,das

variáveis em questão, e principalmente da raiz de toda complexidade de estimar o SCR, vamos entender como é realizada essa agregação dos SCR's pela formula padrão no que tange ao projeto Solvência II.

2.5.1 Formula Padrão

A formula padrão, como trazida pela EIOPA-14/209(2014) [32] para o cálculo do requerimento de capital de solvência-SCR, é dado na pela Expressão-9. Vale ressaltar que a formula padrão leva em conta os distintos módulos de risco, seguindo a estrutura hierárquica apresentada na Figura-4.

$$SCR = BSCR + Adj + SCR_{Op} \quad (9)$$

em que:

BSCR: Requisito de Capital de Solvência Básico;

Adj: Ajustamento para efeito de absorção de risco de provisões técnicas e impostos diferidos;

SCR_{Op}: Requisito de capital para risco operacional.

O requisito de capital de solvência básica BSCR é calculado a partir da agregação de seis categorias de risco principais, sendo elas:

- *SCR_{mk}*:Requisito de capital para risco de mercado;
- *SCR_{def}*:Requisito de capital para o risco de incumprimento da contraparte;
- *SCR_{life}*:Requisito de capital para risco de subscrição de vida;
- *SCR_{nl}*:Requisito de capital para risco de subscrição não vida;
- *SCR_{health}*:Requisito de capital para risco de subscrição de saúde;
- *SCR_{intangibles}*:Requisito de capital para risco de ativos intangíveis.

O projeto Solvência II considera como medida para dependência entre os capitais de riscos, a correlação entre os módulos de riscos dado por: ρ_{ij} em que i,j corresponde a posição do valor da correlação entre o modulo de risco i e modulo de risco j da matriz de correlação apresentada Na Tabela-4, vale ressaltar que esta matriz considera valores de correlação já estabelecida pela EIOPA-14/209(2014), Para agregar SCR's segue a formula padrão expressa pela Expressão-10,

$$BSCR = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \rho_{ij} \cdot SCR_i \cdot SCR_j} + SCR_{intangible} \quad (10)$$

Vale ressaltar que o cálculo do Requisito de capital para risco de ativos intangíveis segundo

2.5 Requisito Capital de Solvência(SCR)

a Diretiva EIOPA-14/209(2014) e Diretiva EIOPA-2009/138/EC é realizado segundo a Expressão-11.

$$SCR_{intangível} = 0,8.IA \quad (11)$$

em que:

IA = valor intangível da seguradora

i \ j	Market	Default	Life	Health	Non-life
Market	1				
Default	0.25	1			
Life	0.25	0.25	1		
Health	0.25	0.25	0.25	1	
Non-life	0.25	0.5	0	0	1

Tabela 4: Matriz de correlação
Fonte: EIOPA-14/209(2014)

Quanto aos sub-Módulos de cada categoria de negócio como apresentado na Figura-6 não é apresentado neste trabalho mediante a extensão das ramificações. Assim para melhor aprofundamento veja EIOPA-14/209(2014) com as formulações.

2.5.2 Recursividade

Dada a compreensão da formula padrão vamos entender como funciona a recursividade. Como já levantado anteriormente que o SCR corresponde ao percentil limitado pelo $\alpha = 99,5\%$ ou que corresponde ao Value-at-Risk, vamos estabelecer a divisão de dois níveis de agregação, sendo o primeiro correspondendo as seis categorias de risco principais e o segundo Nível que corresponde ao BSCR da Figura-4 que apresenta a estrutura dos módulos de risco por linha de negócio.

Assim, para simplificação de notação vamos considerar que C_k^n seja os percentis correspondendo aos sub-módulos dos SCR's em que n corresponde ao tipo de linha de negócio e K o valor percentil do sub-módulo a nível individual, assim temos C_k^1, \dots, C_k^n em que cada C_k^n apresenta C_1^n, \dots, C_k^n . Assim, para que seja possível agregar estes riscos por linha de negócios temos que usar a formula padrão dada pela Expressão-12, assim conseguimos encontrar C_s^m que corresponde ao percentil resultante da agregação dos percentis dos sub-módulos de um determinado modulo relacionado a um tipo n de linha de negócio de uma dada seguradora:

$$(C_s^m) = \left(\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \rho_{ij} \cdot C_i^m \cdot C_j^m \right)^{1/2} \quad (12)$$

Quanto a matriz de correlação para este nível de agregação bem como o modelo para geração do percentil de cada sub-modulo baseado a nível de agregação individual é dado pela EIOPA-14/209(2014) pois devido quantidade de tabelas e e métodos não é possível apresentar neste trabalho. Agora dado que temos a agregação de primeiro nível, que resultou em um vetor denotado por C_s^n que representa o valor do percentil agregado de cada Módulo de risco são dispostos como C_s^1, \dots, C_s^n , Assim para agregação destes percentis ,temos novamente utilizar a formula padrão desta forma tendo que realizar a agregação de segundo nível, só que agora relacionando a correlação com a Tabela-4, Assim vamos obter C_s que mais o valor $C_{intangible}$ correspondera ao valor do BSCR como reescrita pela Expressão-13,

$$= (C_s) = \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \rho_{ij} \cdot C_s^i \cdot C_s^j \right)^{1/2} + C_{intangible} \quad (13)$$

Por fim podemos entender a recursividade da formula padrão, como sendo a capacidade de ser reutilizada para mensurar sucessivos níveis de agregação de capital levando em consideração a dependência entre estes.

3 Considerações finais

Dada a compreensão, do que vem a ser o projeto solvência II e sua repercussão a nível global, é possível responder parte das principais questões que motivaram a existência deste trabalho,em específico sobre como as seguradoras mensuram o seu capital que faz frente a suas responsabilidades futuras incertas e o conhecimento de parte dos principais fatores levados em conta para isso. Por outro lado, este trabalho desperta novas curiosidades e motiva a buscas por novas respostas, no que repercute as seguintes questões; como será o comportamento da agregação do capital de solvência, levando em conta outros modelos? Dado que a fórmula padrão trazida por este projeto utiliza a correlação como medida de dependência, será que esta é a melhor? Será que uma seguradora de pequeno ou grande porte que utilize as metodologias descritas pelo Projeto solvência II estaria propicia a insolvência em algum momento futuro? estas e outras questões motivam a novas descobertas.

O conceito da utilização da correlação vem sendo bastante discutido, e vem sendo abordados novos métodos como o uso de copulas como apresentado em trabalhos como [23], [42] e outros, também a utilização de análise multivariada [35] e outros métodos. Quanto a utilização de novos modelos trabalhos como [22] e [1] apresentam outros ajustes como já mencionado anteriormente. E por fim , no que se refere a insolvência de seguradoras, no que tange as de pequeno e grande porte, tomarem o projeto Solvência II como base metodológica, haja dado que este é estruturado baseado em uma seguradora de médio porte. Pode ser visto em trabalhos como [29] e outros. Assim, nos deparamos com um mundo de informações e possibilidades no que se refere a futuros trabalhos.

Referências

- 1
2011. *Sandström A., Handbook of Solvency for Actuaries and Risk Managers*. Chapman & Hall.
- 2 2002/13/CE, D.
05-03-2002. Que altera a directiva 73/239/cee do conselho relativamente aos requisitos em matéria de margem de solvência aplicáveis às empresas de seguro não vida.
- 3 2005/68/CE, D.
16-11-2005. Relativa ao resseguro e que altera as directivas 73/239/cee e 92/49/cee do conselho, assim como as directivas 98/78/ce e 2002/83/ce (texto relevante para efeitos do eee).
- 4 2009/138/CE, D.
25-11-2009. Relativa ao acesso à actividade de seguros e resseguros e ao seu exercício (solvência ii)(reformulação).
- 5 2011/89/UE, D.
16-11-2011. Que altera as directivas 98/78/ce, 2002/87/ce, 2006/48/ce e 2009/138/ce no que se refere supervisão complementar das entidades financeiras de um conglomerado financeiro texto relevante para efeitos do eee.
- 6 2014/51/UE, D.
16-11-2011. Que altera as directivas 2003/71/ce e 2009/138/ce e os regulamentos (ce) n.º 1060/2009, (ue) n.º 1094/2010 e (ue) n.º 1095/2010 no que respeita às competências da autoridade europeia de supervisão (autoridade europeia dos seguros e pensões complementares de reforma) e da autoridade europeia de supervisão (autoridade europeia dos valores mobiliários e dos mercados).
- 7 2015/2290, D. D. U.
12-06-2015. Relativa à equivalência provisória dos regimes de solvência em vigor na Austrália, nas Bermudas, no Brasil, no Canadá, no México e nos Estados Unidos e aplicáveis às empresas de seguros e de resseguros que tenham a sua sede nesses países.
- 8 2015/35, R. D. U.
17-01-2015. Que completa a directiva 2009/138/ce do parlamento europeu e do conselho relativa ao acesso à actividade de seguros e resseguros e ao seu exercício (solvência ii).
- 9 2016/467, R. D. U.
30-09-2016. Que altera o regulamento delegado (ue) 2015/35 relativo ao cálculo dos requisitos de capital regulamentares para várias categorias de ativos detidos por empresas de seguros e resseguros (texto relevante para efeitos do eee).
- 10 2017/1542, R. D. U.
08-06-2017. Que altera o regulamento delegado (ue) 2015/35 no que diz respeito ao cálculo dos requisitos de capital regulamentar para determinadas categorias de ativos detidos por empresas de seguros e resseguros (empresas de infraestrutura) (texto relevante para efeitos do eee.).
- 11 227, R. C. N.
2010. Dispõe sobre o capital mínimo requerido para autorização e funcionamento e sobre planos corretivo e de recuperação de solvência das sociedades seguradoras, das entidades abertas de previdência complementar, das sociedades de capitalização e dos resseguradores locais.

- 12 73/239/CEE, D.
24-07-1973. Relativa á coordenação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas respeitantes ao acesso á actividade de seguro não vida e ao seu exercício.
- 13 79/267/CEE, D.
05-03-1979. Primeira directiva 79/267/cee do conselho, de 5 de março de 1979, relativa á coordenação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas, respeitantes ao acesso á actividade de seguro directo de vida e ao seu exercício.
- 14 88/357/CEE, D.
22-06-1988. Relativa á coordenação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas respeitantes ao seguro directo não vida, que fixa disposições destinadas a facilitar o exercício da livre prestação de serviços e que altera a directiva 73/329/cee.
- 15 90/619/CEE, D.
08-11-1990. Relativa á coordenação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas respeitantes ao seguro directo de vida, que fixa as disposições destinadas a facilitar o exercício efectivo da livre prestação de serviços e altera a directiva 79/267/cee.
- 16 92/49/CEE, D.
18-06-1992. Relativa á coordenação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas respeitantes ao seguro directo não vida e que altera as directivas 73/239/cee e 88/357/cee (terceira directiva sobre o seguro não vida).
- 17 92/96/CEE, D.
10-04-1992. Que estabelece a coordenação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas relativas ao seguro directo vida e que altera as directivas 79/267/cee e 90/619/cee (terceira directiva sobre o seguro de vida).
- 18
, aaaa.
- 19 Altrén, Jesper e Lyth, M.
2007. Solvência II- a carga de conformidade ou uma oportunidade para a indústria de seguros não-vida sueca?
- 20 Borginho, H.
2013. A importância estratégica do solvência ii. *Departamento de Análise de Riscos e Solvência do ISP*.
- 21 BRASIL
22 nov.1966. Decreto-lei n. 73, de 21 de novembro de 1966. dispõe sobre o sistema nacional de seguros privados, regula as operações de seguros e resseguros e dá outras providências. diário oficial da república federativa do brasil, Brasília.
- 22 Bølviken, E. and M. Guillen
2017. Risk aggregation in solvency ii through recursive log-normals. *Insurance: Mathematics and Economics*, 73:20 – 26.
- 23 Cardoso, P. A.
2008. Uma metodologia para estimação do capital econômico: incorporação de dependência entre riscos via cópulas. *Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro*.

- 24 Corrêa, C. S., B. L. Queiroz, and A. J. F. Ribeiro
2014. Tamanho populacional e custeio previdenciário: como variações aleatórias afetam o risco de solvência de rpps municipais. *Revista Eletrônica do Departamento de Ciências Contábeis & Departamento de Atuária e Métodos Quantitativos (REDECA)*, 1(1):128–149.
- 25 da União Europeia, C.
1992. Tratado da união europeia. *Jornal Oficial n° C191*.
- 26 de Capitalização(FenaCap), F. N.
16 de Setembro de 2015. Solvência 2, uma nova forma de gerenciar riscos. Technical report, Confederação Nacional das Empresas de Seguros Gerais(CNSeg).
- 27 de Lima Veiga Filho, Á.
2013. *Modelo de Cálculo da Necessidade de Capital para Cobrir os Riscos de Subscrição e Operações não Vida*. PhD thesis, PUC-Rio.
- 28 de Supervisão de Seguros e Fundos de Pensões-(ASF), A.
. Enquadramento solvência ii. <http://www.asf.com.pt/NR/exeres/31CD8A19-97E5-4458-84C0-966852E0F403.htm>. Acessado em: 2017-12-10.
- 29 Diacon, Stephen R e Starkey, K. e. O. C.
2002. Tamanho e eficiência das companhias europeias de seguros a longo prazo: comparação internacional. *Documentos de Genebra sobre Riscos e Seguros. Questões e Práticas*, 27(3):444–466.
- 30 Dornelles Filho, A. A.
2000. A simulação de variáveis aleatórias e os métodos monte carlo e quase-monte carlo na quadratura multidimensional.
- 31 DUARTE, T. B., C. NEVES, E. MELO, et al.
2012. A estrutura a termo de taxas de juros no brasil: Modelos, estimação e testes. *Economia Aplicada, Brazilian Journal of Applied Economics*, 16(2).
- 32 EIOPA-14/209
2014. Technical specification for the preparatory phase (part i). eiopa. westhafen tower, westhafenplatz 1-60327 frankfurt–germany.
- 33 Fabozzi, F. J.
2005. *Bond Markets, Analysis and Strategies”(Int’l Edition)–5th Edition*. Prentice Hall.
- 34 Gomes, A. C. C., A. H. M. da Silva Júnior, and M. A. C. Aguirre
2016. Previsão de reservas para seguradoras do mercado brasileiro. *Revista Evidenciação Contábil & Finanças*, 4(2):19–39.
- 35 Guimarães, A. and T. B. S. Moreira
2008. Previsão de insolvência: Um modelo baseado em índices contábeis com utilização da análise discriminante (insolvency predictor: A model based on account index with application of discriminant analysis).
- 36 Lages, V. F. V. et al.
2010. *Solvência II: aplicação a uma companhia de seguros Não Vida*. PhD thesis.

- 37 Lorenz, H. and K. D. Schmidt
1999. Grossing-up, chain-ladder and marginal-sum estimation. *Blätter der DGVFM*, 24(2):195–200.
- 38 Lozano, I. A. and P. A. González
2010. *Métodos estocásticos de estimación de las provisiones técnicas en el marco de Solvencia II*. Fundación MAPFRE, Instituto de Ciencias del Seguro.
- 39 Macedo, L. P. D. d. S. et al.
2015. *Justo valor, previsões, requisitos de capital e solvência II: aplicação a uma companhia de seguros do ramo não-vida*. PhD thesis.
- 40 Martins, A. P. d. S. C.
2009. *Análise de pressupostos para definição de um modelo interno no âmbito da solvência II*. PhD thesis, Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- 41 Morgan, J.
1996. Jp morgan/reuters riskmetrics–technical document. *JP Morgan, New York. JP Morgan, New York*.
- 42 Pinto, A. C. R.
2013. Métodos de previsão de sinistros.
- 43 Svensson, L. E.
1994. Estimating and interpreting forward interest rates: Sweden 1992-1994. Technical report, National Bureau of Economic Research.
- 44 Vianez, J. P., M. G. Sánchez, and J. L. C. Pérez
2018. Método bootstrap para el cálculo de provisiones técnicas por siniestros. *Cuadernos de Gestión*, 18(2):163–184.
- 45 Vicente, A. T. R. d. S.
2007. *Requisitos de capital e solvência II: uma aplicação ao seguro automóvel*. PhD thesis, Instituto Superior de Economia e Gestão.
- 46 Wünsch, P. e. o.
2017. Own funds under solvency regime. *European Financial and Accounting Journal*, 2017(3):87–102.