

## **RETORNO SOBRE O CAPITAL DE RISCO DE SUBSCRIÇÃO: UMA ABORDAGEM PARA AVALIAÇÃO DE RISCO NO SEGMENTO DE SEGUROS DE DANOS**

Diogo Cassin de Carvalho Oliveira<sup>1</sup>

### **Resumo**

A robustez da indústria de seguros demanda o investimento contínuo em plataformas para identificação, monitoramento e gestão de riscos. Este trabalho tem o objetivo de propor o indicador RoURC (Return on Underwriting Risk Capital), o qual permite avaliar a relação entre o resultado de subscrição das empresas de seguros e sua demanda de capital regulatório para o risco de underwriting. Inicialmente, obtém-se dados históricos do ramo de automóveis no Sistema de Estatísticas da SUSEP (SES). Posteriormente, técnicas de simulação e séries temporais são aplicadas para projeção de cada variável que compõe o resultado de subscrição. Adicionalmente, foram estimados cenários de estresse, determinando-se limites técnicos para o indicador RoURC. Esta pesquisa alcançou resultados satisfatórios ao utilizar mecanismos cientificamente adequados para desenvolvimento de um novo indicador de performance sensível a risco. Ademais, os resultados alcançados demonstram o alto patamar de retorno sobre o capital de subscrição no ramo de automóveis.

**Palavras-chave:** Capital; Risco de Subscrição; Seguros de Danos; Séries Temporais.

### **Abstract**

The robustness of Brazilian insurance industry demands continuing efforts on platforms to identify, monitor and manage the risks emerging from the insurance market. This paper aims to propose the ratio RoURC (Return on Underwriting Risk Capital), which allows to assess the relation between the insurance operational profits and its capital demand of underwriting risk. Firstly, historical data of motor insurance were obtained from the regulator statistics system (SES). Moreover, there were employed simulation and time series techniques to forecast scenarios for each variable of the operational income of motor insurance companies. Besides, stressed scenarios provide information to set technical limits of RoURC. This research reached satisfactory results while applying scientifically suitable mechanisms to propose a new risk-sensitive financial ratio. Moreover, the results reached by this research show the high return on underwriting capital of motor insurance segment.

**Keywords:** Capital; P&C Insurance; Time Series; Underwriting Risk

---

<sup>1</sup> Diogo Cassin de Carvalho Oliveira/diogocassin@yahoo.com.br/ Mestre em Engenharia de Produção, Área de Concentração em Pesquisa Operacional, Linha de Pesquisa em Métodos Estatísticos Aplicados à Engenharia pela Universidade Federal do Paraná - UFPR.

## 1 Introdução

O mercado brasileiro de seguros tem apresentado crescimento orgânico ao longo dos anos, ao passo que observa-se o maior conhecimento da população em relação aos produtos de seguros e os esforços das seguradoras para elaboração de produtos direcionados às diferentes necessidades dos clientes. O setor abarca grande variedade de empresas, cuja atuação evolui diversos segmentos de atuação e ampla gama de produtos comercializados.

Neste ínterim, a Superintendência de Seguros Privados (SUSEP) implementou um arcabouço regulatório alinhado às melhores práticas internacionais do acordo de Solvência II, de forma que as empresas que operam no mercado devem dispor de Estrutura de Gestão de Riscos para mensurar sua necessidade de provisionamento e alocação de capital, bem como adotar processos robustos de governança e auto avaliação de riscos e solvência.

A alocação de Provisões Técnicas e Capital possui vital relevância para que as empresas de seguros permaneçam solventes e sejam capazes de honrar seus compromissos. Ainda que uma seguradora execute o processo de *underwriting* de forma correta, a deterioração da situação financeira dos devedores ou mudanças no padrão demográfico de uma população, por exemplo, podem gerar perdas superiores aos valores estimados *ex ante*.

As Provisões Técnicas constituem um importante instrumento na gestão de riscos e sua finalidade é assegurar que a seguradora seja capaz de cobrir perdas esperadas das apólices vigentes. A alocação de Capital, por sua vez, tem a finalidade de absorver as perdas não esperadas em excesso às Provisões Técnicas.

Este artigo apresenta o indicador RoURC (*Return on Underwriting Risk Capital*), cujo objetivo é avaliar a rentabilidade de portfólios de seguros frente ao Capital de Risco de Subscrição alocado pelos acionistas. Ao comparar-se o RoURC de uma carteira com uma taxa livre de risco, é possível avaliar o custo de oportunidade em se alocar capital em uma operação de seguros, cujo Risco de Subscrição é característico do negócio.

A metodologia apresentada neste artigo foi desenvolvida no âmbito de seguros de danos, também conhecidos como *Property & Casualty* (P&C), os quais são constituídos por produtos estruturados no regime de repartição simples para cobertura de perdas ou danos causados aos bens segurados. Os seguros de danos representam parcela significativa do total de prêmios ganhos da indústria de seguros brasileira, dentre os quais se destacam os seguros de automóveis.

Ao longo deste trabalho, também será apresentada uma aplicação do indicador RoURC sobre dados do ramo “Automóvel - Casco”. Além do desenho conceitual do indicador, serão realizadas projeções de RoURC para o próximo exercício, por meio de técnicas de séries temporais, bem como simulações estocásticas para análise de cenários e delimitação de intervalos de confiança.

Neste contexto, diversas pesquisas são realizadas para previsão de valores futuros a partir de dados históricos (MORETTIN; TOLÓI, 2006). A utilização de modelos de séries temporais da família ARIMA tem a capacidade de conceder subsídios para as decisões estratégicas de uma

companhia, sendo possível a utilização destas previsões para recomendação de suas políticas de riscos e melhoria de seus resultados financeiros.

No decorrer deste artigo serão abordadas sete seções, as quais apresentam os requerimentos regulatórios para alocação de Capital, os conceitos atinentes ao tema da pesquisa, os materiais e métodos de pesquisa empregados, a análise dos resultados alcançados e, finalmente, as considerações finais e recomendações para trabalhos futuros.

## 2 Abordagens para avaliação de performance financeira

A análise financeira, por meio de informações coletadas a partir de demonstrações contábeis, pode ser utilizada por investidores, clientes e outros *stakeholders* para a análise da solidez de uma empresa, bem como o mapeamento das variáveis que afetam seus resultados.

Segundo Gitman e Madura (2003), a análise de índices financeiros visa examinar e monitorar o desempenho das empresas e possui como partes interessadas: os acionistas, que estudam os níveis de risco e retorno; os credores, que avaliam a liquidez de curto prazo e a capacidade de pagamento; e a administração, que tem o objetivo de produzir índices financeiros que sejam favoráveis aos outros usuários e monitorar o desempenho da empresa.

Os índices de rentabilidade revelam a capacidade da geração de fluxos de caixa em relação ao valor investido pelos acionistas. Destarte, estes coeficientes orientam os investidores na avaliação da capacidade de uma empresa para gerar lucro, em comparação com as suas despesas e outros custos relevantes incorridos durante um período específico.

O *Return on Equity* (ROE) visa medir se uma companhia possui capacidade de investir o capital aportado pelos acionistas, gerar lucros e expandir os negócios. O ROE é calculado por:

$$ROE = \left( \frac{LUCRO LÍQUIDO}{PATRIMÔNIO LÍQUIDO} \right) \quad (1)$$

Onde:

- ROE: *Return on Equity* ou Retorno sobre o Patrimônio Líquido;
- Lucro Líquido: Lucro Líquido obtido no exercício;
- Patrimônio Líquido: Patrimônio Líquido ou Capital Próprio.

Devido a importância em se obter mecanismos para avaliação e monitoramento dos riscos incorridos em suas operações, as instituições financeiras têm adotado abordagens para avaliação da rentabilidade das operações frente aos riscos incorridos. Neste sentido, a plataforma de gestão RAPM (*Risk-Adjusted Performance Measures*) desempenha um importante papel, pois representa um grupo de metodologias para análise de desempenho ajustado ao risco.

Na formulação proposta por Smithon e Hayt (2001), em linha como modelo desenvolvido por Prokopczuk, Rachev e Truck (2007), o RAROC mede a relação entre o resultado ajustado e o Capital Econômico associado aos riscos incorridos pela companhia.

$$RAROC = \left( \frac{RETORNO AJUSTADO AO RISCO}{CAPITAL ECONÔMICO} \right) \quad (2)$$

Onde:

- RAROC: *Risk-Adjusted Return on Capital*;
- Retorno Ajustado ao Risco: Receitas deduzidas de provisões de crédito para perda esperada e demais custos operacionais;
- Capital Econômico: Demanda de Capital para fazer frente aos riscos de crédito, mercado, operacional, entre outras categorias de risco.

O objetivo do RAROC é relacionar os resultados da companhia com alguma medida de risco, ao invés de se dividir o rendimento sobre o capital disponível (SAUNDERS, 2000).

### 3 Alocação de Capital Regulatório na Indústria de Seguros e Previdência

A alocação de capital desempenha um importante papel na indústria de seguros ao proteger os segurados e demais *stakeholders* de uma situação de insolvência, haja vista sua finalidade de absorver as perdas não esperadas em excesso às Provisões Técnicas.

Com o advento da Resolução CNSP nº 321/15, o mercado brasileiro de seguros adotou o conceito de *Risk Based Capital*. Ademais, foi definido pela SUSEP que o Capital a ser alocado por uma seguradora no mercado brasileiro deverá ser função dos Riscos de Subscrição, Mercado, Crédito e Operacional.

A fórmula abaixo apresenta o Capital Mínimo Requerido às empresas supervisionadas pela SUSEP, nos termos da Resolução CNSP nº 321/15:

$$CMR = \text{Máximo}(CB; CR) \quad (3)$$

Onde:

- CMR: Capital Mínimo Requerido;
- CB: Capital Base;
- CR: Capital de Risco.

Entende-se como Capital Base, o nível mínimo de capital que uma seguradora deve ter para que possa atuar no mercado. O Capital de Risco é o montante variável que a seguradora deverá manter para garantir os riscos incorridos em sua atividade.

A SUSEP desenvolve métodos atuariais e estatísticos para avaliar a demanda de capital do setor de seguros, e disponibiliza fórmulas padronizadas para os supervisionados que não mantiverem modelo interno para cálculo de capital de risco.

A agregação dos Capitais de Risco deve ser feita conforme a fórmula abaixo:

$$CR = \sqrt{\sum_i \sum_j \rho_{ij} * CR_i * CR_j} + CR_{OP} \quad (4)$$

Onde:

- $\rho_{ij}$ : Correlação entre os Capitais baseados em Risco;
- $CR_i$  e  $CR_j$ : Requisito de Capital para cada tipo de Risco;
- $CR_{OP}$ : Capital de Risco baseado em Risco Operacional.

A matriz de correlação entre os riscos apresentada na Resolução CNSP nº 321/15, conforme Tabela 1, adota os mesmos índices de correlação inter-riscos descritos por *Commitee of European Insurance And Occupational Pensions Supervisors* (2010). A categoria de Risco Operacional não se correlaciona com as demais categorias de risco.

Tabela 1: Matriz de Correlação entre os Capitais em Risco

j/i	CRsubs	CRcred	CRmerc
CRsubs	1,00	0,50	0,25
CRcred	0,50	1,00	0,25
CRmerc	0,25	0,25	1,00

FONTE: Resolução CNSP nº 321/15

A seguir, apresenta-se a fórmula estabelecida pela SUSEP para o cálculo do Capital de Risco de subscrição, considerando-se as correlações entre os diferentes tipos de risco.

$$CR_{SUBS} = \sqrt{V' * M * V} \quad (5)$$

Onde:

- $CR_{SUBS}$ : Capital baseado no Risco de Subscrição;
- $V$ : vetor formado pelas parcelas que compõem o Risco de Subscrição;
- $M$ : Matriz de Correlação entre os componentes do Risco de Subscrição;

$$V = \begin{bmatrix} R.Emi.Danos \\ R.Prov.Danos \\ R.Prov.Vi.Prev \\ R.Mort.Inv.Rep \\ R.Mort.Inv.Cap \\ R.Sobr \\ R.Desp \end{bmatrix} \quad M = \begin{bmatrix} 1,00 & 0,00 & 0,00 & 0,50 & 0,50 & 0,25 & 0,25 \\ 0,00 & 1,00 & 0,80 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 \\ 0,00 & 0,80 & 1,00 & 0,25 & 0,25 & 0,00 & 0,25 \\ 0,50 & 0,00 & 0,25 & 1,00 & 0,75 & 0,25 & 0,25 \\ 0,50 & 0,00 & 0,25 & 0,75 & 1,00 & 0,50 & 0,25 \\ 0,25 & 0,00 & 0,00 & 0,25 & 0,50 & 1,00 & 0,25 \\ 0,25 & 0,00 & 0,25 & 0,25 & 0,25 & 0,25 & 1,00 \end{bmatrix}$$

Neste trabalho, serão avaliadas as parcelas de Capital de “E.Emi.Danos” e “R.Prov.Danos”, que representam o risco de precificação e provisão nas operações de Danos, conforme Figura 1.

#### 4 Construção do indicador RoURC - *Return on Underwriting Risk Capital*

A concepção de um indicador financeiro de rentabilidade sensível ao risco de subscrição exige a análise fundamentada dos conceitos de resultado de subscrição e demanda de capital de risco de subscrição. Neste contexto, o processo de desenho conceitual do indicador RoURC descrito a seguir origina-se da extensão de conceitos atuariais observados na literatura.

Inicialmente, desenvolve-se o racional de demanda de capital para o risco de subscrição. Neste caso, será adotado o Capital Regulatório de Risco de Subscrição, cujo processo de modelagem dos fatores de alocação de Capital segue um arranjo de métodos estatísticos e simulações, conforme elaborado por Altieri, Veiga Filho e Melo (2014).

Ao se desenvolver a expressão algébrica da fórmula 5 somente para os riscos característicos das operações de danos, a demanda de Capital de Risco de Subscrição é determinada por:

$$CRSubs_{DANOS} = \sqrt{R. Emissão^2 + R. Provisão^2 + 2 * \rho_{i,j} * R. Provisão * R. Emissão} \quad (6)$$

Onde:

- $CRSubs_{DANOS}$ : Demanda de Capital Regulatório para carteiras de danos;
- R.Emissão: Risco de Emissão ou Precificação, cujo montante para cada classe de negócio  $k$  é apurado através da multiplicação de um fator de risco sobre o volume de prêmios retidos nos últimos 12 meses;
- R.Provisão: Risco de Provisão, cujo montante para cada classe de negócio  $k$  é apurado através da multiplicação de um fator de risco sobre o volume de sinistros retidos nos últimos 12 meses;
- $\rho_{i,j}$ : Correlação entre os Riscos de Precificação e Provisão. A Resolução CNSP 321/15 define a correlação entre os riscos igual a zero.

Em relação ao resultado de subscrição, necessita-se avaliar o efeito do resultado operacional de seguros sobre o Lucro Líquido da companhia. Inicialmente, recorreu-se à formulação descrita por Ferreira (2002), onde o Prêmio de Risco representa o valor esperado de sinistros, ou seja:

$$P_{RISCO} = E[S] \quad (7)$$

Onde:

- $P_{RISCO}$  : Prêmio de Risco;
- $E[S]$ : Valor Esperado de Sinistros na carteira.

Ao adicionar um carregamento de segurança para flutuações estatísticas de risco sobre o valor de  $P_{RISCO}$ , obtém-se o Prêmio Puro:

$$P_{PURO} = P_{RISCO} * (1 + \theta) \quad (8)$$

Onde:

- $P_{PURO}$  : Prêmio Puro;
- $\theta$ : Carregamento de Segurança para  $E[S]$ .

Por fim, o autor afirma que o Prêmio Comercial corresponde ao prêmio puro acrescido de um carregamento para as demais despesas da seguradora ( $\alpha$ ). Assim, o Prêmio Comercial é formulado para fazer frente à expectativa de ocorrência de sinistros na carteira, além do carregamento de segurança, bem como o carregamento para demais despesas.

$$P_{COM} = \frac{P_{PURO}}{1 - \alpha} \quad (9)$$

Onde:

- $P_{COM}$  : Prêmio Comercial;
- $\alpha$ : Carregamento para despesas, incluindo margem de lucro.

Ao se consolidar as fórmulas 7, 8 e 9, observa-se que:

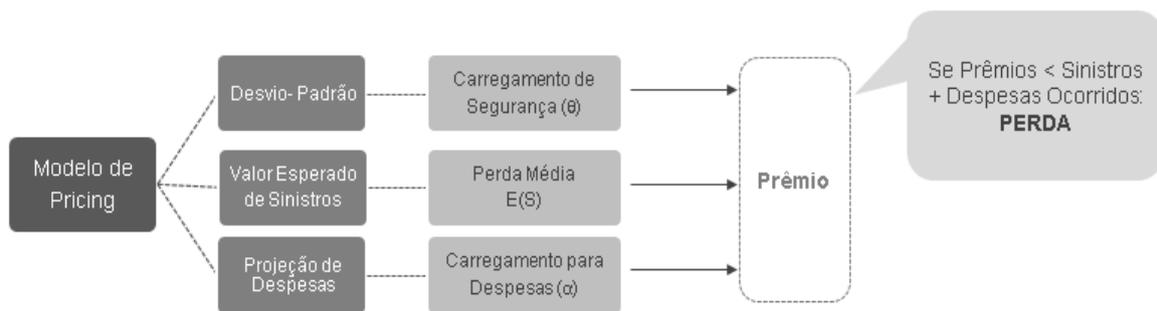
$$P_{COM} = \frac{E[S] * (1 + \theta)}{1 - \alpha} \quad (10)$$

Visto que o Prêmio Comercial descrito na fórmula 10 é função do valor esperado de sinistros e despesas, depreende-se que o correto dimensionamento destas métricas possui vital relevância para o processo de *pricing* de uma seguradora, conforme Figura 1.

Com base no racional desenvolvido e a composição da Demonstração de Resultado do Exercício de carteiras do segmento de danos, ressalta-se os seguintes aspectos:

- a) Os Prêmios Retidos (líquidos de resseguro) são apropriados *pro rata temporis* no resultado da empresa conforme a vigência do risco, dando origem aos Prêmios Ganhos;
- b) A geração de resultado operacional nas empresas de seguros (segmento de danos) deriva da diferença entre prêmios ganhos, sinistros retidos e despesas;
- c) No limite, a ruína de uma seguradora ocorre quando o *surplus* da empresa é consumido, ou seja, quando seu Capital Disponível é inferior à sua demanda de Capital. (KLUGMAN; PANJER; WILLMOT, 2008);
- d) As perdas decorrentes do Risco de Subscrição materializam-se quando o total de prêmios ganhos não é suficiente para fazer frente aos sinistros e às despesas da operação. A alocação de Capital visa fazer frente às Perdas Inesperadas (*Unexpected Loss* - UL).

Figura 1: Desenho conceitual do Prêmio e Resultado de Subscrição



Desta forma, entende-se que a variável resultado de subscrição  $R_{SUBS}$  está diretamente ligada ao total de prêmios ganhos, subtraído do montante de sinistros e despesas:

$$R_{SUBS}^{[k,t]} = PG^{[k,t]} - (SIN^{[k,t]} + DC^{[k,t]} + DA^{[k,t]}) \quad (11)$$

Onde:

- $R_{SUBS}^{[k,t]}$ : Resultado de Subscrição;
- $PG^{[k,t]}$ : Prêmios Ganhos para a classe de negócio  $k$ , ao longo do período  $t$ ;
- $SIN^{[k,t]}$ : Sinistros Retidos para a classe de negócio  $k$ , ao longo do período  $t$ ;
- $DC^{[k,t]}$ : Despesas de Comercialização para a classe de negócio  $k$ , ao longo do período  $t$ ;
- $DA^{[k,t]}$ : Despesas Administrativas para a classe de negócio  $k$ , ao longo do período  $t$

As métricas desenvolvidas na literatura para avaliação de rentabilidade, tais como ROE e RAROC, utilizam como parâmetro de retorno o lucro líquido obtido no exercício. Como a métrica RoURC visa representar o retorno sobre o capital de subscrição, divide-se o resultado de subscrição (retorno gerado pela operação) líquido de tributos sobre o Capital alocado para fazer frente ao risco de subscrição, ou seja:

$$RoURC^{[k,t]} = \frac{(PG^{[k,t]} - SIN^{[k,t]} - DC^{[k,t]} - DA^{[k,t]}) * (1 - \lambda)}{CRSubs_{DANOS}^{[k,t]}} \quad (12)$$

Onde:

- $RoURC^{[k,t]}$ : Retorno sobre o Capital de Risco de Subscrição ou *Return on Underwriting Risk Capital* para a classe de negócio  $k$  durante o período  $t$ ;
- $\lambda$ : Carga Tributária sobre o lucro na data-base de avaliação, onde  $\lambda$  = alíquota de IR + CSLL;
- $CRSubs_{DANOS}^{[k,t]}$ : Posição de Capital Regulatório para riscos de danos da classe de negócio  $k$  ao fim do período  $t$ , conforme apresentado na fórmula 6.

O indicador RoURC proposto na fórmula 12 visa aferir o resultado gerado pela operação de seguros, frente ao Capital de Risco de Subscrição alocado para cobertura dos riscos de precificação e provisão. Esta métrica oferece, assim, subsídios a decisões estratégicas diversas, conforme abordado na Figura 2.

Figura 2: Aplicação do RoURC em decisões estratégicas



Cabe ponderar que o RoURC, em complemento ao RAROC, oferece ao acionista a visão sobre o “benefício” de estar exposto ao risco de subscrição, sem interferência de outros riscos que influenciam o lucro líquido e a demanda de capital. Oscilações no mercado de capitais, por exemplo, que não estão diretamente ligadas à política de subscrição e *pricing*, mas afetam o lucro líquido e exercem influência sobre a carga de Capital de Risco de Mercado, não são computadas para fins de RoURC.

Após a proposta de formulação para o indicador RoURC, o próximo capítulo apresentará as metodologias utilizadas para projeção do indicador no segmento de danos, bem como a análise de cenários de estresse.

## 5 Material e Métodos

Este capítulo tem como objetivo apresentar os procedimentos para coleta de dados e metodologia aplicados na avaliação do indicador RoURC no segmento de danos.

## 5.1 Coleta de Dados

O processo de autoavaliação de risco e solvência em empresas do mercado de seguros, conforme definido por *European Insurance and Occupational Pensions Authority* (2015), deve observar a visão prospectiva sobre a solvência da companhia e os riscos incorridos em suas atividades. Com o intuito de explorar uma alternativa de projeção do indicador financeiro RoURC para um horizonte de tempo futuro, aplica-se o método de séries temporais de Box & Jenkins (ARIMA) para projeção de cada uma das variáveis que compõem o indicador.

A partir do banco de dados disponível no Sistema de Estatísticas da SUSEP (SES), extraiu-se as séries relativas ao histórico trimestral de Prêmios Ganhos, Sinistros Retidos e Despesas de Comercialização para o ramo “0531 - Automóvel Casco”, compreendidas entre os exercícios de 2008 e 2017. Optou-se por este ramo devido à sua representatividade no segmento de danos.

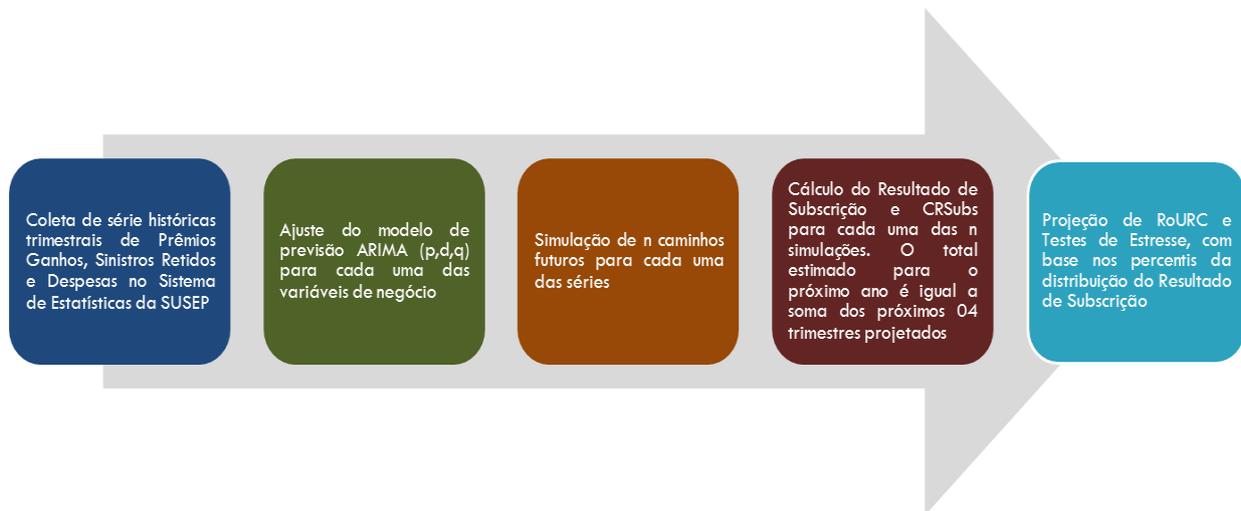
Dado o grau de subjetividade existente ao se alocar as Despesas Administrativas nas diferentes linhas de negócios de cada empresa, a projeção do indicador RoURC não incluirá estas despesas. Ademais, na análise empírica dos dados de mercado, o efeito desta variável sobre resultado de subscrição não mostrou-se relevante.

Após a coleta e a tabulação dos dados, lançou-se mão do *software* estatístico *R* para ajuste dos modelos ARIMA de cada variável que compõe o resultado de subscrição. Adicionalmente, procedeu-se à simulação de 10.000 cenários futuros para Prêmios Ganhos, Sinistros Retidos e Despesas de Comercialização, possibilitando o cálculo do Resultado de Subscrição  $R_{subs}$  e do Capital Regulatório  $CR_{subsDANOS}$  em cada cenário e a construção da distribuição de probabilidade das variáveis aleatórias  $R_{subs}$  e  $CR_{subsDANOS}$  para o período futuro de 01 ano.

Após as simulações de cenários para  $R_{subs}$  e  $CR_{subs}$ , calcula-se a métrica RoURC para cada cenário projetado para o próximo exercício ou, de igual modo, para os próximos 04 trimestres projetados pelo modelo ARIMA.

A Figura 3 resume os procedimentos metodológicos aplicados neste trabalho.

Figura 3 - Etapas para aplicação da metodologia proposta



Neste trabalho utilizou-se os dados consolidados de todas as empresas do ramo de automóveis, visto que o objetivo da pesquisa é projetar o RoURC de forma genérica, sem adentrar em comparações entre as diferentes empresas do segmento. Neste sentido, cabe ressaltar que a metodologia proposta neste artigo é aplicável a qualquer ramo, bem como quaisquer tipos de produtos e carteiras de danos.

## 5.2 Modelos de Séries Temporais de Box & Jenkins - ARIMA

Tendo em vista que os dados de uma determinada série temporal são coletados sequencialmente ao longo do tempo, espera-se que esta série apresente correlação serial ou autocorrelação. Os modelos Box & Jenkins buscam uma estrutura autorregressiva que represente o processo estocástico gerador da série temporal e resultam da combinação de três componentes (MORETTIN; TOLOI, 2006):

- Componente *Auto Regressivo (AR)*;
- Filtro de *Integração (I)*;
- Componente de *Médias Móveis (MA)*.

A análise de séries temporais, segundo Box *et al.* (2015), tem como objetivo principal a realização de uma previsão. Os autores afirmam, ainda, que tal metodologia permite que valores futuros de uma série sejam previstos tomando por base apenas seus valores passados por meio da modelagem da correlação serial existente entre as observações.

Segundo Stock e Watson (2004), para uma série de dados ser estacionária suas variáveis não podem apresentar tendências e devem ser estáveis ao longo do tempo.

### 5.2.1 Modelos Autorregressivos - AR(p)

Em um modelo autorregressivo, a série de dados históricos  $Z_t$  é descrita por seus valores passados regredidos e pelo ruído aleatório  $a_t$ . Assim, um modelo autorregressivo de ordem  $p$ , denotado por AR( $p$ ), pode ser descrito como:

$$Z_t = \Phi_1 \cdot Z_{t-1} + \Phi_2 \cdot Z_{t-2} + \dots + \Phi_p \cdot Z_{t-p} + a_t \quad (13)$$

A Função de Autocorrelação destes modelos é constituída por uma mistura de polinômios, exponenciais e senóides amortecidas. A Função de Autocorrelação Parcial não é nula para defasagens menores que  $p$  (BOX *et al.*, 2015).

### 5.2.2 Modelos de Médias Móveis - MA(q)

Estes modelos consideram que uma série temporal é resultante da dependência serial entre os ruídos brancos dos períodos anteriores. Desta forma, considera-se que a série  $Z_t$  é uma função da soma algébrica ponderada dos ruídos  $a_t$ , que se movem ao longo do tempo.

Segundo Box *et al.* (2015), um modelo de médias móveis de ordem  $q$ , denotado por MA( $q$ ) é tal que, para um processo de média nula:

$$Z_t = \mu + a_t - \theta_1 \cdot a_{t-1} + \theta_2 \cdot a_{t-2} - \dots - \theta_q \cdot a_{t-q} \quad (14)$$

Os autores afirmam que a FAC de um processo MA( $q$ ) se anula para defasagens maiores do que  $q$ , sendo, portanto, finita.

### 5.2.3 Modelos Autorregressivos de Médias Móveis - ARMA(p,q)

O modelo ARMA ( $p,q$ ) ajusta-se somente às séries temporais estacionárias na média e na variância. Portanto, o modelo pode ser escrito por:

$$Z_t = \Phi_1 \cdot Z_{t-1} + \Phi_2 \cdot Z_{t-2} + \dots + \Phi_p \cdot Z_{t-p} - \theta_1 \cdot a_{t-1} - \theta_2 \cdot a_{t-2} - \dots - \theta_q \cdot a_{t-q} + a_t \quad (15)$$

Segundo Makridakis *et al.* (1998), os coeficientes são estimados para que se ajustem à série temporal que está sendo modelada através dos métodos de mínimos quadrados, ou da máxima verossimilhança.

### 5.2.4 Modelos Autorregressivos Integrados de Médias Móveis - ARIMA(p,d,q)

O modelo ARIMA ( $p, d, q$ ) é adequado para a previsão de séries temporais, cujo processo estocástico não é estacionário. Logo, a série original passará por algumas diferenciações a fim de torná-la estacionária (BOX *et al.*, 2015), onde o número necessário de diferenciações para obter a estacionariedade da série é denominado ordem de integração  $d$ .

### 5.3 Validação dos modelos

A verificação da adequação dos modelos é efetuada com base em testes estatísticos apropriados, de forma a garantir o atendimento dos pressupostos dos modelos Box & Jenkins.

#### 5.3.1 Teste de Dickey-Fuller Aumentado

Este teste visa verificar a existência de alguma raiz dos operadores de retardos dentro do círculo unitário, denominada simplesmente por raiz unitária. Portanto, o teste ADF possui as seguintes hipóteses:

$H_0$ : Existe pelo menos uma raiz dentro do círculo unitário, ou seja, a série é não estacionária.

$H_1$ : A série original é estacionária.

#### 5.3.2 Raiz do Erro Médio Quadrático (RMSE)

Trata-se de uma medida amplamente empregada para averiguação da qualidade de um modelo. Esta métrica é calculada por:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (16)$$

Onde  $n$  é o número de amostras,  $x_i$  é o valor fornecido pelo modelo para a  $i$ -ésima amostra e  $\bar{x}$  é a média dos valores de todas as amostras.

#### 5.3.3 Teste de Ljung Box

Teste aplicado sobre as Funções de Autocorrelação dos resíduos estimados que, apesar de não detectar quebras específicas no comportamento de ruído branco, podem indicar se esses valores são muito altos. A estatística-teste é calculada conforme fórmula abaixo:

$$Q(K) = n(n+2) \sum_{j=1}^K \frac{\hat{r}_j^2}{n-j} \quad (16)$$

No caso de um modelo apropriado, a estatística  $Q(k)$  segue uma distribuição Qui-Quadrado  $\chi^2$  com  $k-p-q$  graus de liberdade. A hipótese nula  $H_0$  consiste na inexistência de autocorrelação nos resíduos do modelo.

#### 5.3.4 Teste de Normalidade

Este teste visa averiguar se os resíduos dos modelos Box & Jenkins são normalmente distribuídos. A estatística do Teste de Shapiro-Wilk é dada por :

$$W = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \tag{17}$$

No caso de um modelo apropriado, a estatística teste é inferior ao valor crítico da estatística  $W$  de Shapiro-Wilk. A hipótese nula  $H_0$  consiste na normalidade dos resíduos do modelo.

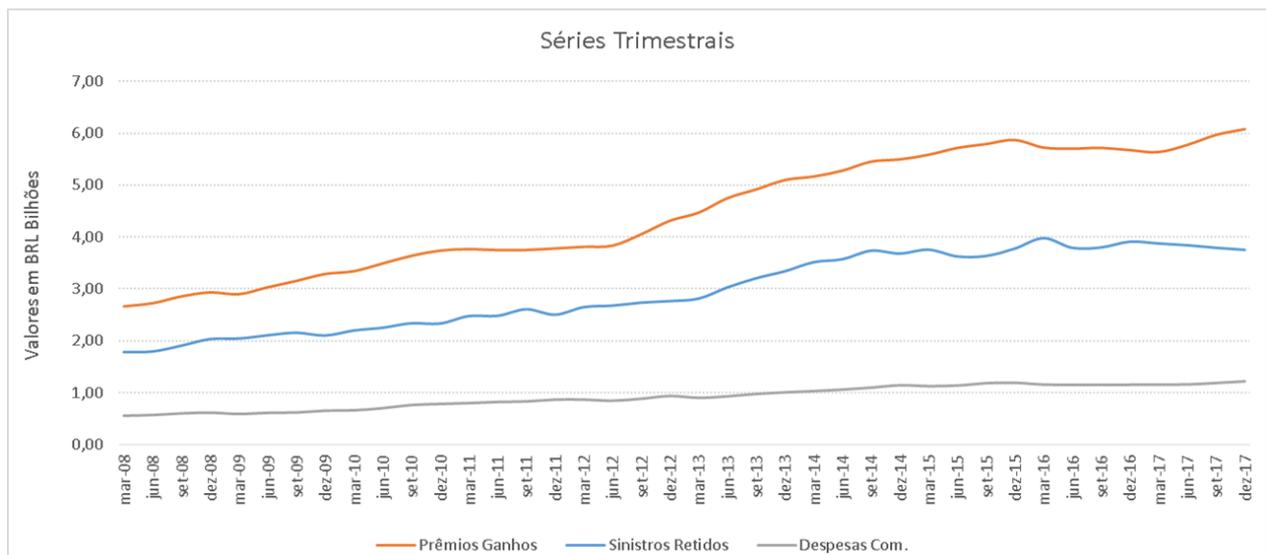
## 6 Resultados

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos pela aplicação da metodologia proposta na seção anterior.

### 6.1 Análise das séries temporais

Após a seleção e tabulação dos dados, procedeu-se à análise gráfica das séries temporais para avaliar as características levantadas por Morettin e Tolo (2006), a saber: tendência, ciclo e sazonalidade. A Figura 4 apresenta o gráfico relativo às séries em estudo.

Figura 4: Séries históricas de Prêmios, Sinistros e Despesas



Fonte: Sistema de Estatísticas da SUSEP (2018).

Ao analisar os dados, observou-se tendência de crescimento nas séries temporais e necessidade em se diferenciar cada uma das séries. Ademais, dispensa-se a utilização de modelos SARIMA (*Seasonal Auto Regressive Integrated Moving Average*) para dados sazonais, pois a análise gráfica não demonstrou indícios de sazonalidade dos dados.

A Tabela 2 apresenta algumas estatísticas descritivas das variáveis de Prêmios, Sinistros e Despesas. Ressalta-se que o comportamento crescente das séries ao longo dos anos é influenciado pela evolução do nível de preços (inflação), de modo que os valores máximos observados referem-se aos períodos mais recentes.

Tabela 2 - Estatísticas Descritivas das Séries de Prêmios, Sinistros e Despesas

Medida	Prêmios Ganhos	Sinistros Retidos	Despesas de Comercialização
Mínimo	2.663	1.783	557
1º Quartil	3.600	2.312	748
Média	4.466	2.950	917
3º Quartil	5.640	3.741	1.145
Máximo	6.070	3.978	1.210

## 6.2 Projeção do Resultado de Subscrição

Para definição dos modelos ARIMA que melhor representem a estrutura temporal de cada série que compõe o resultado de subscrição, utilizou-se o pacote *Forecast* do *software R*. Assim, foi possível obter a seleção automática dos modelos que minimizam a estatística AIC (*Akaike Information Criterion*).

Com o intuito de ratificar a não estacionariedade das séries temporais, realizou-se o Teste de Estacionariedade de Dickey-Fuller. Os resultados apresentados na Tabela 3 corroboram para a hipótese de não estacionariedade dos dados, haja vista que o p-valor de cada variável é superior ao nível de significância de 5% adotado no teste.

Tabela 3 - Teste de Dickey Fuller Aumentado

	Prêmios Ganhos	Sinistros Retidos	Despesas de Comercialização
Estatística - Teste	-3,0472	-0,8965	-1,2194
p-valor	0,1625	0,9413	0,6079

Após o Teste de Estacionariedade, procedeu-se à calibragem do modelo ARIMA para as variáveis em estudo. A Tabela 4 mostra os resultados gerados pelo algoritmo de seleção, os quais evidenciam a necessidade em se diferenciar todas as séries históricas.

Tabela 4 - Seleção dos Modelos ARIMA

	Prêmios Ganhos	Sinistros Retidos	Despesas de Comercialização
Seleção	ARIMA (1,1,0)	ARIMA (1,1,1)	ARIMA (0,1,1)
Parâmetros	$\Phi_1 = 0,7303$	$\Phi_1 = 0,9634 \mid \theta_1 = 0,8495$	$\theta_1 = 0,4373$
Sigma	BRL 84.6 milhões	BRL 97.0 milhões	BRL 26.6 milhões
Log-Verossimilhança	-767,13	-771,79	-721,8
AIC	1.538,25	1.549,58	1.447,60

Visando à análise da qualidade do ajuste dos modelos, a Tabela 5 mostra a razão entre a estatística RMSE e a média observada. Em todos os casos, os resultados são satisfatórios.

Tabela 5 - Desempenho dos modelos ARIMA

	Prêmios Ganhos	Sinistros Retidos	Despesas de Comercialização
Média	4.466.475.962	2.959.144.194	917.346.929
ME	24.651.608	9.717.075	11.638.265
RMSE	82.520.681	93.315.117	25.994.210
ME/Média	1,85%	3,15%	2,83%
RMSE/Média	0,55%	0,33%	1,27%

Após a seleção dos modelos ARIMA para cada série temporal, projeta-se os valores esperados de cada variável para o próximo ano, conforme Tabela 6. Após a projeção de cada série, obtem-se o resultado de subscrição de R\$ 4,9 bilhões esperado para o próximo ano.

Tabela 6 - Projeção de Prêmios, Sinistros e Despesas para o próximo ano

Trimestre Projetado	Prêmios Ganhos	Sinistros Retidos	Despesas Com.	Resultado de Subscrição
T+1	6.160.067.528	3.757.264.533	1.226.452.822	1.176.350.173
T+2	6.219.487.206	3.761.219.220	1.226.452.822	1.231.815.164
T+3	6.262.878.862	3.765.029.360	1.226.452.822	1.271.396.680
T+4	6.294.565.939	3.768.700.239	1.226.452.822	1.299.412.878
Projeção p/ Ano	24.936.999.535	15.052.213.352	4.905.811.288	4.978.974.895

Após o cálculo do Resultado de Subscrição  $RSubs$ , é possível se obter o montante de Capital Regulatório de Risco de Subscrição  $CRSubs_{DANOS}$ . Por fim, ao se dividir  $RSubs$  (líquido de tributos) por  $CRSubs_{DANOS}$  para o próximo ano (ao final dos próximos 04 trimestres), obtém-se a medida RoURC projetada para o próximo exercício, conforme Tabela 7.

Tabela 7 - Projeção de RoURC o próximo ano

$Rsubs^{[t+4]}$ (líquido)	$CRSubs_{DANOS}^{[t+4]}$	$RoURC^{[t+4]}$
2.738.436.192	5.414.324.770	50,58%

De acordo com a Tabela 7, espera-se um retorno de 50.6% sobre o Capital de Risco de Subscrição no ramo “Automóvel-Casco” ao fim dos próximos 04 trimestres. Em outras palavras, para cada R\$ 1,00 de capital alocado para risco de subscrição, espera-se cerca de R\$ 1,50 de resultado de subscrição (líquido de tributos sobre o resultado).

### 6.3 Diagnóstico dos Modelos de Projeção

A fim de certificar as propriedades de normalidade e ausência de correlação serial dos resíduos do modelo ARIMA, conforme abordado por Montgomery *et al.* (1990), realizou-se o diagnóstico dos modelos ajustados para cada série que compõe o resultado de subscrição.

Observa-se na Tabela 8 que o pressuposto de normalidade dos resíduos mostra-se adequado, uma vez que não se rejeita a hipótese nula de que os resíduos são normalmente distribuídos, ao nível de significância de 5%.

Tabela 8 - Teste Shapiro-Wilk de normalidade dos resíduos

	Prêmios Ganhos	Sinistros Retidos	Despesas de Comercialização
W	0,97898	0,96528	0,9675
p-valor	0,6519	0,2526	0,2991

Por fim, o Teste de Ljung-Box, apresentado na Tabela 9, denota a ausência de correlação serial entre os resíduos do modelo, rejeitando-se a hipótese de que os mesmos são autocorrelacionados.

Tabela 9 - Teste Ljung-Box de autocorrelação dos resíduos

	Prêmios Ganhos	Sinistros Retidos	Despesas de Comercialização
$\chi$	11.569	4,1698	8,214
p-valor	0,1412	0,5252	0,1448

#### 6.4 Simulações para o Resultado de Subscrição

O ajuste de modelos ARIMA para as séries históricas de Prêmios, Sinistros e Despesas permite a simulação estocástica de  $n$  caminhos futuros para cada variável em cada um dos próximos 04 trimestres  $t$  projetados. Desta forma, é possível analisar múltiplos cenários e obter a distribuição de probabilidade empírica das variáveis aleatórias  $RSubs$ ,  $CRsub_{DANOS}$  e  $RoURC$ .

A Figura 5 exemplifica o procedimento adotado para simulação. Nota-se que a variável aleatória  $RSubs$  é a combinação entre Prêmios, Sinistros e Despesas em cada simulação  $s$  e em cada trimestre  $t$ .

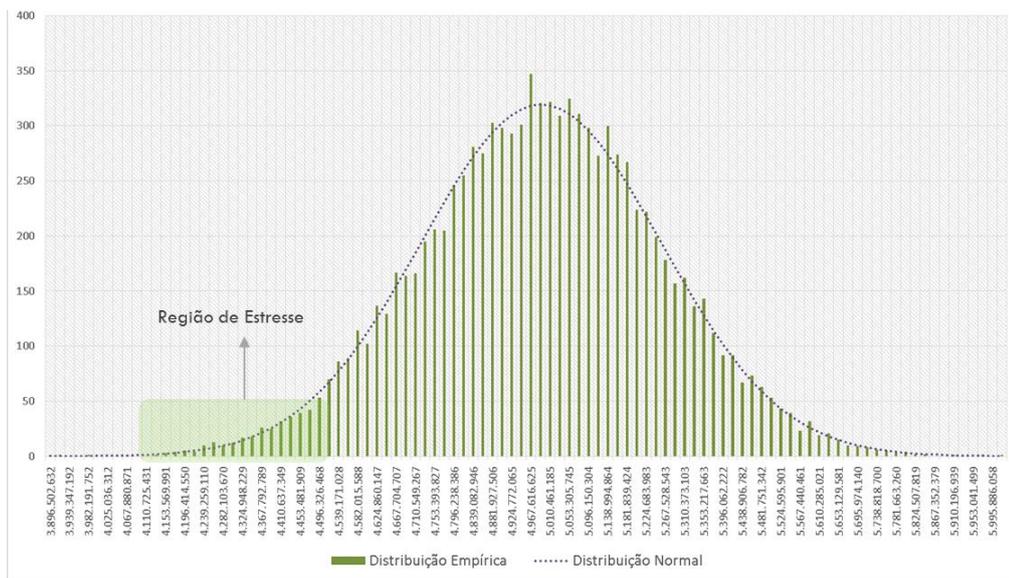
Figura 5 - Simulações do Resultado de Subscrição

Simulação / Série	Prêmios Ganhos - $PG_{k,t}$				Sinistros Retidos - $SIN_{k,t}$				Despesas de Com - $DC_{k,t}$				Resultado Subs $k,t$				TOTAL
	$t=1$	$t=2$	$t=3$	$t=4$	$t=1$	$t=2$	$t=3$	$t=4$	$t=1$	$t=2$	$t=3$	$t=4$	$t=1$	$t=2$	$t=3$	$t=4$	
1	6,20	6,22	6,16	6,30	3,74	3,77	3,65	3,85	1,25	1,23	1,24	1,25	1,20	1,22	1,27	1,20	4,89
2	6,18	6,25	6,27	6,12	3,76	3,82	3,96	3,76	1,22	1,22	1,19	1,23	1,20	1,21	1,12	1,13	4,66
3	6,19	6,20	6,26	6,31	3,77	3,68	3,77	3,79	1,24	1,22	1,20	1,25	1,19	1,30	1,29	1,26	5,04
4	6,15	6,16	6,39	6,29	3,63	3,76	3,69	3,73	1,24	1,22	1,20	1,21	1,28	1,17	1,51	1,36	5,31
5	6,17	6,15	6,26	6,27	3,70	3,69	3,69	4,06	1,28	1,19	1,25	1,22	1,19	1,26	1,32	0,99	4,76
6	6,12	6,25	6,34	6,32	3,75	3,73	3,74	3,66	1,19	1,21	1,24	1,24	1,18	1,31	1,36	1,42	5,27
7	6,06	6,13	6,29	6,28	3,59	3,84	3,62	3,79	1,22	1,27	1,20	1,20	1,25	1,02	1,47	1,29	5,03
8	6,18	6,16	6,32	6,26	3,74	3,82	3,90	3,83	1,22	1,24	1,20	1,20	1,22	1,11	1,22	1,23	4,77
9	6,12	6,15	6,20	6,44	3,84	3,67	3,74	3,68	1,26	1,28	1,26	1,19	1,02	1,21	1,21	1,58	5,01
10	6,11	6,05	6,18	6,42	3,70	3,82	3,66	3,85	1,22	1,23	1,22	1,24	1,20	0,99	1,30	1,32	4,80
.	6,05	6,27	6,24	6,29	3,89	3,81	3,76	3,90	1,22	1,19	1,27	1,22	0,93	1,27	1,21	1,16	4,58
.	6,17	6,38	6,23	6,12	3,74	3,76	3,65	3,85	1,21	1,29	1,25	1,22	1,23	1,34	1,32	1,05	4,94
.	6,22	6,24	6,29	6,48	3,81	3,66	3,76	3,78	1,23	1,23	1,23	1,22	1,18	1,35	1,31	1,48	5,32
10.000	6,21	6,05	6,18	6,42	3,77	3,75	3,65	3,84	1,23	1,25	1,24	1,25	1,20	1,04	1,29	1,33	4,86

Após realizar  $n = 10.000$  simulações, construiu-se um histograma com a distribuição empírica do resultado de Subscrição  $RSubs$ .

A Figura 6 apresenta a distribuição empírica do resultado de subscrição e a região de estresse, a qual representa a cauda à esquerda da distribuição com valores adversos para a variável aleatória  $RSubs$ .

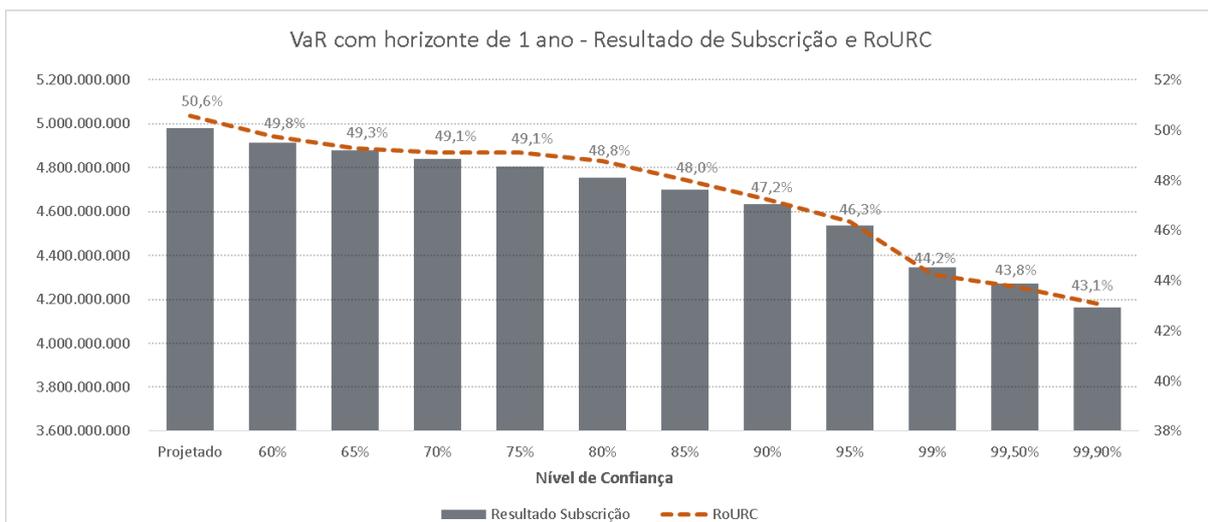
Figura 6 - Distribuição Empírica do Resultado de Subscrição



Do mesmo modo, obteve-se a demanda de Capital  $CR_{sub_{DANOS}}$  e a métrica RoURC para cada simulação  $s$ . Ao se obter diferentes percentis  $p$  à esquerda da distribuição de probabilidade, é possível avaliar cenários de estresse para a métrica RoURC, indicando limites técnicos para o indicador e seu desempenho em cenários adversos, conforme Figura 7.

Em outras palavras, obteve-se o *Value at Risk* (VaR) para o RoURC com diferentes níveis de confiança  $p$  em um horizonte de 01 ano.

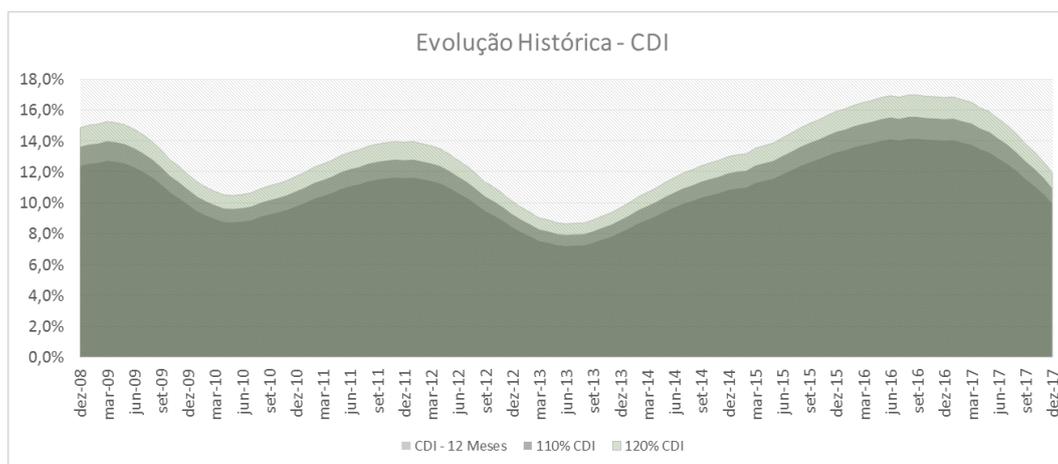
Figura 7 - Cenários de Estresse para Resultado de Subscrição e RoURC



A Figura 7 demonstra, por exemplo, que o indicador RoURC projetado para o próximo ano no ramo “Automóvel-Casco” deverá se situar no patamar de 43,8% com 99,5% de confiança estatística. Em outras palavras, a chance de o RoURC ser inferior a 43,8% ao fim dos próximos 04 trimestres é de 1 em 200 (probabilidade de 0,5%).

Os resultados apresentados demonstram a robustez do setor analisado e alta rentabilidade gerada em relação ao Capital de Subscrição. Para fins de comparação com outros investimentos e análise do custo de oportunidade do acionista, a Figura 8 mostra que o CDI (considerado como taxa livre de risco) ao longo dos anos encontrou-se sempre em patamar significativamente inferior ao retorno sobre capital informado pela métrica RoURC.

Figura 8 - Desempenho do Certificado de Depósito Interbancário (CDI)



Por fim, cabe destacar novamente que os resultados demonstrados nesta seção consideram a agregação de todas as empresas do ramo “Automóvel-Casco”. No entanto a metodologia apresentada pode ser aplicada a carteiras de qualquer empresa e ramo do segmento de danos.

## 7 Considerações Finais

O indicador de Retorno sobre o Capital de Risco de Subscrição - RoURC - apresentado neste trabalho, pode oferecer importantes subsídios para companhias que operam no segmento de seguros de danos. O desenvolvimento do RoURC traz à literatura um novo indicador de rentabilidade capaz de avaliar o retorno sobre o Capital, isolando o efeito do Risco de Subscrição do resultado de uma carteira de seguros.

Ao analisar indicadores como o RAROC, que consiste na razão entre lucro líquido e Capital, não se sabe exatamente a parcela de rentabilidade e a carga de capital gerados pelo *business* de seguros (resultado de subscrição). Uma empresa, por exemplo, pode gerar alta rentabilidade sobre o Capital de subscrição, porém, possuir alta demanda de capital de risco de mercado em razão de sua estratégia de investimentos.

O desenho conceitual do RoURC foi concebido a partir do resultado de Subscrição gerado por uma carteira de danos, cuja formulação depende dos montantes de Prêmios Ganhos, Sinistros Retidos, Despesas Administrativas e Despesas de Comercialização. A razão entre o Resultado de Subscrição (líquido de tributos) e o Capital Regulatório de Risco de Subscrição, possibilita identificar o retorno para cada unidade monetária de capital alocado pelos acionistas.

Ademais, este artigo apresentou a aplicação de modelos  $ARIMA(p,d,q)$  capazes de projetar o resultado de subscrição do ramo “Automóvel – Casco” para o próximo exercício. Vale ressaltar que a metodologia apresentada neste artigo é replicável a quaisquer carteiras ou ramos estruturados no regime de repartição simples.

Por intermédio das projeções de Prêmios, Sinistros e Despesas foi possível calcular o RoURC de 50,6% do ramo de seguros de automóveis para o próximo exercício. Após obter-se 10.000 simulações estocásticas para a variável RoURC, construiu-se sua distribuição de probabilidade e concluiu-se que o indicador alcançará no próximo exercício, pelo menos, 43,1% no ramo “Automóvel - Casco” com 99,9% de probabilidade.

Notou-se, ainda, que a rentabilidade do ramo é consideravelmente superior aos valores históricos de CDI (Certificado de Depósito Interbancário), demonstrando a satisfatória rentabilidade sobre o capital alocado pelos acionistas para fazer frente ao Risco de Subscrição.

Finalmente, sugere-se a realização de pesquisas futuras com o intuito de desenvolver indicadores para outras categorias de risco aos quais as empresas de seguros estão expostas, tais como os Riscos de Mercado, Crédito, Liquidez e Operacional. Recomenda-se, ainda, a realização de estudos de caso com dados de outras carteiras e ramos, a fim de comparar a rentabilidade sobre o capital em diferentes segmentos de atuação.

## Referências

ALTIERI, E. H.; VEIGA FILHO, A. L.; MELO, E. F. L. Modelo de Cálculo da Necessidade de Capital para Cobrir os Riscos de Subscrição de Operações Não Vida. *Revista Brasileira de Risco e Seguro*, Rio de Janeiro, 2014, v. 9, n. 17, p. 1-46.

BOX, G. E.; JENKINS, G. M. & REINSEL, G. C. *Time series analysis: forecasting and control*. 5. ed. New York: John Wiley & Sons, 2015.

BREALEY, R.A.; MYERS, S.C.; MARCUS, A.J. *Fundamentals of Corporate Finance*. 3<sup>rd</sup> edition. New York: McGraw Hill Companies Inc, 2001.

COMMITTEE OF EUROPEAN INSURANCE AND OCCUPATIONAL PENSIONS SUPERVISORS. *QIS 5 Calibration Paper*. Disponível em: <[http://ec.europa.eu/internal\\_market/insurance/docs/solvency/qis5/ceiops-calibration-paper\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/internal_market/insurance/docs/solvency/qis5/ceiops-calibration-paper_en.pdf)>. Acesso em: 10/05/2018.

EUROPEAN INSURANCE AND OCCUPATIONAL PENSIONS AUTHORITY. *Guidelines on Own Risk and Solvency Assessment*. Disponível em:

<[https://eiopa.europa.eu/GuidelinesSII/EIOPA\\_Guidelines\\_on\\_ORSA\\_EN.pdf](https://eiopa.europa.eu/GuidelinesSII/EIOPA_Guidelines_on_ORSA_EN.pdf)>. Acesso em: 15/05/2018.

FERREIRA, P.P. *Modelos de Precificação e Ruína para Seguros de Curto Prazo*. Rio de Janeiro: Fundação Escola Nacional de Seguros, 2002.

GITMAN, L.J.; MADURA, J. *Administração financeira: uma abordagem gerencial*. São Paulo: Addison Wesley, 2003.

KLUGMAN, S.A., PANJER, H.H., WILLMOT, G.E. *Loss Models: From Data to Decisions*. New York: John Wiley & Sons, 2008.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. & HYNDMAN, R. J. *Forecasting methods and applications*. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1998.

MONTGOMERY, D. C.; JOHNSON, L. A. & GARDINER, J. S. *Forecasting and time series analysis*. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1990.

MORETTIN, P. A. & TOLÓI, C. M. C. *Análise de séries temporais*, 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

PROKOPCZUK, M; RACHEV, S; TRUCK, S. Quantifying Risk in the Electricity business: A RAROC Based approach. *Energy Economics*, 2007, v.29.n.5, p.1033-1049.

RESOLUÇÃO CNSP N° 321. Disponível em: <<http://www2.susep.gov.br/bibliotecaweb/docOriginal.aspx?tipo=1&codigo=35542>>. Acesso em: 10/05/2018.

SAUNDERS, A. *Administração de instituições financeiras*. São Paulo: Atlas, 2000.

SMITHSON, C; HAYT, G. Optimizing the Allocation of Capital. Trends in Portfolio Management. *RMA Journal*, Philadelphia, 2001, p 67-71.

SOLVÊNCIA II. Disponível em: <<https://eiopa.europa.eu/regulation-supervision/insurance/solvency-ii>>. Acesso em: 15/05/2018

STOCK, J. H. & WATSON, M. W. *Econometria*. São Paulo: Addison Wesley, 2004.