



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA E
CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO

DIMITRI ALVES DE OLIVEIRA

PRECIFICAÇÃO DE RISCOS OPERACIONAIS ATRAVÉS DO MÉTODO DA
ABORDAGEM DE DISTRIBUIÇÃO DAS PERDAS (LDA)

FORTALEZA

2023

DIMITRI ALVES DE OLIVEIRA

PRECIFICAÇÃO DE RISCOS OPERACIONAIS ATRAVÉS DO MÉTODO DA
ABORDAGEM DE DISTRIBUIÇÃO DAS PERDAS (LDA)

Monografia apresentada ao curso de
Graduação em Ciências Atuariais da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de bacharel.

Orientadora: Profa. Ms. Alana Katielli
Nogueira Azevedo.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O46p Oliveira, Dimitri Alves de.
PRECIFICAÇÃO DE RISCOS OPERACIONAIS ATRAVÉS DO MÉTODO DA ABORDAGEM DE
DISTRIBUIÇÃO DAS PERDAS (LDA) / Dimitri Alves de Oliveira. – 2023.
41 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia,
Administração, Atuária e Contabilidade, Curso de Ciências Atuariais, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Me. Alana Katielli Nogueira Azevedo.

1. risco operacional. 2. distribuição de perdas. 3. gerenciamento de risco. I. Título.

CDD 368.01

DIMITRI ALVES DE OLIVEIRA

PRECIFICAÇÃO DE RISCOS OPERACIONAIS ATRAVÉS DO MÉTODO DA
ABORDAGEM DE DISTRIBUIÇÃO DAS PERDAS (LDA)

Monografia apresentada ao curso de
Graduação em Ciências Atuariais da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de bacharel.

Orientadora: Profa. Ms. Alana Katielli
Nogueira Azevedo.

Aprovada em: __/__/____.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ms. Alana Katielli Nogueira Azevedo (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Alane Siqueira Rocha
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Daniel Tomaz de Sousa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Para os incansáveis profissionais e estudantes
que, dia após dia, constroem e enriquecem a
ciência atuarial.

AGRADECIMENTOS

À Instituição da Universidade Federal do Ceará, pelo apoio estrutural e acadêmico nos anos de aprendizado que tornaram possível esta pesquisa.

À minha família que é sempre espaço de acolhimento, descanso, diversão e cuidado. À minha namorada Glenda pelos diálogos mais diversos e criativos, pelo carinho, companhia e compreensão. E especialmente à minha irmã Adline, que me apoiou e me ensinou em todos os momentos da minha vida, agradeço à dedicação de cada dia que foi um pilar essencial para me tornar o que sou hoje e o que serei no futuro.

A Profa. Ms. Alana Katielli Nogueira Azevedo pela orientação e dedicação em cada etapa deste processo árduo.

A mim e aos meus esforços para a conclusão desta pesquisa e deste ciclo acadêmico da minha vida.

“The LDA has been exhaustively studied by actuaries, mathematicians, and statisticians well before the concept of operational risk came into existence. ” (DUTTA, PERRY, 2006, p. 13)

RESUMO

Risco é uma variável essencial das relações sociais e seu gerenciamento é fundamental para as organizações. O seguro de risco operacional abrange todas as ameaças que podem impactar o funcionamento de uma empresa. O objetivo deste estudo é analisar a viabilidade de uma carteira específica para esse tipo de risco em relação à sinistralidade e ao prêmio necessário. Utilizando a Abordagem da Distribuição das Perdas (LDA), buscou-se estimar o comportamento do risco operacional, estabelecer parâmetros, valores médios e custos. Este estudo visa preencher a lacuna de pesquisas sobre análise de riscos operacionais utilizando a LDA, além de contribuir para o entendimento do mercado de seguros nesse contexto. O ajuste da distribuição Double Poisson para a frequência e o ajuste da distribuição Log Normal para a severidade, gerou uma estimativa para o prêmio puro de \$43.783,32 (em milhões) mensais. De acordo com os cálculos, o prêmio pode ficar caro, o que pode gerar desinteresse por parte de ambas as partes, seguradoras em aceitar tal risco e segurados devido ao alto custo. Os resultados obtidos serão uma base para futuras pesquisas e aprimoramento do cálculo de estimativas para seguro para risco operacional.

Palavras-chave: risco operacional; distribuição de perdas; gerenciamento de risco.

ABSTRACT

Risk is an essential variable of social relations and its management is fundamental for organizations. Operational risk insurance covers all threats that can impact the operation of a company. The objective of this study is to analyze the viability of a specific portfolio for this type of risk in relation to the loss ratio and the required premium. Using the Loss Distribution Approach (LDA), we sought to estimate the behavior of operational risk, establish parameters, average values and costs. This study aims to fill the research gap on operational risk analysis using the LDA, in addition to contributing to the understanding of the insurance market in this context. Fitting the Double Poisson distribution for frequency and fitting the Log Normal distribution for severity yielded a pure premium estimate of \$43,783.32 (in millions) monthly. According to the calculations, the premium can be expensive, which can generate disinterest on the part of both parties, insurers in accepting such a risk and policyholders due to the high cost. The results obtained will be a basis for future research and improvement in the calculation of insurance estimates for operational risk.

Keywords: operational risk; loss distribution; risk management

LISTA DE QUADROS E FIGURAS

Quadro 1 – Tipos de riscos operacionais	16
Figura 1 – Processo de gestão de risco descrito na ISO 3100	19
Figura 2 – Histograma para a Frequência dos Sinistros	27
Figura 3 – Histograma para a severidade dos Sinistros	28
Figura 4 – Gráfico de Barra da frequência e Ajuste da Double Poisson	30
Figura 5 – Worm Plot – Frequência Double Poisson	30
Figura 6 – Gráfico de barra da frequência e ajuste da Log Normal	32
Figura 7 – Worm Plot – Severidade Lognormal	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição de Empresas e Percentual em Relação ao Total dos
--

Agrupamentos	26
Tabela 2 – Estatísticas descritivas da base de dados	26
Tabela 3 – Goodness-of-fit da Frequência	29
Tabela 4 – Resultado do Ajuste da Distribuição Double Poisson	31
Tabela 5 – Goodness-of-fit da Severidade	32
Tabela 6 – Resultado do ajuste da distribuição Log Normal	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	UMA INTRODUÇÃO AO RISCO OPERACIONAL	13
2.1	Definição de risco	13
2.2	Risco operacional	14
2.3	Gestão do risco operacional	17
2.4	Seguros para risco operacional	20
3	ABORDAGEM DE DISTRIBUIÇÃO DAS PERDAS (LDA)	23
3.1	Metodologia	23
3.2	Descrição do modelo	24
4	APLICAÇÃO PRÁTICA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	25
4.1	Descrição dos dados	25
4.2	Distribuição para a frequência dos sinistros	28
4.3	Distribuição para a severidade dos sinistros	32
4.4	O modelo do risco coletivo	34
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

Risco é um elemento que faz parte de qualquer ação mercadológica organizada pelo homem. “É uma variável determinante da evolução humana, pois a sua ausência implica a certeza de resultados e a restrição à construção de conhecimentos ” (WEBER *et al.*, 2014, p. 2). Completando essa definição, Trapp e Corrat (2005, p. 27) afirmam que “o risco das empresas pode ser definido como um evento, esperado ou não, que pode causar impacto no capital ou nos ganhos de uma instituição”. Geralmente, qualifica-se o risco pela probabilidade da ocorrência e pelo efeito causado no projeto, caso ocorra.

Uma das categorias de gerenciamento de risco, é o seguro de risco operacional. Este é descrito, como todos os outros riscos que não são definidos pela SUSEP, em divisões específicas como: automóvel, vida, residencial. De acordo com Hahn e Kuhn (2012), esse tipo de risco se apresenta como uma ameaça relevante para a realização dos objetivos de uma instituição. Todas as variáveis que têm potencial de parar o funcionamento da empresa entram nessa categoria. Weber *et al.* (2017, p. 4) descrevem que o risco operacional “abrange a perda de processos internos inadequados ou falhas no controle interno, representados pelas pessoas, ferramentas, métodos, procedimentos e sistemas”.

O gerenciamento tem como objetivo mitigar os riscos financeiros da instituição em relação aos acontecimentos na operação. Caso aconteça, a empresa terá perdas financeiras, e o seguro tem o objetivo de ressarcir esses desfalques. Para fazer essa transação, é necessário saber como montar uma carteira de risco operacional geral. Definir os valores de prêmio e do benefício só é possível através de estudos que comprovem a viabilidade do serviço. A sinistralidade é essencial, pois se tem que ter a noção verdadeira da relação de custos do risco operacional para que se possa saber quanto uma seguradora precisa cobrar para o seguro, se o seguro é viável em relação ao que cobra e como é a melhor forma de fazer a estimativa do risco operacional.

O objetivo geral deste estudo de caso é analisar a viabilidade de uma carteira específica para risco operacional em relação à sinistralidade e ao prêmio necessário a ser cobrado das empresas participantes utilizando o método da abordagem de distribuição das perdas (LDA). O objetivo específico deste texto é apresentar um modelo de precificação

correlacionando frequência e severidade de sinistros de riscos operacionais contribuindo para a base de pesquisas sobre o assunto, visando ampliar o interesse e a utilização do método.

Este estudo surgiu após ser identificada a escassez de pesquisas científicas sobre análise de riscos operacionais. Além disso, a análise demonstrará como a LDA se comporta em um recorte específico. Esse estudo é prioritariamente quantitativo, pois informa os resultados esperados para uma determinada carteira, quais os custos e a quantidade de eventos dentro de uma massa de empresas específicas.

Segundo Trapp e Corrat (2015),

“Os riscos operacionais ainda são pouco analisados, acompanhados e controlados pelas instituições financeiras, mesmo internacionalmente, estando em seus primórdios no que tange à identificação, à avaliação, ao registro e ao controle, comparativamente aos riscos de crédito e mercado.” (TRAPP, CORRAT, 2005, p. 35).

Dito isso, os resultados obtidos irão compor uma base que contribuirá para que no futuro exista maior entendimento de como o mercado de seguros do risco operacional se comporta.

Dentre as possíveis formas de se estimar, a Abordagem da Distribuição das Perdas (LDA) é uma metodologia bastante útil como também simples na estimação da frequência e severidade das perdas de determinado tipo de risco. Utilizando dados de eventos passados de quantos sinistros aconteceram e quanto foram os valores desses sinistros, pode-se chegar em uma estimativa futura de como esse risco se comporta, trazendo uma expectativa tanto para o número de sinistros como também para o montante financeiro.

Além desta seção, esta monografia é composta por uma seção que conceitua risco operacional, apresentando seus tipos, sua gestão e caracterizando seu seguro; pela seção que define a LDA, pela seção onde se faz a aplicação prática, apresentando a fonte de dados, sua caracterização estatística, aplicação do método e resultados; e, por fim, as considerações finais

2 UMA INTRODUÇÃO AO RISCO OPERACIONAL

2.1 Definição de risco

O conceito de risco pode ser apresentado de diferentes formas, dependendo do contexto em que é utilizado. Em geral, o risco refere-se à possibilidade de ocorrência de um evento incerto, que pode ter efeitos positivos ou negativos. As ameaças são eventos ou situações que têm o potencial de causar danos, prejuízos, perdas financeiras, atrasos, entre outros impactos indesejáveis para uma organização ou projeto. Exemplos de riscos negativos incluem desastres naturais, falhas de segurança cibernética, problemas de qualidade do produto, instabilidade política, entre outros.

Já as oportunidades de risco, são eventos ou situações que têm o potencial de criar vantagens, benefícios ou resultados favoráveis para uma organização ou projeto. Esses riscos positivos estão relacionados a eventos incertos que podem levar a melhorias, inovações, ganhos financeiros, novas parcerias, entre outros resultados. Ambos podem ser influenciados por diversos fatores, tais como ações humanas, condições ambientais, políticas públicas, falhas mecânicas, entre outros (WEBER, DIEHL, 2014).

De acordo com a ISO 3100 – norma publicada em 2009 pela *International Organization for Standardization* (ISO) – a definição de risco é a combinação da probabilidade de ocorrência de um evento e suas consequências. Esta norma busca fornecer uma estrutura que seja referência mundial para a gestão de riscos de forma sistemática, transparente e consistente que funcione para todo tipo de organização.

Levando em conta o recorte da Ciência Atuarial, risco pode ser entendido como a medida da incerteza associada a um evento ou situação, que pode afetar os objetivos de um indivíduo, empresa ou organização. A autora Bahia (2001) afirma que,

“Nas sociedades modernas busca-se controlar a variabilidade dos eventos, compreender a natureza dos riscos, as possibilidades de medi-los e avaliar suas consequências para converter o futuro incerto em oportunidades de ganho que impulsiona a sociedade. Nesse sentido o risco pode ser definido como a variação relativa dos resultados reais em relação aos resultados esperados” (BAHIA, 2001, p. 01).

O risco pode ser expresso em termos quantitativos, tais como a probabilidade de ocorrência de um evento e o impacto financeiro associado a ele. Também pode ser avaliado em termos qualitativos, tais como a severidade do impacto do evento e a capacidade de gestão de riscos. A literatura classifica-os em risco especulativo e risco puro, que apesar de serem

conceitos relacionados, têm diferenças importantes que devem ser consideradas na tomada de decisões. Cicco e Fantazzini (1985) definem que,

“A diferença principal entre essas duas categorias de risco reside no fato de que os riscos especulativos envolvem uma possibilidade de ganho ou uma chance de perda; ao passo que os riscos puros envolvem somente uma chance de perda, não existindo nenhuma possibilidade de ganho ou de lucro” (CICCO, FANTAZZINI, p. 11, 1985).

A definição de risco puro é adequada quando as empresas avaliam perdas financeiras decorrentes de desastres naturais, doenças graves, acidentes e outros tipos de riscos operacionais; já o especulativo aborda temas como investimentos, mercado imobiliário e de ações, e moedas digitais (SIMÃO, 2018).

Mensurar os riscos é de extrema importância para que as seguradoras consigam fornecer prêmios e cobrar por eles de forma eficiente e sustentável. As seguradoras têm como objetivo principal amparar seus clientes em casos de possíveis perdas resultantes de eventos imprevisíveis ou incertos, ou seja, oferece proteção financeira contra riscos específicos para seus clientes tais como acidentes, doenças, desastres naturais, entre outros.

Para isso, as seguradoras utilizam diferentes técnicas de gerenciamento de riscos, como a análise de dados estatísticos e cálculo de probabilidades. As seguradoras têm um papel importante na mitigação de riscos financeiros, permitindo que indivíduos e empresas possam transferir a responsabilidade financeira por possíveis perdas ou danos a uma terceira parte, no caso a seguradora, em troca de um pagamento regular (CHEN, 1997).

A probabilidade de um acidente acontecer é considerada como o risco assumido pela seguradora, que, por sua vez, utiliza técnicas de gerenciamento de risco para precificar seus serviços e garantir que seus lucros superem as possíveis perdas. Instituições privadas de seguros não conseguem assumir todos os tipos de riscos existentes. É fundamental que haja uma seleção criteriosa das possibilidades, de modo a permitir que as seguradoras possam oferecer coberturas a preços que sejam acessíveis e viáveis aos segurados (BAHIA, 2001).

Entender como os riscos se apresentam contribui para que as organizações estejam preparadas para identificar e mitigar as ameaças, analisar e aproveitar oportunidades de risco de forma estratégica, a fim de obter os melhores resultados possíveis.

2.2 Risco operacional

O conceito de risco operacional é amplo, e tem suas definições ligadas às possibilidades de perdas – diretas e indiretas – advindas de processos internos e externos,

ações humanas ou sistemas desenhados de forma inapropriada ou ineficientes (SILVA *et al.*, 2006). Ou seja, é todo tipo de risco que ocorre ao longo da cadeia de funcionamento da empresa e que pode levar a perdas financeiras ou danos à sua reputação, colocando em cheque sua longevidade e saúde.

Devido à amplitude de fatores que entram no conceito, ainda não foi possível formular uma catalogação que supra todos os aspectos dos riscos operacionais. Entender e gerenciar os riscos devem fazer parte do centro das discussões de uma organização. “Contudo, são vários os eventos que ocorrem durante o processamento das operações das empresas, que podem ser caracterizados como riscos operacionais” (HECK, ZONATTO, 2011, p. 5). As empresas podem gerenciar o risco operacional através da implementação de controles internos, processos robustos de gestão de riscos, consultorias especializadas e treinamento de funcionários.

Os riscos operacionais podem ser subdivididos em categorias menores, o que facilita a compreensão de suas origens e, por conseguinte, torna possível uma identificação e monitoramento mais eficaz desses riscos. Mesmo assim, as divergências entre as instituições financeiras dificultam o processo de precificação e contratação de seguros. Cada organização foca em seus próprios processos, tipos e volume de transações, magnitude, recursos humanos, tecnologia aplicada, e outros medidores; tornando a padronização uma realidade distante. (TRAPP *et al.*, 2005)

Entender profundamente cada um desses tipos e gerir de forma adequada são aspectos fundamentais para o sucesso e a segurança de uma empresa. Identificar esses eventos pode ser crucial em certas situações, pois o cancelamento de contratos e a perda de clientes têm o potencial de tornar inviável a sobrevivência da organização. (HECK, ZONATTO, 2011).

Quadro 1 – Tipos de riscos operacionais

RISCO OPERACIONAL	DESCRIÇÃO
Fraude	Desvio de fundos, falsificação de documentos ou roubo de informações.
Falha de processos	Falta de controle de qualidade, a ausência de procedimentos de segurança adequados ou a ineficiência dos processos
Interrupção do negócio	Eventos imprevistos que podem interromper as operações normais de uma organização
Legal e regulatório	Não conformidade com leis e regulamentos, processos judiciais ou mudanças na legislação que afetam o negócio.
Fornecedores	Problemas que podem surgir devido a falhas nos relacionamentos prestadores de serviços ou parceiros de negócios
Reputação	Ações inadequadas, escândalos, má conduta dos funcionários, falhas de produtos ou serviços, entre outros.
Segurança da informação	Possibilidade de violação ou perda de dados sensíveis, como informações de clientes, segredos comerciais ou propriedade intelectual
Segurança ocupacional	Riscos de acidentes de trabalho, doenças ocupacionais e falta de conformidade com normas de segurança.
Tecnologia da informação	Possibilidade de falhas ou interrupções nos sistemas de TI de uma organização, como violações de segurança, perda de dados, falhas de hardware ou software.
Mudança organizacional	Associados a grandes mudanças organizacionais, como reestruturações, fusões e aquisições, que podem afetar a cultura, a moral e a eficiência dos funcionários.

Fonte: Adaptado pelo autor de Oliveira (2009).

Em seu texto, Amaral *et al.* (2009, p. 7) afirmam que “a contratação de seguros tem sido uma saída para evitar as perdas decorrentes de falhas operacionais, ou seja, tem-se a atribuição do risco para terceiros”. Todavia, a precificação destes seguros ainda está longe de ser o ideal, principalmente para as empresas que ficarão responsáveis por ressarcir os danos. A falta de estudos que colaborem para o entendimento completo do risco operacional afasta as

seguradoras, que veem essa alternativa como uma prática de menor retorno financeiro que aloca esforços para seguros de outras naturezas.

2.3 Gestão do risco operacional

O gerenciamento de risco operacional é um processo contínuo que visa identificar, avaliar, monitorar e mitigar os riscos associados às atividades operacionais de uma organização. “O gerenciamento leva à introdução da cultura de risco, que facilita a absorção dos conceitos de melhoria contínua para os processos operacionais, os sistemas e os controles, assim como facilita a absorção do conceito de política, definição e disseminação de estratégias” (AMARAL *et al.*, 2009, p. 4). É na esfera operacional onde a possibilidade de perdas mais se concentra, por isso é um processo crítico para todo tipo de empresas.

Antes de qualquer ação, é necessário avaliar e identificar os riscos operacionais em toda a cadeia. Isso envolve uma análise detalhada das operações da empresa para identificar possíveis falhas. “A gestão de riscos serve como suporte para decisões, pois com base nela poderão ser escolhidos os melhores investimentos considerando os riscos envolvidos” (WEBER, DIEHL, 2014, p. 45).

Como diz a norma ISO 3100 (2009), o risco é inerente a todas as atividades e processos de uma organização, logo a gestão deles é um processo contínuo de identificação, avaliação e tratamento dos riscos para minimizar suas consequências negativas e maximizar suas consequências positivas. Partindo disso, é possível implementar controles internos para minimizar esses riscos. Os controles internos podem incluir a definição de políticas e procedimentos claros, segregação de funções, revisões regulares, entre outros.

Certos autores defendem que o incremento dos níveis de educação, ou seja, o grau de formação acadêmica formal, capacita uma pessoa a avaliar riscos e benefícios com maior cautela em comparação àqueles com menos educação. Em seus estudos, Grable (1997) demonstra que o ensino superior incentiva a disposição para assumir riscos e, por essa razão, profissionais de investimento supõem que o aumento dos níveis de educação esteja correlacionado com uma maior tolerância ao risco.

O conceito de Gerenciamento de Risco implica em adotar uma abordagem sistemática para determinar o curso de ação diante de situações incertas, por meio da identificação, avaliação, compreensão, tomada de medidas e comunicação dos elementos de risco. (OLIVEIRA, 2014). Por isso, os autores geralmente dividem a gestão em quatro etapas principais que contemplam o processo, são elas: identificação de riscos, avaliação dos riscos,

mitigação de riscos (decisões e implantação) e monitoramento dos riscos.

Já a norma ISO 3100 (2009) detalha ainda mais os processos, apesar de não definir etapas específicas, ela descreve os princípios e os componentes essenciais do gerenciamento de riscos e fornece uma estrutura flexível que pode ser adaptada para atender às necessidades individuais de cada organização.

De modo geral a divisão de etapas descritas na norma acontece da seguinte forma:

a) Estabelecer o contexto: Momento de compreender o ambiente e o contexto em que a organização opera, incluindo seus objetivos, partes interessadas relevantes, restrições e restrições legais ou regulatórias, também identificar os fatores internos e externos que podem afetar a obtenção desses objetivos;

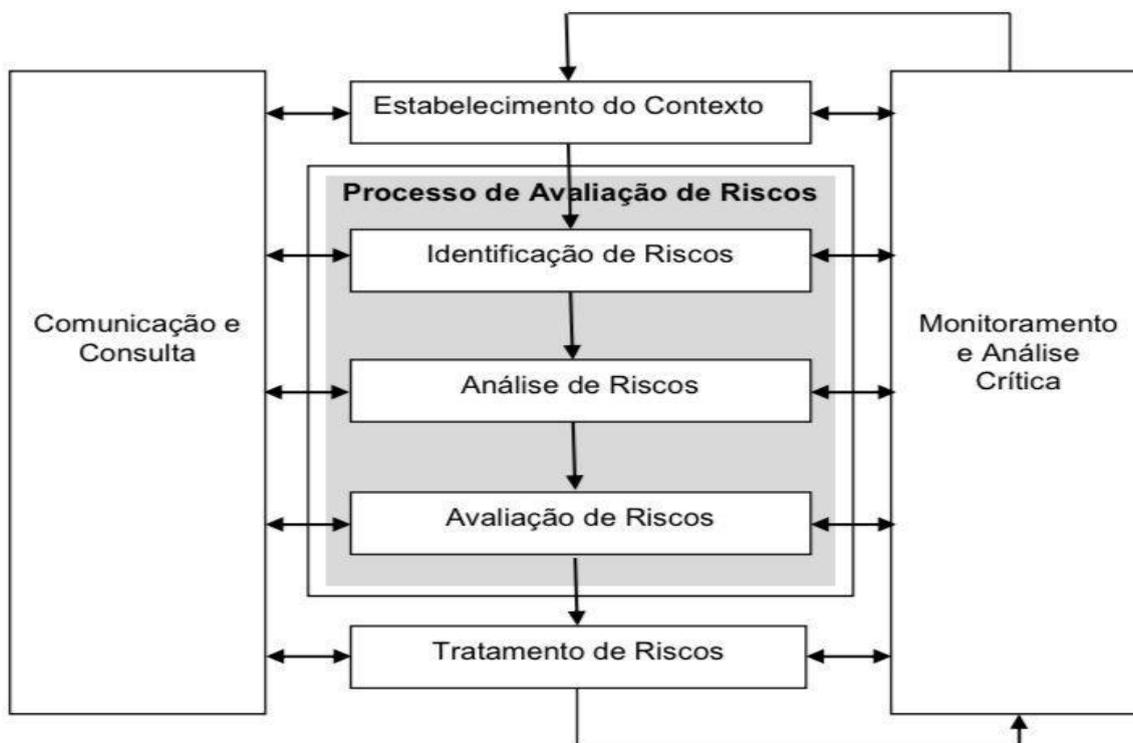
b) Identificar os riscos: Nesta etapa, o objetivo é criar uma lista abrangente de riscos que possam afetar a organização em seu ambiente de negócios. A identificação pode ser feita por meio de uma análise detalhada dos processos, atividades e áreas de operação relevantes, utilizando técnicas como análise documental, observação, entrevistas e workshops com especialistas;

c) Analisar os riscos: Após a identificação, é realizada uma análise mais detalhada de cada um deles. Avaliar a probabilidade e o impacto de cada risco identificado e o impacto na empresa. A análise pode ser quantitativa (usando dados numéricos) ou qualitativa (usando juízos de especialistas);

d) Avaliar os riscos: Aqui eles são avaliados em relação aos critérios estabelecidos anteriormente. Essa etapa ajuda a priorizar os riscos com base em sua importância e urgência, e pode também ajudar a identificar lacunas na capacidade de gerenciamento de riscos da organização e fornecer informações para a tomada de decisões sobre a alocação de recursos;

e) Tratar os riscos: Nessa fase é necessário determinar as estratégias para lidar com os riscos, desenvolver e implementar estratégias e ações para lidar com os que foram identificados. As estratégias de tratamento devem ser selecionadas com base na eficácia, custo-benefício e aceitabilidade para a organização. Isso pode incluir evitar, reduzir, transferir ou aceitar os riscos, conforme apropriado para a organização.

Figura 1 – Processo de gestão de risco descrita na ISO 3100



Fonte: ISO (2009)

É crucial treinar os funcionários sobre os riscos operacionais e como minimizá-los. A equipe deve estar ciente da importância das políticas e procedimentos na manutenção da saúde da empresa e na viabilização da operação como um todo, e devem ser treinados em processos seguros e eficazes.

“Independentemente de a gestão de risco operacional estar bem estruturada, nenhuma empresa é capaz de administrá-la bem se as pessoas envolvidas não estiverem conscientes do risco e buscando soluções para mitigá-lo” (WEBER, DIEHL, 2014, p. 45). Compartilhar informações sobre riscos de forma clara e eficaz com as partes interessadas relevantes. Isso envolve estabelecer canais de comunicação adequados e fornecer oportunidades para que todos os envolvidos expressem suas preocupações e contribuam para o processo de gerenciamento de riscos.

O monitoramento constante também é parte fundamental da gestão, para que os líderes garantam que os controles internos implementados funcionem adequadamente e consigam abordar e corrigir quaisquer falhas humanas ou deficiências na equipe.

As empresas também devem desenvolver um plano de continuidade de negócios que possa ser ativado em caso de eventos imprevistos que possam afetar as operações da

empresa. Além disso, é necessário observar fornecedores e parceiros para garantir minimamente que eles também estejam gerenciando os seus riscos operacionais adequadamente e não afetem negativamente a companhia principal.

Por fim, é importante revisar periodicamente o desempenho geral do gerenciamento de riscos operacionais para garantir que ele esteja alinhado às mudanças no ambiente ambiental, econômico e social no qual a organização está inserida. “É importante que esses riscos fiquem todos documentados, porque a avaliação de probabilidade e impacto, pode vir a sofrer alterações significativas com o decorrer do tempo” (COELHO, 2014, p. 40). Não negligenciar a manutenção de registros adequados e documentação detalhada de todo o processo. Isso inclui informações sobre os riscos identificados, análises realizadas, decisões tomadas e a eficácia das medidas de tratamento de risco implementadas.

2.4 Seguros para risco operacional

Seguro é um contrato em que um segurado – pessoa física ou jurídica – paga uma quantia de dinheiro – chamado de prêmio – a uma empresa de responsável em troca do compromisso de compensação financeira em caso de perda, dano ou morte de uma pessoa ou objeto específico coberto pelo seguro. De acordo com Bahia (1999),

“Os prêmios são calculados de maneira a permitir que em média sejam suficientes para pagar as indenizações aos contratantes e para cobrir os custos de administração e os lucros. A dimensão temporal é inerente à natureza dos seguros, já que o segurador aposta contra a probabilidade da ocorrência de riscos futuros” (BAHIA, 1999, p. 68).

O seguro é uma forma de transferência de risco, em que o segurado busca se proteger contra possíveis perdas e danos que possam ocorrer em suas atividades cotidianas, como acidentes, roubos, incêndios, doenças, entre outros eventos cobertos pelo contrato de seguro. O objetivo do seguro é proporcionar tranquilidade e segurança financeira diante de eventos imprevisíveis e inesperados, e proteger o contratante contra riscos financeiros decorrentes de eventos com consequências como acidentes, doenças, desastres naturais, falhas humanas, entre outros.

“Assim, mais que uma instituição imprescindível para o desenvolvimento do capitalismo, o setor de seguros pode ser considerado como um verdadeiro termômetro da economia moderna” (SAES, GAMBI, 2009, p. 3). No caso de ocorrência do evento previsto e coberto pelo contrato, o segurado tem direito a receber a indenização conforme estabelecido

nas condições do seguro. Essa indenização pode ser feita em dinheiro, reparação de danos ou substituição do bem perdido, de acordo com a natureza do sinistro e as condições contratadas.

O tipo e o nível de cobertura de um seguro dependem do tipo de seguro e das necessidades e escolhas do segurado. Segundo Harrington (1999),

“Um princípio fundamental em seguro é que se os seguradores estão interessados em vender cobertura para um determinado risco, eles devem receber prêmios que (1) são suficientes para cobrir os custos de perdas esperados e custos administrativos e (2) permitem um lucro que compense o custo de obter capital necessário para suportar a venda da cobertura” (HARRINGTON, 1999).

Especificamente, este seguro oferece um tipo de cobertura projetada para proteger as empresas contra perdas financeiras decorrentes de riscos operacionais. “O risco operacional é uma categoria de risco que possui estreita relação com os eventos de baixa frequência e alta severidade” (MENDONÇA *et al.*, 2008, p. 310). Devido à natureza do risco operacional, essa modalidade pode ser especialmente importante para as empresas que estão expostas a riscos significativos, como instituições financeiras, empresas de tecnologia e empresas de infraestrutura crítica. “Com a cobertura dos riscos assegurada, empresários e comerciantes eram autorizados a despendar maiores somas de capital em seus empreendimentos” (SAES, GAMBI, 2009, p. 2).

O seguro para riscos operacionais pode cobrir uma ampla gama de ameaças, incluindo perdas resultantes de falhas em sistemas de tecnologia da informação, falhas em processos internos, erros humanos, fraudes, desastres naturais, entre outros. Mendonça *et al.* (2008) afirma ainda que é necessário avaliar o custo de cada opção em relação aos benefícios que ela traz, os quais incluem a redução da frequência de eventos de risco operacional e as perdas associadas a eles. As empresas têm a flexibilidade de adaptar as coberturas às suas necessidades específicas.

Quando se trata do valor cobrado pela seguradora, é importante ressaltar que fatores complexos são avaliados e não apenas as empresas que contratam o serviço que fazem as exigências. Casagrande (2008) afirma que,

“Outro fator importante na precificação de seguros é que outros fatores além do histórico de perdas têm uma importância grande na determinação do preço. No caso específico de risco operacional, fatores como controles internos e *compliance* são relevantes para analisar a qualidade do segurado” (CASAGRANDE, 2008, p. 29).

Tem-se que ter em mente que o seguro para riscos operacionais não é uma solução completa para gerenciar tais problemas, pois ainda não é uma prática consolidada. “Seguro

para risco operacional é um instrumento bastante novo e ainda há muitas dúvidas quanto a sua correta precificação” (CASAGRANDE, 2008, p. 29). Além disso, as empresas não podem abrir mão de implementar controles internos e processos de gerenciamento de riscos adequados para minimizar as ameaças internas e externas, e reduzir as perdas financeiras.

3 ABORDAGEM DE DISTRIBUIÇÃO DAS PERDAS (LDA)

3.1 Metodologia

Utilizando pesquisas bibliográficas de artigos recentes, este trabalho busca discorrer a respeito dos conceitos básicos de risco operacional e abordagem da distribuição das perdas; a partir disso, realizar uma aplicação prática e analisar os resultados desses conceitos.

O estudo de caso foi a metodologia escolhida para a realização desta pesquisa, pois é necessário analisar porque as relações de sinistralidade são importantes e apresentar como as reflexões teóricas dão subsídios para o funcionamento dos seguros de empresas na realidade. De acordo com Yin (2001), a técnica de estudo de caso deve ser utilizada quando uma pesquisa tem a intenção de responder as questões “por que” e “como”.

Yin (2001, p. 25) coloca ainda que:

“Questões do tipo “como” e “por que” são mais explanatórias, e é provável que levem ao uso de estudos de casos, pesquisas históricas e experimentos como estratégias de pesquisa escolhidas. Isso se deve ao fato de que tais questões lidam com ligações operacionais que necessitam ser traçadas ao longo do tempo, em vez de serem encaradas como meras repetições ou incidências.” (YIN, 2001, p. 25).

O objetivo principal dessa metodologia é entender como determinado objeto de estudo se comporta em um contexto específico, identificando suas características, processos, implicações, desafios e resultados. Martins (2008) afirma ainda que o estudo de caso é essa metodologia é adequada para a elaboração de uma investigação que estuda acontecimentos dentro de seu contexto real. Esta investigação deve ser sustentada por uma pesquisa teórica e reunir a maior quantidade de informações possíveis usando diferentes técnicas de cálculos adequados, levantamento de dados, referências e evidências. A triangulação dessas informações é quem garante a confiabilidade e a validade do estudo.

Porém, formular uma pesquisa através de um estudo de caso quantitativo não é simplesmente reunir informações. Uma das principais vantagens é que ele permite uma análise aprofundada e integral do que deseja ser estudado, considerando os seus aspectos mais relevantes e complexos. Além disso, essa metodologia também pode ser útil para gerar novas hipóteses e inspirações que podem ser testadas em futuras pesquisas. Martins (2008, p. 10) continua sua fala reforçando que “em um estudo de caso, análises e reflexões estão presentes durante os vários estágios da pesquisa, particularmente quando o levantamento das informações, dados e evidências, em situações em que resultados parciais sugerem alterações,

correções de rumo”.

3.2 Descrição do modelo

Uma das metodologias mais amplamente consideradas na análise atuarial, a LDA é um método muito utilizado para calcular a distribuição de perdas agregadas. “A abordagem de distribuição de perdas baseia-se no pressuposto de que as perdas agregadas observadas resultam de duas fontes distintas de aleatoriedade: frequência e severidade” (GOULART, 2012, p. 57). A abordagem funciona mensurando o valor do risco para cada evento, a distribuição de probabilidade da severidade do evento e a frequência do evento dentro do período de um ano (RONCALLI *et al.*, 2001).

O principal ganho deste método é que se pode analisar a frequência de eventos e a gravidade deles individualmente e, em seguida, combinar os dados para obter o valor da densidade de probabilidade da perda global (KAPPA, VEGA, 2012).

Em sua pesquisa, Goulart (2012) afirma que “antes de se proceder ao processo de convolação para a geração da distribuição de perdas agregadas, é necessário que sejam determinadas as distribuições de severidade e de frequência que melhor representem o comportamento dos dados”.

Ou seja, a modelagem separada dos eventos de perdas em termos de frequência e severidade apresenta diversas vantagens. Ao considerar o crescimento das transações, é possível notar um aumento no número de ocorrências de perdas, mas não necessariamente na gravidade das mesmas. A separação desses eventos permite avaliar o impacto dessas mudanças e facilita a construção de cenários futuros. Além disso, ela permite a aplicação de correções inflacionárias nos dados e a análise dos efeitos dessas correções na gravidade das perdas. Também torna mais fácil a avaliação da utilização de seguros para tipos específicos de perda (KLUGMAN, PANJER, WILLMOT, 2004).

Outra vantagem é a possibilidade de estudar o impacto da imposição de limites para registro de perdas sob as perspectivas de frequência, gravidade e perdas agregadas. Isso proporciona uma melhor compreensão dos efeitos desses limites. Ao combinar dados heterogêneos, é possível obter uma distribuição hipotética da gravidade das perdas, facilitando o uso de informações externas. Por fim, é importante destacar que a forma da distribuição agregada de perdas está diretamente relacionada às distribuições de frequência e gravidade, mantendo uma estreita correspondência com os dados reais (PANJER, 2006).

4 APLICAÇÃO PRÁTICA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Descrição dos dados

Para a análise de risco operacional, contou-se com o SAS OpRisk Global Data, que é a maior coleção do mundo de perdas operacionais divulgadas publicamente, organizado e fornecido pela empresa *Statistical Analysis System*. A base de dados considerada fornece informações sobre ocorrências de perda operacional no período entre janeiro de 2004 e janeiro de 2021. Para cada ocorrência, a base de dados informa, além do valor da perda, a descrição do evento, as linhas de negócios e setores da indústria, a categoria do risco, país do incidente (que pode ser todo o mundo) e outras informações sobre as empresas envolvidas. Todas as perdas, expressas em US\$, são apresentadas em valor presente, referente a janeiro de 2021, para a devida comparação. A base de dados utilizada é dividida em 3 categorias quanto a indústria a qual pertence, tamanho da empresa e região, com as seguintes possibilidades:

- a) Indústria: Financeira (1); Não financeira (2);
- b) Tamanho: Pequena (1); Média (2); Grande (3);
- c) Região: África (1); Ásia (2); Europa (3); América do Norte (4); Outro (5); Outras Américas (6).

A base consiste em 11.184 empresas, todas apresentando pelo menos um sinistro do tipo operacional. Das empresas representadas na base 5.551 (49,6%) das empresas são financeiras e 5.633 (50,4%) das empresas são não financeiras; em relação ao tamanho da empresa 5.868 (52,5%) são pequenas, 3.136 (28%) são de tamanho médio e 2.180 (19,5%) são grandes.

A maior parte das empresas são da região da América do Norte, no total 5.532 (49,5%), seguido por Europa com 3.086 (27,6%) e Ásia com 1.904 (17%), os outros 6% estão divididos entre as outras categorias dessa forma: Outro com 245 (2,2%), Outras Américas com 230 (2%) e África com 187 (1,7%).

Desta forma, o maior grupo que representa 1.993 (17,8%) das empresas são empresas financeiras, de pequeno porte e localizadas na região da América do Norte.

A tabela 1 apresenta a distribuição em quantidade e percentual de empresas em relação ao total de cada um dos agrupamentos.

Tabela 1 - Distribuição de Empresas e Percentual em Relação ao Total dos Agrupamentos

CLASSES	PEQUENA (1)	MÉDIA (2)	GRANDE (3)	TOTAL
FINANCEIRO (1)	3296 (29,5%)	1287 (11,5%)	968 (8,7%)	5551 (49,6%)
Africa (1)	77 (0,7%)	37 (0,3%)	1 (0,01%)	115 (1,0%)
Asia (2)	477 (4,3%)	304 (2,7%)	99 (0,9%)	880 (7,9%)
Europe (3)	622 (5,6%)	337 (3,0%)	491 (4,4%)	1450 (13,0%)
North America (4)	1993 (17,8%)	528 (4,7%)	366 (3,3%)	2887 (25,8%)
Other (5)	50 (0,4%)	62 (0,6%)	1 (0,01%)	113 (1,0%)
Other Americas (6)	77 (0,7%)	19 (0,2%)	10 (0,1%)	106 (0,9%)
NÃO FINANCEIRO (1)	2572 (23,0%)	1849 (16,5%)	1212 (10,8%)	5633 (50,4%)
Africa (1)	29 (0,3%)	41 (0,4%)	2 (0,02%)	72 (0,6%)
Asia (2)	451 (4,0%)	403 (3,6%)	170 (1,5%)	1024 (9,2%)
Europe (3)	648 (5,8%)	454 (4,1%)	534 (4,8%)	1636 (14,6%)
North America (4)	1298 (11,6%)	871 (7,8%)	476 (4,3%)	2645 (23,6%)
Other (5)	91 (0,8%)	29 (0,3%)	12 (0,1%)	132 (1,2%)
Other Americas (6)	55 (0,5%)	51 (0,5%)	18 (0,2%)	124 (1,1%)
TOTAL	5868 (52,5%)	3136 (28,0%)	2180 (19,5%)	11184 (100%)

Fonte: elaboração própria.

Esta base apresenta dados de várias regiões geográficas, porém com pouca representação da região “Outras Américas” no qual o Brasil está incluso, logo essa análise pode não ser perfeitamente representativa e espelhar a realidade brasileira, porém tendo em vista a grande quantidade de observações de incidentes operacionais (no caso de América do Norte, Europa e Ásia), estas análises apresentam um potencial de predição para o mercado presente e futuro no Brasil, com a maior maturação do mercado de seguros brasileiros e especificamente no mercado de seguros operacionais.

Para a análise foi considerada a frequência e severidade dos sinistros, mensal, no período de 01/2004 até 01/2021. A frequência - observada na Tabela 2 - em quantidade de sinistros por mês e a severidade dos casos em milhões de dólares por mês.

Tabela 2 – Estatísticas Descritivas da Base de Dados

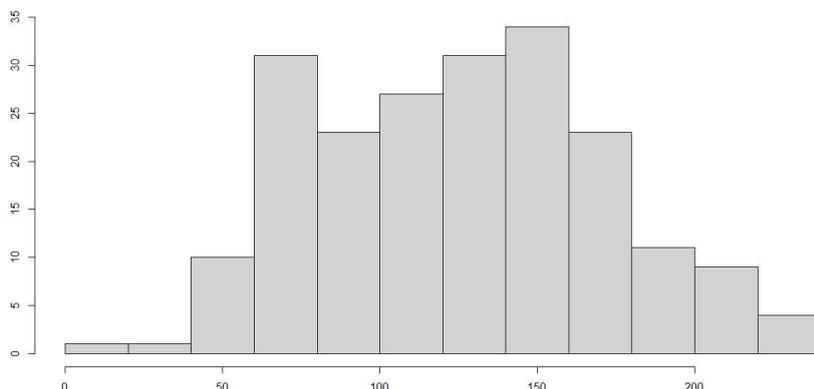
Estatística	Frequência (mensal)	Severidade (milhões de dólares/Mês)	Estatística	Frequência	Severidade
Mínimo	18	1.060,71	Máximo	239	77.209,95
1º quartil	86	5.216,00	Desvio padrão	45,84	10.905,98
Mediana	129	9.056,40	Máximo	239	77.209,95
Média	125,74	12.236,08	Assimetria	0,14	2,47
3º quartil	159	15.895,00	Curtose	2,31	11,92

Fonte: elaboração própria.

Em relação a frequência dos sinistros, há uma diferença entre o valor mínimo e o 1º quartil, indicando que existem poucos valores baixos de frequência. Isto é ainda é mais aparente quando verificamos a média e a máxima que mostram valores mais altos, provavelmente apresentando uma assimetria à direita na distribuição, porém, o valor de assimetria se apresenta baixo, logo deve-se apresentar uma leve assimetria à direita. A distribuição apresenta um desvio padrão relativamente baixo em relação aos valores apresentados e uma curtose baixa indicando uma curva mais achatada.

Já a severidade apresenta maior variabilidade, com desvio padrão elevado em relação aos valores, também apresenta uma diferença proporcional entre mínima e média, mas com uma diferença muito maior entre a média e a máxima, provavelmente tendo alguns poucos valores muito elevados que influenciam fortemente no alto desvio padrão. Através desses dados e da curtose e assimetria, a distribuição deve apresentar uma assimetria forte a esquerda e curva alongada.

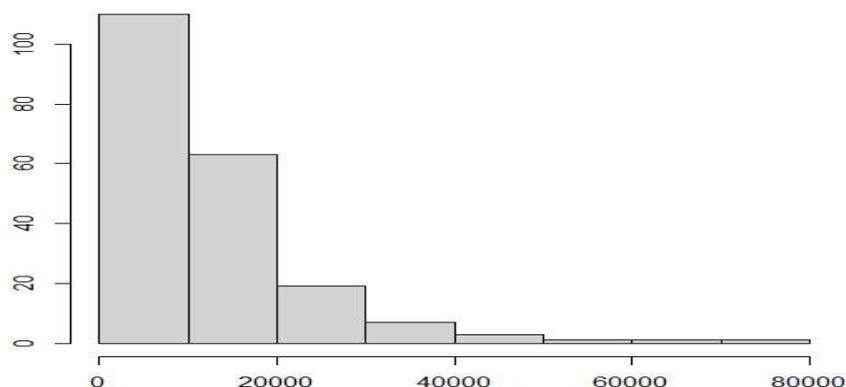
Figura 2 – Histograma para a Frequência dos Sinistros



Fonte: elaboração própria.

O histograma acima apresenta informações condizentes com as estatísticas descritivas, uma leve assimetria à direita, poucos valores abaixo de 40, sendo apenas dois valores, uma frequência de 18 casos em 06/2017 e 36 casos em 08/2017, a maior parte das frequências se acumulam no meio da distribuição com o valor médio de 125,74 muito próximo da mediana de 129. Mesmo com *outliers* nos valores pequenos esses não deformam a distribuição que apresenta uma curva suave, podendo ser indicativo de uma curva próxima a normal, ou tendo em vista que as frequências são uma contagem discreta se ajusta bem a uma distribuição *Poisson*.

Figura 3 – Histograma para a severidade dos Sinistros



Fonte: elaboração própria.

O histograma da severidade apresenta uma assimetria acentuada à esquerda, com a maior parte dos sinistros estando entre os valores de 0 e 80.000 dólares, porém apresenta valores bem elevados pontualmente sendo os maiores de 77.209,95 em 12/2004 e 64.286,14 em 04/2006. Esses valores elevados são o motivo para a média apresentada ser de \$12.236,08 com um desvio padrão de \$10.905,98. É possível observar no histograma um alongamento da distribuição nos valores mais baixos com uma cauda longa até os valores mais elevados, dessa forma provavelmente ajustando melhor como uma distribuição exponencial ou log normal.

4.2 Distribuição para a frequência dos sinistros

De acordo com a abordagem LDA, é necessário que seja determinado as distribuições para frequência e severidade que melhor representam o comportamento dos dados. Para este fim foram testadas várias distribuições possíveis, buscando a que melhor se adequa aos dados. Para a avaliação de adequação foram utilizados dois testes estatísticos: teste qui-quadrado e o critério de informação de Akaike.

O teste qui-quadrado (χ^2) de Pearson é um teste estatístico aplicado a dados categóricos. Ele é usado para avaliar a probabilidade que qualquer diferença observada aconteça ao acaso. Este teste é usado para avaliar três tipos de comparação, incluindo o teste de melhor ajuste, também chamado teste de aderência (HOGG *et al.*, 2018).

Um teste de melhor ajuste estabelece se uma distribuição de frequências observadas difere de uma distribuição teórica. Ele compara as frequências observadas com as frequências esperadas, baseadas em uma distribuição de referência. Se houver uma diferença significativa entre as frequências observadas e as esperadas, rejeita-se a hipótese nula de que a

distribuição observada é igual à distribuição teórica.

Por outro lado, o critério de informação de Akaike (AIC) é uma métrica que mensura a qualidade de um modelo estatístico. Ele lida com o balanço entre a qualidade e a parcimônia de um modelo, ou seja, lida tanto com sobreajuste quanto com subajuste. O AIC estima a quantidade de informação perdida por um modelo, levando em consideração a qualidade do ajuste e a complexidade do modelo (AKAIKE, 1974).

O AIC é calculado conforme equação 1. Quanto menor o valor do AIC, melhor é o modelo em relação à qualidade do ajuste e à complexidade. Ao comparar modelos diferentes, o modelo com o menor valor de AIC é considerado o melhor modelo, indicando um equilíbrio entre ajuste e complexidade (AKAIKE, 1974).

$$\text{AIC} = -2 * \log\text{-verossimilhança} + 2 * \text{número de parâmetros} \quad (\text{Eq. 1})$$

Logo, o teste qui-quadrado é usado para avaliar diferenças entre frequências observadas e esperadas em dados categóricos, já o AIC é uma métrica que auxilia na seleção do melhor modelo estatístico, considerando o ajuste aos dados e a complexidade do modelo (HOGG *et al.*, 2018).

Além da avaliação com os testes acima, foram feitas interpretações gráficas da curva de ajuste em relação aos dados para apresentar e verificar de forma visual a aderência das distribuições aos dados reais.

Para a distribuição de frequência, tendo em vista que os dados são discretos em sua natureza, as distribuições que tendem a ter melhor aderência são a binomial negativa ou Poisson.

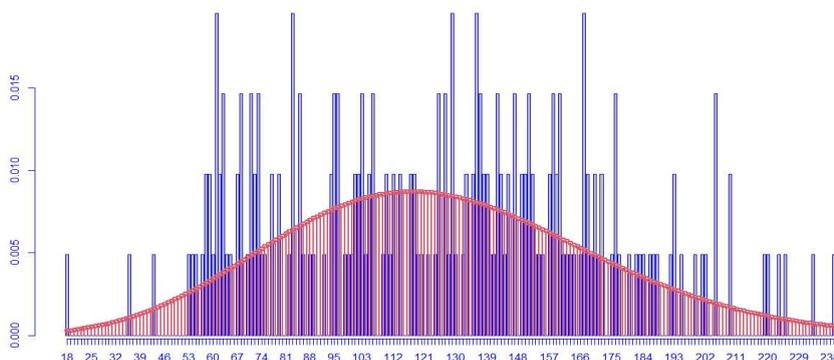
Tabela 3 – Qualidade do ajuste da frequência

Distribuição	g.l.	χ^2	AIC
Double Poisson	2	2154,41	2150,73
Negative Binomial	2	2159,52	2155,84
Zero Altered Negative Binomial	3	2163,36	2157,84
Sichel	3	2163,36	2157,84
Delaporte	3	2163,36	2157,84
Zero Inflated Negative Binomial	3	2163,36	2157,84
Zero Inflated Sichel	4	2167,20	2159,84
Generalised Poisson	2	2167,51	2163,84
Poisson Inverse Gaussian	2	2173,63	2169,95
Zero Inflated Poisson Inverse Gaussian	3	2177,47	2171,95

Fonte: elaboração própria.

Para os dados aqui analisados e de acordo com os resultados dos testes aplicados (Qui-Quadrado e AIC), a distribuição *Double Poisson* foi a que mais se adequou a frequência dos sinistros, pois apresenta o menor valor nos testes.

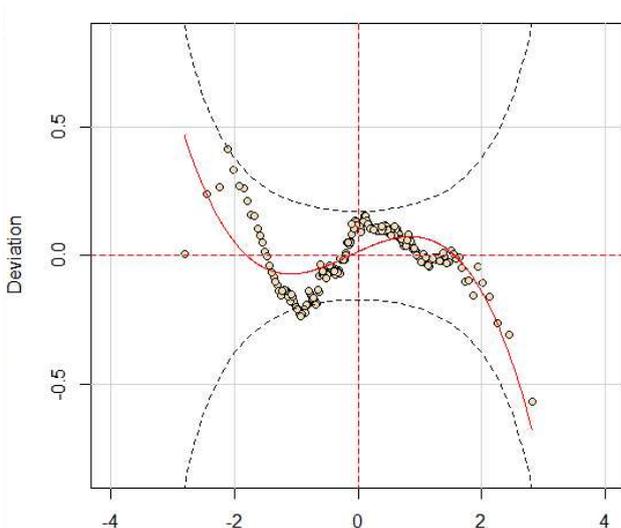
Figura 4 – Gráfico de Barra da frequência e Ajuste da *Double Poisson*



Fonte: elaboração própria.

Na figura 4 pode-se observar o ajuste da distribuição *Double Poisson* (em vermelho) aos dados de frequência (em azul). A curva ajustada apresenta um padrão similar aos dados originais com maior aglomeração dos danos no meio e caudas pequenas a esquerda e direita, tendo a maior parte dos dados dentro da curva ajustada. É possível observar também que alguns dados ainda fogem da curva, porém esse ajuste ainda se apresenta satisfatório no geral.

Figura 5 – Worm Plot – Frequência *Double Poisson*



Fonte: elaboração própria.

A representação gráfica da figura 5, *worm plot*, fornece um diagnóstico sobre os resíduos. A média e variância dos resíduos foram -0,0007 e 1,0043, respectivamente, o que mostra um bom ajuste para a distribuição *double poisson* já que tais valores não se distanciam tanto em relação aos valores de uma distribuição normal padrão.

Dessa forma, as representações gráficas acima reforçam a conclusão de que a distribuição *double poisson* é a que mais se adequa aos nossos dados de frequência de sinistros. Os dois parâmetros da distribuição estimados no ajuste apresentam significância estatística, como apresentado na tabela 4. Esses parâmetros serão utilizados para encontrar a esperança da frequência de sinistros da carteira através da distribuição de probabilidade da *Double Poisson*.

Tabela 4 – Resultado do Ajuste da Distribuição *Double Poisson*

Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	Valor t	P Valor
μ	4,8362508	0,0254159	190,2846	< 2,22 * 10 ⁻¹⁶ ***
σ	2,8171476	0,0950564	29,6366	< 2,22 * 10 ⁻¹⁶ ***

* p < 0,001, ** p < 0,01, * p < 0,05

Fonte: elaboração própria.

A distribuição *Double Poisson*, DPO (μ , σ), é denotada por Rigby *et al.* (2017), sendo sua função de distribuição de probabilidade representada por:

$$P(\mu, \sigma) = c(\mu, \sigma) \sigma^{-\frac{1}{2}} e^{-\frac{\mu}{\sigma}} \left(\frac{\mu}{y}\right)^{\frac{y}{\sigma}} \frac{e^{\frac{y}{\sigma} - y} y^y}{y!}, \quad (\text{Eq. 2})$$

com

$$c(\mu, \sigma) = \left[\sum_{y=0}^{\infty} \sigma^{-\frac{1}{2}} e^{-\frac{\mu}{\sigma}} \left(\frac{\mu}{y}\right)^{\frac{y}{\sigma}} \frac{e^{\frac{y}{\sigma} - y} y^y}{y!} \right]^{-1} \quad (\text{Eq. 3})$$

e valor esperado $E(N) \approx \mu = 4,8362508$.

Dessa forma, a esperança da frequência é μ que é igual a 4,8362508 sinistros por mês.

4.3 Distribuição para a severidade dos sinistros

Os mesmos testes aplicados para a frequência foram aplicados para a identificação da distribuição de probabilidade que melhor se ajusta a severidade dos sinistros, porém, diferente da frequência que apresenta apenas resultados discretos, a severidade apresenta resultados contínuos. Além dos testes estatísticos foi aplicada uma interpretação gráfica dos resultados.

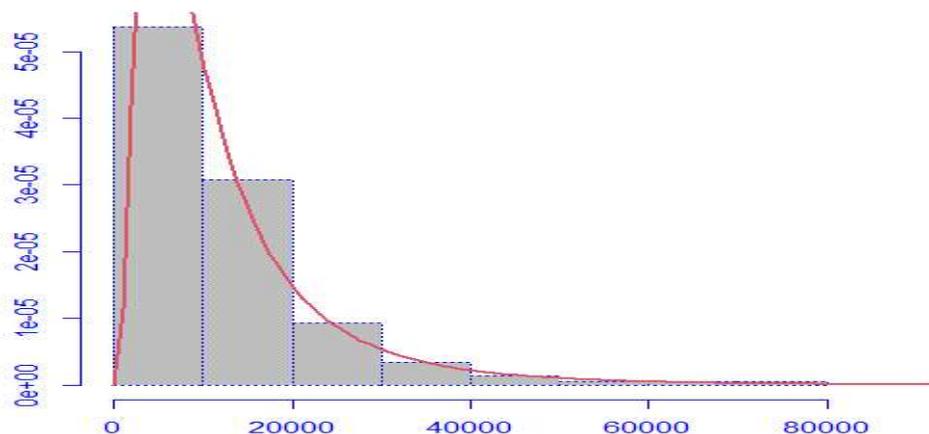
Tabela 5 – Qualidade do ajuste da Severidade

Distribuição	g.l.	χ^2	AIC
Log Normal	2	4233,55	4229,87
Inverse Gaussian	3	4236,88	4231,46
Generalised Gama	3	4236,98	4231,47
Box-Cox-Cole-Green	3	4236,99	4231,58
Generalised Inverse Gaussian	4	4237,10	4233,15
Box-Cox Power Exponential	2	4240,51	4233,20
Gamma	2	4246,87	4243,19
Weibull	2	4256,99	4253,31
Exponential	1	4272,82	4270,98
Generalised Pareto	2	4276,66	4272,98

Fonte: elaboração própria.

De acordo com os testes aplicados tanto no teste *Chi-Square* (Qui-Quadrado) e no teste AIC, a distribuição Log Normal foi a que mais se adequou à severidade dos sinistros, pois apresenta o menor valor nos testes.

Figura 6 – Gráfico de barra da frequência e ajuste da Log Normal

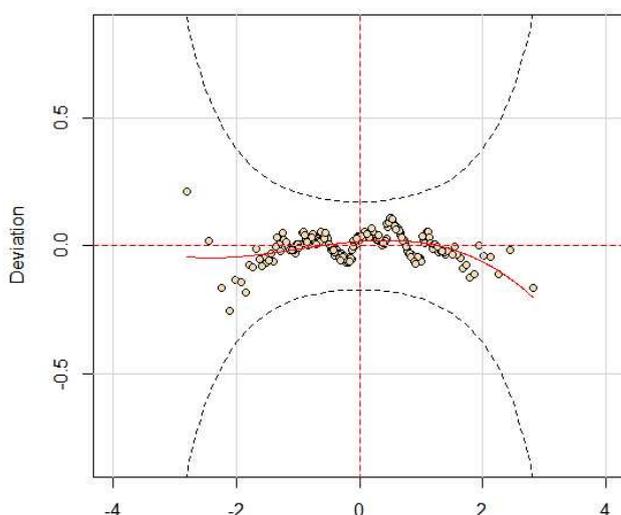


Fonte: elaboração própria.

A distribuição Log Normal, representada no gráfico da figura 6, apresenta ótima

aderência com os dados, tendo uma assimetria forte à direita com uma curva alongada, e cauda longa a direita, com grande concentração em valores menores de severidade, mas ainda apresentando uma quantidade pequena, porém significativa, em valores bem maiores.

Figura 7 – *Worm Plot* – Severidade Log Normal



Fonte: Elaboração própria.

A representação gráfica da figura 7, *worm plot*, fornece um diagnóstico sobre os resíduos. A média e variância dos resíduos foram 0,0000 e 1,0049, respectivamente, o que mostra um bom ajuste para a distribuição Log Normal já que tais valores não se distanciam tanto em relação aos valores de uma distribuição normal padrão.

Dessa forma, as representações gráficas acima reforçam a conclusão de que a distribuição Log Normal é a que mais se adequa aos nossos dados de severidade de sinistros.

Tabela 6 – Resultado do ajuste da distribuição Log Normal

Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	Valor t	P Valor
θ	9,0903904	0,0570486	159,34458	$<2,22 * 10^{-16}$ ***
ω	-0,2023462	0,0493863	-4,09722	$4,18 * 10^{-5}$ ***

* $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$

Fonte: elaboração própria.

Através dos resultados dos ajustes da distribuição Log Normal, LN (θ , ω), os

valores estimados dos parâmetros da distribuição, $\theta = 9,0903904$ e $\omega = 2,8171476$, serão considerados para o cálculo do valor esperado da severidade dos sinistros da carteira.

A distribuição densidade de probabilidade e o valor esperado da Log Normal são representados por:

$$f(y) = \frac{1}{y\omega\sqrt{2\pi}} e^{\left\{-\frac{(\ln(y) - \theta)^2}{2\omega^2}\right\}}, \quad y > 0$$

(Eq. 4)

$$E(X) = e^{\theta + \frac{\omega^2}{2}} = e^{9,0903904 + \frac{2,8171476^2}{2}} = 9.053,15 \quad (\text{Eq. 5})$$

Logo, o valor esperado da severidade dos sinistros é de \$9.053,15 (em milhões de dólares) por mês.

4.4 O modelo do risco coletivo

Seguindo a abordagem LDA, após avaliação das variáveis aleatórias de severidade e frequência de forma individual, além da identificação das distribuições que melhor se adequa aos dados, pode-se aplicar o modelo do risco coletivo, levando em consideração a esperança das duas variáveis com o objetivo de se chegar ao prêmio puro desta carteira de seguros. Assim, entendemos que os riscos (ou ameaças) não consistem principalmente em dados absolutos, mas sim em um modelo que se baseia na escolha de variáveis que fazem parte do processo de construção social. (BOUSFIELD, BERTODO, 2017).

O processo de precificação do custo de um seguro envolve a análise e cálculo dos riscos associados ao objeto ou evento segurado, bem como a determinação do prêmio a ser pago pelo segurado. O objetivo é estabelecer um valor justo que reflita o risco envolvido e que seja adequado para cobrir as despesas administrativas da seguradora, as perdas esperadas e proporcionar um lucro razoável. De acordo com Farias (2021),

“No processo de precificação do custo de um seguro, existem três tipos de prêmios. O primeiro destes prêmios é chamado de prêmio de risco, que é o valor total das indenizações de uma carteira em um determinado período de tempo. O prêmio puro, dado pelo prêmio de risco mais um carregamento de segurança estatístico e, por fim, há o prêmio comercial, que corresponde ao prêmio puro acrescido do carregamento para as despesas da seguradora, incluída a margem de lucro” (FARIAS, 2021, p. 20).

O prêmio puro é o valor que deve ser pago por cada empresa segurada na carteira

de forma a cobrir no período todos os custos com sinistros, sem considerar carregamentos adicionais como lucro. Essa abordagem é útil em situações em que a seguradora deseja fornecer transparência aos segurados sobre o custo real do risco coberto pelo seguro.

No modelo de risco individual, para cada segurado, que é visto de forma individual, é associada uma probabilidade de ocorrência de sinistro em determinado período (mês, ano etc.) e o valor de cada sinistro é estimado de acordo com uma distribuição de probabilidade predeterminada. "À primeira vista, o seguro surge de uma motivação puramente individual, de um interesse que diz respeito unicamente àquele que busca proteção relativa a algum bem ou pessoa que lhe sejam caros" (TZIRULNIK, 2014, p. 17). O montante esperado de sinistros do plano no período é igual à soma dos valores dos sinistros individuais.

Porém, é necessária avaliação conjunta das variáveis aleatórias de frequência e severidade, dessa forma, para este estudo, considerou-se a abordagem do modelo do risco coletivo.

Diferentemente da abordagem do modelo de risco individual, no modelo de risco coletivo o valor total das indenizações é calculado a partir de uma soma aleatória de variáveis aleatórias. "O cálculo do risco nos seguros não é um instrumento para identificar a causa do dano, mas uma regra de distribuição do seu peso. Assegurar a vida na qualidade de um capital, por exemplo, demanda o cálculo de um risco percebido como coletivo" (SPINK *et al.*, 2004, p. 83).

O modelo de risco coletivo se diferencia do modelo de risco individual por modelar, de maneira conjunta, o número de sinistros e sua severidade. No modelo do risco coletivo o valor esperado do modelo, ou o prêmio puro do modelo, se dá pela multiplicação das esperanças da severidade pela esperança da frequência, no caso específico deste trabalho, como demonstrado na equação 6.

$$E(Scol) = E(X)E(N) = 9.053,153809 * 4,8362508 = 43.783,32$$

(Eq. 6)

Sendo assim, o prêmio puro do modelo estimado é de \$43.783,32 (em milhões de dólares) por mês para toda a carteira.

$$E(Scol)/Por Empresa = E(Scol)/11.184 = 43.783,32/11.184 = 3,91$$

A carteira apresenta 11.184 empresas, o prêmio mensal por empresa fica em \$3,81 milhões.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Utilizando o método LDA, que consiste em avaliar separadamente as variáveis aleatórias de frequência e severidade, estimou-se seus valores esperados em 4,8362508 e \$9.053,15309, respectivamente. Essas médias representam o valor esperado mensal de frequência e severidade desta carteira referente a riscos operacionais. Através da análise do modelo de risco coletivo, identificou-se o prêmio puro em \$43.783,32 (em milhões) mensais. Ao distribuir por toda a carteira representada por 11.184 empresas, o prêmio mensal por empresa seria de \$3,91 (em milhões). No entanto, esse valor se apresenta muito alto, o que pode inviabilizar tanto para a seguradora como para o segurado a contratação de seguro para essa modalidade de risco.

Dentre as empresas presentes na carteira, observou-se uma grande heterogeneidade em relação ao faturamento. Para 7.090 empresas, o prêmio representaria menos de 5% de seu faturamento, o que seria viável e corresponde a 63,8% do total de empresas na carteira. Por outro lado, para 1.357 empresas, o valor do prêmio puro seria superior ao seu faturamento, inviabilizando a carteira como um todo. Portanto, algumas empresas não seriam capazes de cumprir suas obrigações diante do risco a ser distribuído.

Embora a análise indique a inviabilidade da carteira estudada, ainda seria possível viabilizá-la por meio de métodos que requerem pesquisas futuras, tais como: a segmentação em carteiras menores, utilizando o faturamento ou o risco segurado de cada empresa como critério para agrupamento, a distribuição não uniforme do prêmio de acordo com o risco segurado de cada empresa e o aumento da quantidade de empresas na carteira para diluir o risco.

Quanto ao método utilizado, observamos sua aderência e utilidade para esse tipo de análise. Ao avaliar as distribuições de frequência e severidade separadamente, é possível determinar de forma mais precisa as distribuições de probabilidade que melhor se adequam aos dados reais, por meio de testes estatísticos e avaliações gráficas. Isso permite compreender os parâmetros das distribuições e estimar o comportamento futuro da carteira, além de realizar simulações para compreender o impacto e as mudanças no comportamento da sinistralidade e do prêmio.

Portanto, devido à sua eficácia, o método LDA pode ser amplamente utilizado para análises de carteiras de seguro no contexto das pesquisas no mercado atuarial brasileiro.

REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. **A new look at the statistical model identification.** (1974). IEEE Transactions on Automatic Control.

AMARAL, I. de C.; NEVES, M. de C. R.; FREITAS, A. F. de; BRAGA, M. J.

Gerenciamento dos riscos operacionais: os métodos utilizados por uma cooperativa de crédito. Revista de Contabilidade e Organizações, [S. l.], v. 3, n. 7, p. 93-108, 2009. DOI: 10.11606/rco.v3i7.34752. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rco/article/view/34752>. Acesso em: 6 dez. 2022.

BAHIA, L. **Mudanças e padrões das relações público-privado: seguros e planos de saúde no Brasil.** Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, 1999.

BAHIA, L. **Risco seguro e assistência suplementar no Brasil.** Texto base. 2001.

Disponível em:

<http://www.ans.gov.br/portal/upload/forum_saude/operacao_sistema/FF1.pdf>.

Acesso em: 20 mar. 2023

BOUSFIELD, A. B. S.. BERTOLDO, R. (2017). **Riscos coletivos:** Um olhar psicossocial. Em: Silva, A. O. & Camargo, B. V. (Orgs.). Representações sociais do envelhecimento e da saúde (pp.367-388). Natal: EDUFRN.

CASAGRANDE, M. **A Importância do Gerenciamento do Risco Operacional na Gestão de Empresas.** Revista de Ciências da Administração, [S.l.], v. 10, n. 20, p. 76-86, dez. 2008. ISSN 1984-3291. Disponível em:

https://www.coppead.ufrj.br/wp-content/uploads/2019/07/Maurice_Casagrande.pdf. Acesso em: 25 abr. 2023.

CHEN, T-S. **Insurance companies.** The Journal of Risk and Insurance, v. 62, n. 1, p. 7-44, 1997. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/253735>. Acesso em: 18 abr. 2023.

CICCO, F., & FANTAZZINI, M. L. (1985). Técnicas modernas de gerência de riscos: Reprint da coletânea "Técnicas Modernas de Gerência de Riscos" e do livro "Introdução à Engenharia de Segurança de Sistemas" (2ª ed.). Série Risk Management.

COELHO, J. M. V. da S. **A gestão de risco operacional na distribuição de seguros automóvel através de rede bancária.** 2014. 101 f. Dissertação (Mestrado em Estatística e Gestão de Informação, especialização em Análise e Gestão de Risco) - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10362/13781>. Acesso em: 24 abr. 2023.

DUTTA, K; PERRY, J. **A tale of tails:** an empirical analysis of loss distribution models for estimating operational risk capital. 2006.

FARIAS, T. A. **Aplicação de Machine Learning em seguros de autos.** 2021. 52f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Atuariais) - Departamento de Demografia e

Ciências Atuariais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

GOULART, C. P. **Modelos avançados para risco operacional**: uma análise empírica da abordagem de distribuição de perdas. Universidade Federal de Minas Gerais. 2012.

GRABLE, J. E. **Investor risk tolerance**: testing the efficacy of demographics as differentiating and classifying factors. October 20, 1997. Blacksburg, Virginia. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.

HAHN, G. J.; KUHN, H. **Value-based performance and risk management in supply chains**: A robust optimization approach. International Journal of Production Economics, 2012.

HARRINGTON, S. E.; NIEHAUS, G. R. **Risk management and insurance**. [S.L.] McGraw-Hill, 1999.

HECK, G. M.. ZONATTO, V. C. da S.. **GESTÃO DE RISCOS OPERACIONAIS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA LOGÍSTICA**.

HOGG, R. V., CRAIG, A. T., & MCKEAN, J. W. (2018). **Introduction to Mathematical Statistics** (8ª ed.). Pearson. Disponível em: <https://minerva.it.manchester.ac.uk/~saralees/statbook2.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2023

ISO 31000:2009. **Risk management** — Principles and guidelines. Geneva: International Organization for Standardization, 2009.

KAPP, D.; VEGA, M. **Real output costs of financial crises**: a loss distribution approach. 2012

KLUGMAN, S. A.; PANJER, H. H.; WILLMOT, G. E. **Loss models**: from data to decisions. New York: Wiley, 2004. Disponível em: <https://11nq.com/03Uoj>. Acesso em: 08 jun. 2023

MARTINS, G. A. **Estudo de caso**: uma reflexão sobre a aplicabilidade em pesquisa no Brasil. Revista de Contabilidade e Organizações, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 9-18, 2008. DOI: 10.11606/rco.v2i2.34702. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rco/article/view/34702>. Acesso em: 5 dez. 2022.

MENDONÇA, H. F. de; GALVÃO, D. J. C.; LOURES, R. F. V. **Risco Operacional nas Instituições Financeiras**: Contratar Seguro ou Auto-segurar-se? Revista Brasileira de Risco e Seguro, São Paulo, v. 6, n. 12, p. 97-119, jul./dez. 2010. Disponível em: <https://core.ac.uk/reader/6336100>. Acesso em: 25 abr. 2023.

OLIVEIRA, U. R.. **Tomada de decisão em flexibilidade de manufatura para gerenciamento de riscos operacionais no processo produtivo industrial**. 2009. 246 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/105344>>.

PANJER, Harry H. **Operational risk: modeling analytics**. John Wiley & Sons, 2006.

RIGBY, R., STASINOPOULOS, D., HELLER, G., e DE BASTIANI, F. (2017).

Distributions for modelling location, scale, and shape: using gamlss in r.

RONCALLI, T.; GEORGES, P.; FRACHOT, A. **Loss Distribution Approach for operational risk**. Groupe de Recherche Opérationnelle, Crédit Lyonnais, France. April, 2001.

SAES, A. M. GAMBI, T. F. R. **A formação das companhias de seguros na economia brasileira (1808-1864)**. História Econômica & História de Empresas, v. 12, n. 2, 2009. Disponível em: file:///C:/Users/enfal/Downloads/99-Artigo-229-2-10-20200922.pdf. Acesso em: 09 jun. 2023.

SILVA, E. S.; MOTA C.; QUEIROS, M.; PEREIRA, A.; BRANCO, C. R. Risco operacional: especificidade do setor financeiro ou realidade empresarial? Revista de Contabilidade e Organizações, julho/setembro, nº 106, p. 04-15, 2016.

SIMÃO, B. C. **Bitcoin: investimento do século ou bolha especulativa?** Mensuração do risco individual do bitcoin sobre o risco sistêmico do mercado de capitais do Brasil e EUA. João Pessoa - PB. 2018.

SPINK, M. J., GALINDO, D., CANÃS, A. SOUZA, D. T. (2004). **Onde está o risco? Os seguros no contexto do turismo de aventura**. Psicologia & Sociedade, 16(2), 81-89.

TRAPP, A. C. G.; CORRAR, L. J. **Avaliação e gerenciamento do risco operacional no Brasil:** análise de caso de uma instituição financeira de grande porte. R. Cont. Fin. – USP, São Paulo, n. 37, p. 24 – 36, Jan./Abr. 2005

TZIRULNIK, E. **Seguro de riscos de engenharia:** instrumento do desenvolvimento. 2014. Tese (Doutorado em Direito Econômico e Financeiro) - Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. doi:10.11606/T.2.2014.tde-08122014-161941. Acesso em: 2023-06-26.

WEBER, E. L., DIEHL, C. A.. **Gestão de riscos operacionais:** um estudo bibliográfico sobre ferramentas de auxílio. Revista de Contabilidade do Mestrado em Ciências Contábeis da UERJ (online), Rio de Janeiro, v. 19, n. 3, p. 41 - p. 58, set/dez., 2014. ISSN 1984-3291.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso, planejamento e métodos**. 2.ed. São Paulo: Bookman, 2001.