

Patrícia Kely Penha Braga

**ESTUDO SOBRE A FRONTEIRA ENTRE O  
RISCO OPERACIONAL E O RISCO DE  
CRÉDITO**

Brasil

2022, v-1.9.7



Patrícia Kely Penha Braga

# **ESTUDO SOBRE A FRONTEIRA ENTRE O RISCO OPERACIONAL E O RISCO DE CRÉDITO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Economia, Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade de Administração Contabilidade e Economia - FACE

Departamento de Economia - ECO

Programa de Pós-Graduação

Orientador: Prof. Dr. Herbert Kimura

Brasil

2022, v-1.9.7

Patrícia Kely Penha Braga

ESTUDO SOBRE A FRONTEIRA ENTRE O RISCO OPERACIONAL E O RISCO DE CRÉDITO/ Patrícia Kely Penha Braga. – Brasil, 2022, v-1.9.7-59p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Herbert Kimura

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília - UnB  
Faculdade de Administração Contabilidade e Economia - FACE  
Departamento de Economia - ECO  
Programa de Pós-Graduação, 2022, v-1.9.7.

1. Palavra-chave1. 2. Palavra-chave2. 3. Palavra-chave3. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia - FACE. IV. Departamento de Economia IV. ESTUDO SOBRE A FRONTEIRA ENTRE O RISCO OPERACIONAL E O RISCO DE CRÉDITO

Patrícia Kely Penha Braga

## **ESTUDO SOBRE A FRONTEIRA ENTRE O RISCO OPERACIONAL E O RISCO DE CRÉDITO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Economia, Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Trabalho aprovado. Brasil, 15 de junho de 2022:

---

**Prof. Dr. Herbert Kimura**  
Orientador

---

**Prof. Ph.D Carlos Rosano Pena**  
Convidado 1

---

**Prof. Ph.D Leonardo Fernando Cruz**  
**Basso**  
Convidado 2

Brasil  
2022, v-1.9.7



*Não há exemplo maior de dedicação do que o da nossa família. À minha querida família, mãe e filho, que enaltecem minhas virtudes, mas acima de tudo, me apoiam diante das mais importantes decisões.*



# Agradecimentos

A Deus que me deu forças para concluir este projeto de forma satisfatória.

À minha mãe Carmen e ao meu filho Joaquim, pela paciência demonstrada nas privações impostas por esse trabalho.

Ao Prof. Dr. Herbert Kimura, que me auxiliou na germinação das ideias e durante todo o processo de desenvolvimento deste presente projeto. Expresso minha profunda admiração pelo seu profissionalismo e pela afetividade com que conduz o processo de aprendizado de quem compartilha do seu convívio.

Aos professores da FACE - UNB, com os quais tive oportunidade de grandes aprendizados.

Aos colegas da turma de mestrado, pelos bons momentos de convivência e companheirismo.

Ao meu empregador, pelo apoio e investimento para a realização desse mestrado.



*“Mas os que esperam no senhor  
renovarão as suas forças,  
subirão com asas como águias,  
correrão e não se cansarão,  
caminharão e não se fatigarão.  
(Bíblia Sagrada, Isaías 40, 31)*



# Resumo

O Risco Operacional constitui um importante foco análise de profissionais do sistema financeiro, reguladores e supervisores bancários. Existe um esforço de se controlar esse tipo de risco, que precisa ser mensurado por afetar o valor e a sobrevivência das instituições financeiras. Em particular, é necessário estar atento para que técnicas financeiras usadas para redução do risco de crédito não venham a incrementar o risco operacional, evidenciando a importância de identificar e avaliar perdas que estejam na fronteira entre Risco Operacional e Risco de Crédito. Nesse trabalho, analisamos a fronteira entre o Risco Operacional e o Risco de Crédito, por meio de uma modelagem de quantificação de perdas de Risco Operacional, utilizando um Modelo de Distribuição de Perdas Agregadas (LDA - Loss Distribution Approach), para obter medidas de Value at Risk (VaR) e Expected Shortfall (ES) com dados modificados de uma instituição financeira brasileira. O LDA é utilizado para analisar a exposição a eventos que implicam perdas que estão na fronteira entre risco de crédito e risco operacional, diferenciando-se do uso mais comum focado apenas em eventos de risco operacional. O objetivo do trabalho é mostrar como a LDA pode ser aplicado para realizar a gestão das perdas operacionais, em decorrência de eventos gerados na interação entre Risco de Crédito e/ou Risco Socioambiental.

**Palavras-chave:** Abordagem de Distribuição de Perdas; Base de Perdas Operacionais; Deficiência Esperada; Distribuição de Perdas Agregadas; Distribuições Empíricas; Fronteira de Riscos; Risco Operacional; Valor em Risco.



# Abstract

Operational Risk constitutes an important focus of analysis by professionals in the financial system, regulators and banking supervisors. There is an effort to control this type of risk, which needs to be measured as it affects the value and survival of financial institutions. In particular, it is necessary to be aware that financial techniques used to reduce credit risk do not increase operational risk, highlighting the importance of identifying and evaluating losses that are on the border between Operational Risk and Credit Risk. In this study, we analyze the boundary between Operational Risk and Credit Risk, through a quantitative model of losses of Operational Risk, using a Loss Distribution Approach model (LDA), to obtain measures of Value at Risk (VaR) and Expected Shortfall (ES) with modified data from a Brazilian financial institution. The LDA is used to analyze exposure to events that imply losses that are on the border between credit risk and operational risk, differing from the more common use focused only on operational risk events. The objective of this study is to show how the LDA method can be applied to manage operational losses, as a result of events generated by the interaction between Credit Risk and/or Socio-environmental Risk

**Keywords:** Aggregate Loss Distribution; Loss Distribution Approach; Operating Loss Base; Empirical Distributions; Risk Frontier; Operational Risk; Value at Risk; Expected Shortfall.



# Lista de ilustrações

Figura 1 – Frequência Valor da Causa Atual . . . . .	49
Figura 2 – Tempo de Duração de cada Ação . . . . .	50
Figura 3 – Ranking Tempos de Término das Ações Mais Observados . . . . .	50
Figura 4 – Poisson . . . . .	53
Figura 5 – Binomial Negativa . . . . .	54



# Lista de tabelas

Tabela 1 – Poisson . . . . .	52
Tabela 2 – Binomial Negativa . . . . .	52



# Lista de abreviaturas e siglas

BACEN	Banco Central do Brasil
BCBS	Basel Committee on Banking Supervision
BIS	Bank for International Settlements
BDRO	Base de Dados de Risco Operacional
CMN	Conselho Monetário Nacional
CSLL	Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido
ES	Expected Shortfall
FEBRABAN	Federação Brasileira de Bancos
GIR	Gerenciamento Integrado de Riscos
ICAAP	Processo Interno de Avaliação da Adequação de Capital (Internal Capital Adequacy Assessment Process)
IF	Instituição Financeira
IRPJ	Imposto de Renda Pessoa Jurídica
IRRBB	Interest Rate Risk in the Banking Book
LDA	Modelo de Distribuição de Perdas (Loss Distribution Approach)
PEI	Plano Estratégico Institucional
PRSA	Política de Responsabilidade Socioambiental
RAS	Declaração de Appetite por Riscos (Risk Appetite Statement)
RO	Risco Operacional
RSA	Responsabilidade Socioambiental
VaR	Value at Risk



# Lista de símbolos

$\alpha$	Letra grega Alfa
$\beta$	Letra grega Beta
$\Gamma$	Letra grega Gama
$\Lambda$	Lambda
$\zeta$	Letra grega minúscula zeta
$\in$	Pertence



# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>25</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO TEÓRICA</b>	<b>29</b>
2.0.1	RISCO OPERACIONAL	31
2.0.2	RISCO DE CRÉDITO	32
2.0.3	METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DO RISCO DE CRÉDITO	33
2.0.4	RISCO SOCIOAMBIENTAL	35
2.0.5	FRONTEIRA DE RISCOS	38
2.0.6	MODELO DE DISTRIBUIÇÃO DE PERDAS (LDA - Loss Distribution Approach)	41
2.0.7	ESTATÍSTICA DESCRITIVA	43
<b>3</b>	<b>DADOS E MÉTODO</b>	<b>45</b>
3.0.1	Base de Perdas Operacionais Socioambientais	46
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>49</b>
4.0.1	Análise Descritiva	49
4.0.2	Análise da Distribuição de Perdas	51
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>55</b>
5.0.1	Contribuições do Estudo	55
5.0.2	Sugestão para Estudos Futuros	55
5.0.3	Possíveis limitações do Estudo	56
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>57</b>



# 1 Introdução

As operações, sejam elas de negócios ou de gestão, são atividades que envolvem riscos por sua própria natureza. Com base nisso, instituições financeiras buscam formas de reduzir impactos que os riscos de suas operações possam trazer às organizações. Neste sentido, o gerenciamento dos riscos é considerado uma sistematização de prevenção corporativa, pois permite prever prováveis e possíveis acidentes de percurso e se preparar para evitá-los.

As Instituições financeiras sempre conviveram com o Risco Operacional (RO). No passado, prevenia-se o risco operacional com a utilização de mecanismos simples, grande parte deles fundamentado na segregação de funções.

Na maioria das instituições financeiras não havia outros departamentos envolvidos na avaliação de controles internos e de risco operacional a não ser a auditoria interna.

Mas os serviços financeiros evoluíram. Os mercados e produtos financeiros e a tecnologia e as técnicas utilizadas para produzi-los têm, segundo MARSHALL (MARSHALL, 2002), passado por mudanças ao longo dos últimos 40 anos com profundas implicações para as operações. Mudanças em mercados e produtos e serviços (do lado da demanda) e mudanças de técnicas e tecnologia (do lado da oferta) têm alterado as operações e serviços, o que tem propiciado significativo desenvolvimento da gerência de riscos operacionais.

As ofertas de produtos e serviços também passaram por inovação. Com suas altas margens, novos produtos são especialmente atraentes para concorrentes e rapidamente se tornam commoditizados. Produtos e serviços mais complexos levam a maior risco operacional. Mudanças de escala têm acompanhado as mudanças de escopo dos serviços financeiros. Maiores volumes de transações com maior volatilidade levam a maiores riscos operacionais.

MARSHALL relata que outra fonte de inovação do mercado financeiro tem vindo de acadêmicos, quando afirma que poucos setores têm adotado avanços teóricos advindos do mundo acadêmico com tanto afã quanto o setor de serviços financeiros. Chama à atenção para o fato de que gerentes tentarão cada vez mais quantificar seus riscos operacionais à medida que técnicas de medição de riscos dos setores financeiro e de seguros sejam mais amplamente aplicadas. E alerta que muitas das empresas pioneiras no desenvolvimento da medição de riscos financeiros, como a Algorithmics, o Union Bank of Switzerland (UBS) e o Deutsche Bank, também estão na vanguarda do desenvolvimento de ferramentas para a gerência de riscos operacionais.

Assim, o Risco Operacional ocupa o foco de profissionais do sistema financeiros, reguladores e supervisores bancários no esforço de controlar esse risco, que precisa ser mensurado por afetar o valor e a sobrevivência das instituições.

A automação e a integração de sistemas, quando realizadas de forma descuidada, podem efetivamente aumentar os riscos operacionais ao diminuírem a capacidade da empresa de lidar com mudanças.

Além dos aspectos citados, que são potenciais geradores de riscos operacionais, há outros relacionados à dificuldade de integrar sistemas quando empresas passam por processo de fusão, aquisição, ou de terceirização.

É necessário também ficar atento para que técnicas financeiras de redução do risco de crédito ou do risco de mercado não venham a incrementar o risco operacional.

Uma competência que hoje pode ser considerada essencial e também um diferencial para o gestor, é sua capacidade de conseguir identificar a dinâmica, consequências e impactos dos riscos, além de saber avaliar as causas de sua concretização. Quanto maior sua percepção e capacidade de gerenciamento de aspectos como estes citados, menores serão as chances de exposição às causas.

É um dos grandes desafios da atualidade, na gestão de riscos das instituições financeiras é a “Fronteira de Riscos”. Como avaliar as perdas associadas a eventos na fronteira entre risco operacional e o risco de crédito?

Existem diversas definições para Risco Operacional (RO). O Comitê da Basileia para Supervisão Bancária, que é responsável por formular uma ampla gama de padrões de supervisão e documentos de recomendações de melhores práticas para o setor, define o Risco Operacional como: "Risco de perdas resultantes de processos internos falhos ou inadequados, pessoas, sistemas ou eventos externos". Esta definição é amplamente difundida e a mais utilizada atualmente.

O principal objetivo do Acordo de Capital da Basileia, implantado inicialmente em 1988, é garantir que haja um nível mínimo de capital para proteger e assegurar a solidez do mercado financeiro.

Anteriormente os reguladores descreviam que o risco de crédito cobria "outros riscos" e o risco operacional aí estava incluído. Mas os fatos que ocorreram foram muitas vezes provenientes de fraudes, controles internos deficientes ou problemas de compliance. Assim, o Novo Acordo de Capital da Basileia BIS (Janeiro de 2001) previu a separação entre risco de crédito e risco operacional. O risco operacional tornou-se o terceiro risco coberto pelo Acordo de Basileia II ([BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS, 2001](#)).

De acordo de Basileia II, as categorias de eventos de perda operacional são enquadradas em dois níveis, sendo incorporadas na regulamentação brasileira desde 2006 e estão descritas nas normas Resolução CMN 4.557/2017 e Circular BACEN 3.979/2020.

Os eventos de fronteira entre os riscos operacional e demais riscos da instituição,

são perdas operacionais, cuja origem seja evento de falha, deficiência ou inadequação de processos internos, pessoas ou sistemas e que tenham como consequências perdas financeiras materializadas em eventos de crédito, mercado, socioambiental ou reputacional.

Nesse estudo, será analisado a Base de Perdas Socioambientais jurídicas, com eventos de fronteira de risco entre o risco de crédito e o risco operacional.

Tais eventos geraram uma fronteira de riscos, por terem origem em contratos de créditos habitacionais e que, por descumprimento de algum ato ou norma socioambiental, resultaram em ações jurídicas, com perdas operacionais para a instituição.

Analisaremos a Fronteira entre o Risco Operacional e o Risco de Crédito, por meio de um exemplo prático da quantificação de perdas de Risco Operacional, utilizando um Modelo de Distribuição de Perdas Agregadas - LDA, Loss Distribution Approach - para obter Value at Risk - VaR e Expected Shortfall - ES.



## 2 Revisão Teórica

As origens da palavra risco remontam ao latim *resicare* (“cortar separando”). Seu significado original vinha da noção de perigo que os navegantes tinham ao passar por rochas perigosas e pontiagudas (JORION, 1999). Deriva também do italiano antigo “*risicare*” (ousar), sentido em que o risco é uma opção e não um destino. A história do risco trata das ações que ousamos tomar, que dependem de nosso grau de liberdade de opção (BERNSTEIN, 1997), para quem “essa história ajuda a definir o que é um ser humano”.

GITMAN (GITMAN, 1997) considera risco como a possibilidade de que os resultados realizados possam diferir daqueles esperados. Recorda que os acionistas têm aversão ao risco, que é a determinação de evitá-lo. Quando há risco envolvido eles esperam taxas de retorno mais altas nos investimentos com riscos mais altos e taxas de retorno mais baixas naqueles com riscos baixos.

Risco pode ser definido como a volatilidade de resultados inesperados, normalmente relacionada ao valor de ativos ou passivos de interesse (JORION, 1999).

É importante distinguir risco de incerteza. Risco se aplica a resultados que, embora não certos, tenham probabilidades que possam ser estimadas pela experiência ou por dados estatísticos. A incerteza está presente quando o resultado não pode ser previsto, nem mesmo em um sentido probabilístico. Na prática, a incerteza está sempre presente e qualquer análise deve testar suas suposições de risco (ou seja, distribuições teóricas) através da análise de sensibilidade, que utiliza suposições alternativas e avalia o impacto da mudança (MARSHALL, 2002).

Enquanto não se distingue o acontecimento realmente aleatório de outro resultante de causa e efeito, não se sabe se o que se vê é o que se obterá, nem como foi obtido o que se obtém. Ao correr risco, aposta-se em um resultado que será consequência de uma decisão tomada, embora sem saber ao certo qual será o resultado. “A essência da administração do risco está em maximizar as áreas onde temos certo controle sobre o resultado, enquanto minimizamos as áreas onde não temos absolutamente nenhum controle sobre o resultado e onde o vínculo entre efeito e causa está oculto de nós.” (BERNSTEIN, 1997)

Para JORION (1999), os negócios das empresas estão relacionados à administração de riscos. Aquelas com maior competência têm êxito, outras não. Embora algumas aceitem os riscos financeiros incorridos de forma passiva, outras esforçam-se por ter vantagem competitiva, expondo-se a riscos de maneira estratégica. Porém, em ambos esses riscos devem ser monitorados cuidadosamente, visto que podem acarretar grandes perdas. O autor recorre à citação de Walter Wriston, ex-presidente do Citicorp “tudo na vida é administração de risco, não sua eliminação”.

Para GITMAN (1997), as pessoas racionais estão sempre assumindo riscos e os administradores de empresas devem entender a relevância do risco e do retorno para as suas atividades diárias. Algumas perguntas devem sempre ser feitas: Qual o nível de risco relativo a nossas decisões? São duas alternativas de risco igual ou diferente? Qual é a compensação por se optar pela alternativa com maior risco? Tais questões exigem que o administrador defina, identifique, analise e meça o risco e decida qual é o retorno a ser exigido para fazer com que o risco valha a pena. Para o autor o administrador manifesta três tipos de atitude com relação ao risco: indiferença ao risco é quando nenhuma mudança no retorno seria exigida em vista de um aumento de risco; aversão ao risco é quando um incremento de retorno seria exigido em vista de um aumento de risco; tendência ao risco é quando uma diminuição de retorno poderia ser aceita em vista de um aumento de risco.

Para JORION (1999), as empresas estão expostas a três tipos de risco: riscos operacionais, são aqueles assumidos voluntariamente, a fim de criar vantagem competitiva e valorizar a empresa perante seus acionistas; riscos estratégicos, resultam de mudanças fundamentais no cenário econômico ou político, como por exemplo foi a extinção da União Soviética no final de década de 1980, que proporcionou declínio gradual nos gastos com armas, afetando diretamente esse setor industrial; riscos financeiros, estão ligados a possíveis perdas nos mercados financeiros, devidas às oscilações de variáveis financeiras como taxas de juro e de câmbio. A exposição a riscos financeiros pode ser otimizada cautelosamente, para que as empresas possam concentrar-se no que fazem melhor, que é administrar suas exposições a riscos operacionais.

Há mecanismos para as instituições se defenderem (hedgear-se) com eficácia contra riscos financeiros. Hedgear um risco financeiro é como adquirir um seguro, uma vez que o "headge" fornece proteção contra os efeitos adversos das variáveis sobre as quais as empresas e os países não têm controle. Os métodos eficazes de proteção contra riscos financeiros, ou de especulação com os mesmos, foram criados por nova área da administração de recursos denominada engenharia financeira, e receberam o nome de derivativos.

Normalmente, as instituições financeiras se deparam com várias fontes de riscos, que são classificados em cinco grandes grupos (JORION, 1999):

1. Risco de Mercado. Surgem de mudanças nos preços (ou volatilidades) de ativos e passivos financeiros. São mensurados pelas mudanças no valor das posições em aberto ou nos ganhos.

2. Risco de Crédito. Surgem quando as contrapartes não desejam ou não são capazes de cumprir suas obrigações contratuais. São mensurados pelo custo de reposição de fluxos de caixa, caso a outra parte fique inadimplente.

3. Risco de Liquidez. Surge quando uma transação não pode ser conduzida pelos preços de mercado prevalentes, devido a uma atividade insuficiente de mercado (risco de

liquidez mercado produto), ou quando há impossibilidade de cumprir as obrigações relativas aos fluxos de caixa, o que pode forçar a liquidação antecipada de contratos, transformando perdas escriturais em perdas reais (risco de liquidez de fluxo de caixa-obtenção de recursos).

4. Riscos Legal. Surge quando uma contraparte não possui autoridade legal ou regulatória para se envolver em uma transação.

5. Risco Operacional. Os riscos operacionais referem-se às perdas potenciais resultantes de sistemas inadequados, má administração, controles defeituosos ou falha humana, a qual inclui o risco de execução, correspondente a situações em que as operações não são executadas, resultando, às vezes, em atrasos onerosos ou em penalidades. Em termos mais genéricos, o risco de execução relaciona-se a qualquer problema nas operações de back office (retaguarda), pertinente ao registro de transações e à reconciliação de operações individuais com a posição agregada da instituição.

O risco operacional também inclui fraude e risco tecnológico, o qual se refere à necessidade de proteger os sistemas contra acesso não autorizado e violações. Outros exemplos são falhas de sistema, prejuízos oriundos de desastres naturais ou acidentes envolvendo pessoas importantes. Questões ligadas à avaliação de ativos também podem criar sérios problemas operacionais.

## 2.0.1 RISCO OPERACIONAL

GITMAN (1997) sintetiza o risco operacional como “o risco de não poder cobrir os custos operacionais”.

A melhor proteção contra os riscos operacionais consiste na redundância de sistemas, na separação transparente de responsabilidades com controles internos rígidos e no planejamento regular de contingências.

Como medida preventiva, os modelos devem estar sujeitos a avaliações independentes, utilizando preços de mercado, quando disponíveis, ou avaliações objetivas com dados fora da amostra.

Para MARSHALL (2002) há várias justificativas comuns para as empresas gerenciarem seus riscos operacionais:

- Pressões Regulatórias. Os reguladores estão propondo que montantes cada vez maiores de capital sejam reservados para riscos operacionais. Um programa de gerência de risco operacional devidamente implementado pode ajudar a quantificar esses riscos. Gerentes de risco operacional podem então trabalhar em conjunto com órgãos reguladores para confirmar o cumprimento e ajudar a convencê-los da qualidade da gerência de risco de um banco, assim ajudando a liberar capital de risco custoso.

- Fusões e Aquisições. Evitar a proliferação de riscos operacionais causados pela

necessidade de integração pós-fusão.

- **Integração de Melhores Práticas.** Gerentes de riscos operacionais podem tomar a liderança na integração e disseminação de melhores práticas de risco em uma ampla gama de funções. Em especial, isto significa a padronização de respostas gerenciais a riscos comuns em vez de depender de abordagens ad hoc de funções administrativas ou de unidades de negócios específicos.

- **Agregação de Riscos.** Programas de riscos operacionais podem agregar riscos de uma série de linhas de negócios para obter uma visão global de riscos em toda a empresa. Isto ajuda a identificar hedges naturais e a direcionar a atenção da gerência para exposições comuns à empresa como um todo, deslocando-a da custosa gerência de riscos fragmentada, por meio de sistemas de controle desenvolvidos localmente.

- **Novos Produtos e Serviços.** A gerência sênior, assim como vendas, marketing e negociação da linha de frente, podem não compreender plenamente os riscos ocultos envolvidos em seus novos produtos e serviços, tais como riscos de liquidez, riscos de modelos e exposições de crédito.

- Gerentes de risco operacional devem investigar ativamente propostas de novos produtos e serviços em busca de riscos ocultos. Também devem liderar o desenvolvimento de soluções ou políticas gerenciais e de controle para minimizar riscos desnecessários.

- **Alocação de Recursos.** A mensuração de desempenho e a alocação de recursos pressupõem medições que incorporam todos os riscos associados àquele negócio ou atividade. Mensurações de risco operacionais ajudam a evitar problemas de perigo moral através dos quais os riscos são passados de uma área de negócios a outras.

Algumas características intrínsecas do risco operacional implicam nas formas de quantificação (SHAH, 2005):

- Riscos Operacionais são endógenos: variam significativamente baseados nas operações da empresa: necessitam de dados internos específicos e que precisam ser representativos do ambiente atual.

- Riscos Operacionais são geridos por mudanças nos processos, tecnologias, pessoas, organização e cultura - não pelo mercado de capitais: há a necessidade de se modelar o risco como função de decisões operacionais e dos fatores geradores das perdas.

## 2.0.2 RISCO DE CRÉDITO

Define-se risco de Crédito como a possibilidade de ocorrências de perdas associadas ao não cumprimento pelo tomador ou pela contraparte de suas respectivas obrigações financeiras nos termos pactuados, à desvalorização de contrato de crédito decorrente da deterioração na classificação de risco do tomador, à redução de ganhos ou remunerações,

às vantagens concedidas na renegociação e aos custos de recuperação.

Não são considerados riscos de crédito as perdas associadas aos contratos onde a causa-raiz é a fraude interna ou externa.

Nesses casos, a perda decorrente desse fato é considerada evento de risco operacional, devendo o valor associado ao contrato estornado da base de crédito com a marcação devida de fraude.

O risco de crédito se configura por impactos negativos nos resultados ou no capital que ocasiona o não cumprimento dos compromissos financeiros com a Instituição de Crédito, assim podendo acarretar, em uma falência potencial (PEREIRA, 2015).

### 2.0.3 METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DO RISCO DE CRÉDITO

Para minimizar os riscos de crédito, foram definidas metodologias de risco de crédito, que para estimarem os riscos, necessitam do conhecimento sobre o mercado de interesse a respeito de seu funcionamento, das variáveis para predição e de sistemas computacionais, porém os cálculos dos modelos não possuem uniformidade (DUARTE, 1996).

A construção de modelos de análise de risco de crédito, são baseadas em diversas ferramentas como econometria, simulação, otimização, análise discriminante ou a combinação entre elas. E sua qualidade é determinada pela adequada aplicação da ferramenta técnica disponível (CHEVALIER, 2004).

Os modelos de mensuração de risco de crédito na visão de CAOINETTE et al. (CAOINETTE JOHN B.; ALTMAN, 2000), podem ser classificados em duas dimensões: técnicas empregadas e domínio de aplicação no processo de crédito. As técnicas mais empregadas são:

- Técnicas Econométricas: são metodologias que utiliza de tratamento estatístico de dados como, por exemplo, Modelo de Probabilidade Linear (LPM), Modelo Logit, Modelo Probit e Análise Discriminante Múltipla (MDA), aplicável a todos os processos de decisão binária. Que considera indicadores contábeis e financeiros, além de variáveis econômicas. Tem por objetivo levantamento histórico, por meio de modelagem matemática, de modo a fornecer informações para a tomada de decisão para um horizonte de curto prazo (ALEGRE, 2015).

- Modelos de Otimização: visa maximizar lucros e minimizar erros a partir de técnicas de programação matemática, utilizando pesos ideais de atributos do credor (GODÓI, 2008).

- Redes Neurais: são modelos computacionais, inspirado no sistema nervoso e seus neurônios muito utilizados pra classificação e regressão na tomada de decisão, utilizam dos mesmos dados das técnicas econométricas (KOVÁCS, 2002).

- Sistemas Especialistas: esse sistema copia o modo de pensar de um analista experiente, seu raciocínio e sua tomada de decisão. Ele é baseado em regras e especificado por um base de conhecimento, um conjunto de regras de decisão, índices financeiros e as preferencias do analista (CAOINETTE et al., 2000).

- Sistemas Híbridos: utilizam da computação, estimativas e simulação direto, que são movidos por uma relação causal direta (em partes), e seus os parâmetros são definidos por meio de técnicas de estimativa (CAOINETTE et al., 2000).

De acordo com Neto (NETO A. A. M., 2002), as técnicas econométricas possuem a finalidade de dar maior clareza ao que se pretende mensurar. No âmbito financeiro, para avaliação do risco de crédito, as instituições utilizam com frequência técnicas econométricas, e podem ser facilmente replicadas em diferentes bases de dados (PALMEIRA, 2019).

Em modelos de risco de crédito, a utilização de técnicas econométricas é amplamente utilizada, pois são capazes de reduzir o tempo e o custo necessários para avaliar uma alternativa, além de fornecer as informações necessárias para a tomada de decisão (MENDES, 2002).

De acordo com Evans e Honkapohja (EVANS GEORGE W.; HONKAPOHJA, ), o aprendizado obtido das técnicas econométricas assume uma racionalidade limitada dos agentes, porém são mais realistas e possuem consistência cognitiva.

De acordo com Akkoç (AKKOÇ, 2012), as redes neurais artificiais são técnicas computacionais quem tem por base a estrutura neural de cérebros humanos que obtém o conhecimento através de experiencias adquiridas.

Para Plamuti (PLAMUTI, 2012), a grande vantagem dessa metodologia é que diferente dos modelos tradicionais em que exige a tomada de decisão de um problema, esta aprende a resolver problemas através da interação com o ambiente externo.

Com relação à análise de risco de crédito, estas necessitam da tomada de decisão, que utilizam de diversas informações, muitas delas subjetivas e com dados intangíveis o que dificulta o processo de decisão (PIRES, 2008).

Devido à essas particularidades, é que a rede neural é uma ferramenta adequada para o apoio a tomada de decisão na análise de risco de crédito, pois permite de forma eficaz a obtenção de informação de diferentes fontes de forma organizada o que admite a interpretação e classificação de dados, e assim sendo possível identificar os bons e maus pagadores, por meio da aprendizagem sistemática o que aumenta o seu desempenho (LIMA, 2009).

Os Sistemas Especialistas para análise de risco de crédito podem ser conceituados de diversas formas e foi feito por diversos autores ao longo do tempo.

McLaren (MCLAREN, 1985), conceitua sistemas especialistas como sistema que

simulam a tomada de decisão por especialista em uma área específica de conhecimento.

Na visão de Holsapple et al. (HOLSAPPLE CLYDE W.; TAM, 1988) sistemas especialistas são softwares que imitam o raciocínio empreendido por especialistas em uma estrita área de conhecimento. Entretanto, os sistemas especialistas são conhecidos por inteligência artificial (CHEVALIER, 2004), assim neste estudo traz-se uma visão mais atualizada deste conceito.

Sistemas especialistas são aplicações da inteligência artificial, planejados para adquirir e disponibilizar o conhecimento operacional de um especialista humano, além de inferir conclusões, ter capacidade de aprender novos conhecimentos e, desse modo melhorar o seu desempenho de raciocínio, e a qualidade de suas decisões (PASOTTO DANIELA; PAZO, 2003).

Porém, os sistemas especialistas possuem três desvantagens: a primeira é que não apresenta consistência temporal na concessão, pois a decisão está atrelada a subjetividade das opiniões de cada analista onde cada um adjudicam pesos diferentes para cada item, a segunda desvantagem está relacionada a necessidade da experiência precedente de cada especialista, ou seja, existe a necessidade de cada que avaliador tenha vivência sólida sobre o assunto e a terceira desvantagem é que o sistema especialista não está ajustado com os objetivos estratégico da empresa (SOUSA ALMIR FERREIRA DE; CHAIA, 2010).

Mesmo com as desvantagens, os autores supracitados indicam que a análise por sistemas especialistas pode ser muito eficaz na concessão de crédito e análise de seus riscos, pois é uma análise personalizada e baseada nas características individuais de cada cliente, e cada analista tem sua visão particular de cada cliente de acordo com sua vivência e experiência anteriores.

#### 2.0.4 RISCO SOCIOAMBIENTAL

O gerenciamento dos riscos sociais, ambientais e climáticos deve atender , dentre outras, às seguintes regulamentações bancárias:

- a) Resolução CMN nº 4.327/2014;
- b) Resolução CMN nº 4.557/2017;
- c) Normativo de Autorregulação Bancária SARB14 (Sistema de Autorregulação Bancária – FEBRABAN);
- d) Resolução CMN nº 4.943/2021 (a partir de 01 JUL 22).

A Resolução do Conselho Monetário Nacional (CMN) nº 4.327 de 25/04/2014, dispõe sobre as diretrizes que devem ser observadas no estabelecimento e na implementação da Política de Responsabilidade Socioambiental (PRSA) pelas instituições financeiras e demais instituições autorizadas a funcionar pelo Banco Central do Brasil. O art. 4 da

Resolução CMN nº 4.327/2014, define o risco socioambiental como a possibilidade de ocorrência de perdas das instituições decorrentes de danos socioambientais.

Reforça-se que tal risco deve ser considerado como um componente das diversas modalidades de risco a que estão expostas. Portanto, cabe as demais modalidades de risco considerar a relação de seus eventos com os de natureza socioambiental devendo o gerenciamento de risco socioambiental prever esta relação de "fronteira" em especial quando relacionado ao risco de crédito, risco reputacional, risco de mercado, risco de terceiros e risco legal.

A Res. CMN nº 4.327/2014 relaciona comandos específicos para o gerenciamento do risco socioambiental estando vinculada ao Gerenciamento Integrado de Riscos (GIR) definido na Res. CMN nº 4.557/2017.

Os comandos específicos contidos nesta resolução estão associados aos riscos de crédito (seção IV), risco de mercado e IRRBB – Interest Rate Risk of Banking Book (seção V), risco operacional (seção VI) e risco de liquidez (seção VII).

Assim o gerenciamento de Risco Socioambiental é orientado apenas para os comandos gerais da Res. Nº 4.557/2017 dispostos no capítulo I, II e III, sendo este último somente quanto as seções I e II, além dos capítulos IV e V.

De acordo com o Normativo de Autorregulação SARB14, a IF registrará os dados referentes às perdas que decorram de danos sociais, ambientais e climáticos pelo período mínimo de 5 (cinco) anos contados da sua identificação.

Em 2022, a Res. CMN nº 4.557/2017 sofreu alteração pela CMN nº 4.943/2021 que criou o risco social, ambiental e climático, revogando a Res. CMN nº 4.327/2014, passando a constar na GIR os comandos específicos destes novos riscos que substituiu o conceito do risco socioambiental. A Resolução CMN nº 4.943/2021 altera a resolução 4.557/17 apresentando o desdobramento do risco socioambiental em social, ambiental e climático.

Segundo a Resolução CMN nº 4.943/2021, vigente a partir de 01 JUN 22, o gerenciamento de riscos sociais, ambientais e climáticos deve prever o registro de dados relevantes para o gerenciamento, incluindo, quando disponíveis, dados referentes às perdas incorridas pela instituição, discriminadas, conforme o caso, em risco social, risco ambiental ou risco climático e com respectivo detalhamento de valores, natureza do evento, região geográfica, definida com base em critérios claros e passíveis de verificação, e setor econômico associado à exposição .

A Resolução CMN nº 4.943/2021, destaca ainda que devem constar da base de dados de risco operacional as perdas operacionais associadas ao risco social, ao risco ambiental e ao risco climático, independentemente de também constarem de outras bases de dados.

Define-se o Risco Social como a possibilidade de ocorrência de perdas para a instituição ocasionadas por eventos associados à violação de direitos e garantias fundamentais ou a atos lesivos a interesse comum.

Interesse comum é aquele associado a grupo de pessoas ligadas jurídica ou factualmente pela mesma causa ou circunstância, quando não relacionada à definição de risco ambiental, de risco climático de transição ou de risco climático físico.

A Resolução CMN nº 4.943/2021 aborda alguns exemplos não exaustivos (e não necessariamente aplicáveis a todas as IFs) de riscos sociais.

Define-se o Risco Ambiental como a possibilidade de ocorrência de perdas para a instituição ocasionadas por eventos associados à degradação do meio ambiente, incluindo o uso excessivo de recursos naturais.

A Lei que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6.938/81) consagrou o regime da responsabilidade objetiva (teoria do risco integral) para reparação e indenização de danos causados ao meio ambiente e a terceiros afetados, assim como estabeleceu o conceito de poluidor pagador e da responsabilização solidária, podendo, assim, impactar as instituições financeiras.

Os crimes ao meio ambiente são considerados imprescritíveis pelo Supremo Tribunal Federal.

Define-se o Risco Climático, em suas vertentes de risco de transição e de risco físico, como:

- Risco climático de transição: possibilidade de ocorrência de perdas para a instituição ocasionadas por eventos associados ao processo de transição para uma economia de baixo carbono, em que a emissão de gases do efeito estufa é reduzida ou compensada e os mecanismos naturais de captura desses gases são preservados; e

- Risco climático físico: possibilidade de ocorrência de perdas para a instituição ocasionadas por eventos associados a intempéries frequentes e severas ou a alterações ambientais de longo prazo, que possam ser relacionadas a mudanças em padrões climáticos.

As perdas sociais, ambientais e climáticas podem ter as seguintes origens:

- Desvalorização do valor do imóvel no momento da venda ou em função de baixa contábil decorrente da identificação de dano social, ambiental ou climático, como, por exemplo: (i) contaminação ambiental, (ii) passivo ambiental relacionado a área de preservação permanente e/ou reserva legal, (i ii) identificação de área degradada por desmatamento irregular, deslizamento de terra, dano ao patrimônio histórico, arqueológico e cultural e (iv) expropriação de imóvel ou embargo a imóvel por prática de trabalho escravo.

- Perdas atreladas a gastos de manutenção de imóvel que tenham relação com

a ocorrência de dano social, ambiental ou climático, como, por exemplo: (i) ações para descontaminação de terreno, (ii) recuperação de áreas de preservação permanente, reserva legal, e/ou unidade de conservação, (iii) remoção/destinação adequada de resíduos perigosos, (iv) recuperação/ restauração do patrimônio histórico, arqueológico ou cultural.

- Processos administrativos e judiciais, que causem à Instituição perdas efetivas decorrentes de provisão, condenação ou pagamento de multas geradas por ações corretivas para (i) destinação de resíduos sólidos, (ii) despoluição e descontaminação de áreas, (iii) licenciamento ambiental, além de restrição de uso e/ou ocupação de áreas e imóveis, tombamento de bens, entre outros exemplos.

## 2.0.5 FRONTEIRA DE RISCOS

A Resolução BACEN nº 4.327/2014 determina, em seu artigo 6º, II, a necessidade de marcação de perdas efetivas em função de Danos sociais, ambientais e climáticas, identificando os itens que devem constar da base de perdas, pelo período mínimo de cinco anos, incluindo valores, tipo, localização e setor econômico objeto da operação.

Os campos mínimos que devem constar da base de perdas, tendo como referência as disposições da Resolução nº 4.327/2014 e do Sistema de Autorregulação Bancária – FEBRABAN - SARB 14/2014.

O parágrafo 2º do art. 34 da Resolução CMN nº 4.943/2021, que atualiza a Resolução CMN nº 4.557/2017, define que devem constar da base de dados de risco operacional, as perdas operacionais associadas ao risco de crédito, mercado, ao risco social, ao risco ambiental e ao risco climático, independente de constarem de outras bases de dado.

A definição de premissas para enquadramento dos eventos de Risco Operacional com correlação com riscos de mercado, cibernético e socioambiental na base de Dados de Risco Operacional – BDRO, para fins de mensuração mensal e envio ao Banco Central, estão dispostas na Circular BACEN 3.979/2020.

De acordo com essa Circular, as perdas decorrentes de eventos de RO devem ser categorizadas em:

- Fraudes internas;
- Fraudes externas;
- Demandas trabalhistas e segurança deficiente do local de trabalho;
- Práticas inadequadas relativas a clientes, produtos e serviços;
- Danos a ativos físicos próprios ou em uso pela Instituição;
- Eventos que acarretem a interrupção das atividades da Instituição;

- Falhas em sistemas de tecnologia da informação;
- Falhas na execução, cumprimento de prazos e gerenciamento das atividades.

Conforme a Circular BACEN 3.979/2020, são exemplos apresentados no documento de especificação do regulador:

- Fronteira de Risco Mercado em relação ao operacional: Falhas do operador de mercado na mesa de operações de tesouraria (“front-office”) ou por uma analista na área operacional da tesouraria (“back-office”).

- Fronteira de Risco Crédito em relação ao operacional: Créditos sem garantia real ou créditos sem garantia real para os quais seja necessário iniciar e manter a ação de cobrança judicial resultam em perda definitiva para a Instituição Financeira, ou seja, perda indedutível para fins de Imposto de Renda Pessoa Jurídica - IRPJ e Contribuição Social sobre o Lucro Líquido - CSLL, caso a cobrança seja iniciada em até 5 anos após o default. Nesse caso, além da perda de crédito, haverá pagamento de IRPJ e CSLL a maior que devem ser tratados como perdas de Risco Operacional na fronteira Risco Operacional x Risco de Crédito.

A fronteira entre o risco operacional e demais riscos deve ser avaliada pela área operacional ou de negócios (1ª linha de defesa), ao identificar a origem primária do evento. Se a causa-raiz do evento estiver associada ao Risco Operacional, a eventual perda financeira deverá ser reportada para registro na Base de Perdas Operacionais.

Perdas relacionadas aos contratos de crédito, quando não marcados e baixados devidamente nas informações de risco de crédito, influenciam negativamente a acurácia dos modelos de riscos.

Dessa forma, eventuais falhas operacionais no gerenciamento das operações de crédito que gerem perdas secundárias são consideradas perdas operacionais com fronteira em risco de crédito.

Ressalte-se que as despesas de provisão também são perdas operacionais e devem compor a base dados de perdas operacionais.

As provisões judiciais podem ser definidas como reconhecimento antecipado de despesa para atender a possíveis perdas de Risco Operacional e estão relacionadas ao pagamento de condenações judiciais, seguindo regramento do Pronunciamento Técnico Provisões, Passivos Contingentes e Ativos Contingentes do Comitê de Pronunciamentos Contábeis – CPC 25, de 26/06/2009, autorizada sua utilização pela Resolução CMN nº 3.823/2009.

Os eventos listados como fronteira entre risco operacional e risco de crédito, tem como consequência, na maioria dos casos, acionamentos judiciais e pagamentos de multas demandados por órgãos controle ou de supervisão.

Nesses casos, as perdas operacionais de origem judicial cujo grupo de assunto ou assunto tenha relação com os casos apresentados, devem ser marcados na base de dados de risco operacional.

Ainda, eventos de perda operacional relacionadas a multas cujo motivo apresente relação com os casos apresentados, devem ser marcados na base de dados de risco operacional.

A BDRO é a consolidação de registros de perdas operacionais com a finalidade de demonstrar, de forma agregada, os valores associados à mesma ocorrência de origem, incluindo o detalhamento gerencial e a rastreabilidade contábil.

A BDRO deve conter os dados mínimos requeridos pela Circular, dentre elas a marcação de eventos que apresentam correlação com o risco de crédito, mercado, socioambiental e cibernético, conforme Artigo 5º da Circular BACEN 3.979/2020:

“Art. 5º A base de dados de risco operacional deve conter, para cada evento de risco operacional: IX - a identificação, quando aplicável, das perdas operacionais ligadas a: a) risco de crédito, conforme definido no art. 21 da Resolução nº 4.557, de 2017; b) risco de mercado, conforme definido no art. 25 da Resolução nº 4.557, de 2017; c) risco socioambiental, conforme definido na Resolução nº 4.327, de 2014; e d) risco cibernético, conforme definido no inciso III do art. 3º desta Circular;”

As premissas em relação à marcação desses eventos na BDRO devem ser identificadas com base em critérios consistentes e passíveis de verificação.

Para a identificação de eventos de fronteira é necessário adotar um procedimento sistemático, pelo qual essa identificação e eventual inclusão na base de risco operacional possa se tornar uniforme e menos propensa a erros.

O processo de identificação de eventos de fronteira deve ser continuamente aperfeiçoado e refletido nos sistemas de tecnologia da informação utilizados na consolidação das informações de RO.

A base de perdas operacionais também deve dispor de campo específico para a identificação do outro risco associado ao operacional e o processo atual de contabilização das perdas veda a dupla-contagem desses eventos fronteiriços uma vez que não permite a utilização da mesma informação para cálculos concorrentes.

Por isso, embora a área de RO seja a responsável por consolidar e acompanhar, junto às demais áreas, as ações visando mitigar os riscos operacionais inerentes aos negócios da empresa e atender à legislação pertinente, o controle interno de cada área tem a responsabilidade, como 1ª linha de defesa, de assegurar a efetividade da gestão do risco no dia-a-dia.

O parágrafo 2º do art. 34 da Resolução CMN 4.943/21, que atualiza a Resolução

CMN 4.557/17, define que devem constar da base de dados de risco operacional as perdas operacionais associadas ao risco de crédito, mercado, ao risco social, ao risco ambiental e ao risco climático, independente de constarem de outras bases de dados.

As premissas em relação ao risco socioambiental devem ser segregadas entre social, ambiental e climático quando a o documento DRO 5050 alterar a estrutura do leiaute em virtude da revisão da Resolução CMN n° 4.557/2017.

## 2.0.6 MODELO DE DISTRIBUIÇÃO DE PERDAS (LDA - Loss Distribution Approach)

O Comitê da Basileia exigia que os bancos criassem uma base de dados de perdas, mas não havia uma definição clara do que representaria uma perda operacional.

Tendo isto em vista e a dificuldade em se criar uma metodologia definitiva para gerir o Risco Operacional, os reguladores da Basileia propuseram um framework com quatro níveis diferentes de complexidade aos quais os bancos deveriam se adequar (NYSTRÖM; SKOGLUND, 2002).

1. Método do Indicador Básico (Basic Indicator Approach - BIA): deveria haver um capital retido para proteção de eventuais perdas provenientes de Riscos Operacionais (Capital at Risk - CaR) calculado como o produto de um indicador financeiro, por exemplo a receita bruta, por um fator multiplicativo fixo chamado fator  $\alpha$ .

2. Método Padronizado (Standardized Approach - AS): o banco seria segmentado em linhas de negócio padronizadas onde o CaR de cada linha de negócio seria calculado como o produto de um indicador financeiro, por exemplo a receita bruta, por um fator multiplicativo fixo chamado fator  $\beta$ .

3. Método das Medidas Internas (Internal Measurement Approach - IMA): permite a utilização da própria base de dados interna dos bancos para cálculo do capital requerido. O risco operacional é categorizado de acordo com uma matriz padrão para as unidades de negócio e tipos de eventos de risco operacional. O capital requerido para cada par unidade de negócio / evento de risco operacional é calculado multiplicando-se a perda esperada do par por um fator multiplicativo fixo, chamado fator  $\gamma$ . A perda esperada é calculada utilizando-se a própria avaliação interna da companhia sobre a probabilidade de perda por evento, de cada par unidade de negócio / evento de risco operacional multiplicada por um valor representando a perda dado que o evento ocorreu. A perda esperada também deve ser ajustada por um fator de escala que mede o tamanho da exposição ao risco de cada unidade.

4. Método da Distribuição de Perdas (Loss Distribution Approach - LDA): Permite maior flexibilidade para o banco, dado que ele pode estimar toda a distribuição de perda -

ou um quantil. O capital requerido total é calculado como a soma dos Valores em Risco (Value at Risk - VaR) de cada para linha de negócio / evento de risco operacional. O LDA é considerado um método mais rigoroso e com maior potencial de assertividade do que os outros. Teoricamente a perda esperada é coberta pelas provisões financeiras, então o capital requerido é uma medida das perdas inesperadas, computado, por exemplo, como o VaR (um percentil alto da distribuição) menos a perda esperada.

O Loss Distribution Approach - LDA é um método estatístico/atuarial para computar distribuições de perdas agregadas (KLUGMAN S.A; WILLMOT, 1998).

O LDA se baseia em modelos preditivos para a distribuição de probabilidade da severidade e da frequência, um ano à frente, para cada unidade de risco – par linha de negócio / tipo de evento de perda. Normalmente, o modelo de previsão é ingênuo, considerando as distribuições de probabilidade da severidade e da frequência de uma unidade de risco um ano à frente iguais às respectivas distribuições de probabilidade subjacentes baseadas somente nos dados internos (COLEMAN, 2003).

De acordo com COLEMAN, o LDA permite fazer previsões, análise de cenários, teste de estresse e análise de custo-benefício – inclusive para transferência de risco.

Muitas pesquisas revelam que a distribuição de severidade é o componente mais importante em modelos quantitativos de risco operacional, e a escolha da distribuição de severidade geralmente tem um impacto muito mais severo no capital do que a escolha da distribuição de frequência (J ZHU X, 2009).

O Comitê da Basileia II em seu Apêndice 6, apresenta o LDA conforme traduzido a seguir: “Sob a Abordagem de Distribuição de Perdas, o banco estima, para cada célula de linha de negócio/tipo de risco, a distribuição de probabilidade funções do impacto do evento único e a frequência do evento para o próximo (um) ano usando seus dados internos e calcula a função de distribuição de probabilidade de a perda operacional acumulada”.

Entretanto, a distribuição de probabilidade das perdas operacionais por si só não representa uma medida simples para o risco operacional. Por isso, o Novo Acordo estabelece que para obtenção do valor de capital alocado para risco operacional, os bancos deverão calcular o VaR, com horizonte de um ano, para um intervalo de confiança de 99,9%.

Em termos práticos, este VaR corresponde ao quantil 99,9% da distribuição de probabilidade das perdas operacionais de uma unidade de risco, que é determinada pela agregação das distribuições de probabilidade da severidade e da frequência desta determinada unidade de risco com horizonte de um ano.

O processo estocástico gerador das perdas operacionais quase nunca determina uma distribuição normal subjacente, ao contrário da hipótese Gaussiana geralmente assumida pelo modelo de VaR para risco de mercado (Cruz, 2002).

O modelo de VaR para o risco de mercado não utiliza a frequência dos eventos, pois os preços seguem um processo estocástico contínuo, isto é, assume-se que sempre existe uma cotação de preço disponível para um papel, enquanto o mercado estiver aberto. Logo, não é possível contar a quantidade de eventos em um período para o risco de mercado, o que não ocorre com as perdas operacionais. Assim as quantidades de perdas operacionais em períodos pré-determinados seguem um processo estocástico discreto, tais como: Poisson, Poisson misturado, Cox etc (Cruz, 2002).

No modelo LDA, o capital regulatório é uma medida de VaR chamada OPVaR (Operational Value at Risk).

Em sua definição formal, o VaR de um portfólio é uma função com dois parâmetros: o horizonte de tempo ( $T$ ) e o nível de confiança ( $X$ ). Ele representa o nível de perda que temos  $X\%$  de confiança que não vai ser excedido em um período  $T$ , podendo ser calculado tanto pela distribuição de probabilidades dos ganhos quanto pela distribuição de probabilidades das perdas (MORETTIN, 2008).

Como exemplo, ao utilizar  $T$  representando três dias e  $X=90$ , o Valor em Risco é a perda no décimo percentil da distribuição de ganhos esperados dos próximos três dias. Da mesma forma, é a perda no nonagésimo percentil da distribuição de perdas dos próximos três dias. Genericamente, quando utilizada a distribuição de ganhos, o VaR é igual ao negativo dos ganhos no  $(100-X)$ -ésimo percentil da distribuição.

Já o Expected Shortfall (ES) é uma medida de risco que produz benefícios adicionais ao Value At Risk (VaR), podendo ser referida como Conditional Value At Risk (CVaR), Average Value At Risk (AVaR) ou Expected Tail Loss (ETL).

Como definição (YAMAI YASUHIRO et al., 2002), o Expected Shortfall se conceitua como uma medida de risco quantitativa e responde a seguinte pergunta: qual é a perda média, sabendo que a perda está acima do VaR? E também: se as coisas ficarem ruins, qual é a perda esperada?

Assim como o VaR, o ES apresenta dois parâmetros de cálculo, o horizonte de tempo ( $T$ ) e o nível de confiança ( $X$ ). Sendo representado pela perda esperada durante o período ( $T$ ), sabendo que a perda está condicionada a ser maior que o  $X$ -ésimo Percentil da distribuição de perdas (YAMAI; YOSHIBA, 2005).

O VaR estima quanto se pode perder com uma dada probabilidade, em um determinado tempo. Já o ES é a perda esperada quando o resultado é pior que o VaR.

## 2.0.7 ESTATÍSTICA DESCRITIVA

As técnicas de análises Estatísticas são um importante instrumento de apoio à tomada de decisão.

Os testes estatísticos também podem ser implementados em softwares, agilizando o tratamento e gerando informações mais precisas para apoio à decisão, criando um diferencial competitivo.

A Estatística Descritiva organiza, resume e descreve os dados.

As principais ferramentas utilizadas neste caso, são as estatísticas descritivas da amostra, principalmente a média e a variância, pois apresentam indicadores na escolha da distribuição paramétrica.

A média é comumente conhecida na literatura como medida de localização, pois dá idéia do valor "médio" da massa de dados. Outras medidas de localização comumente encontradas são a mediana e a moda. A mediana é um valor que divide a massa de dados em duas iguais. A moda corresponde ao valor mais frequente em um conjunto de valores (CAJUEIRO, 2015).

As três medidas média, moda e mediana, fornecem uma idéia geral da localização central da massa de dados. Além da localização central, é interessante conhecer também qual a dispersão da massa de dados em torno de uma medida central. Medidas de dispersão são fundamentais em finanças, quando queremos avaliar o risco de operações financeiras. Quanto maior a dispersão, em geral, mais arriscada é a operação. Uma medida comumente utilizada para a avaliação da dispersão de um conjunto de dados é a variância (CAJUEIRO, 2015).

A diferença básica entre as três distribuições a seguir reside na relação entre a média e variância teórica:

- Poisson: média e variância iguais.

A distribuição de Poisson é uma distribuição de probabilidade discreta de uma variável aleatória, podendo assumir infinitos valores.

- Binomial: variância menor que a média.

A distribuição Binomial descreve uma situação física na qual uma coleção de  $n$  fontes de risco está sujeita, cada uma, a um certo evento de perda.

- Binomial Negativa: variância maior que a média.

A distribuição Binomial Negativa é uma distribuição que modela o número de falhas numa sequência de tentativas, distribuídas identicamente e independente, antes que um número específico, não aleatório, de sucesso ocorra.

## 3 Dados e Método

Esse estudo foi realizado em uma Instituição Financeira Brasileira de grande porte, com um conglomerado formado por empresas da própria Instituição e de outras nas quais possui participação societária direta ou por meio de suas subsidiárias.

A Instituição está dividida em Unidades de Matriz e Unidades de Redes:

- As Unidades de Matriz possuem a representação dos macroprocessos que sustentam as atividades da Instituição e são responsáveis pela definição de diretrizes e pelo controle dos resultados.

Os macroprocessos da Instituição foram definidos a partir dos seguintes critérios: a) orientação estratégica; b) representação das entregas dos produtos/serviços mais importantes ou mais visíveis para os clientes; c) geração de produtos/serviços utilizados intensamente por toda a empresa; d) grande alocação de recursos financeiros e/ou humanos na sua operacionalidade.

São representadas pela Presidência, Vice-Presidências, Diretorias Executivas, Diretoria Jurídica, Gabinete da Presidência, Superintendências Nacionais, Auditoria Geral, Ouvidoria, Corregedoria, Secretaria Geral, Auditorias Nacionais, Gerências Nacionais.

- As Unidades de Redes estão distribuídas em Rede Executiva e Rede Negocial e cabe a elas, observadas suas áreas de atuação, a garantia do equilíbrio e dos meios para a realização dos negócios, atendimento aos clientes e realização de negócios.

O Conselho de Administração é o órgão de orientação geral dos negócios da Instituição, responsável por definir diretrizes e objetivos empresariais e por monitorar e avaliar os seus resultados.

As Unidades de Negócio, são as Vice-Presidências (VP) dedicadas ao relacionamento comercial e prestação de serviços aos clientes externos. São responsáveis pela gestão direta dos principais elementos necessários à condução de seus negócios – segmentos de clientes, estratégias, produtos, canais e operações e pelo resultado do negócio, monitoramento, mitigação, acompanhamento dos riscos, pela gestão das garantias dos contratos e pelo desempenho do ciclo de crédito das operações originadas e, para tanto, devem prover os meios necessários para a execução da sua estratégia.

A VP de Riscos conduz os controles internos, o compliance, a integridade e a estratégia de gestão de riscos e é a responsável pela verificação da aderência da estrutura organizacional e dos processos, produtos e serviços da empresa às leis, normativos, políticas e diretrizes internas e demais regulamentos aplicáveis, riscos de crédito e riscos corporativos da Instituição.

### 3.0.1 Base de Perdas Operacionais Socioambientais

Os eventos de risco operacional materializados na forma de perdas da Instituição são reconhecidos por meio do registro contábil em conta de resultado, obedecendo os prazos definidos nos normativos dos produtos e serviços.

As rotinas e procedimentos operacionais para lançamento de perdas são descritos nos normativos específicos dos produtos, serviços e canais, inclusive quanto a definição de qual unidade de negócio será responsável pelo reconhecimento da perda.

Os lançamentos das perdas operacionais são atos administrativos vinculados e, portanto, devem ser realizados conforme mandamentos legais e normativos, não cabendo ao gestor interpretá-los de forma subjetiva, fazer uso de valor, de conveniência ou oportunidade, mantendo apenas a imposição do princípio da legalidade, com a averiguação da conformidade do ato com o normativo interno.

É estabelecido um limite operacional, que corresponde a uma medida de governança, que permite o conhecimento do evento de RO, o impacto da perda, o compartilhamento da autorização e o reporte ao responsável pelo processo, produto ou serviço.

O fluxo de autorização, por meio dos limites, obriga o responsável a adotar ações de mitigação do risco, evitando a ocorrência de novas perdas decorrentes de evento de risco operacional.

O limite operacional para autorização do lançamento em perda considera, em regra, o valor de cada ocorrência a ser registrado em cada evento contábil, conforme orientações contidas na norma do gestor do produto/serviço.

O valor da perda operacional corresponde ao valor principal do evento de RO, acrescido dos demais encargos, juros, multas, correção monetária ou qualquer outro acréscimo desta natureza.

Analisamos a Base de Perdas Socioambientais jurídicas da Instituição, de ações cíveis rotineiras já extintas, do período de 1990 à 2021, oriundas de créditos e/ou contratos habitacionais, com eventos de fronteira de risco entre o risco de crédito e o risco operacional (iniciaram como um risco de crédito e geraram perdas por eventos associados ao risco operacional).

O foco da análise foi a duração total em meses para a finalização de cada ação e o Valor Total da Causa atualizado das mesmas, lançado à perda.

A base com a relação de processos judiciais com perda socioambiental foi elaborada pela área jurídica da instituição e fornecida pela área de Risco Socioambiental, após definição em conjunto com a área de Risco Operacional, das respectivas fronteiras de risco.

Através da análise Estatística Descritiva, elaboramos o Resumo Estatístico, a Distribuição de Frequência da quantidade de Valores Observados, em Meses, para o

---

término de cada ação jurídica e a Distribuição dos Valores Extremos das perdas efetivas (Valor da Causa Atualizado).

Em seguida, utilizamos o método Loss Distribution Approach - LDA, para obter o Value at Risk - VaR e Expected Shortfall - ES.

O método implementado baseia-se na Abordagem de Distribuição de Perdas (LDA - Loss Distribution Approach). Em particular, neste estudo, o LDA é utilizado para analisar a exposição a eventos que implicam perdas que estão na fronteira entre risco de crédito e risco operacional, diferenciando-se do uso mais comum focado apenas em eventos de risco operacional.

Decidiu-se utilizar o LDA para a mensuração do risco por sua objetividade, uma vez que não necessita da interpretação gerencial dos indicadores de risco, dependendo obrigatoriamente do histórico de perdas observadas para previsão da distribuição das perdas futuras (Coleman, 2000).

Adicionalmente, sob o ponto de vista metodológico este modelo parece ser menos complicado para construção que os modelos internos para risco de crédito e de mercado.

Além disso, o LDA é mais sensível ao risco, pois os dados internos são usados para calibrar o processo. Isso torna esta métrica mais ligada ao real risco de cada instituição financeira, e, portanto ao seu gerenciamento, podendo minimizar o capital alocado em detrimento aos métodos do tipo “one-size-fits-all methods” (métodos de tamanho único).

No artigo "A Method of Estimating Operational Risk: Loss Distribution Approach with Piecewise-defined Frequency Dependence" (J, 2017), os autores apresentam uma abordagem para estimar o risco operacional modelando a dependência de frequência para eventos de perda de alta frequência de alta frequência e baixa gravidade separadamente entre as linhas de negócios na estrutura da LDA e em seguida, aplicaram essa abordagem para calcular o capital de risco operacional do banco chinês geral com base no maior banco e conjunto de dados de risco operacional, o Banco de Dados de Perdas Operacionais da China (COLD), que consiste em 2.132 registros de risco operacional.

A LDA integra uma distribuição de probabilidades associada à frequência de perdas com uma distribuição de probabilidades associada à severidade das perdas. A distribuição de frequência de perdas é modelada por uma distribuição discreta, uma vez que indica o número de eventos de perdas que envolve interligação entre risco de crédito e operacional. A distribuição de severidade das perdas é modelada por uma distribuição contínua, considerando que a perda em cada evento individual é dada em valores monetários.

Para fins de obtenção da distribuição de perdas, neste estudo, a distribuição de frequência é analisada usando uma distribuição de Poisson ou Binomial Negativa, e a distribuição de severidade é analisada usando uma distribuição Gamma, Lognormal, ou Weibull.

A partir dos dados da amostra de perdas que são considerados na fronteira entre risco de crédito e risco operacional, obtém-se parâmetros das distribuições de frequência e de severidade. A frequência de perdas é obtida a partir do número de eventos que ocorre mensalmente. A severidade é levantada pelo valor monetário de cada perda individual.

É importante destacar que a base utilizada nesse estudo sofreu ajustes, com os dados sendo transformados de forma a manter a confidencialidade e as características estratégicas da amostra. Assim, o procedimento permite que os dados sejam analisados dentro de um procedimento de LDA, porém os resultados não refletem as características da instituição de origem.

A LDA agrega as informações das distribuições de frequência e severidade por meio da seguinte equação

$$L = \sum_{i=1}^N X_i \quad (3.1)$$

sendo  $N$  uma variável aleatória associada a distribuição de frequência e  $X_i$  variáveis aleatórias associadas à distribuição de severidade.

Assim, a perda total  $L$  representa a soma de  $N$  perdas, cada uma de valor  $X_i$ ,  $i = 1, \dots, N$ . No modelo deste estudo, todas as variáveis aleatórias relevantes  $N$  e  $X_i$  são independentes entre si.

Considerando portanto a premissa de independência das variáveis aleatórias, a implementação computacional do modelo envolve (i) o sorteio aleatório do número de perdas  $N$  em um mês, a partir da distribuição de frequência e (ii) o sorteio aleatório de  $N$  perdas  $X_i$ , a partir da distribuição de severidade, (iii).

## 4 Resultados

### 4.0.1 Análise Descritiva

Foram identificadas 791 (setecentos e noventa e uma) ações jurídicas no período de 1991 à 2021.

A perda total do Valor da causa atualizado, nesse período foi de R\$737.765,42.

A Figura 1 abaixo, ilustra a frequência do Valor Total da Causa Atual observado, distribuídos em 28 classes, onde verificamos que o maior valor total da causa foi de R\$84.619,78 e o menor valor, menos de um real.

A média foi de R\$932,70. A variância da amostra, R\$11.523.863 . O L-SUP, R\$1.968,51 e o L-INF, R\$-103,11 . A variação interquartil (IQR), R\$690,54 .

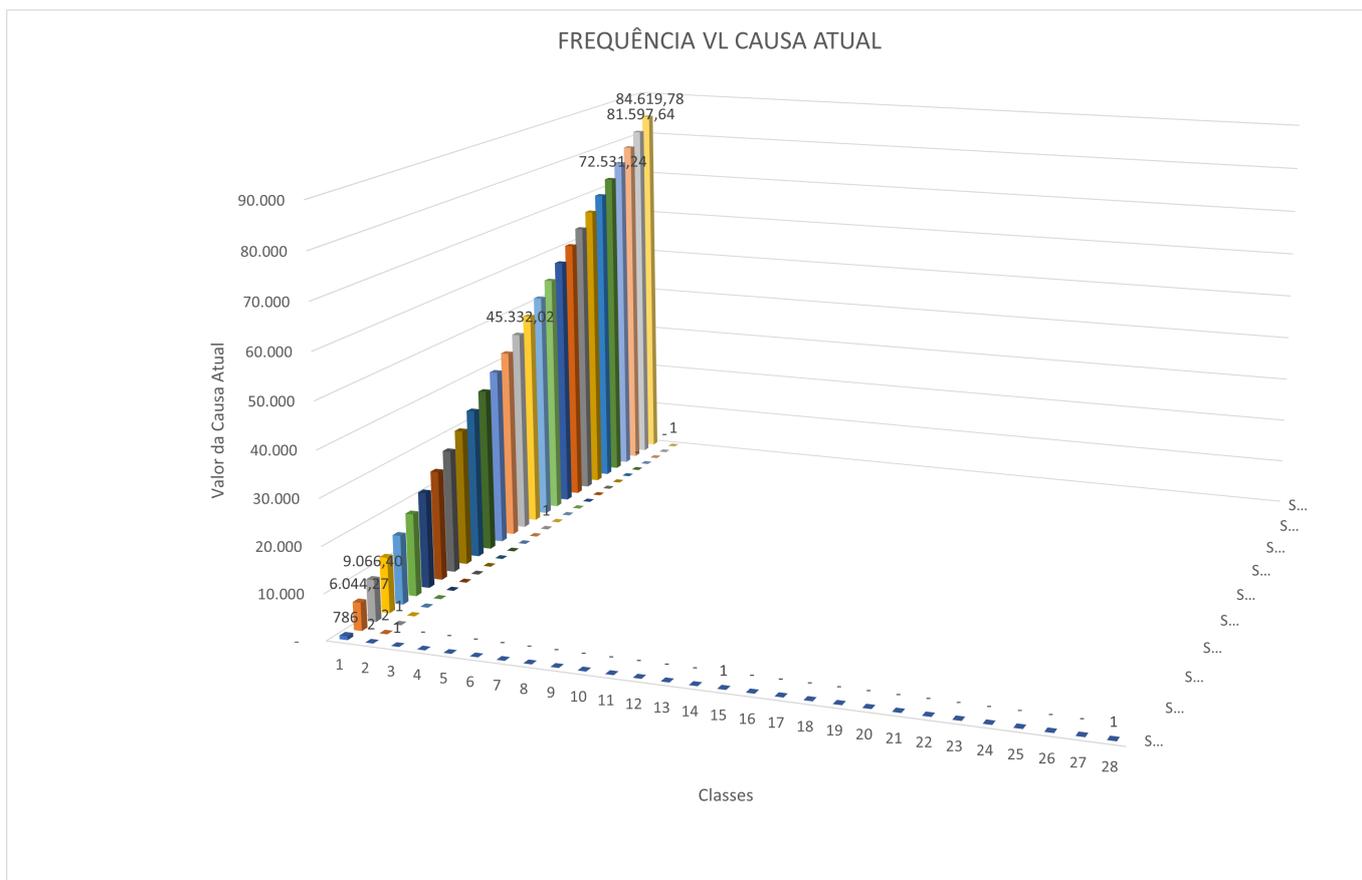


Figura 1 – Frequência Valor da Causa Atual

A Figura 2 abaixo, ilustra o Tempo de Duração para o término de cada Ação, variando entre menos de um a 171 (cento e setenta e um) meses, totalizando 52 meses observados.

A média foi de 36 meses. A variância da amostra, 1261. O L-SUP, 85 e o L-INF, -14. O IQR, 33.

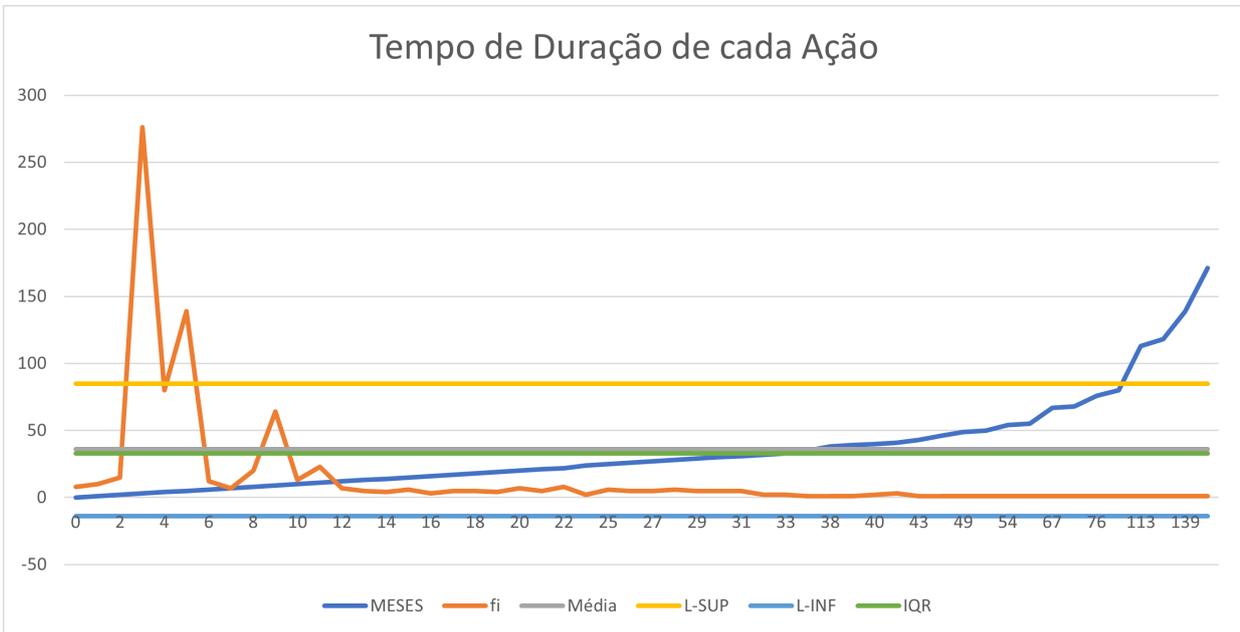


Figura 2 – Tempo de Duração de cada Ação

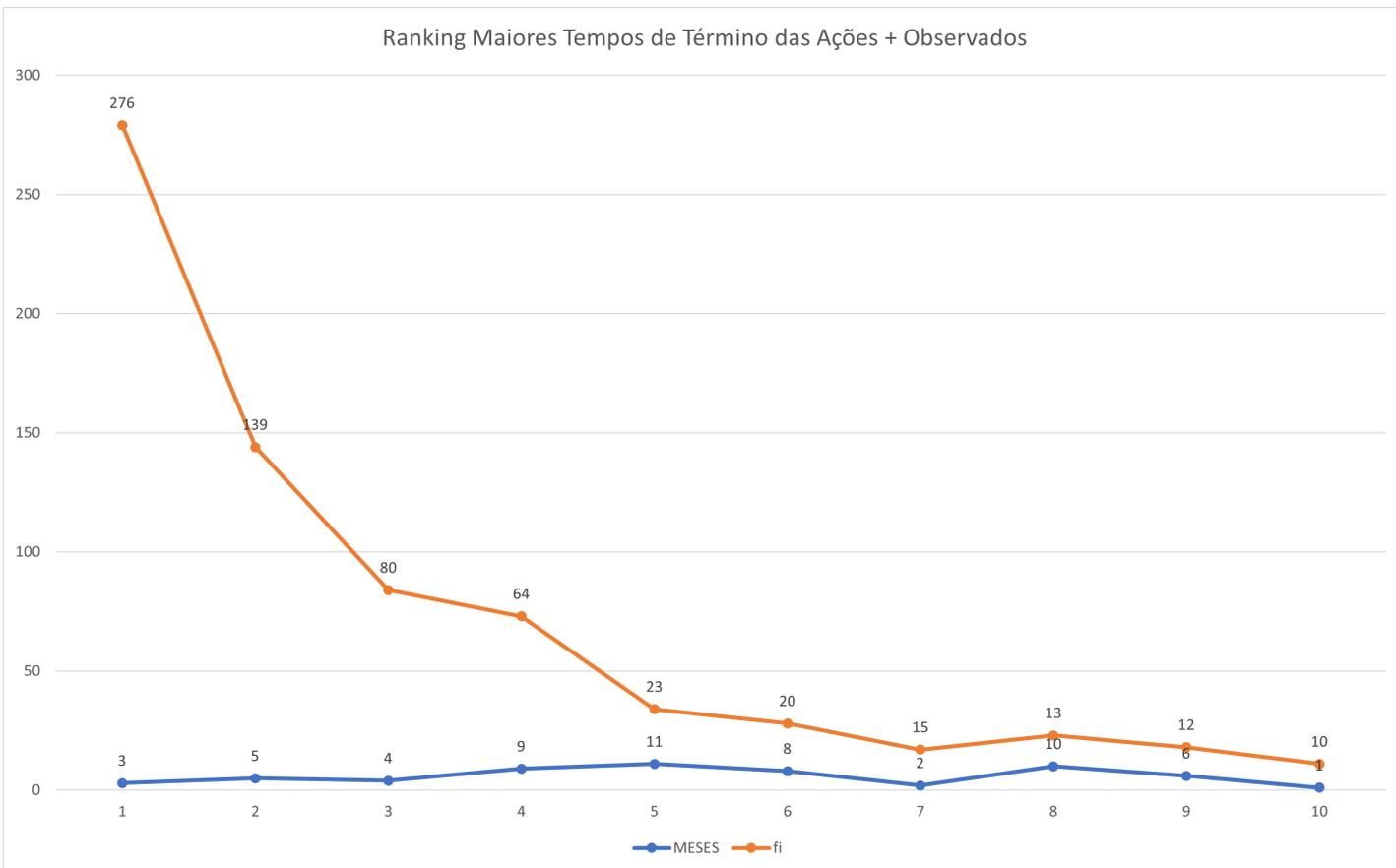


Figura 3 – Ranking Tempos de Término das Ações Mais Observados

A Figura 3 acima, ilustra o Ranking dos Tempos de Término das Ações Observados, em meses, onde verificamos que:

- 276 observações de 3 meses;
- 139 observações de 5 meses;
- 80 observações de 4 meses;
- 64 observações de 9 meses;
- 23 observações de 11 meses;
- 20 observações de 8 meses;
- 15 observações de 2 meses;
- 13 observações de 10 meses;
- 12 observações de 10 meses;
- 10 observações de 10 meses.

Observamos que 69% do Total da Causa Atual observado, 598 ações, no montante de R\$507.386,28, ficou compreendido na faixa de 3 a 10 meses para conclusão da ação, 20% (124 ações) na faixa de 10 a 30 meses, no montante de R\$151.071,77, 8% (33 ações) na faixa de zero a 3 meses, no montante de R\$58.789,74 e 3% (36 ações) na faixa de 30 a 171 meses, no montante de R\$20.517,638.

O período de 2016 a 2021, concentrou 99% do valor total da causa atual, no montante de R\$731.275,93, representando 769 ações nesse período, o que significa que houve também, um aumento significativo do capital requerido para a cobertura desse risco, no período citado.

Tal constatação pode levar o gestor à análise se, a concentração desses valores a partir de 2016 foi pelo aumento de falhas nos controles que fez com que aumentasse o risco operacional ou, ao contrário, se o aumento desse controle possibilitou a detecção de mais eventos de riscos operacionais e em consequência a mitigação desses riscos.

#### 4.0.2 Análise da Distribuição de Perdas

Estimamos a Distribuição de perdas através das simulações das Distribuições de Frequência de Poisson e Binomial Negativa e das das Distribuições de Severidade Gamma, Weibull e Lognormal, por meio do sistema estatístico R ([TEAM, 2022](#)).

Os parâmetros utilizados foram:

- Poisson:  $\lambda = 90.39$ ;
- NegBin:  $\text{size} = 32.87$  ;  $\mu = 90.39$ ;

- Dispersion parameter given by quasi-likelihood approach;
- $\phi = 4.472116$ .

A Tabela 1 e Tabela 2 abaixo, apresentam através da Distribuição de Poisson e Distribuição Binomial Negativa, a expectativa de perda (VaR e ES) para os quantis de 90%, 95%, 99% e 99,9% considerando o cenário de risco, conforme as simulações Gamma, Weibull e Lognormal.

distribution	Quantile	VaR_x	ESF_x
gamma	90%	138058571	152557334
gamma	95%	149298045	161947972
gamma	99%	169485537	182430722
gamma	99.9%	201090865	210640279
weib	90%	149583752	165574538
weib	95%	161521622	176052615
weib	99%	186347945	197858747
weib	99.9%	214162524	219759753
lnorm	90%	246097040	317221918
lnorm	95%	291040771	368813427
lnorm	99%	419266961	497927146
lnorm	99.9%	597462979	716466643

Tabela 1 – Poisson

distribution	Quantile	VaR_x	ESF_x
gamma	90%	233811303	329385738
gamma	95%	295246960	396581883
gamma	99%	450880344	562706530
gamma	99.9%	690374784	803250797
weib	90%	259782453	364772204
weib	95%	329182882	438981767
weib	99%	501652972	619613348
weib	99.9%	765009085	894377243
lnorm	90%	374684269	549058044
lnorm	95%	488780374	671813542
lnorm	99%	785571600	984153362
lnorm	99.9%	1190948755	1494225655

Tabela 2 – Binomial Negativa

Verificamos que, a título de tomada de decisão e considerando a Declaração de Apetite por Riscos (RAS) da Instituição, a menor perda no quantil 95% foi demonstrada na combinação Distribuição Poisson + Gamma (R\$149.298.045,00) e a maior perda no quantil 95% foi demonstrada na combinação Distribuição Binomial Negativa + Lognormal (R\$488.780.374,00).

Dependendo da combinação escolhida pelo gestor, tal diferença poderia gerar um impacto, nesse exemplo, de R\$339.482.329,00, fazendo com que a Instituição tenha que alocar mais capital para cobrir esse risco. O que demonstra a importância da análise de diferentes simulações de Distribuição de Perdas antes da tomada de decisão.

Alguns pontos a serem considerados para o uso do ES ao VaR, como subsídios para a tomada de decisão:

1) Gestores que maximizam seus portfólios podem ser enganados pelo uso do VaR. É possível que construam posições com fragilidades não intencionais e podem resultar em perdas superiores ao VaR.

2) O VaR não é confiável sob estresse de mercado, sob flutuações extremas de preços de ativos ou sob estrutura de dependência extrema de ativos. Nesses casos, VaR pode subestimar o risco.

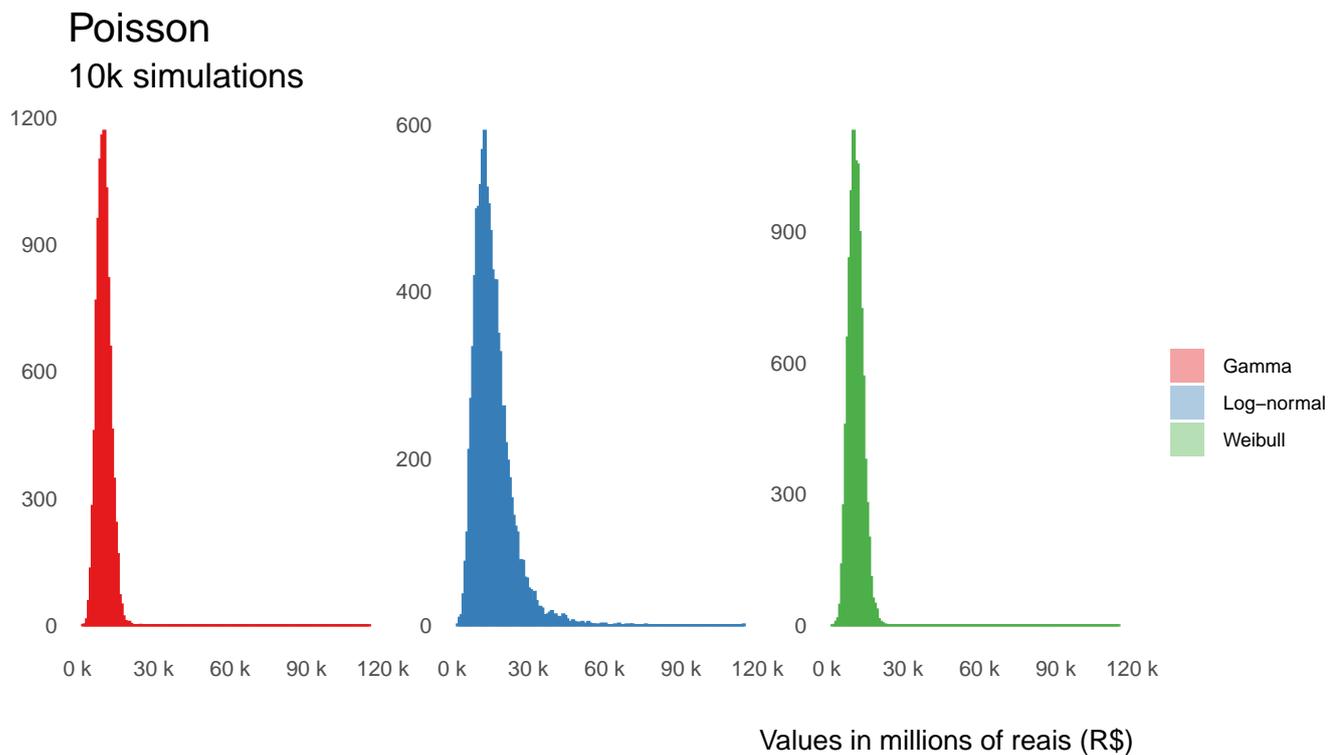


Figura 4 – Poisson

As Figuras 4 acima e a Figura 5 abaixo, ilustram a distribuição (Poisson e Binomial Negativa) do valor de perda total em cada semana, simulando 10 mil semanas, ou seja, somando 10 mil semanas é a Distribuição do valor de perda total em cada semana:

- O eixo X é o valor total das ações de cada semana;
- O eixo Y é o número de semanas que apresentaram aquele valor (do eixo X).

Verificamos que, por ter semanas com poucas causas e semanas com muitas causas,

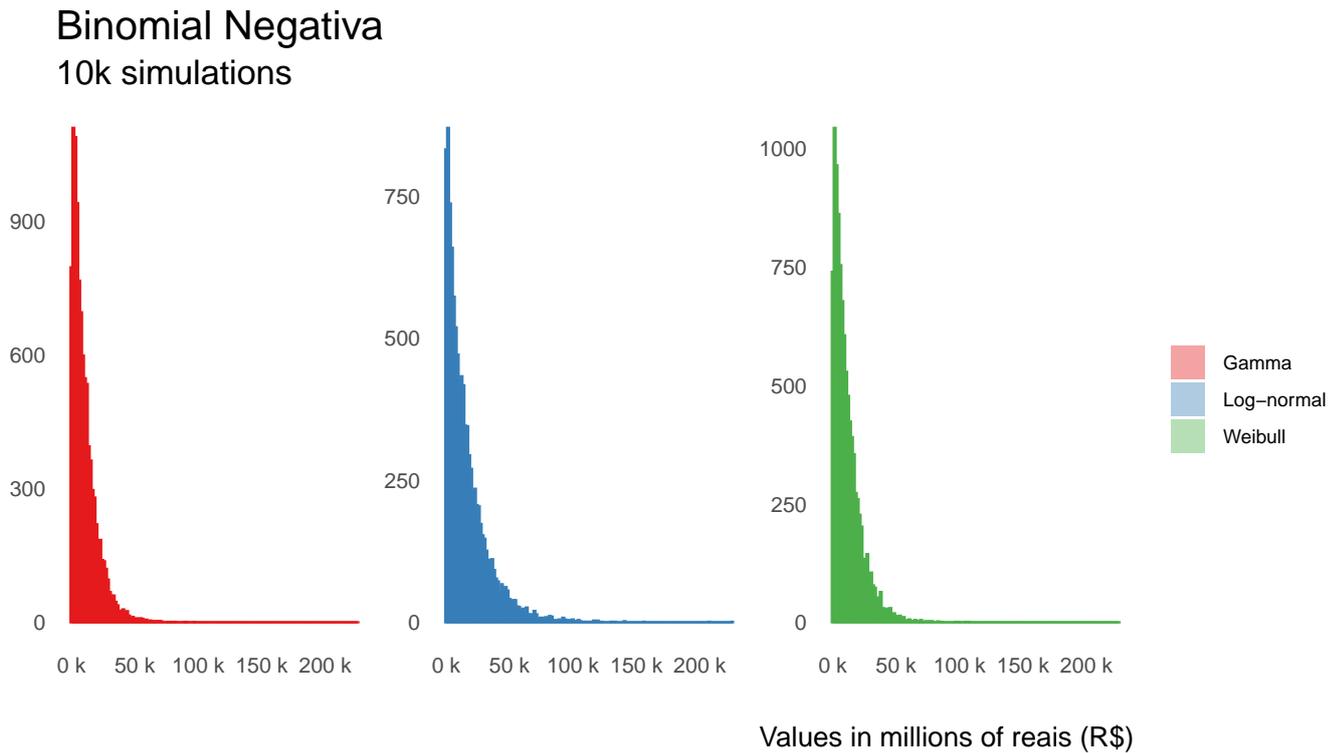


Figura 5 – Binomial Negativa

o gráfico da Distribuição Binomial Negativa, representa melhor a realidade, visto que a Distribuição Poisson não demonstra essa dispersão.

Assim, a partir da análise dos valores estimados (VaR e ES) e dos gráficos, o gestor observará qual simulação estará mais aderente ao Apetite ao Risco da Instituição e terá subsídios mais próximos da realidade para a tomada de decisão.

## 5 Conclusões

O sucesso de uma empresa pode ser medido de acordo com as decisões tomadas pelos seus responsáveis.

Uma perda operacional significativa pode reduzir o valor de uma instituição financeira em mais do que o próprio valor da perda. Podendo inclusive inviabilizar a continuidade da instituição.

Medir o Risco Operacional colabora para a mitigação e gestão desse risco, já que esclarece quais eventos merecem mais atenção e solução.

Ressalta-se que, desde a publicação do Acordo de Capitais Basileia II, tornou-se necessário que as instituições financeiras meçam e aloquem capital para o Risco Operacional. Assim, a escolha da melhor métrica para o cálculo da distribuição das perdas operacionais pela instituição, também influencia diretamente a alocação do seu capital regulatório.

A aplicação do método de distribuição de perdas agregadas (LDA) mostrou-se importante para subsidiar o gestor na tomada de decisões na mitigação dos riscos operacionais e para a mensuração de capital.

### 5.0.1 Contribuições do Estudo

Apontamos a utilidade do LDA para o cálculo da distribuição de perdas por evento de perda, como subsídio para tomada de decisão, baseada no Apetite ao Risco da Instituição.

Comparamos para fins de obtenção da distribuição de perdas, a distribuição de frequência usando uma distribuição de Poisson ou binomial negativa, e a distribuição de severidade usando uma distribuição gamma, lognormal, ou Weibull.

Demostramos que a distribuição dos VaRs dá ao gestor um parâmetro objetivo para tomada de decisão na alocação de capital da instituição.

### 5.0.2 Sugestão para Estudos Futuros

Observar como se as instituições financeiras utilizam para o cálculo da alocação de capital somente um número, ou se analisa distribuição dos VaRs e do capital, com outros métodos de distribuição teórica.

Estudar o cenário brasileiro e mundial no período abrangido pela base de perdas operacionais, pelo potencial impacto no cálculo do capital econômico da instituição

financeira.

Analisar se existe censura dos dados por parte do gestor de negócios que incorreu na perda operacional, que pode subestimar o valor total das perdas computadas e por consequência o capital alocado.

Verificar se as fronteiras com o risco operacional geram rateio de perdas operacionais e se influenciam na modelagem.

### 5.0.3 Possíveis limitações do Estudo

Tivemos dificuldades em conseguir a base de dados de perdas utilizada no estudo, diretamente da área de risco operacional.

A base de dados de perdas analisada não contou com dados externos, nem dados gerados por análise de cenários.

## Referências

- AKKOÇ, S. An empirical comparison of conventional techniques, neural networks and the three-stage hybrid adaptive neuro fuzzy inference system (anfis) model for credit scoring analysis: The case of turkish credit card data. *European Journal of Operational Research*, v. 222, n. 1, p. 168–178, 2012. Citado na página 34.
- ALEGRE, M. T. e. a. *Probabilidade de default em crédito à habitação: aplicação de técnicas de estimação alternativas*. Tese (Doutorado), 2015. Citado na página 33.
- BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS. *Operational Risk. Supporting document to the new Basel capital accord*. [S.l.], 2001. Disponível em: <<https://www.bis.org/bcbs>>. Citado na página 26.
- BERNSTEIN, P. L. *Desafio aos deuses: a fascinante história do risco, 1997*. [S.l.]: Campus Ed., 1997. Citado na página 29.
- CAJUEIRO, D. O. e. a. *Introdução aos Métodos Estatísticos para Economia e Finanças*. [S.l.]: Editora UNB, 2015. Citado na página 44.
- CAOQUETTE JOHN B.; ALTMAN, E. I. N. P. *Gestão do risco de crédito: o próximo grande desafio financeiro, 2000*. [S.l.]: Qualitymark Editora Ltda, 2000. Citado na página 33.
- CHEVALIER, R. J. L. Metodologia de avaliação do risco de crédito em instituições financeiras. 2004. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 35.
- COLEMAN, R. Statistical techniques and qualitative adjustments for lda. 2003. Citado na página 42.
- DUARTE, A. M. J. Risco: definições, tipos, medição e recomendações para seu gerenciamento. *Resenha BMF*, BMF, v. 114, p. 25–33, 1996. Citado na página 33.
- EVANS GEORGE W.; HONKAPOHJA, S. Expectations, learning and monetary policy: an overview of recent research. *Bank of Finland Research Discussion Paper No. 32/2007, CDMA Working Paper No. 0802*, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1086907> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1086907>. Citado na página 34.
- GITMAN, L. J. *Princípios de administração financeira, 1997*. [S.l.]: Harbra Ed., 1997. Citado na página 29.
- GODÓI, A. C. d. Risco de crédito e alocação ótima para uma carteira de debêntures. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, v. 38, p. 349–372, 2008. Citado na página 33.
- HOLSAPPLE CLYDE W.; TAM, K. Y. W. A. B. Adapting expert system technology to financial management. *Financial Management*, p. 12–22, 1988. Citado na página 35.
- J, Z. X. e. W. Y. L. A method of estimating operational risk: Loss distribution approach with piecewise-defined frequency dependence. *Journal of Banking Finance*, v. 122, p. 261–268, 2017. Citado na página 47.

- J ZHU X, C. J. G. L. F. J. W. D. e. S. X. L. A piecewise-defined severity distribution-based loss distribution approach to estimate operational risk: evidence from chinese national commercial banks. *International journal of information technology decision making*, v. 8, n. 4, p. 727–747, 2009. Citado na página 42.
- JORION, P. *Value at Risk: A Nova Fonte de Referência para o Controle do Risco de Mercado, 1999*. [S.l.]: São Paulo: Bolsa de Mercadorias Futuros, 1999. Citado na página 29.
- KLUGMAN S.A, P. H. A.; WILLMOT, G. E. Loss models: From data to decisions. *John Wiley and Sons*, 1998. Citado na página 42.
- KOVÁCS, Z. L. *Redes neurais artificiais, 2002*. [S.l.]: Editora Livraria da Física, 2002. Citado na página 33.
- LIMA, F. G. e. a. Aplicação de redes neurais na análise e na concessão de crédito ao consumidor. *Revista de Administração-RAUSP*, v. 44, n. 1, p. 34–45, 2009. Citado na página 34.
- MARSHALL, C. L. *Measuring and managing operational risks in financial institutions: tools, techniques and other resources, 2000*. [S.l.]: Qualitymark Ed., 2002. Citado na página 25.
- MCLAREN, R. Knowledge acquisition by computer induction. *RD Management*, v. 15, n. 2, p. 159–160, 1985. Citado na página 34.
- MENDES, M. K. *Avaliação de risco de crédito para uma instituição financeira: um estudo exploratório envolvendo o setor industrial da região sul do Brasil*. Tese (Doutorado), 2002. Citado na página 34.
- MORETTIN, P. A. *Econometria Financeira: Um Curso Em Séries Temporais Financeiras*. [S.l.: s.n.], 2008. Citado na página 43.
- NETO A. A. M., e. a. *Técnicas de pesquisa em economia: Transformando curiosidade em conhecimento., 2002*. [S.l.]: São Paulo: Saraiva, 2002. Citado na página 34.
- NYSTRÖM, K.; SKOGLUND, J. Quantitative operational risk management. 2002. Citado na página 41.
- PALMEIRA, R. d. M. *Perdas de crédito e ciclos econômicos no Brasil*. Tese (Doutorado), 2019. Citado na página 34.
- PASOTTO DANIELA; PAZO, M. G. L. S. V. *Uso de sistemas especialistas para decisão do perfil de um investidor*. 85 p. Tese (Doutorado), 2003. Citado na página 35.
- PEREIRA, A. M. C. A. e. a. *Metodologias de quantificação de risco de crédito*. Tese (Doutorado), 2015. Citado na página 33.
- PIRES, R. N. *Um modelo estratégico para a análise de crédito utilizando redes neurais artificiais*. Tese (Doutorado), 2008. Citado na página 34.
- PLAMUTI, C. S. *Mensuração do Risco de Crédito Através de Análise Estatística Multivariada*. Tese (Doutorado), 2012. Citado na página 34.

SHAH, S. *Modeling OpRisks Using Fuzzy Logic*. [S.l.]: DC Chapter Meeting, 2005. Citado na página 32.

SOUSA ALMIR FERREIRA DE; CHAIA, A. J. Política de crédito: uma análise qualitativa dos processos em empresas. *REGE Revista de Gestão*, v. 7, n. 3, 2010. Citado na página 35.

TEAM, R. C. *R: A language and environment for statistical computing*. [S.l.]: R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>, 2022. Citado na página 51.

YAMAI, Y.; YOSHIBA, T. Value-at-risk versus expected shortfall: A practical perspective. *Journal of Banking Finance*, v. 29, n. 4, p. 997–1015, 2005. Citado na página 43.

YAMAI YASUHIRO, T. Y. et al. Comparative analyses of expected shortfall and value-at-risk: Their estimation error, decomposition, and optimization. *Monetary and Economic Studies*, v. 20, n. 1, p. 87–121, 2002. Citado na página 43.