



TRABALHO DE GRADUAÇÃO

SISTEMA DE ANÁLISE DE RISCO OPERACIONAL
APLICAÇÃO DE MODELOS DE RISCO OPERACIONAL PARA EMPRESAS DE
PRODUÇÃO E SERVIÇOS NÃO FINANCEIROS

Por,

Samuel Castro Pereira

Brasília, Outubro de 2010

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

TRABALHO DE GRADUAÇÃO

SISTEMA DE ANÁLISE DE RISCO OPERACIONAL **APLICAÇÃO DE MODELOS DE RISCO OPERACIONAL PARA EMPRESAS DE** **PRODUÇÃO E SERVIÇOS NÃO FINANCEIROS**

Por,

Samuel Castro Pereira

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção
do grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Banca Examinadora

Prof. João Carlos Félix Souza (Orientador)

Prof. João Mello da Silva

Prof. Andrea Cistina dos Santos

Brasília, Outubro de 2010

FICHA CATALOGRÁFICA

Pereira, Samuel
Sistema de Análise de Risco Operacional – aplicação de modelos de risco operacional para empresas de produção e serviços não financeiros,

[Distrito Federal] 2010

Ix, 91p.10mm (FT/UnB, Engenheiro, Controle e Automação, 2010). Trabalho de Graduação II – Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília.

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1. Análise de Risco Operacional | 2. Engenharia de Produção |
| 3. Cômite de Basiléia II | 4. Empresas não financeiras |

I. Mecatrônica/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PEREIRA, S. C. Sistema de Análise de Risco Operacional – aplicação de modelos de risco operacional para empresas de produção e serviços não financeiros. Trabalho de Graduação II em Engenharia de Controle e Automação, Publicação FT. TG-nº 12/2010, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 96p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Samuel Castro Pereira

SISTEMA DE ANÁLISE DE RISCO OPERACIONAL - APLICAÇÃO DE MODELOS DE RISCO OPERACIONAL PARA EMPRESAS DE PRODUÇÃO E SERVIÇOS NÃO FINANCEIROS: Estudar Modelos de Risco Operacional que são historicamente aplicados em Instituições Financeiras e criar um processo primário de estilização e adaptação de modelos de Risco Operacional para as Empresas Não Financeiras.

GRAU: Engenheiro

ANO: 2010

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Trabalho de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desse Trabalho de Graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Samuel Castro Pereira

AGRADECIMENTOS

A todos os meus amigos e parentes,

Samuel Castro Pereira

RESUMO

O estudo em gestão de riscos está incluído em diversos setores. Um desses riscos é o risco operacional que atualmente vem sendo utilizado em empresas financeiras e que se adequa perfeitamente em empresas não financeiras. Partindo dessa premissa este trabalho objetiva fazer um estudo de como funciona os riscos operacionais nas empresas financeiras, utilizando os conceitos do Acordo de Basiléia II, no que tange ao risco operacional, como base principal de pesquisa, além de informações textuais de autores influentes que tratam sobre riscos. A partir das informações obtidas sugerir modelos para análise e gerenciamento de riscos operacionais para empresas não financeiras.

Palavras chaves: Riscos Operacionais, Acordo de Basiléia II, Empresas não Financeiras.

ABSTRACT

The study in management of risks is included in several sectors. One of those risks is the operational risk that actually being come used in financial enterprises, but perfectly fits in non financial enterprises. Based on that premise this work objective make a study of how operation risks works in financial enterprises, utilizing the concepts of Basel II Accord, with respect to operacional risk, as the most important foundations of research, besides getting textual information from influents authors that deal about risks. From the information obtained suggest models for analysis and management of operational risks to non financial enterprises.

Key words: Operational Risks, Basel II Accord, non-financial enterprises.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. CAPÍTULO 2 – ACORDO DE BASILÉIA II	12
2.1 Pilar 1 – Exigências de Capital Mínimo:.....	13
2.2 Pilar 2 – Processo de Revisão de Supervisão:.....	14
2.3 Pilar 3 – Disciplina de Mercado (Transparência):.....	15
3. CAPÍTULO 3 – CONCEITUAÇÃO DE RISCO.....	16
3.1 Risco Operacional	17
3.1.1 Risco Operacional de Acordo com Basiléia II	17
4. Capítulo 4: MODELAGEM DO RISCO OPERACIONAL EM EMPRESAS FINANCEIRAS	22
4.1 Banco de dados.....	23
4.1.1 Discussões básicas	23
4.1.2 Estruturas básicas	24
4.2 Modelo de dados - Abordagens Quantitativas e Qualitativas	25
4.2.1 Abordagem Quantitativa do RO	26
4.2.2 Abordagem Qualitativa do RO	26
4.2.3 Unidades de Negócios	28
4.3 Duração dos eventos de risco operacional	30
4.4 Risco de modelo.....	31
4.5 <i>Hedging</i> no banco de dados	33
4.6 IAS37 e perdas operacionais esperadas	34
4.7 Política de Risco Operacional	34
4.7.1 Definições e mapeamentos de risco operacional	35
4.7.2 Tópicos de perdas operacionais	37
4.7.3 Mensuração do risco operacional	38
5. Capítulo 5 – ANÁLISE DE SEVERIDADE EM EMPRESAS FINANCEIRAS	39
5.1 Distribuições contínuas de probabilidade	39
5.2 Peso da Cauda.....	40
5.3 Testes de qualidade	40
5.3.1 Testes formais	41
5.3.2 Testes gráficos	45
6. CAPÍTULO 6 – ANÁLISE DE FREQUÊNCIA EM EMPRESAS FINANCEIRAS	46
6.1 Distribuições de Probabilidades discretas	46
6.2 Teste de qualidade	47
6.2.1 Teste Qui-quadrado.....	47
6.3 Análise de frequência de eventos extremos	47
7. Capítulo 7 – VALOR DO RISCO OPERACIONAL EM EMPRESAS FINANCEIRAS	49
7.1 Modelos de Risco Agregados	50
7.2 Modelo de Risco Coletivo.....	50
7.3 Análise de coerência de um risco medido	51

7.4	Análise de resultados obtidos aplicado ao VaR Operacional	52
7.4.1	Arquitetura, análise básica e estatística do <i>backtesting</i>	53
8.	CAPÍTULO 8 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS	57
8.1	Identificação dos riscos operacionais	57
8.2	Obtenção e tratamento de dados	59
8.3	Modelagem de risco operacional.....	61
8.3.1	SEVERIDADE e FREQUÊNCIA	62
8.3.2	Valor de risco operacional	62
8.4	Política qualitativa de risco operacional	64
	ANEXO A.....	67
	ANEXO B.....	78
	ANEXO C	86
	ANEXO D	91
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92

Figuras

Figura 1.1: Detalhamento básico e principal do projeto.....	11
Figura 2.1: Abordagens do Acordo de Basileia II.....	13
Figura 2.2: Linhas de negócios/respectivas porcentagens. Fonte: BIS 2004.....	14
Figura 4.1: Risco do Modelo. Adpatação de Macelo Cruz (2005)	31
Figura 5.1: Descrição geral de escolha e ajusta de uma distribuição estatística	39
Figura 5.2: Exemplo do teste QQ-Plots.	45
Figura 7.1: Arquitetura de Backtesting.....	54
Figura 8.1: Risco do Modelo. Adpatação de Macelo Cruz (2005)	62
Figura 8.2: Esquemático do backtesting	63

Quadros

Quadro 3.1: Identificação de riscos operacionais financeiros.....	19
Quadro 3.2: Boas práticas de gerenciamento de riscos operacionais.....	20
Quadro 4.1: Dados de Perdas Operacionais	27
Quadro 4.2: Sugestão de alguns fatores de controle de ambiente.....	28
Quadro 4.3: Métodos da técnica Delphi.....	36
Quadro 4.4: Itens importantes utilizados para medir o risco operacional	38
Quadro 7.1: Propriedade do short-fall.....	52
Quadro 7.2: Teste estatístico para o modelo de VarO.....	53
Quadro 7.3: Métodos do tamanho do cluster.....	55
Quadro 7.4: Testes suplementares que ajudam na análise do modelo VaRO.....	56
Quadro 8.1: Identificação de riscos operacionais para empresas não financeiras	58
Quadro 8.2: Boas práticas de gerenciamento de riscos operacionais para empresas não financeiras	65

Tabelas

Tabela 4.1: Exemplo de banco de dados para hedging	34
Tabela 4.2: Exemplo de perdas operacionais	37
Tabela 5.1: Dados dos valores críticos e níveis de significância do teste KS	42
Tabela 5.2: Dados dos valores de escala e níveis de significância do teste AD	43
Tabela 5.3: Dados dos valores de escala e níveis de significância do teste CV	43
Tabela 5.4: Valores do teste de Shapiro-Wilk.....	44

Lista de símbolos, de siglas e de abreviaturas

RO.....	Risco Operacional
BIS.....	<i>Bank of Internation Settlements</i>
BIA	<i>Basic Indicator Approach</i> (Método de Indicador Básico)
SA	<i>Standardized Approach</i> (Método Padronizado)
AMA	<i>Advanced Measurement Approach</i> (Método de Mensuração Avançada)
SPMSOR.....	<i>Sound Practices for the Management and Supervision of Operational Risk</i>
FMI.....	Fundo Monetário Internacional
L&P.....	Lucro e Perda
VaR.....	Valor de Risco (<i>value at risk</i>)
VaRO ou VaR Operacional.....	Valor de Risco Operacional
VaRM.....	Valor de Risco de Mercado
EVT.....	<i>Extremal-Value Theory</i> (Teoria de Valores Extremos)
KS	Kolmogorov-Smirnov
AD	Anderson-Darling
CV	Cramer-Von Mises
CMN.....	Conselho Monetário Nacional
PDF.....	Função de densidade de probabilidade
CDF.....	Função cumulativa de probabilidade
CVM.....	Comissão de Valores Mobiliários
COSIF	Plano de Contas das Instituições Financeiras

1. INTRODUÇÃO

A gestão de riscos em empresas financeiras é uma área muito complexa, importante e totalmente presente no seu escopo de atuação. Por outro lado, apesar de o termo risco operacional ter surgido das empresas não financeiras o seu tratamento estatístico vem a pouco ganhando força de maneira mais efetiva.

Este trabalho objetiva estudar os riscos presentes nos sistemas financeiros, mais precisamente o risco operacional e tratá-lo de maneira a se adequar às empresas não financeiras, mas precisamente as grandes corporações não financeiras. Logo quando falar-se em empresas não financeiras neste trabalho estar-se-á referindo às grandes corporações não financeiras. Para tanto pega-se como base os conceitos do Acordo de Basiléia II apresentados em livros do Comitê da Basiléia sobre a Supervisão Bancária do “*Bank of International Settlements*” (BIS) como o “*Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: a Revised Framework*” (Basel: BIS, 2004) e o “*Sound Practices for the Management and Supervision of Operational Risk*” (Basel: BIS, 2003); além dos livros: “Modelagem, avaliação e proteção para risco operacional”, Marcelo Cruz; “Principles of Managerial Finance”, Lawrence J. Gitman; “Value at Risk”, Philippe Jorion; entre outros.

No entanto sabe-se que nem sempre é adequado utilizar-se modelos de um sistema, tais como o financeiro, e aplicar-se a outro sistema. Logo, primeiramente, direcionare-se nosso estudo em questões gerais que permeiam ambos sistemas (financeiros e não financeiros) de maneira similar e depois ir-se-á adicionar e adequar o restante de acordo com estudos feitos a partir de necessidades e problemas enfrentados por empresas não financeiras, de um modo mais superficial.

Na figura 1.1 está esboçado a arquitetura básica de como o projeto se desenvolverá. A partir dos estudos de riscos operacionais em instituições financeiras do Conselho de Basiléia II são apresentadas ‘Boas práticas’ e ‘Identificação dos riscos operacionais’ que servirão de base para uma sugestão embrionária de ‘Boas práticas’ e ‘Identificação dos riscos operacionais’ para instituições não financeiras. Já, a partir de outros livros e principalmente do livro “Modelagem, avaliação e proteção para risco operacional” de Marcelo Cruz mostrar-se-á como pode ser feita a modelagem de risco operacional, bem como quais distribuições de severidade e de frequência servem de base para modelar o

valor de risco operacional em instituições financeiras, sustentando neste estudo será sugerido como pode ser tratado superficialmente a questão da modelagem de risco operacional e o valor de risco operacional para empresas não financeiras.

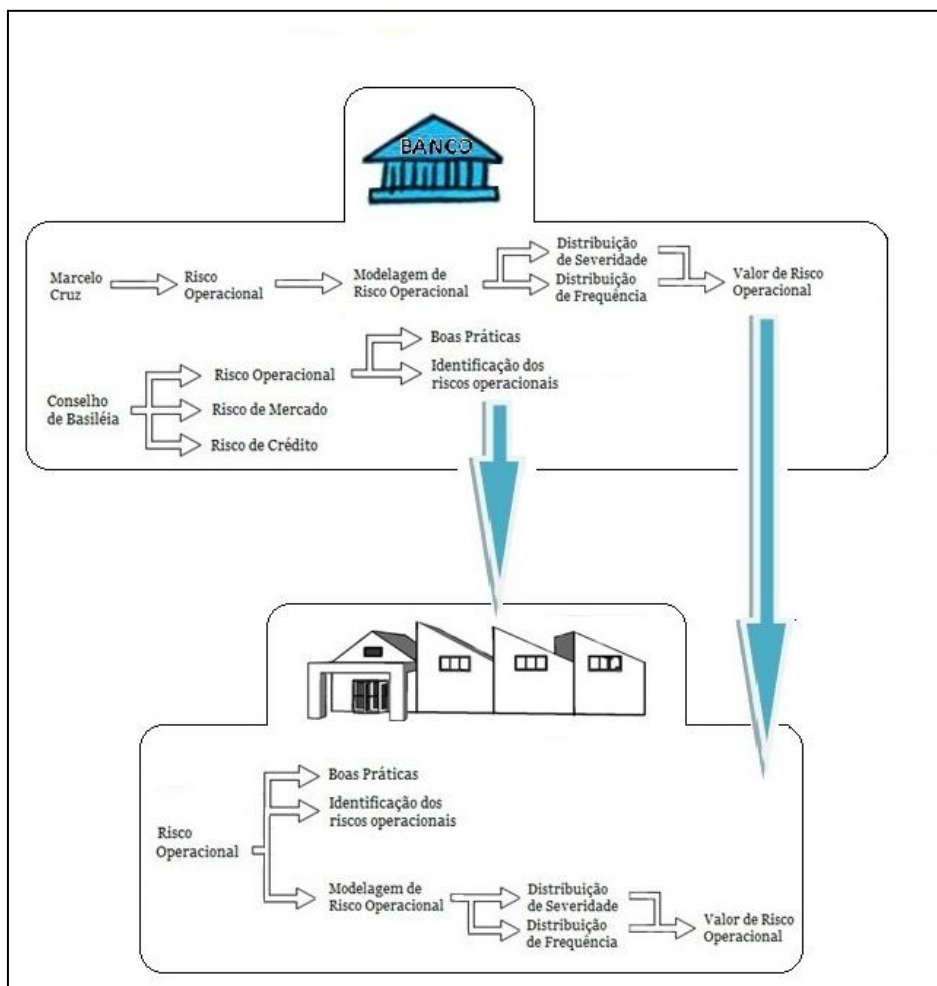


Figura 1.1: Detalhamento básico e principal do projeto.

O trabalho se subdivide em 7 capítulos: o primeiro é a introdução; o segundo trata sobre o Acordo de Basileia II; o terceiro faz uma conceituação sobre riscos dentre estes o risco operacional; o quarto trata sobre a modelagem do risco operacional; no quinto e no sexto são tratadas questões estatísticas, nesta respectiva ordem, análise de severidade e análise de frequência; no capítulo sétimo são introduzidos os conceitos de valor de risco operacional e por fim apresenta-se uma conclusão final e sugestões de aplicações sobre o tema sistemas de análise de risco operacional.

2. CAPÍTULO 2 – ACORDO DE BASILÉIA II

A palavra Basiléia, remonta a uma cidade na Suíça, famosa no mundo financeiro por ser o lugar onde se reúne o Comitê de Supervisão Bancária, organização que funciona como uma espécie de banco dos Bancos Centrais. Criado em 1975 pelos presidentes dos bancos centrais do Grupo dos Dez, países mais importantes do mundo econômico. No começo era composto por representantes seniores das autoridades de supervisão bancária e dos Bancos Centrais da Bélgica, Canadá, França, Alemanha, Itália, Japão, Luxemburgo, Holanda, Espanha, Suécia, Suíça, Reino Unido e Estados Unidos. No entanto, hoje é composto por diversas representações de autoridades de Bancos Centrais e instituições financeiras de todas as partes do mundo.

O primeiro Acordo de Basiléia, de 1988, foi proposto pelo Comitê da Basiléia com o objetivo de fortalecer o sistema bancário através de recomendações de constituição de um capital mínimo por parte dos bancos, de forma a minimizar os riscos de insolvência e por consequência, os riscos sistêmicos. É necessário salientar que esse acordo não dispõe de poder legal, ou seja, sua adoção é facultativa, não é uma imposição propriamente dita. Por outro lado, sua adesão por parte do sistema financeiro de cada país é requisito importante para avaliação de solidez financeira da sua economia pelo Fundo Monetário Internacional (FMI) e Banco Mundial.

O Acordo de Basiléia II veio para aprimorar o primeiro acordo, buscando consertar as falhas existentes e sanar algumas mudanças que ocorriam no setor bancário, em especial nas áreas de gerenciamentos de risco, supervisão bancária e disciplina de mercado.

Conforme o quadro da figura 2.1 o Acordo de Basiléia II apóia-se em três pilares.

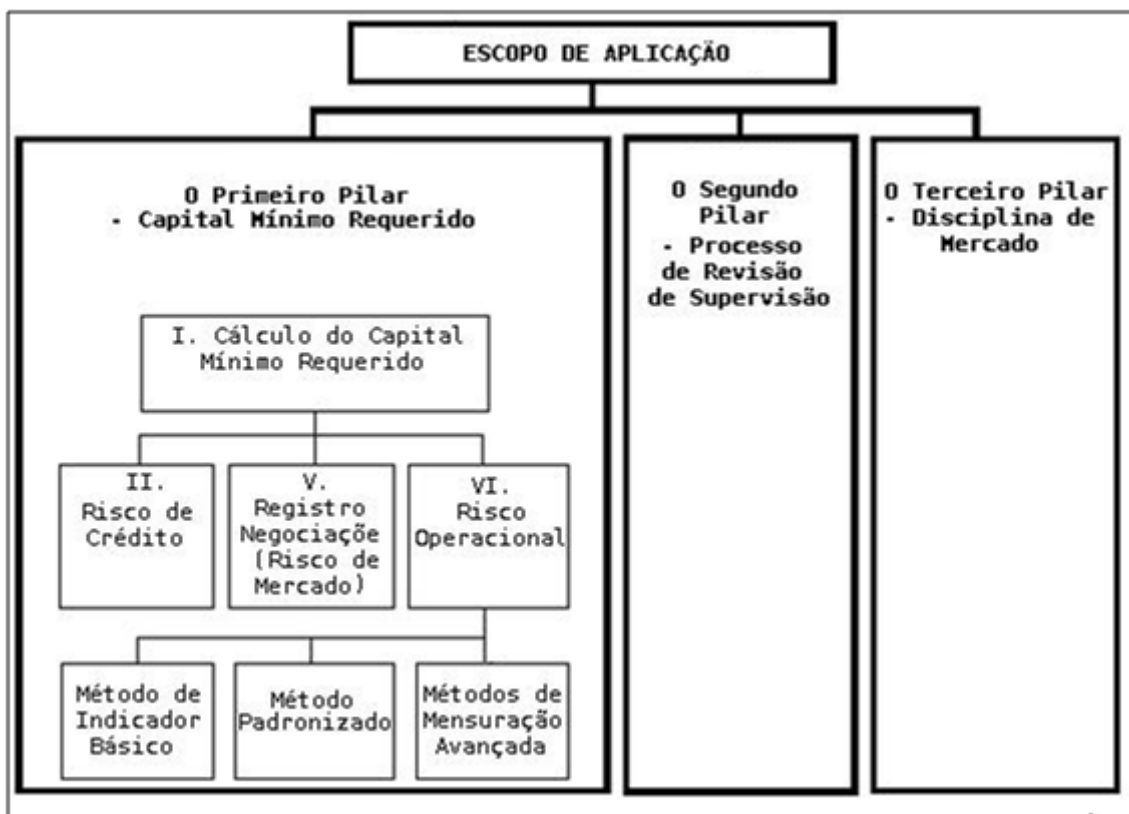


Figura 2.1: Abordagens do Acordo de Basiléia II.

O Acordo de Basiléia II apoia-se em três pilares, como explicitado na figura 2.1:

- O Pilar 1 – Exigências de Capital Mínimo;
- O Pilar 2 – Processo de Revisão de Supervisão;
- O Pilar 3 – Disciplina de Mercado (Transparência).

2.1 Pilar 1 – Exigências de Capital Mínimo:

No Pilar 1 trata-se dos Riscos de Mercado, Risco de Crédito e Risco Operacional. Sendo o risco de mercado e de crédito tratados pelos Métodos Padronizado e Interno, considerando as características de cada um; e o risco operacional que, pela sua característica, é ajustável ou adequado para implantação em outras atividades empresariais.

O risco operacional possui uma estrutura com três métodos usados para calcular os seus encargos de capital “em um continuum de sofisticação crescente e sensibilidade ao risco..”(BIS 2004, p. 163):

- O Método de Indicador Básico (*Basic Indicator Approach – BIA*): prega que o banco tem que possuir um capital equivalente a 15% de sua

renda média bruta anual dos últimos três anos para reserva de estratégia de alocação de capital.

- Os Métodos Padronizado (*Standardized Approach – SA*): “as atividades dos bancos são divididas em oito linhas de negócios: *corporate finance* (financiamento para pessoa jurídica), negociação e vendas, *retail banking* (banco de varejo), *commercial banking* (banco comercial), pagamento e liquidação, serviços de agência, administração de ativos e corretagem no varejo”(BIS 2004, p.164). O encargo de Capital deste método é igual a (renda média bruta anual dos últimos três anos)*(percentual de cada linha de negócio). Os percentuais de cada linha são iguais aos mostrados na figura 2.2:

Linhas de Negócios	Fatores Beta
Corporate finance ($\beta 1$)	18%
Negociação e vendas $\beta 2$	18%
Retail banking ($\beta 3$)	12%
Commercial banking ($\beta 4$)	15%
Pagamento e liquidação ($\beta 5$)	18%
Serviços de agência ($\beta 6$)	15%
Administração de ativos $\beta 7$	12%
Corretagem no varejo ($\beta 8$)	12%

Figura 2.2: Linhas de negócios/respectivas porcentagens. FONTE: BIS 2004.

- Os Métodos de Mensuração Avançada (*Advanced Measurement Approach – AMA*): “no AMA, a exigência de capital regulamentar será igual à mensuração de risco gerada pelo sistema de mensuração de risco operacional interno do banco usando critérios quantitativos e qualitativos” (BIS 2004, p.166), sujeito à aprovação da autoridade de supervisão o que na maioria dos países feito pelos seus respectivos Bancos Centrais. Este método é o mais complexo dos três, sendo exigidas informações referentes há no mínimo três anos para a estruturação e montagem do banco de dados de perdas, por outro lado o Comitê de Basiléia II recomenda um prazo de cinco anos, por considerar que informações consistentes serão obtidos em um período maior.

2.2 Pilar 2 – Processo de Revisão de Supervisão:

Nesta seção é tratado sobre o processo de revisão da supervisão que foi programado para “assegurar que os bancos tenham capital adequado para dar

suporte a todos os riscos em seus negócios” e também “encorajar os bancos a desenvolver e usar melhores técnicas de gestão no monitoramento e administração dos seus riscos” (BIS 2004, p. 184). No Brasil quem faz essa supervisão é o Banco Central do Brasil.

2.3 Pilar 3 – Disciplina de Mercado (Transparência):

Neste pilar é focado a importância da evidência em demonstrativos financeiros. “O Comitê acredita que essas divulgações tenham uma relevância especial na Estrutura, em que a confiança nas metodologias internas fornece um poder maior de decisão na avaliação das exigências de capital” (BIS 2004, p.204), assim a informação ao mercado sobre as exposições de riscos de um banco fica mais transparente.

Os bancos podem decidir sobre a relevância dos assuntos que serão divulgados. “As informações seriam consideradas como relevantes se sua omissão ou declaração enganosa puder alterar ou influenciar a avaliação ou decisão de um usuário que confiar nessas informações para fins de tomada de decisões econômicas.” (BIS 2004, p. 206). As divulgações das informações devem ser feitas semestralmente, sujeitas a algumas exceções.

“No Brasil, a Lei 6.404/76, complementada pela lei 10.303 de 31 de outubro de 2001, é referencial para obrigatoriedade da divulgação de demonstrativos financeiros por parte das Sociedades Anônimas de Capital Aberto. A Comissão de Valores Mobiliários (CVM), por meio de instruções normativas, exerce autoridade sobre tais sociedades. Sendo bancos, devem respeitar também o Plano de Contas das Instituições Financeiras (COSIF) e segui-las. Este termo pode ser traduzido para evidência, podendo ser encontrado em inglês nas publicações nacionais resoluções do CMN e outras normas emitidas pelo Banco Central do Brasil.” (Alves e Cherobim, 2004, p. 8).

3. CAPÍTULO 3 – CONCEITUAÇÃO DE RISCO

O risco é normalmente definido como reflexo das eventuais variações nas distribuição dos retornos possíveis, com as suas probabilidades e com os seus valores subjetivos, para March & Shapira (1987, p. 1404), *apud* Steiner Neto (1998, p. 50). De uma forma geral, em finanças, risco pode ser definido em termos da variabilidade de um investimento em comparação ao seu retorno esperado (DAMODARAN, 2009).

Encontra-se várias definições de risco em livros de engenharia, economia, administração. Alguns autores discorrem que incerteza e risco são a mesma coisa, outros já discordam. Segundo Sassatani (1999), na Economia, não é incomum encontrar o termo risco como sinônimo de incerteza. Já o economista Frank Knight (1972, p. 249) disse sobre risco e incerteza da seguinte maneira: "A diferença prática entre as duas categorias, risco e incerteza, é que na primeira a distribuição do resultado num grupo de casos é conhecida (quer através do cálculo a priori, quer das estatísticas da experiência passada), enquanto no caso da incerteza isso não ocorre, em geral devido ao fato de que é impossível formar um grupo de casos, porque a situação que se enfrenta é, em alto grau, singular". Assim, de acordo com Knight, na incerteza não tem como obter suas respectivas probabilidades de ocorrência ao contrário do risco.

Partindo da descrição de Frank Knight sobre risco pode-se discernir que o seu estudo é importantíssimo para as empresas terem sucesso em suas operações, pois a partir da coleta de dados e suas respectivas interpretações pode se direcionar como agir em determinadas situações, tratando os riscos associados e tomando decisões mais sábias (pelo menos do ponto de vista probabilístico).

Os riscos podem ser divididos de acordo com especificações de cada autor. Em termos financeiros tem-se como exemplo, Jorion (2007) e Duarte Júnior (1996), distinguem: risco de crédito, risco de mercado, risco de liquidez, risco operacional e risco legal. O Comitê da Basileia de Supervisão Bancária (BIS, 1997) em seu documento "*Core Principles for Effective Banking Supervision*" (*Basel Core Principles*), sugerem os seguintes riscos para os quais os bancos estão sujeitos: risco de crédito, risco de mercado, risco de liquidez, risco país, risco de transferência, risco de taxa de juros, risco reputacional, risco legal e risco operacional. No entanto não entra no escopo desse trabalho especificar todos

estes riscos citados (ou outros como o estratégico). Somente será tratado sobre o risco operacional.

3.1 Risco Operacional

Existem diversos conceitos de risco operacional, tratados por alguns autores como Fortuna (2005), Jorion (1997), Duarte Jr. (1996) e também por autoridades reguladores como o Banco Central do Brasil e o próprio BIS (2004).

De acordo com Fortuna (2005) o risco operacional é qualquer possibilidade de perda que tenha origem por falhas de sistemas, processos, recursos tecnológicos, recursos humanos ou, então, pela perda na questão dos valores corporativos e éticos unificadores da estrutura da empresa. Muito parecido com a definição de Duarte Jr. (1996, p.27), “risco operacional está relacionado a possíveis perdas como resultado de sistemas e/ou controles inadequados, falhas de gerenciamento e erros humanos.”, que por sua vez também é muito parecido com a definição do BIS (2004) e com a Resolução nº 3.380 do Banco Central do Brasil.

Segundo a Resolução nº 3.380 de 2006 do Banco Central “Art. 2º Para os efeitos desta resolução, define-se como risco operacional a possibilidade de ocorrência de perdas resultantes de falha, deficiência ou inadequação de processos internos, pessoas e sistemas, ou de eventos externos.”, que por sua vez toma a definição do BIS (2004) como referência “o risco operacional é definido como o risco de perda resultante de pessoas, sistemas e processos internos inadequados ou deficientes, ou de eventos externos.”

Para Jorion (1997, p.16), “risco operacional refere-se a perdas potenciais resultantes de sistemas inadequados, falha de gerenciamento, falha nos controles, fraude ou erro humano.”

3.1.1 Risco Operacional de Acordo com Basiléia II

Como já mencionado acima na seção 3.1 o risco operacional de acordo com BIS (BIS 2004, p.163), “risco operacional é definido como o risco de perdas resultantes de processos internos falhos ou inadequados, pessoas e sistemas, ou eventos externos. Esta definição inclui risco jurídico, porém exclui risco estratégico e de reputação”.

No primeiro Acordo de Basiléia o termo risco operacional não foi tratado em termos de capital mínimo de mercado, já no segundo ele foi incluído e sua conceituação de acordo com o *Sound Practices for the Management and Supervision of Operational Risk* (SPMSOR) do BIS (2003b, p.2), “... foi adotada vinda da indústria como parte do trabalho do Comitê em desenvolver uma alocação mínima de capital regulatório para risco operacional”.

3.1.1.1 Fundo de Identificação de riscos operacionais

De acordo com SPMSOR (BIS 2003b, p.2), “gerenciamento de riscos operacionais específicos não é uma prática nova.(...) no entanto, o que está relativamente novo é a visão do gerenciamento do risco operacional como uma prática compreensível comparável ao gerenciamento do risco de crédito e de mercado em princípio, se não sempre em forma.”

O quadro 3.1 mostra de acordo com o SPMSOR (BIS 2003b, p.2) os tipos de evento de risco operacional “...tipos de eventos de riscos operacionais que o Comitê – em cooperação com a indústria – tem identificado como tendo o potencial para resultar em perdas significativas são as seguintes”.

3.1.1.2 Recomendações de Boas Práticas do Comitê da Basiléia

O Comitê acredita que um rigor similar ao aplicado nos riscos de crédito e mercado devem ser aplicados na gestão dos riscos operacionais. Para que boas práticas da administração dos riscos operacionais sejam aplicadas e a sua capacidade de gerir adequadamente o riscos operacionais não desnorteiem do perfil de uma instituição de riscos e com isso não exponha à instituição a perdas significativas.

Também entende-se através de estudos e análises do seu comportamento que o “o risco operacional se difere de outros riscos bancários na medida em que não é tomada direcionalmente em troca de uma recompensa esperada, mas existe em um curso natural da atividade corporativa”, de acordo com o SPMSOR (BIS 2003b, p.3).

Refletindo o caráter diferente do risco operacional, segundo o SPMSOR (BIS 2003. P.3) uma “ 'gestão' de risco operacional entende-se a 'identificação, avaliação, monitorização e controle/mitigação' de risco” que distingue do usado

pelo Comitê anteriormente nos trabalhos de gestão de riscos que são “identificação, mensuração, monitoramento e controle” de riscos.

Quadro 3.1: Identificação de riscos operacionais financeiros.

Tipos de evento	Exemplos
Fraudes Internas	Omissão intencional de posições, roubo de empregados, e negociadores entrantes em uma conta própria de empregado.
Fraudes Externas	Roubo, falsificação, cheque sem fundos, dano decorrente de fraude por computador.
Práticas empregatícias e segurança no ambiente de trabalho	Reclamações trabalhistas, questões de saúde laboral e regras de segurança, atividades de trabalho organizadas, reclamações por discriminação, e obrigações gerais.
Clientes, produtos e práticas de negócio	Brechas fiduciárias, uso indevido de informação confidencial de cliente, atividades de negociação impróprias nas contas dos bancos, lavagem de dinheiro, e venda de produtos não autorizados.
Danos a ativos físicos	Terrorismo, vandalismo, terremotos, incêndios e enchentes.
Interrupção dos negócios e falhas de sistemas	Falhas de hardware e de software, problemas de telecomunicações, interrupção no fornecimento de energia.
Execução, entrega e gestão de processos	Erros na entrada de dados, falhas na gestão de colaterais, documentação legal incompleta, acesso não consentido a conta de clientes, performance indevida da contraparte não-cliente, disputa de vendedores.

FONTE: Adaptado do SPMSOR do BIS (2003b, p. 2)

O Comitê tem arquitetado uma relação de boas práticas especificadas por 10 princípios que vem acompanhando os seus trabalhos sobre riscos bancários (incluindo o risco operacional). Eles estão especificados no quadro 3.2.

Quadro 3.2: Boas práticas de gerenciamento de riscos operacionais.

Práticas	Princípios
Desenvolvimento de um ambiente apropriado de gerenciamento de risco	<p>Princípio 1: O grupo de diretores deve estar ciente dos principais aspectos de riscos operacionais do banco como uma categoria distinta de risco que deve ser gerenciada, e deve aprovar e periodicamente rever a estrutura de gestão de risco operacional do banco. <u>A estrutura deve fornecer uma definição ampla e segura de risco operacional e ditar os princípios de como risco operacional é para ser identificado, avaliado, monitorado e controlado / mitigado.</u></p> <p>(grifo do trabalho)</p>
	<p>Princípio 2: O grupo de diretores deve garantir que a estrutura de gerenciamento de risco operacional do banco está sujeita a auditoria interna efetiva que engloba uma equipe operacionalmente independente, apropriadamente treinada e competente.</p>
	<p>Princípio 3: O Gerente sênior deve ter responsabilidade para implementar a estrutura de gestão de risco operacional aprovada pelo grupo de diretores. A estrutura deve ser consistentemente implementada através de toda organização bancária, e todos níveis da equipe devem entender suas responsabilidades com respeito a gestão do risco operacional. Gestor sênior deve também ter responsabilidade por desenvolver políticas, processos e procedimentos para gerenciamento do risco operacional em todos os produtos materiais, atividades, processos e sistemas do banco.</p>
Gerenciamento de risco: identificação, avaliação, monitoramento e mitigação/ controle	<p>Princípio 4: Os Bancos devem identificar e avaliar o risco operacional inerente em todos produtos materiais, atividades, processos e sistemas. Bancos devem também garantir que antes de novos produtos, atividades, processos e sistemas serem introduzidos ou empreendidos, o risco operacional inerente a eles esteja sujeito a adequados procedimentos de avaliação.</p>
	<p>Princípio 5: Os Bancos devem implementar um processo para monitorar regularmente perfis de risco operacional e exposições materiais a perdas. Deve haver relatório regular de informações pertinentes ao gestor sênior e ao grupo de diretores que dá apoio à gestão proativa do risco operacional.</p>
	<p>Princípio 6: Os Bancos devem ter políticas, processos e procedimentos para controlar e/ou mitigar riscos operacionais materiais. Bancos devem periodicamente rever suas limitações de riscos e estratégias de controle e devem ajustar seu perfil de risco operacional adequadamente usando estratégias apropriadas, à luz de seu apetite ao risco e perfil.</p>
	<p>Princípio 7: Os Bancos devem ter planos de contingência e de continuidade dos negócios adequados para garantir suas habilidades para operar em uma base progressiva e limitar</p>

	perdas no evento de interrupção severa de negócios.
Papel dos Supervisores	Princípio 8: Os Supervisores bancários devem requerer que todos bancos, independentemente de tamanho, tenham uma estrutura adequada para identificar, avaliar, monitorar e controlar/mitigar riscos operacionais materiais como parte de uma abordagem geral de gestão de risco.
	Princípio 9: Os Supervisores devem conduzir, diretamente ou indiretamente, avaliações regulares independentes de políticas, procedimentos e práticas de um banco relacionadas ao risco operacional. Supervisores devem garantir que existam mecanismos apropriados adequados que permitam a eles ficar informados de desenvolvimentos nos bancos.
Papel da Evidenciação (<i>disclosure</i>)	Princípio10: Os Bancos devem fazer evidenciação pública suficiente para permitir participantes do mercado avaliar suas abordagens para gestão do risco operacional.

FONTE: adaptado do SPMSOR do BIS (2003b, p. 4, 5)

4. Capítulo 4: MODELAGEM DO RISCO OPERACIONAL EM EMPRESAS FINANCEIRAS

O Desenvolvimento de um modelo em sistemas analíticos, seja quais forem, é de fundamental importância e de grande dificuldade. A partir do modelo que for arquitetado os resultados derivarão dele, logo, tem-se que estabelecer quais dados podem ou não entrar no sistema de análise. No caso deste trabalho levar-se-á em consideração, para estruturar a modelagem do Risco Operacional, a definição dada pelo BIS (2004) em que define o risco operacional como “o risco de perda resultante de pessoas, sistemas e processos internos inadequados ou deficientes, ou de eventos externos.”

Em geral, de acordo com Marcelo Cruz (2005), os analistas encontram dificuldades no desenvolvimento da estrutura para classificar as causas, em sequência quantificar os seus efeitos, do risco operacional. Isso ocorre devido à abstração, que se deve ter, em um primeiro momento para relacionar as causas do risco operacional, que derivam de 'processos inadequados' e/ou 'sistemas deficientes'. Todas as vertentes devem ser analisadas, mesmo porque nem todos os problemas de sistema causam impacto no L&P (Lucro e Perda) de uma empresa. Portanto, é necessária uma classificação que leva em consideração os pontos que interferem diretamente no L&P, como 'despesas com juros'.

O Projeto da modelagem pode ser feita de dois tipos: por processo ou para o sistema todo. O maior problema da modelagem baseada por processos é que ela pode se tornar inviável (muito trabalhosa) em empresas que possuem milhares de processos. Assim sendo, uma abordagem mais interessante seria escolher alguns erros operacionais e aplicar ao processo e ver como ele se comporta. A partir desta abordagem pode-se separar os processos em níveis de importância, se um processo afeta de modo agudo monetariamente a empresa, este processo é tratado logo. Caso não, este é deixado para uma etapa posterior do processo de modelagem.

A profundidade do modelo é outro ponto de decisão da análise. Deseja que ele seja como um VaRO (valor de risco Operacional) que somente faz uma alusão as perdas causadas pelos processos no L&P ou quer que ele além de identificar os pontos de perdas ainda tenha uma árvore de decisões que contenha as ações que devem ser tomadas dependendo dos resultados obtidos. É Claro

que a última opção é a mais completa como também a mais complicada, porém a mais eficiente.

4.1 Banco de dados

A Montagem do banco de dados é de fundamental importância e demanda que o analista gaste um bom tempo na sua construção porque é a partir deste ponto que as perdas serão selecionadas para se determinar o seu grau de relevância no sistema, logo, são selecionados os dados que realmente devem fazer parte do Banco de Dados.

Na montagem e análise do banco de dados lidar-se muito com a probabilidade e estatística. Portanto, encontra-se uma breve explanação sobre os conceitos básicos da teoria da probabilidade e alguns temas básicos que causam dúvidas na hora de dimensionar o banco de dados no ANEXO A

4.1.1 Discussões básicas

Algumas discussões iniciais surgem no decorrer da modelagem do sistema e serão retratadas de forma abreviada.

Classificação de causas *versus* efeitos de perdas

Muitos não conseguem diferenciar de maneira apropriada a diferença entre causas e efeitos nos eventos operacionais. De maneira sucinta, as causas são as que dão origem as perdas, e o efeito de perdas é a consequência monetária. Exemplo é o 'risco de processos' que nada mais é que uma causa e a sua perda monetária é o efeito. Quando se tem muitos eventos de perdas torna-se difícil distinguir as origens das perdas, que podem ser sistêmicas e/ou humanas. Nessas horas é bom não usar a subjetividade para classificar (combater a síndrome do 'achismo').

Perdas diretas *versus* perdas indiretas

As perdas diretas são aquelas que impactam diretamente os resultados; exemplo o pagamento de juros à contraparte devido ao atraso na liquidação, pagamento de direitos de um trabalhador que está de licença médica. Já as perdas indiretas são aquelas causadas por outros fatores. No sistema financeiro

os bancos são orientados pelo Comitê de Basileia a terem fundos de capital para tratar dos dois tipos de perdas.

4.1.2 Estruturas básicas

A estruturação base objetiva ser um alicerce inicial para que o modelo tenha direcionamento eficiente e tenha escopo bem definido.

Questões como a escolha do modelo de recebimento de dados e troca de informações, definição de como as transações serão computadas (em nível de transação ou por período de tempo). O armazenamento das informações será feita em bancos de dados diversificados e/ou em um único banco central, o formato que os dados serão salvos e armazenados. Neste momento muitas dúvidas do tipo de tecnologia e do nível de abrangência do modelo estrutural já podem ser discutidas e exauridas.

Modelagem em função do tempo ou em nível transacional

Ao invés de modelar o banco de dados de risco operacional em função do tempo (dias ou semanas) recomenda-se fazê-lo em nível de transação. Seguindo dois passos fundamentais: primeiro, a modelagem baseado no processo estocástico da frequência e da severidade ou valor monetário das perdas; segundo, selecionar e distinguir as causas principais que geram perdas operacionais e qualificar as perdas eficientemente.

O banco de dados central

O banco de dados serve como um reservatório central que agrupa todas as informações de uma organização. Independentemente de onde se originaram esses dados e o seu formato. O banco de dados deve ser bem estruturado para que possa facilmente receber *upgrade*, ser acessado sem grandes dificuldades e oferecer informações para as análises da organização.

Um banco central organizado é chave para o sucesso do controle do risco operacional.

Alimentação automática de dados

O desenvolvimento desta operação para obter dados automaticamente através de instalações de filtros é de difícil implementação e de cara implantação,

por outro lado, pode ser o ponto chave para o sucesso da gerência do RO. Um exemplo do grande desafio deste tipo de operação é reunir dados de diferentes lugares (podendo vir de todo o globo) e em diferentes formatos e agrupá-los em um diretório central que trata todas as informações. Uma breve explanação de como pode funcionar um filtro é quando uma informação é gerada no *front-office* e passada para o *back-office*, e o pessoal no *back-office* comete um erro na hora de tratar a informação enviada a eles, então o filtro entra em ação e separa tal informação modificada erroneamente. Quando entradas anormais são observadas o filtro pode soltar uma mensagem que pode ser analisada. Assim os analistas e/ou funcionários podem detectar o erro/falha e consertá-la.

Inflação, truncamento e censura

Algumas vezes é necessário fazer correções em dados dos riscos operacionais devido ao truncamento de dados, censura e inflação.

Em casos em que a operação se delonga por um tempo prolongado é recomendado utilizar dados inflacionários para corrigir dados financeiros.

Quando os dados são truncados, quer dizer que, eles somem de lugares onde normalmente deveriam estar.

Já a censura ocorre quando os dados estão onde deveriam estar, porém os seus valores específicos não são conhecidos.

4.2 Modelo de dados - Abordagens Quantitativas e Qualitativas

Geralmente, a eficiência da mensuração do risco está relacionada com a solidez do modelo e a disponibilidade dos dados que podem ser coletados. A identificação do impacto das perdas operacionais sobre os resultados, neste aspecto, devem ser classificadas para que medidas de gerenciamento possam ser tomadas com efetividade. Na abordagem do BIS para o risco operacional (como para os riscos de mercado e crédito) é recomendado que se identifique os fatores quantitativos e os qualitativos para modelar o banco de dados do RO, os quais são descritos como:

- Abordagem Qualitativa: normas para boas práticas operacionais, normas para controle interno, norma de qualidade para processos e recursos.

- Abordagem Quantitativa: relaciona a modelos quantitativos de frequência, severidade e aqui se incluirá o VaR (*value at risk* ou valor de risco).

4.2.1 Abordagem Quantitativa do RO

Na verdade, os fatores quantitativos são aqueles expressados em números sobre as perdas/lucros que serão tratados, neste trabalho, especificamente pela análise da severidade e frequência de um conjunto de eventos e pelo uso da ferramenta VaR que está minuciosamente descrito no capítulo 7.

O VaR é uma ferramenta importantíssima e amplamente conhecida no meio atuarial e estatístico, uma vez que sua utilização permite calcular valores esperados de retorno (perda ou lucro) com um certo grau de confiança, num dado período de tempo, através da análise estatística de dados coletados. Por sua vez, VaR operacional conforme Carvalho (2003, p. 479), “[...] é calculado a partir de uma base de dados obtidos na observação de desempenhos passados ou da previsão de desempenhos futuros, das exposições e perdas associadas aos diversos processos ou linhas de negócios.”

4.2.2 Abordagem Qualitativa do RO

Quando está construindo o padrão de abordagem qualitativa, não tem como deixar de lado o aspecto quantitativo dos dados. Mesmo porque os valores quantitativos dos resultados darão as diretrizes para seguir na tentativa de sanar tais perdas obtidas. No quadro 4.1 apresenta-se algumas práticas qualitativas para trabalhar com os riscos operacionais. No quadro 4.2 apresenta-se uma sugestão de fatores de controle de sistemas que apresentam medidas quantitativas como dados.

Numa breve explanação sobre os padrões qualitativos Marshal (2002, p. 27) define como sendo “... boas práticas no campo operacional ou especificam diretrizes gerais para a avaliação da qualidade de processo e de controle.” que segundo ele podem ser subdivididos em diretrizes de controle interno, de qualidade para processos e recursos, e diretrizes setoriais de boas práticas operacionais.

Quadro 4.1: Dados de Perdas Operacionais

Tipos de perda	Causas	Perda Monetária
Legal e responsabilidade civil	Processo Legal perdido.	Custos legais externos e outros relacionados, decorrentes de um evento de risco operacional.
Penalidades tributárias, de <i>compliance</i> e legais	Penalidades pagas à entidade reguladora.	Multas ou o custo direto de quaisquer outras penalidades, como os custos associados de revogação de licenças – exclui receitas perdidas/passadas.
Perda ou dano a bens	Negligência, acidente, incêndio, terremoto.	Redução do valor dos ativos não-financeiros e do patrimônio da empresa.
Restituição	Cobrança de juros. Nota: exclui danos legais que são incluídos nos custos legais e de responsabilidade civil.	Pagamentos a terceiros do principal e/ou dos juros, ou de qualquer outra forma de compensação paga a clientes ou a terceiros.
Perda de recurso	Impossibilidade de impor uma cobrança legal a uma terceira parte para a recuperação de ativos devido a um erro operacional.	Pagamentos feitos a partes que cometeram um erro e que não sejam recuperados. Inclui perdas originadas do registro incompleto de uma garantia colateral e impossibilidade de impor uma posição usando <i>ultra vires</i> (poderes além dos permitidos pelo estatuto)
Baixa de ativos	Fraude, mercado avaliado de maneira errada e/ou risco de crédito	Redução direta do valor de ativos financeiros em resultado de eventos operacionais.

FONTE: Adaptação de Modelagem, avaliação e proteção para risco operacional, Marcelo Cruz (2005).

Quadro 4.2: Sugestão de alguns fatores de controle de ambiente

Ambiente de negócios	Fator	Descrição
Sistemas	<i>Downtime</i> do sistema Lentidão do sistema Estabilidade do <i>software</i> (...)	Minutos em que um sistema fica fora do ar. Minutos em que um sistema fica lento. Número de linhas mudadas num programa.
Pessoas/Organização	Funcionários Experiência dos funcionários (...)	Número de funcionários. Número médio de meses de experiência.
Fluxo e integridade dos dados	Qualidade dos dados (...)	Quociente de transações com erros sobre o total de transações
Sensibilidade ao volume	Transações (...)	Número de transações
Lacunas de controle	Quociente de processos sob controle (...)	Quociente entre processos sob auditoria de controle e o total de processos.
Ambiente externo	Erros de contraparte Número de mudanças nas regulamentações (...)	Número de erros causado por contrapartes. Número de mudanças em regulamentações pertinentes durante um período de tempo.

FONTE: Adaptação de Modelagem, avaliação e proteção para risco operacional, Macelo Cruz (2005).

4.2.3 Unidades de Negócios

Uma vez decidido o modelo de dados que será utilizado é recomendável dividir as áreas que tratam de cada risco operacional. Por exemplo, o tipo de perda 'legal de responsabilidade civil' seria destinado a área jurídica da organização. No entanto tem que considerar a disposição da empresa em contratar profissionais para cuidar de cada conjunto de risco. Analisando uma empresa não financeira e partindo da premissa que fazer um controle eficiente dessas perdas operacionais não é um trabalho irrisório sugeri-se uma gama de profissionais que possuem conhecimentos na área de engenharia de produção, engenharia de qualidade, engenharia de segurança do trabalho, engenharia financeira, estatística, economia, análise de sistemas aliados com profissionais de

recursos humanos e direito, para que o modelo possa ser bem empregado e conduzido pela empresa.

Profissionais demandados para tratar do risco operacional

Para tratar o risco operacional dentro de uma empresa financeira existem diversos profissionais que podem ser contratados: desde de analistas de sistemas até a advogados.

Abaixo há uma divisão básica de alguns profissionais que fariam parte na identificação, avaliação, monitoramento e controle/mitigação de risco operacional numa empresa não financeira:

- Engenheiro de produção: é o engenheiro que se dedica a gestão dos processos de produção e serviços - busca planejar, otimizar e implementar ações no campo dos sistemas, processos, materiais, pessoas, equipamentos, ambiente, entre outros. A sua função é trabalhar com uma engenharia menos tecnológica, porém engloba um conjunto maior de informações genéricas de várias engenharia, possibilitando ao profissional planejar e prever os resultados de ações que possam vir a ser tomadas. As principais matérias estudadas por este profissional é a estatística, administração, matemática, ciências sociais, física.
- Engenheiro de qualidade: possui a formação para fazer o controle estatístico da qualidade, ou seja, fornece as bases para as atividades de estabilização de processos e melhoria da capacidade de processos. Sua formação baseia-se fundamentalmente na estatística, matemática e física.
- Engenheiro de segurança do trabalho: é o profissional responsável em manter a segurança dentro do ambiente de trabalho, tanto para os trabalhadores quanto para o meio-ambiente e a indústria em geral. Seu escopo de atuação está desde da formulação de políticas para evitar os acidentes de trabalho no meio industrial, a fiscalização de tais políticas, as inspeções técnicas e a elaboração de laudos técnicos.

- Engenheiro financeiro: profissional responsável pela gestão-financeira de organizações produtivas (independente de sua área de atuação); pela análise/tomada de decisão econômico-financeira em quanto à capacidade industrial, os tipos de produtos ofertados, a localização, a precificação dos produtos, o marketing da empresa, o custo de produção. Este engenheiro também responde pela aplicação de métodos de otimização relacionados a finanças (portfólios, gestão de riscos, análise de investimentos).
- Economista: é o profissional que busca compreender, modelar e prever o comportamento dos indivíduos, instituições e os fenômenos econômicos.
- Estatístico: é o profissional responsável por fazer análises de dados e através da utilização de estudos teóricos de probabilidade estimar quando e em qual frequência e severidade que um determinado evento pode ocorrer em um espaço de tempo específico. Podendo também medir o grau de confiança de sua previsão estatística.
- Analista de sistema: é o profissional que responde pela manutenção e otimização de processos de TI (tecnologia da informação).
- Gestor de recursos humanos: possui a responsabilidade de selecionar, direcionar, fiscalizar, controlar as relações humanas dentro de uma organização. Respondem diretamente sobre as contratações de funcionários, pelo pagamento de salários, aplicação de políticas que envolvam o bem estar dos trabalhadores, entre outros.
- Gestão de direito: Responsável pela parte legal e responsabilidade civil da empresa para com os seus funcionários e a sociedade.

4.3 Duração dos eventos de risco operacional

Em função dos diversos fatores que interagem entre si, os eventos de risco operacional variam bastante no decorrer da sua duração. As suas consequências não têm como ser medidas de imediato, somente depois de um tempo transpassado. Um exemplo de perda operacional: a empresa X trabalha com

vendas pela internet e devido a problemas nos servidores sua conexão fica fora do ar durante 10 horas. A empresa, indubitavelmente, terá prejuízos que poderá levar semanas ou até meses para ser calculado exatamente.

No entanto, não é aconselhável demorar muito tempo para encontrar as perdas operacionais, para que ações possam ser tomadas o mais rápido possível visando mitigar os prejuízos. Eis que surge o problema da coleta de dados relacionados às perdas, pois estas podem demorar muito tempo até serem obtidas. Daí surge outro desafio que é fazer uma estimativa do valor da perda para o 'valor presente', utilizando todas as ferramentas disponíveis que se possui na área.

4.4 Risco de modelo

Uma atividade presente em empresas não financeiras é a compra de insumos, itens de produção, equipamentos, alguns títulos de investimentos, entre outros. Para tanto torna-se necessário a construção de um 'modelo entrada/saída' e o entedimento dos dados de entrada para poder estimar os produtos de saída, isto é, estimar os gastos para que possa precificar o seu produto/serviço oferecido. De modo que a empresa tenha lucro (que é o objetivo central de uma empresa centrada no capitalismo).

O 'modelo entrada/saída' que é mostrado pela figura 4.1 representa um risco de modelo para empresas financeiras, mas que pode ser utilizado plenamente para empresas não financeiras. Os seus principais problemas potenciais é definidos por Marcelo Cruz (2005) por:

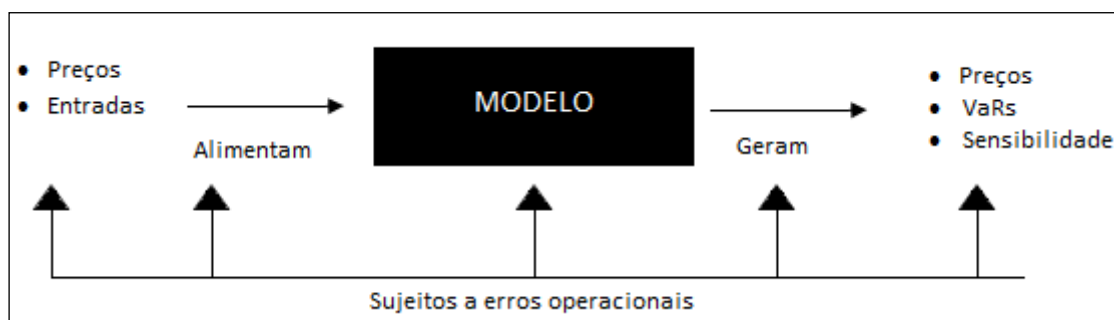


Figura 4.1: Risco do Modelo. FONTE: Adaptação de Modelagem, avaliação e proteção para risco operacional, Marcelo Cruz (2005).

1. Problemas com as entradas e fornecedores de dados;

2. Problemas na arquitetura do modelo;
3. Problemas com as saídas/resultados;

Entradas e fornecedores de dados

Nas empresas financeiras as entradas são alimentadas através de dados obtidos juntos a agências de qualificação (como Standard & Poors, Moodys, Reuters, Bloomberg, entre outras). No entanto elas não são donas da verdade absoluta e dependendo da liquidez do produto os preços podem variar bastante em relação ao que as agências estimam. Um analista experiente muitas vezes consegue prever alguns resultados 'mais adequados' do que os lançados pelas agências.

Estas discrepâncias nos preços resultam em erros no 'modelo entrada/saída'. Ainda em termos financeiros, o apreçamento de derivativos, que são derivados do tamanho da sua volatilidade e correlação, também resultam em riscos operacionais. Porque analista mal-intencionados podem mudar os valores da volatilidade e correlação de um derivativo para arrecadar mais recursos.

Em empresas não financeiras, as entradas e fornecedores de dados estão relacionados aos preços de *commodities*, *swaps* monetários, preços de outras matérias primas que não são fixadas por *commodities*, preços de outros itens comprados pela indústria, preços de equipamentos, custos de cada empregado (dependendo de sua função e seu salário), vendas de títulos pela empresa ou lançamento de ações, entre outros.

Na obtenção de dados para um modelo, usando fornecedores externos como fonte, existe um grande problema em potencial pois não se tem a certeza absoluta da veracidade dos dados. Pode ocorrer que tenham utilizados dados defasados em relação a um certo produto e o usuário do modelo estaria fazendo o mesmo.

Modelo

A parte de modelagem é muito importante e com alto grau de complexidade na gestão de riscos (inclui-se o risco operacional). Nesta etapa do processo, especialistas do melhor gabarito devem ser utilizados para a formulação do modelo. Qualquer erro nesta parte traz grandes perdas à

organização. Nos capítulos 5, 6 e 7 será tratado como um modelo de risco operacional pode ser criado, levando em consideração aspectos como: as severidades das perdas, as frequências das perdas e o VaR operacional envolvido em cada conjunto de eventos e operações da organização. No entanto, não se preocupe com a metodologia de alocação de capital e sim para avaliação de perdas.

Saídas/Resultados

Qualquer erro operacional ocorrido, seja ele na entrada de dados ou ocasionado pela abordagem falha do modelo, trará os seus efeitos nos resultados/saídas obtidos pela empresa. Dependendo do que se obter na saída deve-se tomar uma ação. Se os resultados forem negativos a empresa tem que fazer um estudo e ver porque aquela perda está ocorrendo. Se o resultado for positivo tem que se estudar se tem como melhorar o processo, se tem como aumentar o lucro com o aumento da otimização das operações internas e externas.

Enfim, através das saídas obtém-se os dados necessários para analisar o modelo e elaborar frentes de ações que a empresa tem que tomar para aumentar a eficiência da gerência operacional da organização. Sua utilização através da estatística será mostrada nos capítulos 5 e 6 que tratam respectivamente das perdas originadas pela severidade e frequência dos eventos 'operacionais'.

4.5 Hedging no banco de dados

O *hedging* no banco de dados do risco operacional trata diretamente sobre o acompanhamento das perdas que por alguma outra via pode vir a receber algum prêmio ou reembolso, resultando em uma cobertura da perda operacional.

De acordo com Cruz (2005, pág. 34) “no controle, visando à eficiência do *hedging*, é importante incluir um campo para perdas em transações individuais relatando quanto da perda foi recuperado”. Na tabela 4.1 é exemplificado como funciona tal processo.

Tabela 4.1: Exemplo de banco de dados para *hedging*

Montante da Perda	Tipo de perda	Data de perda	Data do reembolso da perda pela seguradora	(..)	Cobertura
R\$ 25.000	Quebra de uma máquina – perda ou dano a ativos	18 de abril de 2009	21 de agosto de 2009	(...)	\$25.000 -100%
R\$800.000	Despesas legais e responsabilidade civil	13 de janeiro de 2009	28 de março de 2009	(...)	\$200.000 - 25%
R\$34.670	Despesas com taxas extras de seguro - reembolsáveis	15 de maio de 2009	-	(...)	\$0 0%

4.6 IAS37 e perdas operacionais esperadas

O tratamento das perdas operacionais esperadas não é uma tarefa trivial, e uma ferramenta que pode auxiliar é a IAS37 editada pelo *International Accounting Standards Board*, que especifica de maneira lúcida o que pode (ou não) estar sujeito a provisões. As três especificações gerais do IAS37 são:

- Uma provisão não deve ser reconhecida para perdas operacionais futuras.
- Uma provisão deve ser reconhecida para um contrato custoso – um contrato em que os custos inevitáveis de se cumprir as suas obrigações excedem os benefícios econômicos esperados.
- Uma provisão para custos de reestruturação deve ser reconhecida apenas quando a empresa tiver um plano formal e detalhado para a reestruturação e tiver gerado uma expectativa válida nas pessoas afetadas.

Para o IAS37 é obrigatório que apareça uma provisão no balancete, somente quando, uma empresa tiver uma dívida atual (legal ou construtiva) fruto de um evento transcorrido. Mudanças na lei ou tecnológicas podem ser levadas em consideração quando estas obtiverem um grau altíssimo de certeza que ocorrerão.

4.7 Política de Risco Operacional

O desenvolvimento de uma política interna de risco operacional e sua difusão entre todos os membros da organização é importantíssimo. Sua

divulgação será feita quando definidos os itens que servirão de dados e terminado o planejamento da modelagem do banco de dados. As informações sobre o risco operacional devem ser passadas de forma lúcidas, para que todos as compreendam, e deve englobar todos os funcionários da organização.

Os tópicos abaixo mostram como isso pode ser feito dentro da empresa.

4.7.1 Definições e mapeamentos de risco operacional

Os ROs e o seu mapeamento devem ser elucidados e demonstrados minuciosamente como foram obtidos. Os ‘especialistas’ que foram responsáveis pelo levantamento e as pessoas que foram entrevistadas devem aparecer nos relatórios.

Muitas vezes quando se vai fazer um levantamento dos dados históricos das empresas, os dados existentes não são suficientes para arquitetar um mapeamento de risco operacional decente; e mesmo quando possui um bom banco de dados um analista experiente ainda terá dificuldades para categorizar todos os riscos envolvidos.

Por estas e outras questões a aplicação de questionários a pessoas envolvidas nos processos e sistemas avaliados é uma ferramenta fundamental para ajudar no aprimoramento do mapeamento dos riscos operacionais. Para mais informações pesquisar sobre “Ad Hoc” (Survey) ou Técnica Delphi.

Técnica Delphi

A técnica *Delphi* é um método baseado no princípio de que estimativas de um grupo estruturado é mais preciso do que estimativas derivadas de um grupo informal ou indivíduos isolados. Uma das suas ferramentas mais utilizadas são questionários que são encaminhadas para pessoas específicas preencherem. Para Linstone & Turoff (1975) ela “... pode ser caracterizada como sendo um método para estruturar um processo de comunicação de grupo para que o processo seja eficaz em permitir que um grupo de indivíduos, como um todo, consiga lidar com um problema complexo”.

A aplicação da técnica *Delphi* pode ser feita através de dois modelos, citados no quadro 4.3.

Quadro 4.3: Métodos da técnica Delphi

Modelo	Definição
<i>Delphi</i> convencional	Os questionários são formulados e entregues diretamente ao grupo de funcionários, de alguma área, que irão responder aos questionários e entregá-los ao monitor responsável.
<i>Delphi</i> em tempo real	Um meio de comunicação interna da organização (<i>intranet</i>) utilizada em tempo real é usada para se aplicar os questionários aos funcionários. Uma vantagem do seu uso é que os formulários são entregues 'na hora' enquanto que no convencional os funcionários podem demorar a entregá-los.

Cada empresa aplica os questionários da forma que achar mais conveniente, mas vale ressaltar que as idéias sobre o que está sendo avaliado tem que ser bem esclarecidas aos funcionários, para que estes não distorçam sobre o que estão julgando (neste caso sobre o risco operacional). Uma boa maneira de explanar as dúvidas, de todos que responderão aos questionários, é através da realização de *workshops*.

A aplicação do *Delphi* segue alguns estágios:

1. Primeiro: deve-se selecionar a maior quantidade possível de pessoas que possam colaborar com o assunto tratado.
2. Segundo: elabora-se um relatório *feedback* para o grupo que respondeu ao questionário.
3. Terceiro: as diferenças encontradas entre o *feedback* e as respostas levantadas devem ser avaliadas, alguns analistas consideram essa parte optativa.
4. Quarto: avaliação final - todos os dados levantados são analisados e os *feedbacks* são enviados para todos que responderam os questionários.

Compilação dos questionários

Não é simples fazer um planejamento de um questionário, existem livros que podem servir de apoio, mas cada assunto tem a sua particularidade e os desenvolvedores tem que considerá-las na hora de criação.

Marcelo Cruz (2005) aponta algumas diretrizes básicas para se desenvolver um questionário, os quais são:

1. Decida os objetivos do estudo.
2. Prepare um 'mapa' contendo todas as informações que se queira com a pesquisa.
3. Monte o questionário seguindo algumas técnicas existentes (considerando as informações requeridas pelo 'mapa') para evitar armadilhas comuns.
4. Defina o tamanho da amostra.
5. Planeje ou adapte métodos e técnicas de pesquisa necessários e prepare o trabalho piloto.

O questionário também pode ser usado para outros objetivos. Exemplo, para fazer uma análise qualquer de alguma área que o seu responsável queira levantar dados, porém o trabalho não entrará mais a fundo sobre este tema.

4.7.2 Tópicos de perdas operacionais

As perdas operacionais devem estar juncionadas com as suas respectivas causas, os seus valores devem ser citados. Quando tiver perdas que foram resultados de várias causas, destrinchar de maneira mais coerente e demonstrar claramente quanto cada causa provocou de perda.

Estabelecer critérios de perdas e o seu responsável direto. Um exemplo é mostrado na tabela 4.2.

Tabela 4.2: Exemplo de perdas operacionais

Perda operacional	Responsável direto
< R\$4.000	Superior Imediato
< R\$15.000	Gerente da Filial
< R\$60.000	Diretor da Área
> R\$60.001	Diretor do Grupo

4.7.3 Mensuração do risco operacional

A mensuração do risco operacional tem o papel de alertar sobre as perdas que podem ocorrer, que posteriormente são comparadas com os resultados de perdas operacionais obtidas, para ver se a sua mensuração estava correta. A frequência e a severidade das perdas são os pontos-chaves para dimensionar os resultados e gerar um risco operacional apropriado.

No quadro 4.4 são demonstrados alguns importantes itens utilizados para medir o risco operacional.

Quadro 4.4: Itens importantes utilizados para medir o risco operacional

Item	Definição
Decomposição do risco	Os riscos devem ser identificados em todas as unidades.
Medidas de risco operacional	Todos os riscos operacionais listados devem ser usados em todas as unidades de negócios para medir o nível de risco operacional.
Medidas baseadas em probabilidades	Medidas estatísticas devem ser usadas para mensurar a probabilidade de um evento, que gera perda operacional, ocorra. Sendo o evento comum ou incomum (baixa frequência)
Ambiente de controle	Uma área independente deve analisar os resultados gerados pelas outras unidades e dar um conceito de 'credibilidade' àqueles dados e àquela unidade.
Medidas de sensibilidade	A sensibilidade a cada variável do risco operacional deve ser medida pela empresa.

FONTE: Adaptação de Modelagem, avaliação e proteção para risco operacional, Macelo Cruz (2005).

5. Capítulo 5 – ANÁLISE DE SEVERIDADE EM EMPRESAS FINANCEIRAS

Neste capítulo irá se discutir sobre a severidade das perdas ocasionadas operacionalmente e no próximo capítulo veremos sobre as frequências de tais perdas. Este tratamento segue a política para o tratamento do VaRO, que como descrito por Marcelo Cruz é “... gerado através da agregação de dois processos: o de severidade e o de frequência de perda”.

Para saber como se dará o padrão das perdas, pega-se os dados do banco de dados e através da utilização de modelos estatísticos geramos estimativas probabilísticas. Na figura 5.1 pode-se observar como funciona a descrição geral de escolha e ajuste de uma distribuição estatística. Estas técnicas estatísticas podem ser vistas no Anexo A. Neste apresentamos apenas as distribuições mais utilizadas para o ajustamento de severidade de perdas.

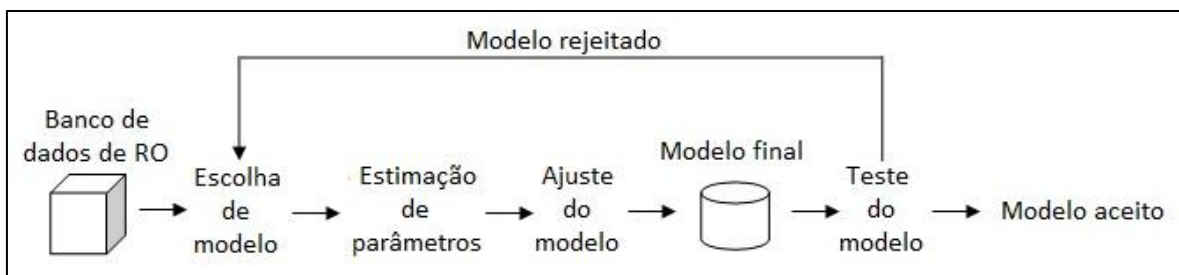


Figura 5.1: Descrição geral de escolha e ajusta de uma distribuição estatística.

5.1 Distribuições contínuas de probabilidade

Como citado no Anexo A as distribuições contínuas são aquelas em que a variável aleatória X dentro de um conjunto de dados pode assumir qualquer valor. Frequentemente é admitido que as variáveis econômicas medidas em unidades monetárias, como riqueza, preço, custo, taxas, rendas são contínuas.

Partindo destes pressupostos elucidaremos no Anexo B sobre algumas distribuições contínuas populares mais utilizadas em modelos de ajuste das distribuições de severidade em RO, as quais são:

1. Distribuição Exponencial;
2. Distribuição de Pareto;
3. Distribuição de Rayleigh;
4. Distribuição de Cauchy-Lorentz;

5. Distribuição de Weibull;
6. Distribuição *Beta*;
7. Distribuição *Gamma*;
8. Distribuição Log-normal;
9. Distribuição normal inversa (de Wald).

5.2 Peso da Cauda

O peso da cauda é importante para a análise dos dados em torno da média, para saber se os dados fogem muito do valor da esperança.

Em termos gerais a cauda oferece uma estimativa de quão ampla é a sua destinação de valores dentro da distribuição. Quanto maior a sua cauda mais valores a variável pode assumir. Por outro lado, quando se amplia muito o peso da cauda tem-se um problema em relação a dar o seu 'real valor à distribuição' porque os eventos extremos podem ser tratados pela distribuição, mas ao mesmo tempo eles tendem a desconfigurar a forma ordinária da distribuição, ou seja, muitos eventos extremos não são fáceis de prever quando podem vir a ocorrer e, ao mesmo tempo, tem-se que levar em consideração que quando tais eventos ocorrem os seus danos podem ser muito grandes e perceptíveis.

Logo, cria-se um impasse de como tratar o real peso da cauda, de como tratar os eventos extremos. Para tratar o peso das caudas deve-se usar analistas experientes que podem através de pesquisas dentro do banco de dados que possuem e entre outros documentos confiáveis fazer o melhor levantamento possível e então mensurar o melhor peso de cauda.

5.3 Testes de qualidade

O teste de qualidade serve para verificar qual o método de distribuição ou a distribuição é o, mais adequado, para modelar um conjunto de eventos. Como existe diversos tipos de distribuições o seu uso se torna necessário. Nesta secção será apresentada alguns testes para que permite fazer esta análise: os testes de formalidade e gráficos.

Os testes de formalidade são testes que analisam algumas suposições iniciais pré-estabelecidas, como a escolha de uma função de distribuição para os dados amostrados fazendo comparações entre o que é realmente obtido

empiricamente e o que é obtido pela modelagem da distribuição escolhida. Nos testes gráficos (exemplo o QQ-Plots) é feita a mesma análise só que através da plotagem dos dados nos gráficos, analisando a distância entre os dados obtidos na realidade e os gerados pelo modelo.

5.3.1 Testes formais

Teste Kolmogorov-Smirnov

O teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) analisa a distância entre os dados obtidos empiricamente e os ajustados. Para tal utiliza-se os dados da função de distribuição acumulada para estimar a distância, como é expressado pela função abaixo:

$$D_n = \max |F(x) - F_n(x)|$$

onde,

D_n é a máxima distância entre $F(x)$ e $F_n(x)$ para os possíveis valores de x .

$F(x)$ representa a CDF dos valores assumidos da distribuição proposta.

$F_n(x)$ representa a CDF dos valores assumidos da distribuição empírica.

Considerando $(x_1 + x_2 + \dots + x_n)$ observações aleatórias ordenadas de forma crescente da variável aleatória contínua X . $F_n(x)$ possui a seguinte fórmula:

$$F_n(x) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n I \{(-\infty, x]\}(X_j) \text{ onde } I_A = \begin{cases} 1; & x \in A \\ 0; & \text{caso contrário} \end{cases}$$

ou

$$F_n(x) = \begin{cases} 0; & x < x_1 \\ \frac{k}{n}; & \text{se } x_k \leq x \leq x_{k+1} \\ 1, & \text{se } x > x_n \end{cases}$$

O problema do teste de Kolmogorov-Smirnov é que ele analisa a distância máxima existente entre as CDFs e não leva em consideração a CDF ajustada ao

todo. Outro problema deste teste é em relação a sua falta de potência, ela tende a ser tolerante no ajuste de dados, especialmente para pequenas amostras.

Tabela 5.1: Dados dos valores críticos e níveis de significância do teste KS

Dados amostrados	Nível de Significância α			
n	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
Valores críticos	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{n}}$

FONTE: Adaptado de <http://www.portaaction.com.br/content/62-teste-de-kolmogorov-smirnov>

Teste Anderson-Darling

Neste teste de Anderson-Darling (AD), proposto entre os anos de 1952 e 1954, é feita uma abordagem mais profunda que o teste de Kolmogorov-Smirnov. Também faz alusão a CDF contínua.

A sua estatística calculada é:

$$A^2 = n \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{|F(x) - Fn(x)|}{F(x)(1-F(x))} dF(x)$$

onde,

n é o número de dados;

$F(x)$ representa a CDF dos valores assumidos da distribuição proposta;

$Fn(x)$ representa a CDF dos valores assumidos da distribuição empírica.

$Fn(x)$ é definida como:

$$Fn(x) = \begin{cases} 0; & x < x_1 \\ \frac{k}{n}; & \text{se } x_k \leq x \leq x_{k+1} \\ 1, & \text{se } x > x_n \end{cases}$$

A potência do teste Anderson-Darling é melhor do que o teste de Kolmogorov-Smirnov, devida a tais características:

1. Os dados das distâncias verticais são integrados em relação a todos os valores de x , assim utiliza-se mais todos os valores disponíveis.
2. A parte da função $\frac{n}{F(x)(1-F(x))}$ equilibra a variância aumentada das distâncias verticais com a distribuição.
3. A PDF ajustada pondera o valor observado através da probabilidade de se gerar um valor para x .

Tabela 5.2: Dados dos valores de escala e níveis de significância do teste AD

Escala	Nível de significância (5%)	Nível de significância (1%)
$1 + \frac{0,20}{\sqrt{n}}$	0,757	0,05
$1 + \frac{0,30}{\sqrt{n}}$	1,321	0,01

FONTE: Adaptação de Modelagem, avaliação e proteção para risco operacional, Marcelo Cruz (2005).

Teste Cramer-Von Mises

O Critério de Cramer-Von Mises (CV) é uma estatística baseada na estimação da distância mínima, ou seja, uma medida do desvio quadrado médio da distância entre os dados e o modelo.

Sua estatística é calculada por:

$$W^2 = \sum |F(x) - Fn(x)|^2 \frac{1}{12n}$$

Tabela 5.3: Dados dos valores de escala e níveis de significância do teste CV

Escala	Nível de significância (5%)	Nível de significância (1%)
$1 + \frac{0,20}{\sqrt{n}}$	0,124	0,174
$1 + \frac{0,16}{\sqrt{n}}$	1,222	0,338

FONTE: Adaptação de Modelagem, avaliação e proteção para risco operacional, Marcelo Cruz (2005).

Teste de Shapiro-Wilk

O teste de Shapiro-Wilk, introduzidas por Samuel Shapiro e Martin Wilk em 1965, tem como base a estatística W . Seu cálculo é definido como:

$$W = \frac{b^2}{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2}$$

onde x_j representa os valores da amostra ordenados (x_1 é o menor). Quando o W possui valores pequenos evidência que os dados são normais.

A constante b é calculada pela fórmula:

$$b = \sum_{j=1}^{n/2} a_{n-j+1} \times (x_{n-j+1} - x_j)$$

As constantes a_i são geradas pelas médias, variâncias e covariâncias através de uma amostra de tamanho n de uma distribuição normal.

Tabela 5.4: Valores do teste de Shapiro-Wilk

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0.7071	0.7071	0.6872	0.6646	0.6431	0.6233	0.6052	0.5888	0.5739	
2		0.0000	0.1677	0.2413	0.2836	0.3031	0.3164	0.3244	0.3291	
3				0.0000	0.0875	0.1401	0.1743	0.1976	0.2141	
4						0.0000	0.0561	0.0947	0.1224	
5								0.0000	0.0399	
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0.5601	0.5475	0.5359	0.5251	0.5150	0.5056	0.4968	0.4886	0.4808	0.4739
2	0.3315	0.3325	0.3325	0.3318	0.3306	0.3290	0.3273	0.3253	0.3232	0.3211
3	0.2260	0.2347	0.2412	0.2460	0.2495	0.2521	0.2540	0.2553	0.2561	0.2565
4	0.1429	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
6	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
7			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
8					.....	.....	.....	.....	.....	.....
9							.....	.....	.....	.....
10									.....	.....

FONTE: Adpatado de

http://docentes.esa.ipcb.pt/estatistica/apontamentos/Testes_Ajustamento.pdf

5.3.2 Testes gráficos

QQ-Plots

Através da plotagem estatística pode se verificar se um teste está adequado para modelar algum conjunto de eventos. Sua utilização é popular e muito ilustrativa de como se comporta a CDF ajustada e a empírica.

Um exemplo de QQ-plots é mostrado abaixo, numa representação de chuvas numa região.

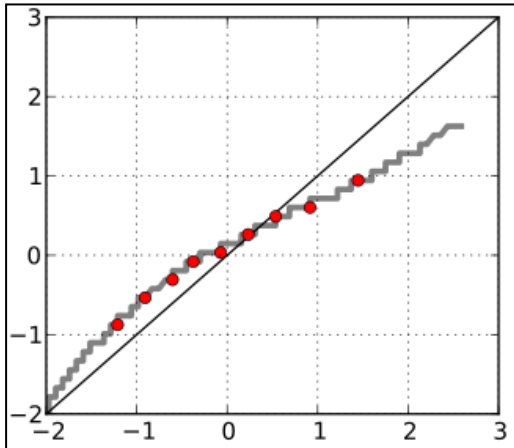


Figura 5.2: Exemplo do teste QQ-Plots.
FONTE: Blom, G. (1958),

6. CAPÍTULO 6 – ANÁLISE DE FREQUÊNCIA EM EMPRESAS FINANCEIRAS

Na distribuição de frequência os dados costumam ser divididos em classes. Alguns estatísticos julgam adequados usar de 5 a 20 classes, outros como Hoel (1978) acham adequado de 10 a 20. O número de classes é importante pois dependendo do número de classes informações importantes são 'escondidas', por essa razão não se acha adequado usar poucas classes; na antemão, está o maior trabalho em dividir os dados em várias classes.

As distribuições de frequência podem ser divididas em dois grupos de estudos por composição: a simples e composta. As funções simples são aquelas formada por só uma distribuição, a composta é formada pela junção entre duas distribuições.

Outro tipo de classificação que podemos fazer, de acordo com Marcelo Cruz (2005), é dividida em três frentes: ordinárias, truncamento no zero e modificação no zero. As ordinárias são distribuições típicas: Poisson, geométrica, binomial. As distribuições de truncamento no zero são aquelas que não podem ter o valor zero. Na relação do risco operacional elas não possuem muita utilidade, já que para serem 'válidas' temos que usar uma distribuição em que o valor zero é impossível. A distribuição com modificação no zero é gerada através de uma distribuição truncada, em que se escolhe uma probabilidade arbitrária para o valor zero e o restante é calculado baseado nesta probabilidade.

6.1 Distribuições de Probabilidades discretas

As distribuições que tratam sobre a análise da frequência são as distribuições de probabilidade discretas. Como descrito no ANEXO A tais distribuições fazem análises estatísticas de uma variável aleatória discreta X que pode assumir um número finito de diferentes valores dentro de um intervalo finito.

Suas distribuições mais populares e mais utilizadas para o risco operacional serão descritas neste trabalho no Anexo C, as quais são:

1. Distribuição binomial;
2. Distribuição binomial negativa;
3. Distribuição de Poisson;

4. Distribuição geométrica;
5. Distribuição hipergeométrica;
6. Distribuição Polya-Aeppli.

6.2 Teste de qualidade

O teste de qualidade para frequência, assim como para o teste de qualidade para severidade, serve para verificar qual o método de distribuição é o mais adequado para modelar um conjunto de eventos.

Seu uso se torna muito adequado porque permite comparar o que é obtido empiricamente com o que previsto por uma distribuição teórica; e como existem várias distribuições de frequência, pode-se selecionar qual melhor descreve a realidade.

6.2.1 Teste Qui-quadrado

O teste Qui-quadrado é um teste de qualidade que compara a distribuição de frequência teórica com a distribuição de frequência empírica e faz uma análise numérica se tais distribuições estão alinhadas, isto é, se uma é bem descrita pela outra.

Sua fórmula estatística pode ser dada por:

$$Q = \sum_{k=0}^n \frac{(n_k - E_k)^2}{E_k}$$

Quando o valor de Q supera o $(X_{d,\alpha})^2$ a hipótese “nula” é descartada. O termo d é os graus de liberdade, definido como $d = k - r - 1$. Onde k é a amostra e r é o número de parâmetros.

6.3 Análise de frequência de eventos extremos

Os eventos extremos são aqueles que se destoam da média, ou seja, são aqueles eventos que ocorrem poucas vezes e é difícil de estimar quando podem acontecer. Dentro do estudo de riscos operacionais o seu tratamento é importantíssimo para que se possa construir um eficiente modelo de RO e conseqüentemente uma melhor análise do VaR operacional, mesmo porque tem-

se que tratar a quantidade de vezes que um certo evento, que acarreta uma considerável perda, possa ocorrer.

No entanto, como já se citou, encontrar banco de dados e informações confiáveis sobre a ocorrência de eventos extremos não é simples. Devido a isso, é comum utilizar na estatística o conceito de “análise de frequência regional” para tratar sobre as frequência extremas.

A abordagem principal sobre a “análise de frequência regional” se dá “trocando espaço por tempo”, como destacado por Hosking & Wallis *apud* Marcelo Cruz (2005). Ocorrendo que dados de diversos locais são coletados para estimar eventos em um determinado local. No caso de risco operacional dados amostrais de áreas correlacionadas podem ser utilizadas, ou de outras empresas do ramo. Relembrando que não se recomenda utilizar dados que não sejam confiáveis e nem que não sejam do seu próprio banco de dados, no entanto, quando não pode-se ter tais informações pode-se fazer o uso de informações externas, mas sempre considerando que tais informações não são as mais adequadas e que os dados gerados serão uma aproximação grossa do que pode ser obtido. Uma dica é que quando for pegar informações externas de empresas busque ao máximo tomar informações de empresas parecidas com a que está sendo analisada, além de fazer uma busca nos dados utilizados para excluir informações esdrúxulas e grosseiras.

7. Capítulo 7 – VALOR DO RISCO OPERACIONAL EM EMPRESAS FINANCEIRAS

De acordo com Jorion (1997, pág. 18) o VaR “sintetiza a maior (ou pior) perda esperada dentro de determinado período de tempo e intervalo de confiança”. Sua utilização surgiu no Mercado Financeiro para analisar primeiramente os riscos de mercado em que os ativos (como ações, moedas estrangeiras, *commodities*) estavam expostos. Desta maneira os investidores podiam fazer aplicações e saber quais as probabilidades de ter um determinado retorno em um dado período de tempo e o grau de confiança em que estavam submetidos. Posteriormente, o seu uso foi expandido para o risco de crédito e hoje é aplicado em muitas, se não em todas, áreas de gerências de riscos, como a do risco operacional.

No entanto o VaRO e o VaRM (valor de risco de mercado) possuem algumas diferenças marcantes. A primeira está relacionada ao fato de que a aplicação da EVT (ou outras distribuições com cauda grossa que são utilizados para mensurar o VaRO) nos faz relaxar a hipótese gaussiana em que se baseiam os modelos de VaRM, ou seja, os processos estocásticos utilizados na mensuração do risco operacional não podem ser explicados pela distribuição normal. A segunda diferença, é que o modelo de VaRO leva em consideração a 'frequência de eventos' sendo que suas perdas seguem processos estocásticos discretos, já o VaRM se diferencia porque não leva tal 'frequência de eventos' em consideração e o seu processo para precificação dos ativos segue o modelo estocástico contínuo.

As diferenças existentes entre os VaR de mercado e VaR operacional, existem e são perceptíveis. Em termos probabilísticos a precificação dos ativos de mercado seguirão uma cotação contínua (desde de que o mercado continue aberto), logo sua precificação seguirá de acordo com o processo estocástico chamado movimento browniano. Em outra mão, o VaRO tem o seu processo estocástico baseado em um padrão discreto de dados e que são baseados em processos de Poisson, processos mistos de Poisson, processo de Cox etc. (Cruz – 2005, pag. 125).

7.1 Modelos de Risco Agregados

Nesta seção veremos como a ciência atuarial pode ajudar na modelagem e análise do risco operacional.

A ciência atuarial é uma disciplina que aplica matemática e estatística para avaliar o risco em seguros e em finanças. Ela possui dois modelos de risco básicos para avaliar as perdas totais em um período de tempo: o modelo individual e o coletivo.

Eles podem ser adaptado para o risco operacional como é mostrado detalhadamente por *Klugman et al.* (1997), que aqui será resumido. Como o risco de modelo individual que pode ser expressado pela equação abaixo:

$$S = X_1, X_2, \dots, X_N \quad N = 0, 1, 2, \dots$$

S é a soma aleatória de N perdas operacionais individuais (X_1, X_2, \dots, X_N) . Este modelo, de acordo com Cruz (2005), pode ser usado no RO em termos de um número fixo de um tipo específico de perda.

O modelo de risco coletivo considera que as perdas são variáveis aleatórias e que a frequência das perdas é vista de forma separada da magnitude das perdas. Ele será melhor discutido no próximo tópico.

7.2 Modelo de Risco Coletivo

No modelo de análise do risco operacional, calculamos em separado a frequência e a severidade das perdas, o que é importante, pois permite que a manipulação dos dados seja facilitada e depois pode-se agrupar os dados para gerar a perda total.

A equação das perdas agregadas decorridas no tempo t é dada pela equação:

$$X(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} U_i$$

A sua função de distribuição:

$$F_{X(t)}(x) = \Pr(X(t) \leq x) = \Pr\left(\sum_{i=1}^{N(t)} U_i \leq x\right)$$

U representa as perdas individuais operacionais. Derivando a equação de função de distribuição encontra-se a equação:

$$F_{x(t)}(x) = \Pr(X(t) \leq x) = \Pr\left(\sum_{i,k=0,1}^{\infty} p_k(t) F_U^{*k}(x)\right)$$

porém essa derivação é impossível na maioria das situações.

O termo F_U^{*k} refere-se à k-ésima convolução de F_U consigo próprio, ou seja $F_U^{*k}(x) = \Pr(U_1 + \dots + U_k \leq x)$, a função de distribuição da soma de k variáveis aleatórias independentes com a mesma distribuição que U . A fórmula acima dificilmente poderá ser resolvida de maneira analítica. Deve-se contar com aproximações, expansões, recorrências ou algoritmos numéricos.

No caso em que os eventos de perdas operacionais ocorrerem em grande quantidade, considerar-se-á que o efeito do limite central será dominante e sua aproximação de larga escala pode ser:

$$F_{x(t)}(t) \approx \Phi\left(\frac{x - EX(t)}{\sqrt{\text{Var } X(t)}}\right)$$

onde $\Phi(x)$ caracteriza distribuição normal padrão. Porém já se provou que essa aproximação geralmente não resulta em um valor adequado.

Para agregar as funções de frequência e severidade não se encontra um modelo exato. Por isso vários métodos são aplicados. Métodos feitos por planilhas eletrônicas ou por utilização de Transformadas rápidas de Fourier às distribuições, entre outras.

No entanto, cada uma tem sua particularidade. Como no caso em que se está analisando um distribuição em que a frequência possui um grande tamanho, se utilizarmos planilhas eletrônicas em computadores simples, os seus respectivos cálculos pode levar dias para serem analisados. Neste caso se indica utilizar computadores que possuem grande capacidade de operações, no entanto, eles são bem mais caros que os computadores normais. Logo torna-se necessário fazer um estudo se realmente é compensatório ou não adquirir este ou aquele computador.

7.3 Análise de coerência de um risco medido

Como saber se um risco está sendo medido de forma coerente, não é uma matéria simples, porém alguns estudiosos vem tentando decifrar tal enigma. Um

dos autores mais conhecidos nesta busca e que utilizaremos de seus conceitos para tratar a “coerência” na medida dos riscos é Artzner.

Artzner (1999) desenvolveu um conjunto de normas para medir quando um risco pode ser considerado, ou não, coerente. Para tanto ele pegou uma medida de risco coerente (ρ) e atribuiu a esse um número $\rho(X)$ para cada posição futura com valor futuro líquido X . Levando em consideração que tais posições futuras obedecesse a seguinte estrutura: dados os riscos X e Y (independentes entre si ou não), além do número n e t (este último tendo que ser positivo). Eles deveriam satisfazer as propriedades do *short-fall* listadas no quadro 7.1:

Quadro 7.1: Propriedade do *short-fall*

Propriedades	Definição
Sub-atividade, $\rho(X, Y) \leq \rho(x) + \rho(y)$	Tenta garantir que a medida do risco dentro da instituição seja controlada, assim sendo, quando a soma dos riscos é medida juntas ela deve ser menor ou igual a soma individuais dos riscos.
Homogeneidade, $\rho(tX) \leq t\rho(X)$	Tenta garantir que, caso aumenta-se a posição, ainda assim a medida de risco é saudável.
Condição livre de risco, $\rho(X, rn) = \rho(X) - n$	Tenta garantir que quando é adicionado dentro da medida de de risco uma certa quantidade n , investida a uma taxa livre de risco r . O seu valor será igual a medida de risco menos o capital investido n .
Monotonicidade, $\rho(X) = \rho(X) - n$	Tenta garantir que a medida de risco é maior ou igual a uma medidade de risco menos a quantidade n investida.

7.4 Análise de resultados obtidos aplicado ao VaR Operacional

A Análise de resultados obtidos (muito conhecido por *backtesting*) tem como missão comparar os resultados obtidos na realidade e as previsões obtidas pelo VaR, no nosso caso o VaR Operacional.

Caso as comparações entre a realidade e a previsão estiverem consideravelmente condizentes, o modelo será caracterizado como válido, caso

não, o modelo não será validado e um estudo deverá ser demandado para tentar encontrar quais os pontos em que o modelo foi falho, como este pode ser reparado, se o modelo deve ser totalmente descartado e recriado outro totalmente novo. Enfim, através do *backtesting* observará o sucesso ou não do modelo que está sendo utilizado.

Assim é perceptível o tanto que esta parte do projeto é importante, pois a partir dela se define o andamento total da modelagem do sistema. E para ajudar nesta fase um conjunto de testes estatísticos, pode verificar a probabilidade deste sistema ou aquele sistema ser apropriado ou não. Descreve-se no quadro 7.2 quatro tipos de testes especificados por Marcelo Cruz (2005 – pag. 130).

Quadro 7.2: Teste estatístico para o modelo de VarO

Tipo de Teste	Especificação
O cluster das violações	“Possivelmente poderá indicar que ou o modelo de risco não foi capaz de proteger contra perdas inesperadas ou que uma sequência de violações pode ser explicada por um único evento.”
A Frequência das violações	“Isso deve ser testado estatisticamente para ver se elas estão dentro de limites aceitáveis.”
O tamanho das violações	“É muito importante visualizar o tamanho do erro do modelo quando ocorrer um violação.”
O tamanho da superlocação/subalocação de capital	“Apesar de ser escolhido pelo analista, o equilíbrio entre risco/capital deve ser compreendido e justificado com cuidado... O tamanho do erro importa.”

Nesta utilização dos testes estatísticos citados no quadro 7.2 para analisar o *backtesting*. Um bom banco de dados, de alguns anos (dependendo do período de segurança que o analista modelador queira ter) é recomendável. Suponha que queiramos obter a probabilidade de um evento que aconteceu a 15 anos ocorrer novamente, seria no mínimo interessante ele pegar os dados dos últimos 15 anos, se possível pegar dados anteriores a este também.

7.4.1 Arquitetura, análise básica e estatística do *backtesting*

A figura 7.1 descreve brevemente como é a arquitetura de um *backtesting*. Onde observamos que via de regra o modelo de VarO passa pela análise básica.

Nesta etapa um resumo do *backtest* é produzido para que os desenvolvedores e analistas possam identificar se o modelo é adequado ou não.

Na segunda etapa o modelo passa pela análise estatística que, via de regra, faz uma verificação junto a todos os eventos incluindo o *cluster* de eventos extremos (que será detalhado mais a frente). No final da etapa os analistas e desenvolvedores julgam novamente se o modelo é aceitável ou não.

Se não aceito volta novamente para se construir um novo modelo de VaRO, se for aceito então é gerado um relatório final do modelo em relação aos dados do *backtesting*.

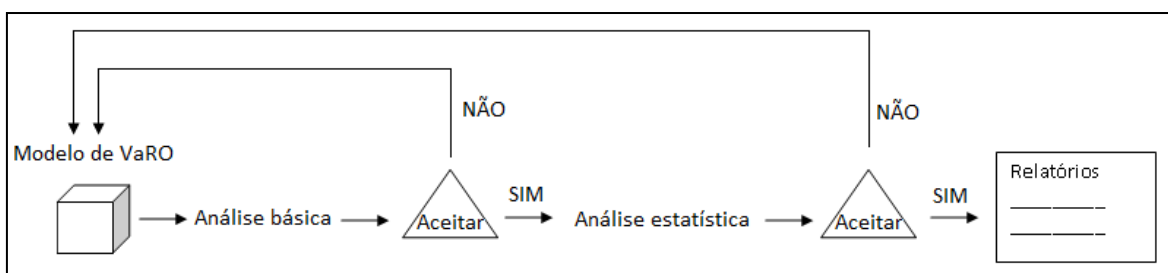


Figura 7.1: Arquitetura de *Backtesting*

Análise básica

Nesta parte um resumo do *backtest* é gerado para que os analistas vejam se o modelo necessita de modificações. Nesta fase do desenvolvimento não é raro que seja necessário despender horas realizando cálculos, principalmente quando a frequência de alguns parâmetros forem elevadas.

Um pré-relatório já é gerado para demonstrar as diferenças entre os valores estipulados e os obtidos. Cada pré-relatório pode colocar as informações que se achar necessárias para que os analistas tenham os dados necessários para fazer uma boa crítica sobre o modelo.

Elabora-se pré-relatórios com dados em tabelas, em gráficos e utilizando ferramentas como o Indicador Binário que é utilizado para fins de identificação de *cluster*.

Análise estatística

Na análise estatística focalizaremos nos *cluster* de eventos extremos, porque eles influenciam no grau de confiabilidade do modelo, já que os outros eventos já são bem mapeados pela distribuição.

Esses *cluster* influenciam o VaRO, devido às distribuições de valores extremos nas caudas da distribuição, que modificam estimativas do processo. Podendo influenciar drasticamente ou não, dependendo da quantidade de eventos extremos quantificados.

O Indicador Binário(0,1) neste caso é uma boa opção para desenhar a diferença existente entre os valores reais obtidos e os mensurados pelo modelo. Ele funciona do seguinte modo: quando o dado obtido estiver próximo do dado estimado a classificação será '1', caso contrário sua classificação será '0'. Isto se torna muito importante para examinar os erros do modelo, para estudar se alguns erros são interdependentes, caso sejam essa relação é pequena ou grande.

Existem alguns modelos para o índice de extremos (*cluster*). No quadro 7.3 são especificados dois métodos: o tamanho médio do *Cluster* e blocos.

Quadro 7.3: Métodos do tamanho do cluster

Métodos	Especificação
Tamanho Médio do Cluster	<p>Tendo os dados d_1, d_2, \dots, d_n façamos $d_{I(1)}, d_{I(2)}, \dots, d_{I(n)}$ que se notem os excessos além de um determinado limite u. Pegue r número positivo (denominado de extensão da rodada), logo em seguida definir os <i>cluster</i> de tempos de excesso $i(j)$. Dois <i>cluster</i> serão separados quando uma rodada de pelo menos r observações consecutivas d_i estiverem abaixo do limite u. O tamanho médio do <i>cluster</i> (Tmc), com relação a u e a extensão da rodada r, é:</p> $Tmc(u, r) = \frac{k}{n(u, r)}$ <p>O índice de extremos (IE) de (u, r) é:</p> $IE(u, r) = \frac{1}{Tmc(u, r)}$ <p>onde K = número de excessos; $n(u, r)$ = número de <i>cluster</i> acima do limite; u = o mesmo limite escolhido para estimação do modelo; r é de escolha do analista (recomenda-se começar por '10')</p>
Bloco	<p>Pelo método de blocos o <i>cluster</i> pode ser estimado de acordo com a fórmula:</p> $IE = \frac{K}{N}$ <p>onde IE é o índice de extremos, K é o número de blocos com um ou mais excessos e N é o número de excessos</p>

Quando se encontra este índice de extremos se pode aplicá-lo para 'consertar' o grau de confiabilidade do modelo, uma vez que ele permite modificar uma previsão mal feita existente devido ao problema de dependência. Sua fórmula básica de 'conserto' é:

$$P^\alpha = (P^\alpha)^\theta$$

sendo o termo θ o índice de extremos e α o intervalo de confiança inicial.

Cita-se no quadro 7.4 dois testes que se encaixam bem nesta secção, pois podem ser usados para ajudar na análise do método através da teoria estatística, são eles:

Quadro 7.4: Testes suplementares que ajudam na análise do modelo VaRO

Teste	Especificação
Kupiec	Trabalha apenas com frequência das exceções e possui um baixo poder. Usado para indicar se um método é bom ou ruim.
Teste Q	Este teste compara a função de distribuição uniforme com a função de distribuição de probabilidade da previsão e assim encontrar o ajuste das previsões ao impacto real.

Saber onde os erros ocorrem é importantíssimo para a gestão do risco operacional. Muitas vezes, o lado dos custos (os riscos operacionais envolvidos) é ignorado.

A análise do VaRO aplicada por um bom modelo pode ser muito útil para calcular as perdas potenciais que a instituição pode vir a sofrer. Através dos dados do VaRO pode-se estabelecer políticas de combate e controle das perdas ocorridas pelas operações da empresa.

Saber dimensionar o quão freqüente uma certa operação errada pode acontecer em um determinado tempo e o quão grande é a sua magnitude de perda é importantíssimo. No entanto, de nada será válido tais análises se a busca para resolver, ou ao menos tentar mitigar ao máximo, as causas de suas respectivas perdas não forem tratadas.

8. CAPÍTULO 8 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

O termo risco operacional sem dúvidas está presente no dia-a-dia de um banco, já em empresas não financeiras ela também está presente, no entanto, não possui a mesma força.

Estudando a importância do risco operacional nas empresas financeiras levantamos a ideia de tratá-lo dentro das empresas não financeiras com a mesma seriedade, porém com algumas diferenças marcantes como: nas empresas financeiras se faz necessário ter um fundo para tratar o RO, já nas não financeiras isto não se faria necessário porque não queremos diminuir o seu grau de alavancagem.

O estudo do risco operacional dentro das empresas não financeiras tem os seguintes objetivos: identificar as suas causas e os seus prováveis efeitos; construir políticas que poderiam ser aplicadas na empresa para se diminuir os seus riscos operacionais; aplicar métodos estatísticos para mensurar que um determinado evento possa vir a ocorrer e a sua eventual perda; e mais alguns outros pontos de menor relevância que serão solucionados.

8.1 Identificação dos riscos operacionais

O ponto de partida para se tratar o risco operacional é a identificação das origens das perdas, que podem ser sistêmicas e/ou humanas. Para tanto faz-se necessário analista(s) com *expertise* para que as causas sejam corretamente catalogadas, e este(s) profissional(ais) deve(m) evitar ao máximo o uso da subjetividade no momento em que estiver fazendo a classificação dos riscos.

Em uma análise geral, estudando os riscos existentes nas empresas financeiras e comparando com a realidade das empresas não financeiras, classificamos alguns riscos que as companhias não financeiras estão sujeitas, os quais colocamos no quadro 8.1.

Embora em todos os itens – do quadro 8.1 - exista alterações conceituais devido à especificidade das instituições consideradas, as mudanças e sugestões mais significativas propostas estão em 'Clientes e fornecedores, produtos e

práticas de negócio (Segurança e Confiança)’ e ‘Execução, entre a gestão de processos’.

Quadro 8.1: Identificação de riscos operacionais para empresas não financeiras

Tipos de evento	Exemplos
Fraudes Internas	Omissão intencional de posições, roubo de empregados.
Fraudes Externas	Roubo, falsificação, dano decorrente de fraude por computador.
Práticas empregatícias e segurança no ambiente de trabalho	Reclamações trabalhistas, questões de saúde laboral e regras de segurança, atividades de trabalho organizadas, reclamações por discriminação, e obrigações gerais.
Clientes e fornecedores, produtos e práticas de negócio (Segurança e Confiança)	Uso indevido de informação confidencial de cliente e fornecedores, lavagem de dinheiro, e venda de produtos não autorizados.
Danos a ativos físicos	Terrorismo, vandalismo, terremotos, incêndios e enchentes.
Interrupção dos negócios e falhas de sistemas	Falhas de equipamentos, falhas de hardware e de software, problemas de telecomunicações, interrupção no fornecimento de energia.
Execução, entrega e gestão de processos	Erros na entrada de dados e suprimentos, documentação legal incompleta, disputas com clientes e fornecedores

FONTE: adaptado do SPMSOR para empresas não financeiras.

Em ‘Cliente e fornecedores, produtos e práticas de negócio (Segurança e Confiança)’ a questão primordial deste tópico é a segurança das informações de clientes e fornecedores traduzidas no bom relacionamento entre as empresas e outras instituições. Relacionamento este, baseado, principalmente, na ética e confiança. Portanto, o controle destas ações deve ser feito de forma periódica e mensurável.

Da mesma maneira para o item ‘Execução, entrega e gestão de processos’ deve-se, sempre, estar atento para o controle e mensuração dos processos estatísticos. Para que haja modos de estabelecer políticas e medidas visando prever e combater certos eventos que acarretam perdas para a empresa.

8.2 Obtenção e tratamento de dados

O primeiro passo a se tomar para classificar e enumerar os riscos operacionais existentes em uma empresa é fazer o estudo dos dados obtidos, os quais podem ter origem de:

- banco(s) de dados da empresa;
- questionários preenchidos por funcionários (Técnica *Delphi*)/entrevistas com profissionais experientes das áreas analisadas da companhia;
- fontes externas em geral (no entanto, é a menos confiável).

Os dados existentes no banco(s) de dados, junto com os questionários preenchidos por funcionários e as entrevistas com profissionais experientes da empresa são os que melhor preenchem os requisitos para que os especialistas possam identificar os riscos e as suas causas e, posteriormente, fazer a modelagem do risco operacional.

Na obtenção de dados para um modelo, usar fornecedores externos como fonte de dados pode trazer prejuízo para a modelagem porque alguns dados podem não ser verossímeis com a realidade da empresa, ou simplesmente não estão de acordo com os dados reais do mercado. Alguns dados podem estar defasados em relação a um certo produto. As causas que originam as perdas em algumas empresas podem ser totalmente diferentes das encontradas na empresa que está sendo analisada. Enfim, usar dados externos não é o mais recomendável e sua utilização pode ser válida se não existir dados internos para serem analisados e se os especialistas presumirem que os dados externos obtidos possuem uma considerável semelhança com o processo analisado.

Na hora de elaborar os questionários recomenda-se utilizar a Técnica Delphi para a sua elaboração, vale lembrar que o método Delphi é um método muito mais profundo do que a pura e simples elaboração de um questionário: as idéias sobre o que está sendo pesquisado tem que ser bem explicadas para os entrevistados. Durante a elaboração do questionário não é simples elaborar as perguntas sobre o que vai ser pesquisado, existem livros e artigos que podem auxiliar na elaboração do questionário, porém cada pesquisa tem a sua peculiaridade que os elaboradores dos questionários tem que levar em consideração.

Banco de dados:

Em relação ao banco de dados da empresa ele pode ser dividido em vários bancos de dados ou ter uma base central de dados. Ambos tem os seus defeitos e qualidade.

No caso de uma empresa ter diversos bancos de dados isso pode ser bom porque caso ocorra um erro de um determinado banco de dados, será mais fácil arrumar o problema deste banco de dados devido a sua dimensão que seria menor do que um banco de dados central. No entanto, ele possui uma restrição em relação a quantidade de informações que possui. Um banco de dados por si só neste tipo de configuração, não possui todas as informações da empresa, o que pode ser prejudicial caso alguém queira comparar dados relativos a áreas distintas que possuem banco de dados diferentes. Dentre outras complicações podemos citar o fato da burocratização das informações dentro da empresa, políticas de administração distintas entre os bancos de dados, acesso restrito de dados, entre alguns outros.

Por outro lado encontra-se a configuração por meio de um banco central de dados que detêm todas as informações da empresa e que possibilita a todos os funcionários acesso aos dados. Isso permite, também, uma boa agilidade entre as trocas de informações, utilização de políticas administrativas e tecnologias similares para todo o sistema de gerenciamento dos dados.

Para muitos analistas um banco de dados central e organizado pode ser a chave para o sucesso do controle do risco operacional. No entanto, ele possui pontos fracos como a fragilidade do sistema, que pode parar de funcionar caso o sistema entre em colapso ou apresente algum problema, assim, não permitindo que nenhum dado possa ser atualizado e nem acessado dentro da empresa.

Uma questão geral aos dois sistemas é que o banco(s) de dados deve ser bem estruturado para que possa facilmente receber *upgrade*, ser acessado sem grandes dificuldades e oferecer informações para as análises da organização.

Outro ponto importante no que diz respeito a obtenção de dados é o desenvolvimento de operações para obter dados automaticamente, porém existe a necessidade de instalação de filtros para selecionar dados condizentes com a realidade e sua implementação o que é difícil e de custo elevado de implantação, por outro lado, pode ser o ponto chave para o sucesso da gerência do RO.

Em relação como as transações serão computadas (em nível de transação ou por período de tempo) recomenda-se fazê-la em “nível de transação” quando está se tratando de risco operacional, porque o mais importante é saber qual evento aconteceu e não quando ele aconteceu. Outros dois pontos fundamentais, que devem ser seguidos, são: primeiro, deve-se modelar o processo através de análises estocásticas da severidade e perdas; e segundo, deve-se selecionar e distinguir as causas principais que geram perdas operacionais e qualificar as perdas eficientemente.

O formato que os dados serão salvos e armazenados, e a escolha do modelo de recebimento de dados e troca de informações são questões importantes que deverão ser sanadas de acordo com o tipo de implementação que for aplicada no processo e deverá ser gerenciada por profissionais da área da tecnologia de informação.

8.3 Modelagem de risco operacional

A modelagem para compor os preços de entradas e saídas de qualquer empresa é muito importante, independente da sua área de atuação. Na figura 8.1 podemos ver a representação básica de entrada e saída de uma empresa não financeira.

Em empresas não financeiras as entradas e fornecedores de dados estão relacionados a *swaps* monetários, aos preços de *commodities* e outras matérias primas não fixadas por *commodities*, preços de equipamentos, preços de manutenção de máquinas e processos, preços de outros itens comprados pela indústria, custos de cada empregado (dependendo de sua função e seu salário), vendas de títulos pela empresa ou lançamento de ações, pagamentos de empréstimos e juros, entre outros.

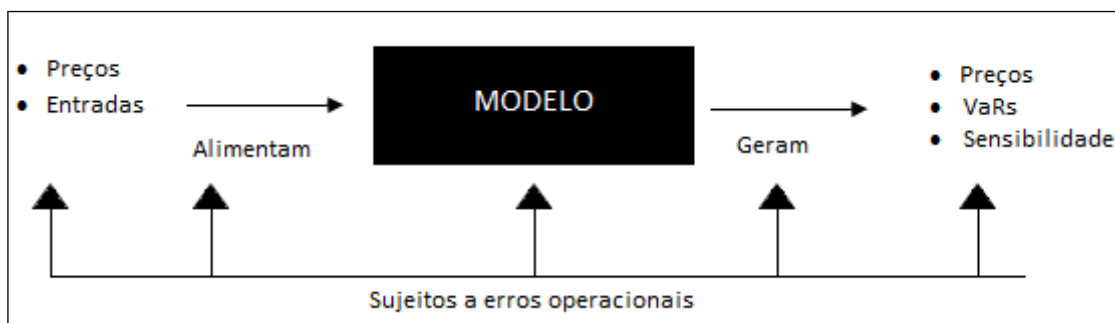


Figura 8.1: Risco do Modelo. FONTE: Adaptação de Macelo Cruz (2005)

As saídas do modelo são os preços dos produtos, preços dos serviços, custos totais de produção, custos totais de perdas, valor do VaRO, dentre outros.

Tanto as entradas e saídas, quanto o modelo em si, até os problemas de relato de resultados estão sujeitos aos riscos operacionais.

Dentre os estudos de probabilidade para se estimar as perdas relacionadas às causas do risco operacional, o VaRO, tem-se que estudar a severidade e a frequência dos eventos em que a empresa está sujeita.

8.3.1 SEVERIDADE e FREQUÊNCIA

Na estimação da severidade das perdas e a frequência de um certo evento, sugeri-se que se utilize as mesmas distribuições e métodos especificados nos Anexos B e C e nos capítulos 5 e 6.

8.3.2 Valor de risco operacional

O VaRO é estimado através da combinação dos modelos de severidade e de frequência. Os dois podem ser calculados separadamente e depois integrados, esta separação é muito válida porque facilita o entendimento dos dados. Para estimar-se as perdas totais do risco operacional usa-se o modelo de risco agregado (modelo de risco individual ou modelo de risco coletivo).

De maneira geral a mesma metodologia utilizada para tratar o Valor de risco operacional de uma empresa financeira pode ser utilizado para tratar o Valor de risco operacional de uma empresa não financeira.

A modelagem para qualquer risco é muito complicada e para o risco operacional não é diferente. Neste trabalho fez-se uma comparação direta entre o VaRO e o VaRM que possuem algumas diferenças marcantes. A primeira é para mensurar o VaRO que se utiliza distribuições de cauda grossa, enquanto que

para mensurarmos o VaRM utiliza-se distribuições mais próximas a distribuições gaussianas. A segunda diferença relevante é que para medirmos o VaRO utilizamos distribuições estocásticas discretas para descrevermos a frequência dos eventos, já para medirmos o VaRM utilizamos distribuições estocásticas contínuas.

Para agregar as funções de frequência e severidade não se encontra um modelo exato nas instituições financeiras e o mesmo ocorre nas empresas não financeiras. Por isso vários métodos são aplicados. Métodos feitos por planilhas eletrônicas ou por utilização de Transformadas rápidas de Fourier às distribuições, entre outras. No entanto, cada uma tem sua particularidade

Existem alguns métodos para analisar a “coerência” do risco medido, o que não é uma tarefa trivial. Neste trabalho sugeri-se utilizar conceitos de “coerência” de riscos desenvolvidos por Artzner (1999).

Para se fazer a análise dos resultados obtidos (muito conhecido por *backtesting*), os seus dados são comparados com os resultados previstos pelo VaRO. Caso as comparações entre a realidade e a previsão estiverem consideravelmente condizentes, o modelo será caracterizado como válido, caso não, o modelo não será validado e um estudo deverá ser demandado para tentar encontrar quais os pontos em que o modelo foi falho, como este pode ser reparado, se o modelo deve ser totalmente descartado e recriado. Enfim, através do *backtesting* observará o sucesso ou não do modelo que está sendo utilizado. A figura 8.2 mostra o esquema de um *backtesting*.

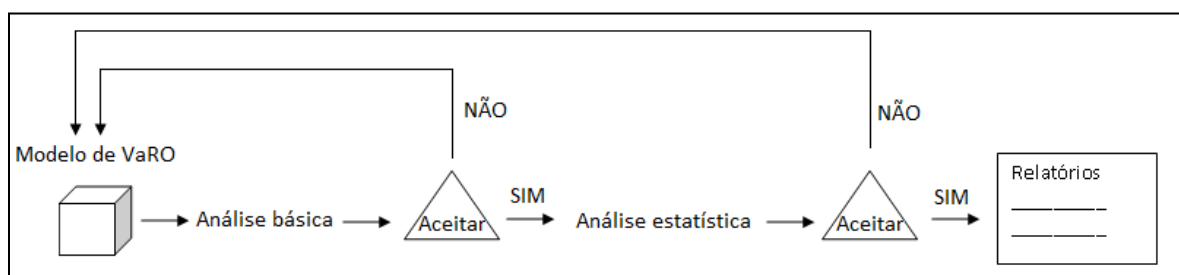


Figura 8.2: Esquemático do backtesting.

Uma vez que o modelo tenha sido aprovado, as suas saídas estimadas devem ser analisadas e a partir dos dados obtidos deve-se colocar em prática uma árvore de ações visando mitigar os riscos e tratar as causas e, conseqüentemente, diminuir e/ou extinguir os efeitos dos riscos operacionais.

Em função dos diversos fatores que se interagem, os eventos de risco operacional variam bastante no decorrer da sua duração. As suas consequências não tem como ser medidas de imediato, somente depois de um tempo transpassado. No entanto não é aconselhavel demorar muito tempo para encontrar as perdas operacionais devido ao outro desafio que é fazer uma estimativa do valor da perda para o 'valor presente'.

8.4 Política qualitativa de risco operacional

A execução de uma política interna de risco operacional e sua divulgação entre todos os componentes da empresa financeira e não financeira é muito importante para o sucesso do tratamento do risco operacional. Sua divulgação será feita quando todos os parâmetros do riscos operacionais já estiverem sido descritos e o modelo de tratamento do risco operacional já estiver pronto para ser aplicado à estrutura da empresa. Todos os dados devem ser passados de forma clara para todos os componentes da empresa sem distinção dos cargos que atuam.

Nos relatórios devem aparecer como os riscos operacionais foram mapeados, relacionados às suas respectivas causas e aos seus respectivos efeitos, quando existir alguma perda relacionada a mais de uma causa deve-se explicar claramente e minuciosamente qual a relação entre as causas e a perda. Em todo o relatório as explicações do que se obteve deve ser a melhor possível e as pessoas envolvidas em todo o processo (pesquisadores, analistas, entre outros) devem ser citadas e relacionadas a todas as informações contidas no relatório.

Na questão de criar um ambiente propício para o gerenciamento do risco operacional as práticas recomendadas por Basileia II podem ser usadas como base para as empresas não financeiras, no quadro 8.2 podemos ver como poderia ficar esta adaptação.

Quadro 8.2: Boas práticas de gerenciamento de riscos operacionais para empresas não financeiras

Práticas	Princípios
Desenvolvimento de um ambiente apropriado de gerenciamento de risco	<p>Princípio 1: O grupo de diretores deve estar ciente dos principais aspectos de riscos operacionais da empresa, e deve aprovar e periodicamente rever a estrutura de gestão de risco operacional da empresa. <u>A estrutura deve fornecer uma definição ampla e segura de risco operacional e ditar os princípios de como risco operacional é identificado, avaliado, monitorado e controlado / mitigado.</u></p>
	<p>Princípio 2: O grupo de diretores deve garantir que a estrutura de gerenciamento de risco operacional da empresa está sujeita a auditoria interna efetiva que engloba uma equipe operacionalmente independente, apropriadamente treinada e competente.</p>
	<p>Princípio 3: O gerente sênior deve ter responsabilidade para implementar a estrutura de gestão de risco operacional aprovada pelo grupo de diretores. A estrutura deve ser consistentemente implementada através de toda organização da empresa, e todos níveis da equipe devem entender suas responsabilidades com respeito a gestão do risco operacional. O gestor sênior deve também ter responsabilidade por desenvolver políticas, processos e procedimentos para gerenciamento do risco operacional em todos os produtos materiais, atividades, processos, produtos e sistemas da empresa.</p>
Gerenciamento de risco: identificação, avaliação, monitoramento e mitigação/ controle	<p>Princípio 4: As empresas devem identificar e avaliar o risco operacional inerente em todos os produtos materiais, atividades, processos e sistemas. Elas devem também garantir que antes de novos produtos, atividades, processos e sistemas serem introduzidos ou empreendidos, o risco operacional inerente a eles esteja sujeito a adequados procedimentos de avaliação.</p>
	<p>Princípio 5: As empresas devem implementar um processo para monitorar regularmente perfis de risco operacional e exposições materiais a perdas. Deve haver relatório regular de informações pertinentes ao gestor sênior e ao grupo de diretores que dá apoio à gestão proativa do risco operacional.</p>
	<p>Princípio 6: As empresas devem ter políticas, processos e procedimentos para controlar e/ou mitigar riscos operacionais materiais. Elas também devem periodicamente rever suas limitações de riscos e estratégias de controle e devem ajustar seu perfil de risco operacional adequadamente usando estratégias apropriadas, à luz de seu apetite ao risco e perfil.</p>
	<p>Princípio 7: As empresas devem ter planos de contingência e de continuidade dos negócios adequados para garantir suas habilidades para operar em uma base progressiva e limitar perdas no evento de interrupção severa de negócios.</p>

FONTE: adaptado do SPMSOR do BIS (2003b, p. 4, 5) dos ROs para empresas não financeiras.

Em todos os princípios houveram pequenas modificações conceituais para que as recomendações ficassem de acordo com a realidade das empresas não financeiras. Quando comparado com o quadro 3.2 , o quadro 8.2 perdeu 3 princípios – 8, 9 e 10 – os quais representam o ‘papel do supervisor’ e o ‘papel de evidenciação (*disclosure*)’.

O ‘papel do supervisor’ que era representado pelos princípios 8 e 9 não faz sentido existir, iusto é, não existe nenhum órgão supervisor onde as empresas não financeiras necessitam reportar os seus estudos de risco operacional. Já o ‘papel de evidenciação (*disclosure*)’ que era representado pelo princípio 10 do acordo de Basileia II não se faz necessário para as empresas não financeiras, já que não existe uma necessidade de evidenciar para a sociedade os seus estudos e resultados do risco. Esta obrigação, em governança, é obrigatória para empresas de capital aberto.

De um modo geral, este trabalho mostrou de maneira simplificada que boa parte dos princípios e métodos utilizados para tratar o risco operacional em empresas financeiras pode ser utilizado para tratar o risco operacional em empresas não financeiras (em um maior foco as grandes companhias multinacionais). A partir do momento que pequenas modificações sejam feitas, para se adequar as suas realidades distintas dos tipos das empresas.

ANEXO A

Conceitos teóricos de probabilidade

Alguns conceitos básicos sobre estatística serão revisados para que o leitor tenha um entendimento sólido sobre o que será tratado mais a frente.

A.1 Definição de probabilidade

As conquistas científicas que seguiram a Renascença, deram origem a **teoria da probabilidade**, que possibilitaria estudar as leis da natureza e problemas da vida cotidiana (John E. Freund & Gary A. Simon – 2000)

Atualmente o desenvolvimento da estatística vem se aprimorando muito. Em várias ciências a sua utilização é presente, e no desenvolvimento e análise do risco operacional não é diferente. A probabilidade-estatística é o caminho para medir a possibilidade de um evento ocorrer no futuro. Na matemática o conceito é trabalhado na teoria da probabilidade que é utilizado nas áreas de engenharia, finanças, estatísticas, atuariais, ciências sociais, jogos de azar, matemática, entre outros.

Experimento, espaço amostral e evento

Experimento é todo o evento que geralmente pode ser repetido e cujo resultado é aleatório ou casual. Exemplo: quando atiramos um moeda e esperamos ela cair e dar o seu resultado (cara ou coroa), esta ação caracteriza um experimento.

Espaço amostral é o conjunto de todos os resultados possíveis de um experimento.

Por último, evento é todo subconjunto do espaço amostral e evento elementar (ou simples) é todo subconjunto unitário do espaço amostral.

Definição clássica de probabilidade

Baseado na definição clássica, se um espaço amostral constituído de n eventos que são mutuamente exclusivos e com a mesma probabilidade de ocorrerem; sendo n_A desses eventos possuem A como resultado, logo a probabilidade de ocorrer A é:

$$P(A) = \frac{n_A}{n}$$

Exemplo: Um quadrilátero com duas da face com o número 1 e outra face com o número 2 e a última face com o número 3. A Probabilidade de ocorrer 1 ($P(1)$) é igual a $2/4$ ou $1/2$.

Definição moderna de probabilidade

A partir de um espaço amostral (E) e um evento qualquer (A) em E , ou seja, A é um subconjunto de E . Logo a probabilidade de ocorrer A é determinada pela medida de A , em tais condições:

- 1) A medida do universo é 1;

$$P(E) = 1$$

- 2) A medida é não-negativa;

$$P(A) \geq 0$$

- 3) Seja A e B dois subconjuntos de eventos disjuntos;

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B)$$

Desses postulados segue-se que

$$0 \leq P(A) \leq 1$$

A.2 Medidas de tendências centrais

De acordo com Hoffmann “uma medida de tendência central ou de posição de um conjunto de dados mostra o valor em torno do qual se agrupam as observações.” Algumas podem ser citadas como as mais populares: média aritmética, mediana, moda, média geométrica, média harmônica, média ponderada. Vamos descrever sobre algumas destas.

A média aritmética

A média aritmética é a mais popular das medidas centrais. Ela consiste em somar todos dos n números $(x_1 + x_2 + \dots + x_n)$ e dividir por n .

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Mediana

A mediana é o valor em que metade dos valores do seu conjunto estão abaixo de si e a outra metade está acima, ou seja, é o valor do elemento do meio se n é ímpar ou a média dos dois valores do meio se n é par.

Um exemplo para ilustrar: Um pescador pegou 5 peixes e seus respectivos pesos (em kilogramas) são $P = \{10, 20, 13, 18, 15\}$, ordenando os dados encontramos $P = \{10, 13, 15, 18, 20\}$. Logo a mediana é 15.

Moda

A definição de moda gira em torno daquele evento que ocorre em maior frequência, isto é, aquele mais comum.

Exemplo: Fizeram uma pesquisa em um escritório para ver qual o tamanho de camisa (P, M, G) era usado entre os funcionários, para que pudessem comprar os uniformes de cada um. O resultado foi o seguinte $P = \{M, L, L, P, P, M, M, M, M, P, M, M, L, M, P, M, M, M, M\}$. O tamanho M, com 12 aparições, era o que estava na moda.

Média ponderada

Dado um conjunto de n valores observados $(x_1 + x_2 + \dots + x_n)$ e conhecidos os seus respectivos valores de ponderações $(p_1 + p_2 + \dots + p_n)$ a média ponderada será calcula como sendo:

$$\bar{x} = \frac{p_1 x_1 + p_2 x_2 + \dots + p_n x_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n}$$

Média geométrica

Seja n valores não-negativos $(x_1 + x_2 + \dots + x_n)$ a sua média geométrica será definida como sendo:

$$G(x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \bar{x}_{\text{geom}} = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n x_j} = \sqrt[n]{x_1 + x_2 + \dots + x_n}$$

Aplicando logaritmos, temos:

$$\text{Log } \bar{x}_{\text{geom}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Log } x_i$$

5.3 Esperança (Valor esperado)

Seja X uma variável discreta que assume os valores $x_1 + x_2 + \dots + x_n$ com as respectivas probabilidades $P(x_1), P(x_2), \dots, P(x_n)$. Por definição a esperança matemática de X é:

$$E(X) = \sum_{i=1}^n P(X = x_i)$$

Caso X seja uma variável contínua com função de densidade $f(X)$, a esperança será retrada assim

$$E(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx$$

A esperança matemática também é denominada 'valor médio'.

Variância e Covariância

A variância na probabilidade é uma variável aleatório que mede a dispersão do valor encontrado em relação ao valor esperado.

Dado $\mu = E(X)$ a esperança da variável X , logo sua variância é:

$$\text{var}(X) = E((X - \mu)^2)$$

A covariância, por definição, entre duas variáveis aleatórias (X e Y), cujas esperanças são respectivamente $E(X) = \mu_x$ e $E(Y) = \mu_y$, é a medida como duas variáveis variam em conjunto:

$$\text{cov}(X, Y) = E[X - E(X)] E[Y - E(Y)] = E((X - \mu_x)(Y - \mu_y)),$$

o valor E é a esperança. Refazendo os cálculos encontramos:

$$\text{cov}(X, Y) = E((XY) - E(X)E(Y)),$$

Pode-se demonstrar que:

$$\text{cov}(X + Y) = V(X) + V(Y) + 2 \text{cov}(X, Y)$$

Podemos verificar também que $\text{cov}(X, Y) = 0$ quando X e Y são variáveis independentes.

Momentos

A partir de uma distribuição de uma variável aleatória X , por definição, o momento de ordem k é representado em relação a origem como:

$$M_k' = E(X^k)$$

O primeiro momento da população em relação a média de X é:

$$M_1 = E[(X - \mu)^1]$$

Assim podemos representar os momentos pela seguinte formula:

$$M_k = E(X_k) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j^k$$

Logo o primeiro momento é, em suma, a média da amostra:

$$M_1 = E(X_1) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_j - \mu)$$

μ é a média da amostra.

O segundo momento representa o desvio-padrão (a raiz quadrada da variância):

$$\sigma = \sqrt{E(X - \mu)^2}$$

O terceiro momento representa a assimetria, o seu cálculo é demonstrado:

$$\text{Assimetria para caso discreto} = \frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \mu)^3 P_i}{\sigma^3}$$

$$\text{Assimetria para caso contínuo} = \frac{\int_{\min}^{\max} (x_j - \mu)^3 f(x) dx}{\sigma^3}$$

A assimetria é igual a zero em uma distribuição simétrica. As distribuições assimétricas positivas na sua grande maioria tem a maior parte da probabilidade ligada a pequenos valores.

O quarto momento está relacionada a curtose, que é representada como:

$$\text{Curtose para caso discreto} = \frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \mu)^4 P_i}{\sigma^4}$$

$$\text{Curtose para caso contínuo} = \frac{\int_{\min}^{\max} (x_j - \mu)^4 f(x) dx}{\sigma^4}$$

A curtose é uma medida que mensura a distribuição em torno da média. Quando a uma amostra possui uma curtose muito grande a denominamos *leptocúrtica*. No caso em que ela é pequena o seu desenho gráfico é marcado por um pico acentuado no meio. Sua utilização é importante para decifrar se a distribuição possui (ou não) maior probabilidade a valores distante da média. Na tabela 5.1 vemos os valores de curtose e assimetria de algumas distribuições.

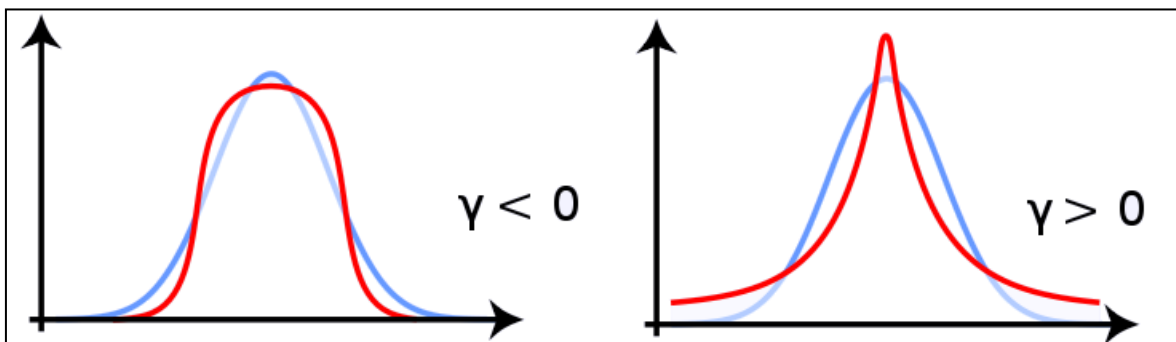


Figura A.1: representações da curtose

Tabela A.1: assimetria e curtose para algumas distribuições

Distribuição	Assimetria	Curtose
Normal	0	3
Log-normal	0 a ∞	3 a ∞
Poisson	0 a ∞	3 a ∞
Binomial	$-\infty$ a ∞	1 a ∞

Adaptada de Marcelo Cruz (2005)

A.4 Teorema central do limite

Se X_1, X_2, \dots, X_n são variáveis aleatórias independentes cuja média é μ e variância σ^2 , e ambos sendo finitos. A distribuição de $Y = \sum X_i$ tende a uma distribuição normal com média $E(Y) = n\mu$ e variância $V(Y) = n\sigma^2$, a distribuição limite de:

$$\frac{\sum X_i - n\mu}{\sqrt{n}\sigma}$$

tende a uma distribuição normal, quando n tende para infinito.

A.5 Métodos para estimar parâmetros

Existem duas vertentes para estimar os parâmetros na probabilidade. A primeira é a otimização (máxima verossimilhança) e a segunda é através equações equivalentes ao número de parâmetros a estimar.

Otimização (máxima verossimilhança)

A função de otimização é estimada para um conjunto de n eventos e sua estimação se dá através da fórmula:

$$L(\Theta) = \prod_{j=1}^n L_j(\Theta)$$

Nesta parte precisamos encontrar a função de verossimilhança. Para tal, será necessário em grande parte dos casos, igualar todas as derivadas parciais iguais a zero e resolver as equações resultantes. O cálculo não é uma tarefa fácil e muitas vezes nem uma solução é encontrada, principalmente para um conjunto com pequenas amostras.

Equações equivalentes ao número de parâmetros a estimar

Existem três métodos mais usados nesta vertente: o método de probabilidade ponderada, o de momentos e o de igualar percentis.

Quando utilizamos o método de igualar percentis, temos que arbitrariamente fazer com que os percentis da amostra e do modelo sejam iguais em r pontos selecionados aleatoriamente.

Em outro método, o dos momentos, os parâmetros são estimados pela seguinte fórmula:

$$E(X^r) = \int_0^1 \{x(u)\}^r du$$

O método de probabilidade ponderada é caracterizado por uma variável aleatória X com função de distribuição acumulada ($F(x)$), é estimada por:

$$M_{p,r,s} = E[X^r \{F(x)\}^r \{1 - F(x)\}^s]$$

Na distribuição que tenha um função quantil $x(\mu)$, são estimados dois parâmetros (α e β) pela seguinte equação:

$$\alpha_r = \int_0^1 x(u)(1 - \mu)^r du$$

$$\beta_r = \int_0^1 x(u)\mu^r du$$

Uma característica em comum entre todos os 3 métodos citados neste tópico é a incapacidade de se ajustarem bem a todo o intervalo de dados.

A.6 Lei dos grandes número

A Lei dos grandes números, na teoria da probabilidade, é o teorema que descreve o resultado de performance de um experimento cuja sua realização ocorreu diversas vezes; e de acordo com a lei, a média dos resultados obtidos do vasto número de tentativas devem estar próximos do valor esperado e tende a ser mais perto, quanto mais tentativas forem realizadas.

A.7 Desenvolvimento de novas distribuições

Existem muitas distribuições estatísticas, umas mais ou menos populares. Algumas foram criadas por uma razão particular e são usadas mais especificamente para aquele tipo de evento. Outras são usadas para caracterizar diversos tipo de eventos.

Criar uma distribuição nova não é uma tarefa tão complicada, a partir do momento que pegamos distribuições conhecidas como geométrica, binomial, entre outras para servir como base. A grande pergunta é se essa nova distribuição terá alguma utilidade. Se o seu resultado gerado poderá servir de contexto para descrever algum evento; se a sua distribuição vai oferecer uma aproximação verossímia com a distribuição empírica. Enfim, se ela poderá servir de direcionamento para tomada de informações e decisões.

Os casos mais comuns em que uma variável aleatória é ‘modificada’ para que um criar uma nova distribuição é através da: multiplicação por uma constante, exponenciação, elevação a uma potência, mistura, entre algumas outras.

A.8 Avaliação da distribuição – realidade *versus* estimado

Existem métodos para estimar a qualidade de um distribuição em relação a sua distribuição empírica (a que realmente foi obtida). Tanto para as distribuições contínuas quanto para as distribuições discretas. Elas serão mostradas nos capítulos posteriores. O importante agora é definir o termo, distribuição empírica, que é:

$$F_n(x) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n I\{x_j \leq x\} \quad x \in \mathcal{R}$$

A distribuição empírica também pode ser expressada por esta outra fórmula:

$$P_{k,n} = \frac{n-k+0.5}{n}$$

onde k é a ordem do dado, n é o número de eventos da amostra.

A.9 Função de densidade de probabilidade(CDF) e Função de distribuição acumulada(CDF).

Por definição na teoria de probabilidade, a função de distribuição acumulada quantifica toda a probabilidade de um evento aleatório X com valor real. Sua fórmula para cada valor real X é:

$$F(x) = P(X \leq x)$$

onde $P(X \leq x)$ significa a probabilidade de um evento $X \leq x$ ocorrer. A probabilidade de que o evento X se situe em um intervalo $(x_1, x_2]$ (aberto em x_1 e fechado em x_2) é $F(x_2) - F(x_1) = P(x_1 < X \leq x_2)$, quando $A \leq B$. Como pode ser observado na figura 5.1

A função de densidade de probabilidade de X , é:

$$f(x) = \frac{d}{dx} F(x)$$

Onde $f(x)$ é taxa de variação da CDF (descrita como $F(x)$). Convencionalmente utilizada $f(x)$ para PDF e $F(x)$ para CDF. A PDF é utilizada para representar a distribuição caso a variável aleatória seja contínua. Portanto cabe neste efeito a utilização da integral, que seria aplicada na função PDF mostrada acima.

Algumas propriedades da CDF:

1. É contínua pela direita;
2. É monótona não decrescente;
3. $\lim_{x \rightarrow -\infty} F(x) = 0$;
4. $\lim_{x \rightarrow \infty} F(x) = 1$

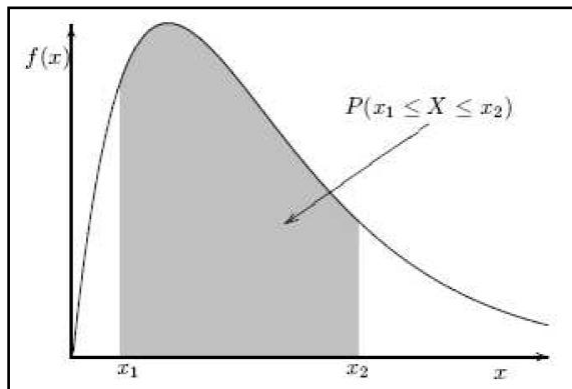


Figura A.2: Exemplo de Distribuição acumulada.

A.10 Diferenças entre distribuições contínuas e discretas.

De acordo com Hoffmann (1998 – pág. 25) as análises discretas podem assumir um número finito de diferentes valores dentro de um intervalo finito e as variáveis contínuas podem assumir um número infinito de diferentes valores dentro de um intervalo infinito.

Grande parte das variáveis naturais podem assumir valores contínuos: pressão, temperatura, humidade, entre outras. Elas podem ser descritas pelas distribuições contínuas de probabilidade que para um conjunto de dados contínuos assumem quaisquer valores. Por outro lado também temos as distribuições discretas que é definida por um conjunto contável e discreto de eventos.

No capítulo 6 descreveremos sobre algumas distribuições contínuas como a normal, *beta*, exponencial, entre outras. No capítulo 7 apresentaremos algumas distribuições discretas como binomial, geométrica e Poisson.

ANEXO B

Distribuições contínuas mais utilizadas para descrever eventos de severidade para risco operacional:

As referências sobre as distribuições foram tomadas do autor Marcelo Cruz (2005).

Distribuição Normal ou Gaussiana

A distribuição gaussiana é uma das mais famosas e mais usadas no mundo da estatística. Sua utilização é simples e é possível estimar qualquer probabilidade de sua distribuição através da média e o desvio padrão da amostra.

Os dados do risco operacional quase nunca seguem um padrão da distribuição normal, porém muitos eventos físicos e financeiros (tipo risco de mercado e crédito) seguem.

A distribuição normal tem uma utilização singular na teoria da probabilidade e, as vezes, é até usada por outras distribuições. Sua PDF (Função densidade de probabilidade) descrita é:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad \sigma > 0$$

Sendo $Z = (x - \mu)/\sigma$. A variável aleatória Z é chamada de uma variável normal padrão. Neste caso a CDF (Função de distribuição cumulativa) descrita é:

$$\Phi(x) = P[Z \leq z] = \frac{1}{(\sqrt{2\pi})} \int_{-\infty}^z e^{-x^2/2} dx$$

A estimação dos parâmetros pode ser obtida através dos momentos:

$$\text{Primeiro momento: } \hat{\mu} = \frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n}$$

$$\text{Segundo momento: } \hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_j - \mu)^2}{n}}$$

Distribuição normal inversa (de Wald)

A distribuição normal inversa é assim denominada porque Tweedie (1947) detectou a relação inversa existente entre a função cumulativa dessa distribuição e a distribuição normal (de Gauss).

Sua característica identificadora é o limite da distribuição do tamanho da amostra em determinados testes de quociente de probabilidade. Sua função de densidade de probabilidade para uma variável aleatória X é:

$$f(x) = \left(\frac{\theta}{2\pi x^3}\right)^{1/2} e^{-\frac{\theta z^2}{2x}}, \quad z = \frac{x-\mu}{\mu}$$

Sua função distribuição acumulada é dada por:

$$F(x) = \Phi\left[z\left(\frac{\theta}{x}\right)^{1/2}\right] + e^{\left(\frac{2\theta}{\mu}\right)} \Phi\left[y\left(\frac{\theta}{x}\right)^{1/2}\right], \quad z = \frac{x+\mu}{\mu}$$

A estimação dos parâmetros pode ser obtida através dos momentos:

$$\text{Primeiro momento: } \hat{\mu} = \frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n}$$

$$\text{Segundo momento: } \hat{\sigma} = \frac{\left(\sum_{j=1}^n X_j\right)^3}{\left(\sum_{j=1}^n X_j\right) - \left(\sum_{j=1}^n X_j\right)^2}$$

Distribuição Log-normal

Na definição da teoria da probabilidade, a função densidade de distribuição da variável aleatória X log-normal é:

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad x > 0$$

Onde μ é a média e σ é o desvio-padrão. A função de distribuição cumulativa é:

$$F(x) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left[\frac{\ln x - \mu}{\sigma\sqrt{2\pi}} \right] = \Phi \left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma} \right)$$

o termo erfc é a função erro complementar, e Φ é a CDF.

A estimação dos parâmetros é:

$$E(x) = e^{\mu + \frac{1}{2}\sigma^2}$$

$$\hat{\sigma} = e^{\mu + \frac{1\sigma^2}{2}} \sqrt{e^{\sigma^2} - 1}$$

Distribuição Gamma

Na teoria da probabilidade e estatística, a distribuição *gamma* é definida como sendo uma distribuição contínua com uma família de dois parâmetros. O parâmetro de escala θ e o parâmetro de forma k .

A distribuição *gamma* é freqüentemente usada para representar eventos físicos, por exemplo, análise de duração e intensidade de tempestades; ou análises de tempo de vida de equipamentos, tempos de espera de produtos. Ela se relaciona diretamente com a teoria da confiabilidade e na teoria da contagem aleatória.

Sua PDF para os parâmetros θ e k é:

$$f(x) = x^{k-1} \frac{e^{-x/\theta}}{\theta^k \Gamma(k)}$$

com $x > 0$ e θ e $k > 0$.

A CDF é:

$$F(x) = \int_0^x f(u; k, \theta) du = \frac{\gamma(k, \frac{x}{\theta})}{\Gamma(k)}$$

onde $\gamma(k, \frac{x}{\theta})$ é a menor função *gama* incompleta.

A CDF também pode ser definida em torno k , sendo um integrador:

$$F(x) = 1 - \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(x, \theta)^i}{i!} e^{-x/\theta}$$

Através do método da máxima verossimilhança podemos estimar o parâmetro θ :

$$\theta = \frac{1}{kN} - \sum_{i=1}^N X_i$$

Não há uma solução matemática para de k , com a ajuda do método dos momentos encontramos o valor do parâmetro k :

$$K \approx \frac{3-s + \sqrt{(s-3)^2 + 24s}}{12s}$$

onde s é:

$$s = \ln\left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N X_j\right) - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(X_j)$$

Distribuição *Beta*

A distribuição *Beta*, é um caso especial da distribuição de Dirichlet, com dois parâmetros positivos, usualmente designados por α e β .

Sua PDF é definida como por:

$$f(x) = \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \mu^{\alpha-1} (1-\mu)^{\beta-1} \frac{1}{x} \quad 0 < x < \theta, \quad \mu = \frac{x}{\theta}$$

A sua CDF é definida por:

$$F(x) = \delta(\alpha, \beta, \mu)$$

Os seus parâmetros estimados são obtidos através das seguintes fórmulas:

$$\hat{\sigma} = \frac{\theta \left(\frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n} \right)^2 - \left(\frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n} \right) \left(\frac{\sum_{j=1}^n X_j^2}{n} \right)}{\theta \left(\frac{\sum_{j=1}^n X_j^2}{n} \right) - \theta \left(\frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n} \right)^2}$$

$$\hat{\beta} = \frac{\theta \left(\frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n} \right) - \left(\frac{\sum_{j=1}^n X_j^2}{n} \right) \left(\theta - \left(\frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n} \right) \right)}{\theta \left(\frac{\sum_{j=1}^n X_j^2}{n} \right) - \theta \left(\frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n} \right)^2}$$

Distribuição de Weibull

A distribuição de Weibull, na teoria da probabilidade e estatística, é definida como sendo uma distribuição contínua com dois parâmetros positivos: k (parâmetro de forma) e λ (parâmetro de escala). Ela é muito parecida com a distribuição *gamma*. A distribuição de Weibull foi identificada primeiro por Fréchet em 1927, mas o seu nome é em homenagem a Waloddi Weibull que a descreveu em detalhes no ano de 1951.

Sua PDF é definida como por:

$$f(x; \lambda, k) \begin{cases} \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$

A sua CDF é definida por:

$$F(x; \lambda, k) \begin{cases} 1 - e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$

Os seus parâmetros podem ser estimados pelo método de igualdade dos percentis, como descrito abaixo:

Primeiro estimamos um parâmetro adicional:

$$c = \frac{\ln(\ln(4))}{\ln\left(\ln\left(\frac{4}{3}\right)\right)} = -0.262167$$

O parâmetro c será usado para se encontrar os parâmetros k e λ :

$$\lambda = \frac{c \ln(a) - \log(a)}{(c-1)}$$

$$k = - \frac{\ln(\ln(4))}{c \ln(b) - \log(\lambda)}$$

As letras a e b representam respectivamente 25° e 75° percentil.

Distribuição de Cauchy-Lorentz

No ramo da estatística muito conhecida como distribuição de Cauchy e em outras áreas conhecida por outros nomes. Sua importância engloba várias áreas, desde da física passando pela matemática até a estatística.

Estabelecendo algumas definições, podemos dizer que as distribuições normal e Cauchy são simétricas. A principal diferença entre estas duas distribuições é que na distribuição de Cauchy as abas são mais alongadas e mais achatadas, podendo a curtose ser infinita (Goria, 1978 e Balanda, 1987).

Na estatística, o caso especial quando $\lambda = 1$ e $\theta = 0$: é chamado de distribuição de Cauchy padrão cuja função PDF é:

$$f(x) = \frac{1}{\pi(1+x^2)}$$

No caso geral sua PDF é caracterizada por:

$$f(x) = \frac{1}{\pi\lambda} \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{x-\theta}{\lambda}\right)^2\right]} \quad \lambda > 0$$

A sua CDF é definida por:

$$F(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left[\frac{x-\theta}{\lambda} \right]$$

A distribuição de Cauchy não possui momentos finitos de ordem superior ou igual a um e por conseguinte nem a média nem a variância são finitas. Os parâmetros são cálculos através de estatística de ordem:

$$\tilde{\lambda} = (\hat{X}_{p1} - \hat{X}_{p2}) \frac{1}{(\cot \pi p2 - \cot \pi p1)}$$

$$\tilde{\theta} = (\hat{X}_{p1} \cot \pi p2 - \hat{X}_{p2} \cot \pi p1) \frac{1}{(\cot \pi p2 - \cot \pi p1)}$$

onde $p_{k,n}$ é um estimador da r-ésima ordem de X_r' com $r = (n + 1)p'$

Distribuição de Rayleigh

A distribuição de Rayleigh foi desenvolvida por Lorde Rayleigh, a qual leva o seu nome em homenagem. Sua aplicação é freqüentemente usada na física para o estudo de radiação (como o som, a luz e em processamento de sinais). Possui equivalência com a distribuição de Weibull quando algumas particularidades são cumpridas.

A sua PDF é definida por:

$$f(x) = \frac{x}{\sigma^2} e^{-x^2/2\sigma^2}$$

A CDF:

$$F(x) = 1 - e^{-x^2/2\sigma^2}$$

A estimação de parâmetro pode ser feita pelo método da máxima verossimilhança que estima σ :

$$L(X_1, \dots, X_n; \sigma) = \frac{1}{\sigma^{2n}} \prod_{j=1}^n X_j \exp \left\{ -\frac{\sum_{j=1}^n X_j^2}{2\sigma^2} \right\}$$

Também pode ser medida através do método dos momentos:

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{2N} \sum_{j=1}^n X_j^2}$$

Distribuição de Pareto

A distribuição de Pareto leva o nome do economista italiano Vilfredo Pareto. Sua utilização é muito ampla na área social, científica, econômica, atuarial, entre outras.

Sua PDF com dois parâmetros é:

$$f(x) = \frac{\alpha\theta}{(x+\theta)^{\alpha+1}}$$

A CDF com dois parâmetros é:

$$F(x) = 1 - \left(\frac{\theta}{x+\theta}\right)^\alpha$$

Os parâmetros estimados pelo métodos do momentos é descrito por:

$$\hat{\sigma} = \frac{\left(\frac{\sum_{j=1}^n X_j^2}{n}\right) - \left(\frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n}\right)^2}{\left(\frac{\sum_{j=1}^n X_j^2}{n}\right) - 2\left(\frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n}\right)^2} \text{ e } \hat{\theta} = \frac{\left(\frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n}\right) - \left(\frac{\sum_{j=1}^n X_j^2}{n}\right)}{\left(\frac{\sum_{j=1}^n X_j^2}{n}\right) - 2\left(\frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n}\right)^2}$$

Além da distribuição de Pareto com dois parâmetros, também temos a com um parâmetro. O parâmetro θ é declarado constante e o α é estimado. Ela também é muito utilizada.

Sua PDF é:

$$f(x) = \frac{\alpha\theta^\alpha}{x^{\alpha+1}}$$

A CDF é descrita como:

$$F(x) = 1 - \left(\frac{\theta}{x}\right)^\alpha$$

Distribuição Exponencial

A distribuição exponencial é muito popular, frequentemente usada na engenharia e economia. Ela descreve o tempo entre eventos em um processo de Poisson (processo em que eventos ocorrem continuamente e de forma independente, com uma taxa média constante). A distribuição exponencial é utilizada em casos de cálculo de probabilidades de falhas, quanto ao estudo do campo da confiabilidade.

No risco operacional sua utilização é considerada importante.

Sua PDF é descrita como:

$$f(x) = \frac{1}{\lambda} e^{\left[-\frac{(x-\theta)}{\lambda}\right]} \quad x > \theta, \lambda > 0$$

Esta é a fórmula para a distribuição com dois parâmetros. Porém a mais comum é quando estimamos os valor de $\theta = 0$.

Sua PDF é:

$$f(x) = \frac{1}{\lambda} e^{-x/\lambda}$$

A sua CDF é:

$$F(x) = 1 - e^{-x/\lambda}$$

O seu parâmetro estimado pode ser feito através do método dos momentos:

$$\hat{\lambda} = \frac{1}{\frac{\sum_{j=1}^n X_j^2}{n}}$$

ANEXO C

Distribuições discretas mais utilizadas para descrever eventos de severidade para risco operacional:

As referências sobre as distribuições foram tomadas do autor Marcelo Cruz (2005).

Distribuição binomial

A distribuição binomial “dentre as distribuições de variáveis discretas [...] é a fundamental” Rodolfo Hoffmann (1998).

Por definição na teoria da probabilidade e estatística, a distribuição binomial é a probabilidade de sucesso de um evento aleatório X realizado n vezes tal que suas tentativas são independentes. Cada tentativa possui a probabilidade p de ocorrência do sucesso/fracasso. Os eventos de sucesso/fracasso são conhecidos como tentativa de Bernoulli.

Se a variável aleatória X que possui a quantidade de tentativas que resultarão em sucesso K tem uma distribuição binomial com os parâmetros n (risco independentes e idênticos) e p (probabilidade). A função de probabilidade será descrita por:

$$f(k; n, p) = \binom{n}{k} p^k (1 - p)^{n-k} \quad k = 0, 1, 2, \dots, n$$

onde $\binom{n}{k}$ é a combinação: $\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}$

O parâmetro n geralmente é conhecido e fixo, logo falta o parâmetro p para estimar:

$$\hat{p} = \frac{1}{\hat{n}} \frac{\sum_{j=1}^n k n_k}{\sum_{j=1}^n n_k} = \frac{\text{Nº de eventos observados}}{\text{Nº máximo de eventos possíveis}}$$

Distribuição binomial negativa

A distribuição binomial negativa é uma distribuição de probabilidade discreta também conhecida como distribuições de Pascal ou distribuição de Polya. Talvez seja a mais utilizada na análise de risco operacional depois da

distribuição de Poisson. Em termos técnicos talvez a maioria dos eventos de RO se adequem melhor a esta distribuição do que a de Poisson, Marcelo Cruz (2005).

Sua caracterização é dada por um conjunto de eventos que ocorrem independentes (tentativas de Bernoulli), em que a probabilidade de sucesso é p e de fracasso é $1 - p$, e a observação é feita até que se ocorra um número r de fracassos. Sua função de probabilidade é definida por:

$$f(k) = \binom{k+r-1}{r-1} p^k (1-p)^r \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

onde:

$$\binom{k+r-1}{r-1} = \frac{(k+r-1)!}{k!(r-1)!}$$

A sua função de distribuição acumulada é:

$$F(k) \equiv \Pr(X \leq k) = 1 - I_p(k+1, r)$$

O parâmetro p pode ser estimado pelo método da máxima verossimilhança mas é estimativa tendenciosa:

$$\tilde{p} = \frac{r}{r-k}$$

ou pode ser estimado por 'estimador de variância mínima imparcial':

$$\hat{p} = \frac{r-1}{r+k-1}$$

Distribuição de Poisson

A distribuição de Poisson é uma das mais utilizadas na estimação de frequência dentro da análise do risco operacional. Ela é definida como sendo a probabilidade de um certo número de eventos discretos ocorrerem dentro de um determinado intervalo de tempo se estes eventos ocorrerem com uma taxa média conhecida e de forma independente do último evento.

Sua escolha se mostra interessante quando considerado que ela se adequa bem na análise de banco de dados tanto sem truncamento quanto com truncamento. Se ajustando de forma 'simples' aos dois tipos.

Uma outra característica fundamental desta distribuição é a seguinte propriedade: Poisson (n) + Poisson (m) = Poisson ($n+m$). Deste modo é fácil

tirarmos e acrescentarmos dados a distribuição sem ser necessários incansáveis cálculos.

Sua função de probabilidade é descrita como:

$$f(k) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!} \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

Sua função acumulada é dada por:

$$F(k) = e^{-\lambda t} \sum_{j=0}^{\lfloor x \rfloor} \frac{(\lambda t)^j}{j!}$$

A função geratriz da probabilidade é dada por:

$$P(z) = e^{-\lambda(z-1)} \quad \lambda > 0$$

Através da estimação de parâmetros podemos obter:

$$\hat{\lambda} = \frac{\sum_{j=0}^{\infty} j n_j}{\sum_{j=0}^{\infty} n_j}$$

Quando utilizamos um banco de dados com truncamento, temos que utilizar uma fórmula diferente para a função de probabilidade.

Função de distribuição de probabilidade de Poisson truncada em zero:

$$f(k)^T = \frac{\lambda^k}{k!(e^{-\lambda}-1)} \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

O parâmetro estimado para a função truncada é:

$$\hat{\lambda} = \frac{\log\left(\frac{\sum_{j=0}^{\infty} j n_j}{\sum_{j=0}^{\infty} n_j}\right)}{n_1}$$

Distribuição geométrica

O conceito da distribuição geométrica é parecida com a distribuição binomial negativa, na verdade ela é um caso particular da distribuição binomial negativa. Sua conceituação é descrita como a distribuição da probabilidade de um número X de tentativas de Bernoulli necessárias para o primeiro sucesso. Ou como a distribuição da probabilidade de um número $Y = X - 1$ de fracassos antes do primeiro sucesso.

Aqui descreveremos sobre o primeiro conceito, isto é, quantos fracassos ocorrerão antes do primeiro sucesso, p é a probabilidade de sucesso.

A função de distribuição é dada por:

$$f(k) = \frac{\beta^k}{(1+\beta)^{k+1}} \quad k = 0,1,2, \dots$$

O parâmetro β pode ser estimado por:

$$\hat{\beta} = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^{\infty} Kn_k$$

Outra função de distribuição pode ser obtida através do truncamento no zero, cuja fórmula é:

$$f(k)^T = \frac{\beta^{k-1}}{(1+\beta)^k} \quad k = 0,1,2, \dots$$

O seu respectivo parâmetro β pode ser estimado por:

$$\hat{\beta} = \left(\frac{1}{n} \sum_{j=0}^{\infty} Kn_k \right) - 1$$

Distribuição hipergeométrica

A distribuição hipergeométrica é caracterizada por ser uma distribuição discreta em que sua distribuição de probabilidade é descrita por um número X de sucessos sucessivos em sequência de n extrações sem reposição.

Ela é muito parecida com a distribuição binomial, porém na distribuição binomial ocorre reposição.

A sua função de probabilidade é descrita por:

$$f(x) = \frac{\binom{D}{x} \binom{M-D}{n-x}}{\binom{M}{n}}$$

A sua respectiva função de distribuição acumulada por:

$$F(x) = \sum_{j=0}^{|x|} \frac{\binom{D}{j} \binom{M-D}{n-j}}{\binom{M}{n}}$$

em que D é o número de determinadas características desejadas e M o número de grupos de cada item.

Distribuição Polya-Aeppli

A distribuição de Polya-Aeppli é uma função composta resultante da distribuição Poisson e geométrica.

A sua função geratriz de probabilidade:

$$P(z) = e^{\left(\lambda \frac{[1-\beta(z-1)]^{-1}-1}{1-(1+\beta)^{-1}}\right)}$$

Os parâmetros λ e β podem ser estimados:

$$\hat{\lambda} = \frac{\hat{\mu}}{1+\hat{\beta}} \quad \text{e} \quad \hat{\beta} = \frac{\hat{\sigma}^2 - \hat{\mu}}{2\hat{\mu}}$$

ANEXO D

(Jorion – Prefácio, viii e ix, 1997)

“Instituições Não Financeiras

A administração centralizada de risco torna-se útil a qualquer empresa que esteja exposta a risco financeiro. Por exemplo, as multinacionais possuem fluxos de caixa denominados em várias moedas, sofrendo os efeitos de alterações cambiais. O VAR também é aplicável a empresas que necessitem ter certeza sobre o fluxo futuro de receitas para financiar pesquisa e desenvolvimento, com a análise do risco de fluxo de caixa podendo ser usada para mostrar a probabilidade de haver séria escassez de recursos. Portanto, o VAR permite que essas empresas fiquem cientes de sua exposição ao risco financeiro, que é o primeiro passo a ser tomado em relação a uma política aberta de *hedging*;

Instituições Financeiras

Os *dealers* detentores de grandes carteiras têm-se colocado na vanguarda da administração de risco. As instituições que lidam com várias fontes de risco financeiro e instrumentos complexos estão em vias de implementar sistemas centralizados de administração de riscos; as que não o estão, expõem-se a perdas vultosas, caso do Barings e do Daiwa.”

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KNIGHT, FRANK H. Risk, Uncertainty and Profit. Boston, MA: Hart, Schaffner & Marx; Houghton Mifflin Co, 1921.

JORION, P. Value At Risk: a nova fonte de Referência para a Gestão do Risco Financeiro. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 2003.

CRUZ, Marcelo: Modelagem, avaliação e proteção para risco operacional. Rio de Janeiro, Financial Consultoria, 2005.

SASSATANI, R. 1999. "Uma análise empírica do preço da incerteza nos contratos futuros de índice Bovespa da BM&F" (Dissertação de mestrado) Orientador: José Roberto Securato. Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.

DAMODARAN, A. Gestão estratégica do risco: uma referência para a tomada de riscos empresariais. Porto Alegre: Bookman, 2009.

FORTUNA, E. Mercado Financeiro. 16.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SAUNDERS, A.; CORNETT, M. M. Financial Institutions Management. 4. ed. New York, NY: McGraw-Hill, 2003.

DUARTE JÚNIOR, A. M.. Risco: Definições, Tipos Medição e Recomendações para o seu Gerenciamento. São Paulo: 1996, 11 p.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Resolução 3.380. Implementação de Estrutura de Gerenciamento de Risco Operacional, Brasília, junho 2006.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Comunicado 12.746. Procedimentos para a implementação da nova estrutura de capital – Basiléia II. Brasília, dezembro 2004.

BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS. Basel Committee on Banking Supervision. International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: a Revised Framework. Suíça, 2005.

BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS. Sound Practices for the Management and Supervision of Operational Risk. Basiléia, 2003.

BCBS(Basel Committee on Banking Supervision). SPMSOP (Sound Practices for the Management and Supervision of Operational Risk), February 2003.

ALVES, CARLOS A. De M., CHEROBIM, ANA PAULA M. S., Contribuição para o estudo da gestão de riscos: evidenciação do risco operacional em quatro instituições financeiras brasileiras.

HOFFMAN, RODOLFO, Estatística para Economistas. 4. ed. Editora Cengage Learning, 2002.

STEINER NETO, P. J. 1998. "A percepção dos resultados esperados pelos beneficiários como fator de influência no processo decisório" (Tese de doutorado) Orientador: Abraham Sin Oih Yu. Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP.

Blom, G. (1958), *Statistical estimates and transformed beta variables*, New York: John Wiley and Sons.

<<http://www.iasb.org/Current+Projects/IASB+Projects/Liabilities/Liabilities.htm>>
Acessado em: 26 jun. 2010

<<http://www.portalaction.com.br/content/62-teste-de-kolmogorov-smirnov>>
Acessado em: 10 jun. 2010

<http://docentes.esa.ipcb.pt/estatistica/apontamentos/Testes_Ajustamento.pdf>
Acessado em: 12 junho. 2010