unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

LIANE MÁRCIA FREITAS E SILVA

SISTEMÁTICA PARA GERENCIAR OS RISCOS CONSIDERANDO A DEPENDÊNCIA NA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Guaratinguetá
2017

LIANE MÁRCIA FREITAS E SILVA

SISTEMÁTICA PARA GERENCIAR OS RISCOS CONSIDERANDO A DEPENDÊNCIA NA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica na área de Gestão e Otimização.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins
Co-Orientadora: Prof. Dr[a.] Maria Silene Alexandre Leite

Guaratinguetá
2017

S586s

Silva, Liane Márcia Freitas e

Sistemática para gerenciar os riscos considerando a dependência na cadeia de suprimentos / Liane Márcia Freitas e Silva – Guaratinguetá, 2017

244 f .: il.

Bibliografia: f. 203-218

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017

Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins
Coorientadora: Profª Drª Maria Silene Alexandre Leite

1. Avaliação de riscos. 2. Monte Carlo, Método de. 3. Processo decisório. 4. Logística empresarial. I. Título.

CDU 658.5(043)

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

LIANE MARCIA FREITAS E SILVA

ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
"DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA"

PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA: GESTÃO E OTIMIZAÇÃO

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

Prof. Dr. José Antonio Perrella Balestieri
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. FERNANDO AUGUSTO SILVA MARINS
Orientador/UNESP-FEG

Prof. Dr. ANEIRSON FRANCISCO DA SILVA
UNESP-FEG

Prof. Dr. JOSÉ ROBERTO DALE LUCHE
UNESP-FEG

Prof. Dr. UALISON RÉBULA DE OLIVEIRA
UFF

Profª. Drª. CECILIA TOLEDO HERNANDEZ
UFF

Abril de 2017

DADOS CURRICULARES

LIANE MÁRCIA FREITAS E SILVA

NASCIMENTO 26.08.1982 – Guarabira/PB

FILIAÇÃO Francisco da Silva Filho
Maria do Livramento Alves Freitas e Silva

2000/2005 Curso de Graduação
Engenharia de Produção Mecânica - Universidade Federal da Paraíba

2006/2008 Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, nível de Mestrado, na Universidade Federal da Paraíba

2013/2017 Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, nível de Doutorado, na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, tenho profunda gratidão a Deus, por me guiar até aqui.

Agradeço também à minha amada mãe, fonte de inspiração maior, que dedicando toda sua vida à educação me ensinou que a educação é transformadora, é meio, mas nunca fim.

Agradeço a meu amado pai, que com sua simplicidade me deixa enxergar exatamente quem eu sou e como este momento é valioso.

Agradeço a minha amada irmã, sinônimo de cumplicidade, que diante do momento mais difícil de nossas vidas, me mostrou o quanto devemos ser fortes, confiantes, alegres e resilientes.

Agradeço ainda as minhas amadas sobrinhas, que com doçura e inocência dão cor à minha vida, me cativando e me provando que o amor não tem limites.

Agradeço a meus colegas de doutorado, que tão bem me acolheram e me integraram de maneira generosa. Cito em especial Jeanne e Rachel, confidentes de angústias e parceiras nessa jornada.

Agradeço também à URCA, nominada na pessoa de Carlos Kléber, que é competente à altura da instituição que representa.

Agradeço à UNESP pela disponibilidade em participar deste DINTER, dando oportunidade qualificada à formação de tantos outros profissionais. Especialmente, agradeço a acolhida e agradável companhia de todos os professores do Departamento de Engenharia de Produção da FEG/UNESP.

Agradeço à UFPB em especial aos meus colegas do Departamento de Engenharia de Produção, por compreender minha ausência e por todo incetivo.

Agradeço ao meus orientadores, *Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins e a Prof. Dr. Maria Silene Alexandre Leite,* que com paciência me guiaram com uma orientação dedicada, generosa e competente.

Sou grata às empresas e aos especialistas que tiveram disponibilidade para participar deste processo, com paciência e disposição.

Sou grata por fim à vida, com seus duros desafios durante esse período de doutorado, ensinou-me que é preciso força, coragem e fé!

“Moça, é preciso força pra sonhar e perceber
Que a estrada vai além do que se vê”

M. C.

RESUMO

A gestão de riscos da cadeia de suprimentos tem por objetivo garantir a rentabilidade e continuidade das cadeias de suprimentos. Para tanto, em geral, adota-se procedimentos específicos para identificar, avaliar, mitigar e monitorar os riscos, reduzindo a probabilidade de ocorrência e o impacto negativo dessas interrupções nas operações da cadeia. No entanto, a maioria dos modelos de gestão de riscos avaliam os riscos como eventos independentes, desconsiderando as inter-relações existentes entre os elos da cadeia e entre os riscos. A fim de vencer esta limitação o objetivo deste trabalho foi propor uma sistemática para gerenciar os riscos interdependentes em uma cadeia de suprimentos do setor de gás canalizado. O fluxo metodológico adotado considerou duas fases: a proposição de uma sistemática para a gestão dos riscos na cadeia de suprimentos, e a aplicação prática desta sistemática na cadeia de suprimentos de gás canalizado para sua verificação e análise. Nesta sistemática proposta, para a avaliação dos riscos, com a incorporação de interdependência entre estes, adotou-se o uso complementar dos métodos: *Analytic Network Process* (ANP), Simulação Monte Carlo e Redes Bayesianas. Como método de pesquisa, nesta tese foi adotado o estudo de caso para a identificação dos riscos, e modelagem e simulação para avaliação dos riscos. Na identificação dos riscos foram identificados 13 tipos de risco na empresa distribuidora de gás (Empresa A) e 8 tipos na empresa consumidora de gás (Empresa EP1). Destes, pela hierarquia apontada pelo ANP, foram identificados os riscos mais críticos, para cada elo da cadeia, segundo o índice global de prioridade: na empresa A - riscos de demanda, riscos de fornecimento, risco operacional, e na Empresa EP1 - os riscos de capacidade, operacional e risco de demanda. A partir do mapa da rede de riscos e da Simulação Monte Carlo foram obtidas as probabilidades condicionadas entre os pares de riscos. Assim, calculou-se a criticidade do risco de preço(da Empresa A)/demanda(da Empresa EP1), que resultou em uma probabilidade de 59%, o risco de demanda(da Empresa A)/capacidade(da Empresa EP1),que resultou em uma probabilidade de 38%, o risco de demanda(da Empresa A)/demanda(da Empresa EP1),que resultou em uma probabilidade de 9,5% e o risco de demanda(da Empresa A)/operacional(da Empresa EP1),que resultou em uma probabilidade de 2,4%. Considerando toda a rede de relações existentes entre estes riscos foi possível aplicar as Redes Bayesianas que possibilitou o cálculo da probabilidade agregada, ou probabilidade final dos riscos. Pelas Redes Bayesianas obteve-se a probabilidade do risco de preço na Empresa A (55,6%), o risco de demanda na Empresa A (35,6%); o risco econômico/financeiro na Empresa A (4,4%), e por fim, o risco de fornecimento na Empresa EP1 (3,5%). Deste modo, o risco de preço (da Empresa A) e demanda (da Empresa A) foram considerados como os riscos mais críticos, devendo ser os prioritários na mitigação dos riscos na cadeia de suprimentos estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de ricos na cadeia de suprimentos. Avaliação dos riscos. ANP. Simulação Monte Carlo. Redes Bayesianas.

ABSTRACT

The risk management of the supply chain has the objective to ensure the profitability and continuity of the supply chains, to achieve this, in general, specific procedures are used to identify, evaluate, mitigate, and monitor the risks, reducing the probability of occurrence and negative impact of interruptions on the chain operations. However, most risk management models evaluate risks as independent events, disregarding the existing interrelationships between the chain links and the risks. To overcome this limitation, the objective of this work was to propose a system to manage interdependent risks in a supply chain of the piped gas sector. The adopted methodological flow considered two phases: proposition of a system for the management of risks in the supply chain, and practical application of this systematic in the supply chain of piped gas for verification and analysis. In this systematic proposal for the evaluation of the risks, with the incorporation of interdependence between them, the use of complementary methods was adopted: Analytic Network Process (ANP), Monte Carlo Simulation, and Bayesian Networks. As a research method, in this thesis, the case study for the identification of risks, modeling, and simulation for risk assessment was adopted. In the identification of the risks thirteen types of risks were identified in the gas distributing company (Company A) and eight types in the gas consuming company (Company EP1). Out of these, by the hierarchy indicated by ANP, the most critical risks were identified for each link in the chain, according to the global priority index: in company A - demand risks, supply risks, operational risk, and in the Company EP1 - risks capacity, operational and demand risk. From the risk network map and the Monte Carlo Simulation the conditioned probabilities between the pairs of risks were obtained. Thus, the criticality of the price risk was calculated (of Company A) demand (of Company EPI), which resulted in the probability value of 0.59, the risk demand (of Company A) / capacity (of Company EP1), which resulted in the probability value of 0.38, of risk demand (of Company A) / demand (of Company EP1), which resulted in the probability value of 0.095, and the risk demand (of Company A)/ operational (of Company EP1), which resulted in the probability value of 0.024 . Considering the entire existing relationships network between these risks, it was possible to apply the Bayesian Networks that made possible the calculation of the aggregate probabilities, or final probability of the risks. Using Bayesian networks, probability of price risk in Company A (0.556), demand risk in Company A (0.356), economic/ financial risk in Company A (0.044), and finally, risk of supply in the CompanyEP1 (0.035) were obtained. In this mode, price risk (of Company A) and demand (of Company A) were considered as the most critical risks, and should be priorities in risk mitigation in the studied supply chain.

PALAVRAS-CHAVE: Supply chain risk management. Risk evaluation. ANP. Monte Carlo Simulation. Bayesian Networks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Comparativo do total de consumo de gás em 10 m³ entre 2015 e 2016 no Brasil....22
Figura 2- Consumo geral de gás no estado da Paraíba em 10^3 m³/ano....23
Figura 3- Distribuição do consumo de gás por tipo de cliente em 2015....23
Figura 4 – Distinção entre certeza, risco e incerteza....33
Figura 5 – A relação entre SCRM, resiliência e vulnerabilidade....37
Figura 6 – Modelo do nó de gravata para a gestão de riscos na cadeia de suprimentos....47
Figura 7- Exemplo de matriz probabilidade-impacto....74
Figura 8- Exemplo de matriz probabilidade-impacto....74
Figura 9- Exemplo de matriz probabilidade-impacto....75
Figura 10- A roda do risco....80
Figura 11- Método para coleta de dados para cálculo da probabilidade....81
Figura 12- Pirâmide de ação gerencial em relação à magnitude do risco....83
Figura 13 - Matriz para seleção de estratégia apropriada para a cadeia de suprimentos....89
Figura 14 - Gráfico acíclico direcionado com quatro nós....98
Figura 15 - Exemplo de uma Rede Bayesiana....100
Figura 16 - Tipos de relação de dependência entre riscos....102
Figura 17 - Tipos de relação identificadas pelo ANP....108
Figura 18 - Fluxo para desenvolvimento do ANP....109
Figura 19 - Matriz de julgamentos....111
Figura 20 - Supermatriz do ANP....113
Figura 21- Classificação da pesquisa....115
Figura 22- Modelo para condução sistemática do levantamento teórico....118
Figura 23- Conjunto de artigos brutos encontrados nas base de dados....120
Figura 24- Roteiro para o levantamento sistemática da literatura....120
Figura 25- Densidade de de citações dos artigos....122
Figura 26- Distribuição dos artigos com citação distribuídos entre os anos de 2000-2016....122
Figura 27- Conjunto de artigos que representam 90% do total de citação do grupo de artigos....123
Figura 28- Fluxo metodológico para elaboração da sistemática teórica....130
Figura 29- Fluxo metodológico para validação do modelo proposto....132
Figura 30- Fluxo metodológico para realização da pesquisa....133
Figura 31- Função densidade de probabilidade triangular....139
Figura 32- Segmentos de atuação da empresa distribuidora de gás....142
Figura 33- Cadeia de suprimentos de distribuição de gás canalizado no Estado da Paraíba....143
Figura 34- Características das empresas participantes desta pesquisa....145
Figura 35- ConFiguração dos elos da cadeia de suprimentos que participam da pesquisa....147
Figura 36- Rede, *clusters* e nós de riscos nos dois elos da CS....159
Figura 37- Julgamentos do risco no mesmo *cluster*....162
Figura 38-Julgamentos do risco para o outro *cluster*....162
Figura 39- Mapa de riscos da Empresa A para EP1....171
Figura 40- Mapa de riscos da Empresa EP1 para A....172
Figura 41- Probabilidade de ocorrer o risco de fornecimento(EP1)/demanda(A)....175
Figura 42- Probabilidade de ocorrer o risco de de fornecimento(EP1)/fornecimento(A)....175
Figura 43- Probabilidade de ocorrer o risco de fornecimento(EP1)/operacional (A)....176
Figura 44- Análise de sensibilidade do risco de fornecimento(EP1)/demanda(A)....177
Figura 45- Análise de sensibilidade do risco de fornecimento(EP1)/fornecimento(A)....177
Figura 46- Análise de sensibilidade do risco de fornecimento(EP1)/operacional(A)....178
Figura 47- Probabilidade de ocorrer o risco de demanda(A)/capacidade (EP1)....180
Figura 48- Probabilidade de ocorrer o risco de demanda(A)/demanda(EP1)....180

Figura 49- Probabilidade de ocorrer o risco de demanda(A)/operacional(EP1) 180
Figura 50- Análise de sensibilidade do risco de demanda(A)/capacidade (EP1)..... 181
Figura 51- Análise de sensibilidade do risco de demanda(A)/demanda (EP1) 181
Figura 52- Análise de sensibilidade do risco de demanda(A)/operacional (EP1)..... 181
Figura 53- Probabilidade do risco econ/financeiro(A)/capacidade(EP1)..... 183
Figura 54- Probabilidade do risco econ/financeiro(A)/demanda (EP1) 184
Figura 55- Probabilidade do risco econ/financeiro (A)/ operacional (EP1)..... 184
Figura 56- Análise de sensibilidade do risco de econ/financeiro (A)/capacidade (EP1) 185
Figura 57- Análise de sensibilidade do risco de econ/financeiro (A)/demanda (EP1)..... 185
Figura 58- Análise de sensibilidade do risco de econ/financeiro (A)/operacional (EP1) 185
Figura 59- Probabilidade do risco de preço(A)/ demanda (EP1) 186
Figura 60- Análise de sensibilidade do risco de preço(A)/demanda (EP1)..... 187
Figura 61- Exemplo da inserção das probabildiadespara os nós da rede no *software* Netica® 190
Figura 62- Mapa com a rede de riscos com as probabilidades finais pelo software Netica® 190
Figura 63- Mapa com a rede de riscos considerando um cenário mais pessimista 192
Figura 64- Mapa com a rede de riscos considerando um cenário mais otimista 192

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Fatores que aumentam a vulnerabilidade e o risco na cadeia de suprimento.....15
Quadro 2- Sugestões para trabalhos futuros identificadas no levantamento teórico alinhados com o tema desta pesquisa.....21
Quadro 3- Conceitos sobre riscos.....28
Quadro 4 – Categorias de incerteza na cadeia de suprimentos.....32
Quadro 5 – Definições de SCRM.....44
Quadro 6- Categorização dos trabalhos em SCRM.....48
Quadro 6- categorização dos trabalhos em scrm (continuação).....49
Quadro 7- Setores econômicos nos quais foram aplicadas pesquisas sobre SCRM 51
Quadro 8- Identificação dos países onde foram realizadas pesquisas empíricas sobre SCRM 52
Quadro 9- Fases de evolução no estudo do SCRM 53
Quadro 10- Apresentação dos modelos empíricos sobre gestão dos riscos na cadeia de suprimentos.....56
Quadro 11- Categorias dentre os modelos da SCRM.....57
Quadro 12- Definições sobre os tipos de riscos 61
Quadro 13- Tipologia de riscos por autor.....65
Quadro 14- Caracterização dos tipos de riscos.....69
Quadro 15- Ferramentas que podem ser utilizadas para identificação dos riscos 70
Quadro 16- Ferramentas utilizadas para avaliação dos riscos no portfólio de artigos 78
Quadro 17- Estratégias para mitigação dos riscos na cadeia de suprimentos 85
Quadro 18- Efeito de dependência entre eventos distintos.....104
Quadro 19- Coleta dos dados empíricos da pesquisa 127
Quadro 20- Apresentação do método, das técnicas e ferramentas para tratamento dos dados 140
Quadro 21- Resumo dos riscos identificados na empresa A 149
Quadro 22- Resumo dos riscos identificados na empresa EP1 152
Quadro 23- Resumo dos riscos identificados na empresa EP2 155
Quadro 24- Quadro resumo com os objetivos e seu alcance na pesquisa 196

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -Tabela de orientação para avaliação dos riscos frequentes (impacto)..... 76
Tabela 2-Tabela de orientação para avaliação dos riscos raros (impacto) 76
Tabela 3-Tabela de orientação para avaliação dos riscos frequentes (probabilidade) 76
Tabela 4-Tabela de orientação para avaliação dos riscos raros (probabilidade) 76
Tabela 5- Escala fundamental de Saaty..... 110
Tabela 6- Valores de CA, em função da ordem da matriz 112
Tabela 7 - Matriz de alcance global do ANP..... 113
Tabela 8 - Matriz de alcance local do ANP..... 113
Tabela 9- Perfil dos especialistas entrevistados na empresa A (identificação dos riscos) 124
Tabela 10- Perfil dos especialistas entrevistados na empresa EP1 (identificação dos riscos) 125
Tabela 11- Perfil dos especialistas entrevistados na empresa EP2 (identificação dos riscos) 125
Tabela 12- Perfil dos especialistas entrevistados na empresa A (avaliação dos riscos)..... 126
Tabela 13- Perfil dos especialistas entrevistados na empresa EP1 (avaliação dos riscos)..... 126
Tabela 14- N° de empresas e participação dos setores na cadeia de suprimentos do gás da PB 143
Tabela 15- Julgamentos aglutinados dos riscos da empresa A..... 160
Tabela 16- Julgamentos aglutinados dos riscos da empresa EP1..... 160
Tabela 17- Julgamentos aglutinados dos riscos da Empresa EP1 para a A..... 160
Tabela 18- Julgamentos aglutinados dos riscos da Empresa A para a empreasa EP1..... 160
Tabela 19- Valores de RC para os julgamentos aglutinados..... 161
Tabela 20- Supermatriz de Alcance Global normalizada..... 163
Tabela 21- Matriz de poderação..... 163
Tabela 22- Índice global de prioridades de risco na Empresa A..... 163
Tabela 23- Índice global de prioridades de risco na EP1 163
Tabela 24- Riscos com maior criticidade na Cadeia de Suprimentos 164
Tabela 25- Riscos prioritários da Empresa A que geram riscos em EP1 167
Tabela 26- Riscos prioritários da Empresa EP1 que geram em A..... 168
Tabela 27- Probabilidade do risco de fornecimento (EP1)/risco de demanda (A)..... 174
Tabela 28- Probabilidade do risco de fornecimento (EP1)/ risco de fornecimento (A)..... 175
Tabela 29- Probabilidade do risco de fornecimento (EP1)/ risco operacional (A) 175
Tabela 30- Probabilidade do risco de demanda (A)/risco de capacidade (EP1) 179
Tabela 31- Probabilidade do risco de demanda (A)/risco de demanda (EP1)..... 179
Tabela 32- Probabilidade do risco de demanda (A)/risco operacional (EP1) 179
Tabela 33- Probabilidade do risco econ/financeiro (A)/risco de capacidade (EP1)..... 183
Tabela 34- Probabilidade do risco econ/financeiro (A)/risco de demanda (EP1) 183
Tabela 35- Probabilidade do risco econ/financeiro (A)/risco operacional (EP1)..... 183
Tabela 36- Probabilidade do risco de preço (A)/risco de demanda (EP1) 186
Tabela 37- Probabilidades médias dos riscos primários e secundários considerando a condicionalidade entre pares de riscos 187
Tabela 38- Probabilidades agregadas dos riscos pelas Redes Bayesianas e impacto..... 191
Tabela 39- Probabilidades dos riscos secundários condicionados aos seus riscos primários 195

GLOSSÁRIO DE SIGLAS

AHP - *Analytic Hierarchy Process*

A_{ij} - Agregação dos julgamentos individuais

A_{ip} - Agregação das prioridades individuais

ANP - *Analytic Network Process*

DEA - Análise Envoltória de Dados

DEMATEL - *Decision Making Trial and Evaluation Laboratory*

DES – Simulação de Eventos Discretos

ETA - *Event Tree analysis*

EUA - *United States of America*

EMPRESA A – Empresa distribuidora de gás canalizado no Estado da Paraíba

EMPRESA EP1 – Empresa do segmento industrial do setor cerâmico consumidora de gás

EMPRESA EP2 – Empresa do segmento industrial do setor têxtil consumidora de gás

FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis*

FTA - *Fault Tree Analysis*

GM - *General Motors*

HAZOP - *Hazard and Operability Studies*

ISO - *Organization for Standardization*

JIT - *Just-in-time*

MIT - *Massachusetts Institute of Technology*

RC - Razão de Consistência

SC-HAZOP - *Hazard and Operability Studies in supply chain*

SCM - *Supply Chain Management*

SCRM - *Supply Chain Risk Management*

SD - Sistemas Dinâmicos

SMC - Simulação Monte Carlo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO 14
1.1 - DESCRIÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA 14
1.2- JUSTIFICATIVA DA PESQUISA 18
1.3 – OBJETIVOS DA PESQUISA 24
1.3.1 Objetivo Geral 24
1.3.2 Objetivos Específicos 24
1.4 – DELIMITAÇÃO DA PESQUISA 24
1.5 – ESTRUTURA DESTE TRABALHO 25
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 26
2.1 – O RISCO E A INCERTEZA 26
2.2 – A CADEIA DE SUPRIMENTOS RESILIENTE 35
2.3 - GESTÃO DE RISCOS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS 41
2.3.1 - Identificação dos riscos 58
2.3.2 - Avaliação dos riscos 70
2.3.3 - Mitigação dos riscos 84
2.3.4- Monitoramento dos riscos 91
2.4 - ANÁLISE CRÍTICA AOS MODELOS DE GESTÃO DE RISCOS EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS 92
2.4.1–Abordagens que usam redes Bayesianas e probabilidade condicional 97
2.4.2–Abordagens que usam a árvores de falhas 104
2.4.3–Abordagens que usam o DEMATEL 106
2.4.4 – Abordagens que usam o ANP 107
2.5 - CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 114
CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E MÉTODOS 115
3.1- CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA 115
3.2- DESCRIÇÃO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA 116
3.3 - COLETA DE DADOS E SUJEITOS DA PESQUISA 123
3.4 - TESTE PILOTO DA PESQUISA 127
CAPÍTULO 4 – MODELO PROPOSTO PARA GERENCIAR RISCOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS 129
4.1- SISTEMÁTICA PARA GERENCIAR OS RISCOS CONSIDERANDO A DEPENDÊNCIA NA CADEIA DE SUPRIMENTOS 129
4.1.1 - Etapas para identificação dos riscos na cadeia de suprimentos 134
4.1.2 – Etapas para avaliação dos riscos na cadeia de suprimentos 136
4.2 - CARACTERIZAÇÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS E DAS EMPRESAS PARTICIPANTES DA PESQUISA 140
4.3 - IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS NA CS DE GÁS CANALIZADO 147

4.3.1 - Riscos na empresa distribuidora de gás canalizado (Empresa A)..... 148
4.3.2- Riscos na empresa EP1 152
4.3.3 - Riscos na empresa EP2 155
4.4 - AVALIAÇÃO DOS RISCOS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE GÁS CANALIZADO..... 158
4.4.1 - Priorização dos riscos dependentes por meio do ANP (*Analytic Network Process*) 158
4.4.2 - Simulação da probabilidade dos riscos na cadeia de suprimentos estudada via Simulação Monte Carlo..... 164
4.4.3 - Identificação da topologia do mapa de rede dos riscos prioritários..... 166
4.4.4 - Simulação para as probabilidades dos riscos condicionados..... 173
4.4.4.1- Probabilidade de ocorrência do risco de fornecimento na Empresa EP1 174
4.4.4.2- Probabilidade de ocorrência do risco de demanda na Empresa A 178
4.3.4.3- Probabilidade de ocorrência do risco econômico/financeiro na Empresa A 182
4.3.4.4- Probabilidade de ocorrência do risco de preço na Empresa A..... 186
4.5- Cálculo da probabilidade dos riscos secundários considerando a rede de riscos por meio das Redes Bayesianas..... 188
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS 194
5.1- Verificação dos Objetivos e Conclusões do Trabalho 194
5.2 - Limitações da pesquisa e sugestão para trabalhos futuros..... 199
REFERÊNCIAS..... 203
APÊNDICE A – FORMULÁRIO PARA APLICAÇÃO DA PESQUISA COM ESPECIALISTAS 219
FORMULÁRIO PARA APLICAÇÃO DA PESQUISA EMPÍRICA 220
APÊNDICE B – PROTOCOLO DO ESTUDO DE CASO 232
ANEXO I – RELATÓRIOS DE SIMULAÇÃO OBTIDOS NO CRYSTAL BALL 234
ANEXO II – REFERÊNCIA DAS PUBLICAÇÕES REALIZADAS DURANTE A PESQUISA 244

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO

Neste capítulo estão descritos os aspectos que contextualizam o problema de pesquisa, os argumentos que justificam a sua realização e o objetivo que direciona esta pesquisa.

1.1 - DESCRIÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

As cadeias de suprimento tornaram-se importantes elementos da economia global (WU; OLSON, 2008). Pela pluralidade de elementos e informações a serem gerenciadas, Tang (2006) aponta que a gestão de uma cadeia de suprimento é uma atividade de alta complexidade. Essa complexidade é aumentada nas cadeias globais, que ao se espalharem por diferentes países e continentes, na busca pela redução dos custos de produção, criam uma rede longa e múltipla de fluxos de produção.

Apesar dos diversos benefícios associados à adoção da gestão da cadeia de suprimento, esta filosofia incorpora dificuldades adicionais, pois traz consigo o aumento da vulnerabilidade nas empresas da cadeia, pois envolve um número muito maior de conexões e relações (HALLIKAS *et al.*, 2004; TANG, 2006;KUMAR, HIMES; KRITZER, 2014), dado que as empresas passam a ser mais dependentes uma às outras.

Nesta perspectiva, Ojha e Gokhale (2009) esclarecem que a falha em qualquer um dos elos da cadeia de suprimentos pode causar perturbações nas demais empresas. Segundo estes autores, as empresas eram auto-suficientes apenas quando operavam de forma isolada. À medida que adotam arranjos dependentes passam a compartilhar também vulnerabilidade.

Punniyamoorthy, Thamaraiselvan e Manikandan (2013) pontuam que a complexidade das cadeias de suprimentos tem uma influência direta sobre os riscos associados à sua gestão. Isto ocorre, pois as empresas membros da cadeia compartilham não apenas recompensas, mas também os riscos, dada a maior vulnerabilidade da cadeia.

Além da vulnerabilidade inerente às cadeias de suprimentos, esta também é aumentada por eventos ambientais, sociopolíticos e econômicos. Thun e Hoenig (2011) e Sodhi, Son e Tang (2012) alertam que eventos como o atentado de 11 de Setembro, o furacão Katrina de 2005 e o tsunami no Japão em 2011 mostraram que as cadeias de suprimentos globais estão expostas a eventos inesperados, e por isso, devem também planejar como atuar diante de tais acontecimentos. Norrman e Jansson (2004) e Juttner (2005) alertam que eventos como incêndio, protestos, greves, doenças, crises econômicas e furacões podem paralisar a produção industrial de empresas no mundo todo, ocasionando descontinuidade de produção.

Nesta perspectiva, o *Supply Chain Risk Management* (SCRM) preocupa-se em gerir os de modo garantir a rentabilidade e a continuidade das cadeias de suprimentos (TANG, 2006). Em outras palavras, o objetivo da gestão de riscos na cadeia de suprimentos é reduzir a probabilidade dos riscos, assim como, buscar aumentar a resiliência da cadeia, ou seja, a capacidade de recuperação diante de um risco ou perturbação (PUJAWAN e GERALDIN, 2009). Os fatores de risco que aumentam a vulnerabilidade nas cadeias de suprimentos estão associados a diversos fatores, como descritos no Quadro 1.

Quadro 1- Fatores que aumentam a vulnerabilidade e o risco na cadeia de suprimento

FATORES DE RISCOS	**AUTORES**
Redução da base de fornecedores	Norrman e Jansson (2004); Gaonkar e Viswanadham (2004); Faisal, Banwet e Shankar (2006); Williams, Lueg e LeMay (2008); Gaonkar e Viswanadham (2007); Kern *et al.* (2012)
Foco na eficiência	Norrman e Jansson (2004); Gaonkar e Viswanadham (2004); Zsidisin *et al.* (2005); Faisal, Banwet e Shankar (2006); Gaonkar e Viswanadham (2007); Williams, Lueg e LeMay (2008); Pfohl; Köhler e Thomas (2010); Ghadge, Dani e Kalawsky (2012); Kern *et al.* (2012); Pradhan e Routroy (2014); Kumar, Himes e Kritzer (2014); Aqlan e Lam (2015); Rajesh e Ravi (2015); Fazli, Mavi e Vosooghidizaji (2015)
Globalização das cadeias	Jüttner, Peck e Christopher (2003); Harland, Brenchley e Walker (2003); Norrman e Jansson (2004); Gaonkar e Viswanadham (2004); Gaonkar e Viswanadham (2007); Williams, Lueg e LeMay (2008); Pfohl; Köhler e Thomas (2010); Punniyamoorthy, Thamaraiselvan e Manikandan (2013); Fazli, Mavi e Vosooghidizaji (2015)
Outsourcing	Jüttner, Peck e Christopher (2003); Harland, Brenchley e Walker (2003); Norrman e Jansson (2004); Zsidisin *et al.* (2005); Faisal, Banwet e Shankar (2006); Gaonkar e Viswanadham (2007); Williams, Lueg e LeMay (2008); Pfohl; Köhler e Thomas (2010); Ghadge, Dani e Kalawsky (2012); Kern *et al.* (2012); Punniyamoorthy, Thamaraiselvan e Manikandan (2013); Kumar, Himes e Kritzer (2014)
Volatilidade da demanda	Gaonkar e Viswanadham (2004); Faisal, Banwet e Shankar (2006); Gaonkar e Viswanadham (2007)
Falta de visibilidade e controle da cadeia	Gaonkar e Viswanadham (2004); Zsidisin *et al.* (2005)
Maior integração e dependência na cadeia	Norrman e Jansson (2004); Zsidisin *et al.* (2005); Faisal, Banwet e Shankar (2006); Pfohl; Köhler e Thomas (2010); Punniyamoorthy, Thamaraiselvan e Manikandan (2013); Pradhan e Routroy (2014); Aqlan e Lam (2015)
Produtos e serviços mais complexos	Harland, Brenchley e Walker (2003); Kern *et al.* (2012); Bode e Wagner (2015)
Dependência da tecnologia da informação	Faisal, Banwet e Shankar (2006); Kern *et al.* (2012); Kumar, Himes e Kritzer (2014)
Déficit da informação	Pfohl; Köhler e Thomas (2010)
Instabilidade financeira	Fazli, Mavi e Vosooghidizaji (2015)
Fusões de empresas	Ghadge, Dani e Kalawsky (2012)
Novas tecnologias e e-business	Harland, Brenchley e Walker (2003); Gaonkar e Viswanadham (2004); Ghadge, Dani e Kalawsky (2012)

Fonte: Elaboração própria (2016)

A literatura sobre a gestão de riscos aponta diversas taxonomias de risco, uma das mais adotadas é a que identifica duas classes para a natureza dos riscos: os riscos internos e os riscos externos à cadeia de suprimentos (GAONKAR; VISWANADHAM, 2004; WU, BLACKHURST; CHIDAMBARAM, 2006; OLSON; WU, 2010; THUN; HOENIG, 2011; LIN; ZHOU, 2011; FREISE; SEURING, 2015).

Gaonkar e Viswanadham (2004) descrevem que os riscos internos são aqueles resultantes da própria interação entre as empresas da cadeia de suprimentos, tais como a adoção do *outsourcing* e cadeias globais, a volatilidade da demanda, a redução do número de fornecedores e de pulmões de estoques da cadeia. Em contrapartida, os riscos externos são aqueles sentidos por toda cadeia, independente do relacionamento entre as empresas e à revelia de seu modelo de gestão. Exemplos desses riscos são a ocorrência de desastres naturais, como furações e tsunamis e eventos sociais, como greves e instabilidade econômica.

Para compreender a criticidade do risco é importante proceder à avaliação do risco, que de uma maneira geral, é avaliado por uma relação entre severidade/impacto e frequência/probabilidade de ocorrência (NORRMAN; JANSSON, 2004; RITCHIE; BRINDLEY, 2007a; WANG; YANG, 2007; TRKMAN; MCCORMACK, 2009; LOCKAMY; MCCORMACK, 2010; TANG; MUSA, 2011; TUMMALA; SCHOENHERR, 2011 e WIELAND, 2013; KUMAR, HIMES; KRITZER, 2014).

Pode-se assumir que a gestão dos riscos na cadeia de suprimentos tem por objetivo identificar os cenários possíveis dos eventos de riscos que deixam a cadeia de suprimentos mais vulnerável. A partir da avaliação dos aspectos probabilidade/frequência e impacto/severidade, os gestores podem decidir as estratégias que as empresas precisam adotar para enfrentar os riscos. Ao conhecer estes cenários a cadeia de suprimentos pode se prevenir antecipadamente de rupturas no processo que gerariam efeitos negativos para toda a cadeia (WANG; YANG, 2007 e ASBJORNSLETT, 2009).

Sobre as características dos riscos, Manuj e Mentzer (2008a) explicam que os eventos de risco estão ligados uns aos outros por padrões complexos, que tornam alguns eventos de riscos dependentes de outro se propagando ao longo da cadeia. Os riscos raramente agem de forma independente nas cadeias de suprimentos (BADURDEEN *et al.*, 2014).

Micheli, Cagno e Zorzini (2008) afirmam que parte da complexidade da gestão dos riscos nas cadeias de suprimentos dá-se em função das interações mútuas que existem entre os riscos. De forma semelhante, Yang e Yang (2010) apontam que as cadeias de suprimentos possuem dependências mútuas decorrentes dos relacionamentos interorganizacionais

existentes entre as empresas da cadeia. Assim, a falha de qualquer um dos elos em uma cadeia de suprimentos provoca interrupções para potencialmente todas as empresas da cadeia.

Assim, percebeu-se que um determinado risco enfrentado por uma empresa na cadeia de suprimentos pode ser um evento de risco para as demais empresas. Exemplificando este fato, Yang e Yang (2010) citam um caso hipotético, onde um determinado fornecedor de uma cadeia de suprimentos passe a enfrentar problemas financeiros e, por isso, acabe saindo do negócio. Isso pode resultar em um risco de fornecimento para outras empresas.

Corroborando com esta opinião, Schroder (2009) enfatiza que os riscos possuem relações de causa e efeito, ou seja, um determinado risco pode levar a ocorrência de outros riscos, assim como, pode ser efeito de outros riscos, havendo, dessa forma, uma relação mútua de causa e efeito entre os riscos na cadeia. A este conjunto de relações, Schroder (2009) denomina de rede de riscos.

Govindan e Chaudhuri (2016) explicam que as relações de causa-efeito entre os riscos devem ser identificadas, pois "influências ocultas" de um risco, ou as conexões com outro(s) risco(s) pode(m) causar danos substanciais à cadeia de suprimentos.

Com base nesta observação, Fiksel, Polyviou, Croxton e Pettit (2014) alertam que a maioria dos modelos de gestão em riscos na cadeia de suprimentos não é direcionada para verificar as dependências entre os riscos. De acordo com estes autores, a maioria dos modelos se apóia nas fases de identificação e avaliação dos riscos, vistos de maneira individualizada, e que isto, é uma visão simplificada e reducionista. Pois, cada risco é identificado e tratado de forma independente e as interações são raramente discutidas.

Mogre, Talluri e D'Amico (2016) alertam que a maioria dos estudos anteriores sobre riscos na cadeia de suprimentos ainda assumem o pressuposto de que os riscos, seu impacto e sua probabilidade, sejam independentes, mesmo verificando-se que este pressuposto é raramente verificado na prática.

Esta mesma observação foi feita ao longo dos anos, pontuando-se os trabalhos de Schroder (2009), Yang e Yang (2010), Pfohl, Gallus e Thomas (2011), Ghadge, Dani e Kalawsky (2011), Kayis e Karningsih (2012), Cagliano *et al.* (2012), Punniyamoorthy, Thamaraiselvan e Manikandan (2013), Heckmann, Comes e Nickel (2015), Habermann, Blackhurst e Metcalf (2015) e Aqlan e Lam (2015) que ressaltam a necessidade em avaliar os riscos, suas dependências e o efeito propagador do risco na cadeia de suprimentos.

Apesar de ser possível identificar trabalhos que considerassem a interdependência entre riscos, percebe-se que este número é bastante limitado. Isto é endossado por Kayis e Karningsih (2012) que afirmam que o número de trabalhos que incorporam a

interdependência entre riscos é muito pequeno em relação à quantidade de trabalhos existentes na SCRM.

Pelo exposto, pode-se concluir que é importante construir modelos de gestão de riscos que permitam não apenas a gestão dos riscos pela avaliação isolada dos riscos, mas possam mostrar as dependências entre estes, assim como os riscos se propagam ao longo de toda cadeia de suprimentos. Por assumir que esta premissa é relevante, acredita-se que um modelo de gestão de riscos na cadeia de suprimentos deve considerar uma visão mais abrangente do risco na cadeia de suprimentos e suas relações de dependências. Além disso, acredita-se que um modelo para avaliação dos riscos deve considerar as relações de causa e efeito que podem existir entre os riscos, a fim de que seja possível, identificar os reais indutores de risco que desencadeiam riscos secundários na cadeia de suprimentos.

Por estas observações assume-se que a problemática que guia esta tese é: **Como gerenciar os riscos considerando a interdependência entre eles em uma cadeia de suprimentos**?

1.2- JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Abolghasemi, Khodakarami e Tehranifard (2015) apontam que a maioria das empresas não tem um sistema estruturado para acompanhar e gerenciar os riscos na cadeia de suprimentos, apesar de reconhecer os riscos como sendo a principal razão pelo não atingimento do desempenho máximo das cadeias.

Esse reconhecimento do risco de ruptura nas operações nas cadeias de suprimentos é evidenciado por Kumar, Himes e Kritzer (2014) que apontam que 80% das empresas estão em risco de uma grande ruptura global da cadeia de suprimentos, dada a dispersão geográfica que expõem a maiores probabilidades de ruptura.

Cohen e Kunreuther (2007) reconhecem que a gestão do risco nas cadeias de suprimentos é de importância fundamental. Funo *et al.* (2011) alertam que a necessidade de reduzir o nível de vulnerabilidade dos riscos nas cadeias de suprimentos tem sido identificada como uma questão importante na gestão das cadeias de suprimento.

Ritchie e Brindley (2007a) destacam que a gestão de risco está contribuindo nos campos de decisão de gestão e do controle. Acrescentam que a evolução da gestão de riscos na cadeia de suprimento sugere que a concorrência global, as mudanças tecnológicas e a busca contínua por vantagem competitiva são os principais motivos que fazem as organizações voltarem atenção à gestão de risco.

Blackhurst, Scheibe e Johnson (2008) e Aqlan (2016) sugerem que a gestão do risco da cadeia de suprimentos tem atraído uma maior atenção, devido ao crescente número de interrupções que afetam o desempenho das cadeias de suprimentos e o impacto negativo que estas falhas trazem para toda cadeia de suprimentos.

Se há o reconhecimento da importância da adoção de planos para gerenciar os riscos nas cadeias de suprimentos, a não adoção de uma gestão de riscos eficaz nas cadeias de suprimentos também são reconhecidos. Neste aspecto, citam-se não apenas as perdas financeiras, mas também a redução da qualidade do produto, incapacidade de atender ao cliente, aumento nos custos, perda de reputação por parte dos clientes, dos fornecedores e o público em geral, atrasos de entrega, e por fim, efeito adverso sobre o desempenho financeiro da empresa (COUSINS *et al.*, 2004; HENDRICKS; SINGHAL, 2005; BLACKHURST, SCHEIBE; JOHNSON, 2008 e KHAN, CHRISTOPHER; BURNES, 2008).

Kumar, Himes e Kritzer (2014) concordam que interrupções na cadeia de suprimentos podem ser prejudiciais, afetando negativamente a geração de receitas e ocasionando perdas, podendo forçar uma organização a parar sua operação em casos de rupturas mais graves.

Diante de tais percepções, é importante que as organizações adotem estratégias eficazes para a gestão dos riscos, de modo, a reduzir a probabilidade de ocorrência destes, bem como o impacto ,caso estes ocorram. Nessa perspectiva, Gaonkar e Viswanadham (2004) indicam ser necessário o desenvolvimento de ferramentas adequadas que permitam às empresas identificar os riscos presentes na cadeia de suprimentos. Assim, caso uma cadeia de suprimentos opte por colher os benefícios da adoção do *outsourcing* internacional, esta precisa identificar os riscos inerentes a esta decisão e buscar definir como estes devam ser gerenciados (KHAN, CHRISTOPHER; BURNES, 2008).

Hauser (2003) e Manuj e Mentzer (2008a) indicam que elaborar um plano de gestão de risco para as cadeias de suprimentos pode se traduzir em um melhor desempenho financeiro e competitivo. Para tal, faz-se necessário que as cadeias de suprimentos identifiquem os riscos que acometem suas empresas, avaliem as consequências destes eventos de riscos, para em seguida, elaborar estratégias para o tratamento destes riscos.

Corroborando com este direcionamento Zsidisin *et al.* (2005) sugerem que as empresas elaborem um planejamento de continuidade de negócios, que consiste em um plano para minimizar os efeitos dos riscos, a partir de medidas para reduzir a probabilidade de ruptura e dos impactos derivados dessa perturbação.

Por isso, segundo Singhal, Agarwal e Mittal (2011) e Freise e Seuring (2015) a gestão eficaz de riscos está se tornando uma preocupação central das empresas para sobreviver e

prosperar em um ambiente de negócios competitivo. Assim, a compreensão de como realizar a gestão de riscos na cadeia de suprimentos é importante e tem alta prioridade.

Outros autores como Colicchia e Strozzi (2012), Ghadge, Dani e Kalawsky (2012) e Sodhi, Son e Tang (2012) acrescentam que poucas áreas de gestão ganharam notoriedade nos últimos anos tão rapidamente quanto à gestão de riscos da cadeia de suprimentos (SCRM).

Ao longo dos últimos anos, o interesse por identificar e mitigar os riscos, as incertezas e as vulnerabilidades no contexto da cadeia de suprimentos tem atraído muita atenção entre acadêmicos e profissionais (KHAN, CHRISTOPHER; BURNES, 2008; RAO; GOLDSBY, 2009; THUN; HOENIG, 2011; SUN, MATSUI; YIN, 2012).

A gestão dos riscos na cadeia de suprimentos tem emergido como uma importante área de pesquisa no campo da gestão da cadeia de suprimentos. Além disso, as empresas e os profissionais estão atentos à gestão do risco devido à crescente ocorrência de eventos de risco e seu impacto (SODHI, SON; TANG, 2012; KUMAR, HIMES; KRITZER, 2014; AQLAN; LAM, 2015b; FAZLI, MAVI; VOSOOGHIDIZAJI, 2015).

Apesar de haver um grande reconhecimento na literatura sobre a importância dos riscos e a vulnerabilidade associada às cadeias de suprimentos globais, percebe-se ainda haver uma carência de quadros conceituais e os resultados empíricos para dar um sentido mais claro e orientações normativas sobre o fenômeno da gestão de riscos da cadeia de suprimentos globais (MANUJ; MENTZER, 2008b).

Esta lacuna teórica é também percebida por Fahimnia *et al.* (2015) que enfatizam haver necessidade em desenvolver modelos de gestão de riscos para identificação, avaliação, mitigação e modos de enfrentamento dos riscos envolvendo casos reais, a fim de contribuir efetivamente com a adoção dessas práticas pelo setor industrial.

Da mesma forma, Ritchie e Brindley (2007a), Thun e Hoenig (2011), Rao e Goldsby (2009), Blome e Schoenherr (2011) e Sodhi, Son e Tang (2012) orientam que pesquisas empíricas sejam realizadas com o objetivo de replicar modelos de gestão de riscos na cadeia de suprimentos considerando distintos setores industriais.

Desta forma, reconhece-se que, propor uma sistemática para gerenciar os riscos considerando a interdependência entre eles no âmbito do setor de energia, mais especificamente em uma cadeia de suprimentos de gás canalizado, é justificável como ponto central deste trabalho.

De maneira semelhante, é possível observar que há a aderência desta pesquisa com as sugestões de trabalhos futuros, no que se refere à necessidade de mapear a relação de dependência entre os riscos nas cadeias de suprimentos. Isto é percebido nas sugestões de

trabalhos futuros de Cohen e Kunreuther (2007), Pujawan e Geraldin (2009), Pfohl, Gallus e Thomas (2011), Aloini *et al.*(2012), Ho *et al.* (2015) e Qazi, Quigley e Dickson (2015). O Quadro 2 sumariza as sugestões para trabalhos futuros identificadas no levantamento teórico e que estão alinhadas ao tema desta pesquisa.

Quadro 2- Sugestões para trabalhos futuros identificadas no levantamento teórico alinhados com o tema desta pesquisa

AUTORES	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS
Cohen e Kunreuther (2007)	- Desenvolver trabalhos que analisem o risco e sua interdependência nos elos da cadeia de suprimentos
Pujawan e Geraldin (2009)	- Desenvolver o modelo da "casa dos riscos" considerando as interelações entre os riscos
Pfohl, Gallus e Thomas (2011)	- Considerar a dependência dos riscos no cálculo da probabilidade do risco
Aloini *et al.* (2012)	- Estudar as relações de dependência entre os riscos e os impactos na cadeia de suprimentos
Ho *et al.* (2015)	- Estudar as interdependências entre os diversos tipos de risco
Qazi, Quigley e Dickson (2015)	- Verificar a interdependência entre os riscos ao longo da cadeia numa visão holística

Fonte: Elaboração própria (2016)

Por estas observações, acredita-se que a elaboração de um modelo para gerenciar os riscos considerando a interdependência entre eles, aplicado à realidade de um setor industrial preenche uma lacuna teórica ainda existente.

O modelo teórico desenvolvido por esta pesquisa foi aplicado no setor de energia, especificamente na cadeia de suprimentos de gás canalizado do Estado da Paraíba, compreendendo a empresa responsável pela distribuição de gás natural (GN) canalizado e seus clientes do setor industrial. Assim, esta pesquisa tem seu impacto no setor industrial no Estado da Paraíba, já que o GN é utilizado como insumo em 36 empresas de diversos setores industriais como, por exemplo, empresa do setor têxtil, cerâmico, alimentício e de bebidas, setor calçadista entre outros.

De acordo com dados repassados pela companhia responsável pela distribuição de gás canalizado no Estado da Paraíba, a aplicação do GN no segmento industrial ocorre nos processos industriais onde há a necessidade de calor, podendo ser utilizado também na geração de vapor de água. Assim, este combustível pode ser usado em diversos equipamentos, como caldeiras, secadores, fornos, turbinas, ramas, geradores de fluído térmico, gás, ar quente e água quente, estufas, empilhadeiras entre outros.

Apesar da diversificada aplicação, no cenário nacional, o volume de consumo de gás teve uma retração entre os anos de 2015 e 2016, segundo a Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado - ABEGÁS (2017). Isto é representado na Figura 1. Observa-se esta redução em todos os meses, fazendo-se um comparativo entre 2015 e 2016.

Figura 1- Comparativo do total de consumo de gás em 10 m³ entre 2015 e 2016 no Brasil

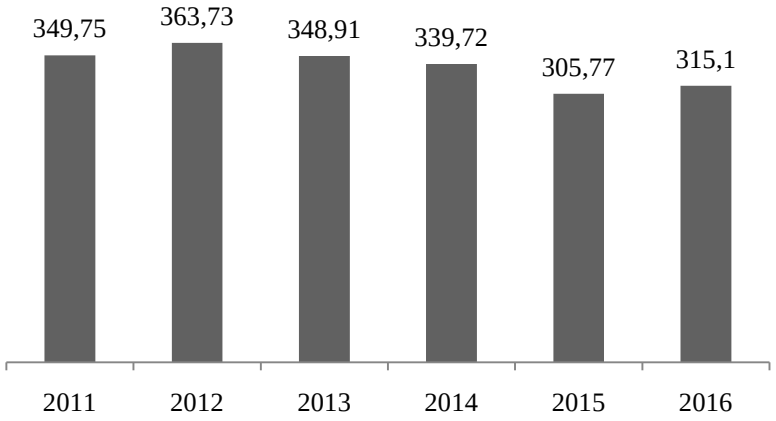
Fonte: Adaptado de ABEGÁS (2017

Fonte: Adaptado de ABEGÁS (2017

Na Paraíba, segundo ABEGÁS (2017) o consumo de gás no Estado, considerando os diversos clientes no ano de 2016, foi de 315,1 m³/ano, representando um aumento de 2,5% no consumo geral de gás no Estado. Considerando o consumo de todos os segmentos (industrial, residencial, automotivo, comercial e GNC) observa-se que entre os anos de 2011 e 2016, houve um período de forte retração entre 2014 e 2015 e uma leve recuperação no consumo em 2016, mas que ainda apresenta um consumo menor do que o registrado em 2012, maior consumo registrado nessa sequência. A Figura 2 apresenta este comportamento.

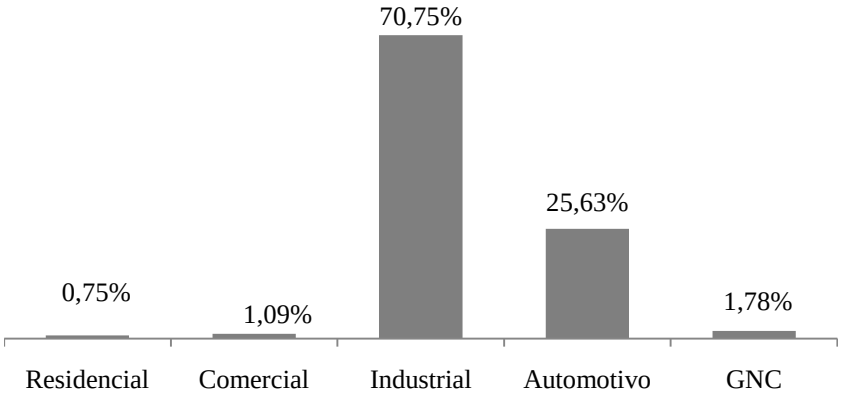
Essa retração observada no consumo de gás foi justificada pela redução de consumo do setor industrial, que teve uma retração de aproximadamente 5% entre os anos de 2011 e 2015. No entanto, apesar deste pequeno decréscimo, observa-se que o consumo de gás do setor industrial é o mais significativo, com um consumo de aproximado de 71% de todo consumo de gás no Estado (Figura 3).

Figura 2- Consumo geral de gás no estado da Paraíba em 10^3 m^3/ano



Fonte: Adaptado de ABEGÁS (2017)

Figura 3- Distribuição do consumo de gás por tipo de cliente em 2015



Fonte: Adaptado de ABEGÁS (2016)

Pelo exposto, pode-se concluir que o consumo de gás pelo setor industrial mostra-se muito significante, pois pode apontar diretrizes para o setor analisar e agir diante dos resultados ultimamente alcançados. Da mesma forma, o gás mostra ser um importante insumo de produção necessário para o processo produtivo. Assim, vulnerabilidades e incertezas na cadeia podem afetar o desempenho operacional e financeiro de toda cadeia de suprimentos.

Assim, uma pesquisa que proponha a gestão dos riscos nesta cadeia de suprimentos mostra-se significante, pois pode permitir traçar um plano de ação que vise à redução dos riscos que ocorrem na cadeia diante do cenário de retração de demanda do gás, permitindo traçar um plano de ação voltado para prevenção do risco ou mesmo de um plano de contingência voltado a riscos inevitáveis e de alta severidade.

1.3 – OBJETIVOS DA PESQUISA

1.3.1 Objetivo Geral

Propor uma sistemática para gerenciar os riscos interdependentes em uma cadeia de suprimentos do setor de energia, na atividade de distribuição de gás canalizado considerando dois elos da cadeia.

1.3.2 Objetivos Específicos

a) Identificar os riscos na cadeia de suprimentos de gás canalizado;
b) Priorizar os riscos mais críticos na cadeia de suprimentos segundo as relações de dependência;
c) Estimar a probabilidade de risco secundário a partir dos riscos primários de maneira condicionada;
d) Estimar a probabilidade agregada de risco secundário considerando o mapa de rede dos riscos.

1.4 – DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O objetivo geral que orienta esta proposta de pesquisa é propor uma sistemática para gerenciar os riscos considerando a interdendência na cadeia de suprimentos de gás canalizado. Assim, a delimitação principal da pesquisa é o setor de gás canalizado, notadamente do estado da Paraíba.

Para esta cadeia de suprimentos foram investigados a empresa focal e dois clientes industrais, que utilizam gás canalizado como fonte energética no seu processo produtivo. O fato da pesquisa não investigar toda cadeia de suprimentos, que engloba a empresa focal e 36 clientes industrais, mostra-se como uma limitação, pois os resultados alcançados retratam uma realidade parcial dos riscos na cadeia de suprimento, apesar da representatividade em termos de consumo de gás canalizado, já que as empresas clientes que participaram da pesquisa correspondem a 60% do total de gás consumido pelo segmento industrial da Paraíba.

Por fim, é importante salientar que a pesquisa focou apenas duas fases do modelo de gestão de riscos da cadeia de suprimentos: a identificação e a avaliação dos riscos. O primeiro centra-se na identificação e discussão dos riscos que já foram identificados nas empresas. O segundo, centra-se na fase de avaliação dos riscos, momento onde houve o levantamento da opinião dos especialistas, do elo produtor e cliente, para avaliar o risco (utilizando-se o ANP),

crenças de probabilidades, mapa da rede do risco e impactos relacionados (utilizando-se a Simulação Monte Carlo e as Redes Bayesianas).

Desta forma, não faz parte do foco desta pesquisa as fases de mitigação e monitoramento dos riscos. A escolha por este foco deu-se pela visualização de que a fase de avaliação é considerada uma das mais críticas nos modelos de gestão de riscos na cadeia de suprimento, além de que, o objetivo da pesquisa em verificar as relações de dependência entre os riscos é uma problemática a ser tratada na fase de avaliação dos riscos, pois envolve a determinação da probabilidade de ocorrência dos riscos.

Assim, acredita-se que o foco principal da pesquisa é a avaliação dos riscos, não sendo considerado primordial, neste momento, empreender esforços nas demais fases de um modelo de gestão de riscos. Além disso, as estratégias de mitigação e o monitoramento dos riscos seguiriam a mesma orientação geral que é amplamente apresentada na literatura.

1.5 – ESTRUTURA DESTE TRABALHO

Esta tese está organizada como se segue:

CAPÍTULO 2- A teoria sobre a gestão de riscos na cadeia de suprimentos é descrita e discutida, mostrando os principais conceitos e as lacunas teóricas existentes.

CAPÍTULO 3- O método utilizado para a realização desta pesquisa é apresentado, incluindo as técnicas e ferramentas utilizadas para o tratamento dos dados.

CAPÍTULO 4- Os resultados da pesquisa são apresentados e discutidos, momento onde a sistemática teórica é avaliada segundo os resultados práticos, destacando os pontos fortes e as limitações encontradas.

CAPÍTULO 5- As principais considerações sobre os resultados da pesquisa são sumarizadas, oportunidade onde se faz o direcionamento para pesquisas futuras nesta linha de pesquisa.

REFERÊNCIAS- As referências utilizadas são apresentadas.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo está descrita a fundamentação teórica que serve de apoio para a compreensão do fenômeno investigado. Inicialmente é apresentada uma breve discussão sobre a natureza do risco, sobre a incerteza e a resiliência nas cadeias de suprimentos. Em seguida, apresentam-se os modelos de gestão de riscos para as cadeias de suprimentos, explorando suas fases e as ferramentas utilizadas para a gestão e avaliação dos riscos.

2.1 – O RISCO E A INCERTEZA

A incerteza e os riscos podem causar sérias interrupções ou atrasos nos fluxos de material, informação e dinheiro das cadeias de suprimentos (VANANY; ZAILANI, 2010). Devido aos efeitos negativos, como perdas de vendas e aumento dos custos muitas organizações estão buscando ferramentas que possam auxiliar no gerenciamento dos riscos e na minimização da incerteza.

Samvedi, Jain e Chan (2013) afirmam que os riscos ocorrem por que não se sabe com exatidão o que vai acontecer no futuro. Mesmo utilizando-se das melhores técnicas de previsões sempre haverá algum grau de incerteza sobre o futuro. Esta incerteza cria uma lacuna entre o que realmente acontece e o que uma empresa tem planejado.

Pode-se afirmar que os elementos principais da teoria do SCRM consistem no risco e na incerteza. Por isso, é importante compreender o conceito destes elementos, e principalmente a distinção que existe entre eles.

De uma maneira contextualizada Khan, Christopher e Burnes (2007) e Rao e Goldsby (2009) apresentam os trabalhos pioneiros sobre riscos de Markowitz (1952) e Bernstein (1996). O primeiro destes trabalhos foi o pioneiro na discussão do risco no sentido gerencial, descrevendo como os investidores podem equilibrar riscos e recompensas na construção de carteiras de investimento. O último trabalho discute a origem da palavra risco, para os quais deriva de uma palavra italiana "*risicare*" que significa ousar.

No sentido de historiar a evolução dos estudos sobre os riscos, Khan, Christopher e Burnes (2007), Khan, Christopher e Burnes (2008) e Heckmann, Comes e Nickel (2015) afirmam que o estudo sobre risco iniciou-se, ainda no século XVII, pelas mãos de dois matemáticos franceses Blaise Pascal e Pierre de Fermat, que juntos tentavam decifrar um enigma proposto por Luca Pacioli em 1494. Tal enigma consistia em descobrir como dividir as apostas de um jogo de azar entre dois jogadores, que foi interrompido quando um deles estava vencendo. Ao responderem este enigma, os matemáticos Blaise Pascal e Pierre de

Fermat delinearam a teoria da probabilidade, que está no cerne do conceito de risco (AGUIAR, TORTATO; GONÇALVES, 2012).

A partir do início do século XIX, o termo risco foi adotado pelas empresas de seguros na Inglaterra. Em 1921, a tese de doutorado de Frank Knight em Cornell foi transformada em um livro impresso, sob o título "*Risk, uncertainty and profit*". Em 1952, Henry Markowitz tornou-se o pioneiro na mensuração de risco quando apresentou sua tese, onde utilizou modelos matemáticos para o cálculo do risco total de uma carteira de ativos. A partir da década de 60, com o maior desenvolvimento tecnológico e o aumento do tamanho e internacionalização das organizações, o risco e seu gerenciamento se tornaram de interesse para a comunidade de negócios (AGUIAR, TORTATO; GONÇALVES, 2012).

Embora os riscos fossem associados aos jogos por muitos anos, no início do século XIX, o termo risco foi utilizado pela indústria de seguros na Inglaterra. No entanto, apenas na década de 1950 e 1960, com os avanços na tecnologia e com o aumento da internacionalização das organizações, o risco foi tratado com preocupação pela comunidade empresarial (CHRISTOPHER *et al.*, 2011).

Harland, Brenchley e Walker (2003); Khan, Christopher e Burnes (2007) resgatam uma contribuição sobre risco feita pelo *Royal Society* no ano de 1992. Este trabalho retratou não apenas o entendimento sobre o risco, mas a necessidade de analisá-lo para fins de gestão.

Apesar de se observar que o termo risco vem sendo utilizado desde meados da década de 60 no campo gerencial, o conceito de risco ainda não é unanimidade. Isto é observado por Pfohl, Kohler e Thomas (2010) que afirmam que o termo risco apesar de ser um termo bastante utilizado não tem uma definição consistente nem na teoria nem na prática.

Concordando, Xu (2008) e Heckmann, Comes e Nickel (2015) apontam que o termo risco é uma palavra comum, no entanto, complexo, pois possui uma definição ainda pouco clara. Apesar disso, muitos autores trazem entendimentos sobre o termo risco como se pode observar nas discussões apresentadas a seguir.

Khan, Christopher e Burnes (2007) e Rao e Goldsby (2009) evidenciam diversos conceitos para o risco. Segundo Lowrance (1980) o risco é uma medida da probabilidade e gravidade de efeitos adversos; para Simon *et al.* (1997) o risco é uma probabilidade de ocorrência de um evento incerto ou conjunto de circunstâncias que teriam um efeito adverso sobre a realização das atividades do projeto; para Mitchell (1999) o risco como uma expectativa de perda; para Rowe (1980) o risco é percebido como algo que pode trazer consequências negativas e indesejadas; e por fim, para Wagner e Bode (2008), no contexto SCM, o risco é visto como algo puramente negativo.

Para estes últimos autores, entre os possíveis conceitos associados à palavra risco, tem-se incerteza de resultados, probabilidade de perda, desvio das expectativas de resultados, mudança que leva à perda, ou perigo de perda ou dano.

Pode-se verificar que o termo risco está associado, em sua maioria, a um efeito negativo. E isto, é confirmado por Khan, Christopher e Burnes (2007) e Rao e Goldsby (2009) que identificaram que a maioria dos investigadores utiliza termo risco para se referir a alguma forma de mudança negativa em relação ao desempenho do negócio. Isto pode ser observado nos diversos entendimentos sobre os termos risco, sumarizados no Quadro 3.

Quadro 3- Conceitos sobre riscos

AUTORES	CONCEITO SOBRE RISCO
Harland, Brenchley e Walker (2003)	Risco é definido como uma probabilidade de perda, no sentido estatístico da palavra.
Manuj e Mentzer (2008a); Freise e Seuring (2015)	Risco pode ser percebido como algo que retarda o processo de alcançar os objetivos da empresa.
Aloini *et al.* (2012)	O risco é um evento incerto ou condição que se ocorrer, traz um efeito negativo em relação aos objetivos pretendidos.
Ghadge, Dani e Kalawsky (2012); Qazi, Quigley e Dickson (2015)	Risco pode ser entendido como interrupção, vulnerabilidade, insegurança, desastre, perda ou perigo.
Liu; Lin e Hayes (2010), Ganguly e Guin (2013)	Risco é qualquer evento que cria uma exposição potencial de perda para a vida da empresa.
Garvey, Carnovale e Yeniyurt (2015)	Risco representa algo negativo para a organização ou mesmo para o indivíduo.
Mogre, Talluri e D'Amico (2016)	Risco representa a possibilidade de perigo, dano, perda, lesão ou quaisquer outras consequências indesejáveis.

Fonte: Elaboração própria

Apesar de se verificar que muitos reconhecem o risco como algo negativo verifica-se uma linha de pensamento teórico em que o risco não se resume necessariamente à perda.

Exemplifica-se com Ritchie e Brindley (2007a) que afirmam que o significado dos riscos está associado a algum evento que potencialmente influencia, de algum modo o desempenho do negócio em termos de eficácia e/ou eficiência, não se restringindo a um evento associado à perda, que podem resultar em uma crise ou a falência da empresa.

De forma semelhante, Khan, Christopher e Burnes (2007) e Ojha e Gokhale (2009) definem que o risco pode ser compreendido como uma probabilidade de um evento incerto ou um conjunto de circunstâncias que podem ocorrer. Caso isso aconteça, haverá um efeito não planejado sobre a consecução dos objetivos de um projeto. Desta forma, de acordo com esta

definição, o risco é tratado como uma variabilidade nos resultados pretendidos, e isto, pode ser algo positivo ou negativo.

De acordo com esta compreensão, o risco está presente quando o resultado de alguma atividade definida não é conhecido com certeza, assim, o risco refere-se à variação na faixa de resultados possíveis. Quanto maior a variação, maior será o risco. O risco é, portanto, uma qualidade que reflete a gama de possíveis resultados e a distribuição de probabilidades respectivas de cada um dos resultados (ANDERSON; NORMAN, 2003).

Observa-se que, a compreensão sobre os riscos pode assumir duas principais abordagens, em que se associa a ocorrência do risco com efeitos prováveis, positivos ou negativos, e outra, em que se associa a ocorrência do risco apenas como perdas.

Esta observação também fora feita por Wieland (2013) que afirmou haver dois entendimentos de risco da cadeia de suprimentos. Um primeiro, onde o risco representa uma distribuição de resultados possíveis, e outra, mais utilizada onde o risco é interpretado como algo negativo, chance de perigo, dano, perda ou quaisquer outras consequências negativas.

Por esta dificuldade em assumir uma compreensão única, podendo muitas vezes, ter um conceito dúbio, há certa dificuldade em definir e compreender o risco. Sobre isso, Heckmann, Comes e Nickel (2015) apresentam um levantamento sobre a definição do termo risco por meio de um levantamento teórico.

Estes autores constataram que 82% dos trabalhos não deixam este conceito explícito. Deste conjunto, verificou-se que 52% consideram o risco como evento, 12% como desvio de resultados, 6% probabilidade de perda e 12% não assumem uma definição específica.

A fim de compreender este conceito, Zsidisin *et al.* (2005) e Pfohl, Kohler e Thomas (2010) esclarecem que o risco representa um produto de dois elementos diferentes, mas inter-relacionados: incerteza e efeito. A incerteza refere-se à imprevisibilidade do ambiente ou variações organizacionais que afetam o desempenho corporativo ou a inadequabilidade de informação sobre essas variáveis, enquanto o efeito se dá com os custos potenciais e não previstos gerados pela interrupção do evento.

De acordo com Juttner e Maklan (2011) os riscos da cadeia de suprimentos podem ou não se manifestar. Assim, mesmo que haja forte vulnerabilidade, uma cadeia de suprimentos pode nunca experimentar uma interrupção real. No entanto, quanto maior a vulnerabilidade, maior a chance de ocorrer um evento que represente risco à cadeia.

É importante ainda verificar uma característica do risco apontada por Harland, Brenchley e Walker (2003). Estes autores citam que se deve perceber que a atitude de risco é influenciada pela natureza dos negócios, mas também pelo estilo e pelo fator comportamental

de cada indivíduo. Assim, a atitude em relação ao risco muda de indivíduo para indivíduo, ou mesmo em função do setor em que a empresa está.

Nesta perspectiva, a gestão de riscos depende da atitude da organização e do indivíduo em relação ao risco, podendo esta, ser uma atitude reativa, defensiva, prospectiva ou analítica. Assim, é importante também analisar estes aspectos quando se pensa na gestão dos riscos.

De uma maneira geral, os trabalhos apontam que os riscos possuem características próprias. Os riscos possuem dois componentes principais: a probabilidade de ocorrência, que representa a chance de ocorrência do evento, e as consequências associadas a este evento, que representam o impacto (efeito) relacionado ao risco (NORRMAN; JANSSON, 2004; RITCHIE; BRINDLEY, 2007a; WANG; YANG, 2007; TRKMAN; MCCORMACK, 2009; TANG; MUSA, 2011; TUMMALA; SCHOENHERR, 2011; LAVASTRE *et al.*,2012; KUMAR, HIMES; KRITZER, 2014; WIELAND, 2013; HECKMANN, COMES; NICKEL, 2015; AQLAN; LAM, 2015; QAZI, QUIGLEY; DICKSON, 2015).

Outro ponto importante nas publicações sobre SCRM é a percepção da estreita relação entre o risco e a incerteza. Por exemplo, a ISO 31000:2009 indica que o risco corresponde ao efeito das incertezas sobre os objetivos. Acrescenta ainda que, este desvio em relação ao resultado pode ser positivo ou negativo, mas que ele ocorre devido ao estado de incerteza, ou seja, ao cenário onde há deficiência das informações relacionadas a um evento, sua compreensão, seu conhecimento, sua consequência ou sua probabilidade de ocorrência.

Vê-se que os dois termos, em muitas ocasiões são utilizados como sinônimos. Assim, a fronteira entre risco e incerteza é bastante tênue, fato que favorece a compreensão de que o risco é resultado de um estado de incerteza. Sobre isto, Ritchie e Brindley (2007b) afirmam que o risco e a incerteza são termos frequentemente usados no mesmo sentido, mas é preciso reconhecer as diferenças existentes entre estes.

Tang e Musa (2011) destacam que na literatura SCRM não é claro distinguir risco e incerteza. Segundo estes autores, o risco pode ser interpretado como eventos pouco confiáveis, que criam interrupção na cadeia de suprimentos. Em contrapartida, a incerteza pode ser explicada como sendo compatível ao risco, só que, relacionada com a oferta e a demanda nos processos da cadeia de suprimentos.

Norrman e Jansson (2004), Manuj e Mentzer (2008b) e Ghadge, Dani e Kalawsky (2012), por outro lado, diferenciam risco e incerteza afirmando que, os riscos possam ser mensurados, ao contrário das incertezas, que são desconhecidas e imensuráveis.

Enquanto os riscos podem ser mensurados, de maneira quantitativa, as incertezas são imensuráveis quantitativamente, sendo possível apenas o seu conhecimento parcial e subjetivo por meio de crenças e opiniões (VILKO; HALLIKAS, 2012).

Anderson e Norman (2003) esclarecem que os riscos podem ser calculados, enquanto que as incertezas são genuinamente desconhecidas, quando o impacto e a incerteza são combinados, o resultado é o risco. Assim, estes autores concluem que os riscos podem ser calculados, ao passo que as incertezas são desconhecidas e, por isso, impossíveis de previsão.

Uma importante categorização sobre a fonte da incerteza é ressaltada por Manuj e Mentzer (2008b), Trkman e McCormack (2009) e Aqlan e Lam (2015). Estes autores apresentam duas categorias de natureza para a incerteza: a natureza endógena e exógena.

A natureza endógena considera que a incerteza está dentro da cadeia de suprimento e pode levar a alterações nos relacionamentos entre empresa e fornecedores, em contrapartida, a natureza exógena, considera que a incerteza está fora da cadeia de suprimento, em eventos tais como ataques terroristas e greves dos trabalhadores. Esta categorização é muito importante, pois identifica que a natureza das incertezas é distinta.

Gaonkar e Viswanadham (2004) apresentam uma importante distinção para a compreensão da incerteza, apontando que esta pode se manifestar por meio de três eventos: desvios, ruptura e desastre.

Segundo estes autores, desvio pode ser entendido como uma variação de algum elemento, como exemplo, a variação dos custos, da demanda, do *lead-time* ou das condições de suprimento. A ruptura ocorre quando algum evento na cadeia de suprimento faz com que haja indisponibilidade de produto, seja por interrupção no fornecimento, de produção, transporte ou armazenagem, gerando não continuidade do fluxo. Por fim, o desastre ocorre quando há um evento totalmente imprevisto que gera um desligamento temporário, mas irrecuperável no sistema, como por exemplo, um ataque terrorista.

Colaborando sobre a natureza da incerteza, Vilko, Ritala e Edelmann (2014) apresentam uma classificação sobre a natureza da certeza e incerteza que influenciam a gestão de riscos na cadeia de suprimentos. Segundo estes autores, a probabilidade de ocorrência dos riscos está atrelada ao grau da certeza e incerteza intrínseca a determinado cenário de gestão, assim, é importante compreender o cenário disponível em relação aos riscos para poder perceber as possibilidades de gestão.

A incerteza é uma condição quando não se sabe se uma proposta ou uma afirmação é verdadeira ou falsa. A probabilidade é a métrica que é mais comumente usada para expressar a incerteza (JEREB, IVANUSA; ROSI, 2013).

Vilko, Ritala e Edelmann (2014) categorizam a certeza segundo: cenário de certeza completa, cenário com certeza provável, cenário com incerteza paramétrica, cenário com incerteza estrutural, cenário com incerteza processual e por fim, cenários com incerteza radical. A descrição de cada um destes tipos de cenários são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Categorias de incerteza na cadeia de suprimentos

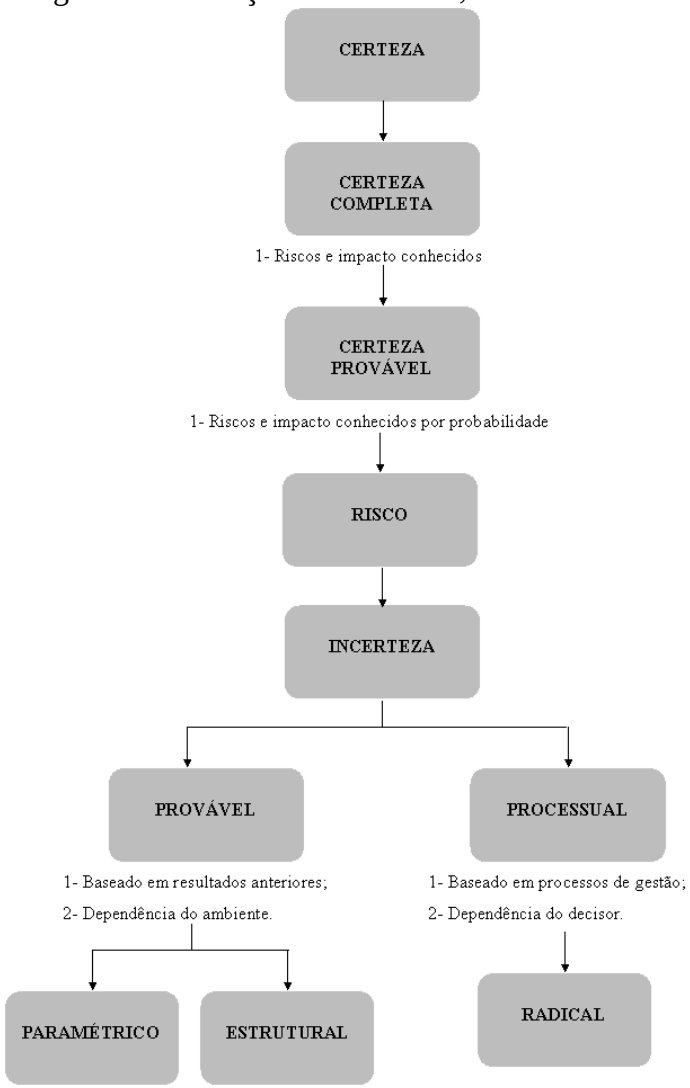
GRAU DE CERTEZA/INCERTEZA	DEFINIÇÃO
Certeza completa	Ocorre quando se tem toda a informação relevante para o tomador de decisão. No contexto de riscos da cadeia de suprimentos sugere uma situação em que todos os riscos e suas consequências são conhecidas. Assim, em tal situação, não há riscos reais, porque todos eles podem ser mitigados, pois são conhecidos. Na realidade, esta situação é, naturalmente impossível.
Certeza provável	Ocorre quando o conhecimento que se tem sobre eventos futuros é em termos de probabilidades, tanto de ocorrência de riscos como de impactos esperados. Logo só existe uma certeza provável. No entanto, o nível de conhecimento necessário para prever os riscos e seus impactos são raramente conhecidos, razão pela qual há necessidade de categorizar as classes de incerteza.
Incerteza paramétrica	Ocorre em uma situação onde os cenários futuros são completamente conhecidos, mas os parâmetros de probabilidade não são. Em termos de gestão de risco da cadeia de suprimentos, os eventos de risco potenciais até são identificados, mas a expectativa de ocorrência e impacto, são difíceis de prever quantitativamente. Neste caso, avaliação é subjetiva, podendo ser identificadas, descritas e analisadas de maneira qualitativa.
Incerteza estrutural	Ocorre quando o conhecimento sobre os cenários futuros são traçados apenas por crenças subjetivas. Em termos de gestão de riscos da cadeia de suprimentos, isso significa que não se pode ter uma imagem objetivamente formada sobre os riscos, suas probabilidade de ocorrência, bem como sobre a interdependência entre os riscos e as operações da cadeia de suprimentos. Portanto, a análise possível pode não avaliar objetivamente os eventos de risco e sua causalidade.
Incerteza processual	Ocorre quando não se pode formar uma imagem clara dos processos ou dos eventos de risco, principalmente em devido à sua complexidade do cenário existente. No contexto da gestão de riscos da cadeia de suprimentos, isso reflete uma situação em que a cadeia de suprimentos tem uma visibilidade limitada, assim, apenas uma parcela dos eventos de riscos podem ser identificados e analisados.
Incerteza radical	Ocorre quando não se pode formar nenhum cenário sobre os eventos de riscos e seus impactos correlatos.Na gestão de riscos na cadeia de suprimentos isso representa a total insufuciência de conhecimento sobre os eventos de riscos o que impossibilita uma análise mesmo que parcial deste cenário. Assim, a tomada de decisão neste caso é incompleta.

Fonte: Adaptado de Vilko, Ritala e Edelmann (2014)

Pelas definições apresentadas no Quadro 4 sobre as categorias de certeza e incerteza, é possível observar que o nível de dificuldade na implementação de uma gestão de riscos depende diretamente das características do cenário da incerteza encontrado. Pois quanto mais disponíveis forem o conhecimento e a certeza sobre os riscos, maior é a chance de prever cenários de riscos e mensurar os impactos, de maneira mais assertiva, o que auxilia na orientação para a gestão de riscos na cadeia de suprimentos.

Para uma melhor compreensão das diferenças que existem entre certeza, risco e incerteza, Vilko, Ritala e Edelmann (2014) apresentam um esquema gráfico (Figura 4), que ratifica o entendimento de que o risco ocorre num ambiente de incerteza e quanto maior o grau de incerteza mais difícil é elaborar planos exequíveis.

Figura 4 – Distinção entre certeza, risco e incerteza



Fonte: Adaptado de Vilko, Ritala e Edelmann (2014)

Assim como a incerteza possui gradações que influenciam na gestão de riscos da cadeia de suprimentos, deve-se perceber que os riscos possuem também categorização, já que se observam distintas naturezas sobre os riscos.

Da mesma forma que se percebeu uma categorização dicotômica para a incerteza (exógena e endógena) como apontada por Manuj e Mentzer (2008b) e Trkman e McCormack (2009), observou-se também que os riscos possuem uma natureza dicotômica, riscos internos e externos, como abordaram Gaonkar e Viswanadham (2004); Wu, Blackhurst e

Chidambaram (2006); Olson e Wu (2010); Thun e Hoenig (2011); Lin e Zhou (2011); Lockamy e McCormack (2012); e Freise e Seuring (2015).

Para esses autores, os riscos nas cadeias de suprimentos podem assumir duas classes: os riscos internos resultantes da própria interação entre as empresas da cadeia de suprimentos; e os externos sentidos por toda cadeia, independente das práticas de gestão adotadas.

Lockamy e McCormack (2012) esclarecem que as fontes internas de incerteza podem incluir mudanças na disponibilidade de capacidade produtiva, interrupções nos fluxos de informação e a redução da eficiência operacional. As ações dos concorrentes, as variações de preços, mudanças no ambiente político e na regulamentação do setor são algumas das fontes externas de incerteza que podem levar a um aumento dos riscos da cadeia.

Assim, as cadeias de suprimentos estão sujeitas a riscos internos resultantes da interação entre as empresas dentro da cadeia de suprimentos, incluindo problemas de manutenção, de planejamento, de demanda e de fornecimento, por exemplo. Neste caso, uma empresa ou mais de uma empresa da cadeia de suprimentos podem ser impactadas pelos efeitos destes eventos.

Os riscos externos, que são sentidos em toda rede e ocorrem independentemente da interação entre as empresas. Exemplos de riscos externos são os desastres naturais e as crises econômicas. Estas fontes de incerteza são vistas como eventos de riscos que podem potencialmente resultar em interrupções na cadeia que influencia o desempenho global de toda cadeia de suprimentos (LOCKAMY; MCCORMACK, 2012).

De maneira mais abrangente, Jüttner *et al.* (2002) sugerem classificar as fontes de risco nas cadeias de suprimentos em três categorias: externos à cadeia de suprimentos, internos à cadeia de suprimentos e os riscos relacionados à rede. Exemplificando esta classificação têm-se como fontes externas os riscos políticos, ambientais e econômicos. As fontes internas de risco seriam fruto de incertezas de produção (por exemplo, falha da máquina e incertezas sobre a qualidade do produto). Por último, os riscos relacionados à rede seriam aqueles derivados da interação entre organizações dentro da cadeia de suprimentos, por exemplo, devido à integração e cooperação.

Concordando com esta classificação, Jereb, Ivanusa e Rosi (2013) determinam que os riscos possuem três classes distintas: interno à empresa que está incluído à cadeia de suprimentos, externo à empresa, mas interno da cadeia de suprimentos, e por fim, externo à cadeia de suprimentos, a partir de seu ambiente.

Independente do tipo de evento de risco faz-se necessário criar mecanismos de gestão para acompanhar a ocorrência destes fenômenos. Nisto, é importante desenvolver o potencial de resiliência da cadeia de suprimentos e também adotar modelos para gerenciar tais riscos.

A compreensão da natureza distinta dos riscos, assim como, da diferenciação entre riscos e incerteza é condição necessária para a gestão de riscos na cadeia de suprimentos. Por isso, segue-se com uma discussão mais aprofundada sobre as questões que envolvem a resiliência na cadeia de suprimentos.

2.2 – A CADEIA DE SUPRIMENTOS RESILIENTE

Uma empresa não tem controle total sobre os acontecimentos que perturbam sua cadeia, pois eventos ambientais e sociais ocorrem à sua revelia. Apesar disso, é importante que mesmo diante desta impotência, sejam criados meios de controlar a forma como uma cadeia de suprimentos lida com essas interrupções.

A maneira de lidar com os riscos, principalmente aqueles com maior impacto à continuidade da cadeia de suprimento tem relação direta com o grau de resiliência da cadeia.

Xu (2008) afirma que o grau de resiliência pode representar vantagem diante dos concorrentes. Exemplificando isto, este autor apresenta o exemplo do incêndio ocorrido no ano 2000 na planta da *Philips Electronics*, que era um importante fornecedor de *chip* de rádio-frequência para a *Ericsson* e para a *Nokia*. Estes concorrentes dependiam apenas do *Philips Electronics* como fornecedor, então foram igualmente afetados por este incêndio.

No entanto, estas empresas adotaram estratégias diferentes diante deste evento. A *Nokia* imediatamente sentiu a ruptura do fornecimento e respondeu de forma agressiva, dedicando parte dos funcionários para trabalhar com a *Philips* e outros fornecedores para manter um constante fornecimento. A *Ericsson* não percebeu a gravidade da perturbação e montou um modesto esforço para restabelecer o fornecimento. O efeito é que a *Nokia* alcançou os seus planos de vendas, enquanto a *Ericsson* perdeu a introdução de novos produtos o que trouxe um prejuízo estimado em US $ 400 milhões.

Ojha e Gokhale (2009) citam ainda o caso da *Toyota* no ano de 1997 que fechou 18 unidades por duas semanas após um incêndio em um dos seus fornecedores de fluído de freio. Estimou-se que, esta descontinuidade, obteve-se um prejuízo superior a 320 milhões de dólares.

Ponomarov e Holcomb (2009) alertam que as cadeias de suprimentos devem ser projetadas para dar respostas rápidas e serem capazes de recuperar seu estado original apesar do evento perturbador. Esta é essência da cadeia de suprimentos resiliente.

Sobre o conceito de resiliência nas cadeias de suprimentos, Juttner e Maklan (2011) assumem que nem todos os riscos da cadeia de suprimentos podem ser evitados, como eventos ambientais de grandes proporções, por exemplo. Assim, deve-se contar com a

resiliência da cadeia para que as perdas relacionadas a estes eventos sejam minimizadas e rapidamente revertidas.

Juttner e Maklan (2011) acrescentam que o conceito de resiliência é multidimensional e multidisciplinar. Se por um lado, a resiliência era um tema de pesquisa nas áreas de psicologia e ecossistemas, atualmente é um assunto de grande interesse em novas frentes de pesquisa, como a gestão de riscos das cadeias de suprimentos.

Desta forma, é necessário resgatar o conceito de resiliência para que este possa ser bem elaborado no contexto das cadeias de suprimentos. Ponomarov e Holcomb (2009) apresentam uma definição mais abrangente de resiliência dada pela ONU - Organização das Nações Unidas no ano de 2005, que apresenta um conceito em um contexto da resiliência numa perspectiva social. Segundo este órgão, a resiliência é definida como a capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade potencialmente expostos a perigos em se adaptar, resistindo ou alterando a fim de alcançar e manter um nível aceitável de funcionamento e estrutura.

Nas ciências dos materiais, conforme aponta Pettit, Fiksel e Croxton (2010) a resiliência é compreendida como uma propriedade física de um material que pode voltar à sua forma original ou posição depois de uma deformação que não exceda seu limite elástico.

Em analogia a esta definição, na perspectiva do ambiente empresarial, estes autores indicam que a resiliência é amplamente utilizada para caracterizar a capacidade de uma organização em reagir a uma interrupção inesperada, tal como aquela causada por um ataque terrorista ou de uma catástrofe natural.

Ponomarov e Holcomb (2009) apontam trabalhos anteriores de diversos autores como Wildavsky (1988); Weick*et al.*, (1999); Edmondson (1999); Bunderson e Sutcliffe (2002); e Sutcliffe e Vogus (2003) que identificaram os principais aspectos da resiliência no contexto organizacional. Estes aspectos são: capacidade de ajustar e manter as funções desejáveis sob condições desafiadoras e tensas; capacidade dinâmica de adaptação organizacional que cresce e se desenvolve ao longo tempo; e por fim, capacidade de se recuperar de eventos perturbadores ou dificuldades.

No contexto das cadeias de suprimentos, assume-se o conceito de resiliência como a capacidade de adaptação da cadeia diante de acontecimentos inesperados, responder a rupturas, e recuperar a partir deles, mantendo a continuidade das operações no desejado nível de conexão e controle sobre a estrutura e função da cadeia (PONOMAROV; HOLCOMB, 2009; HECKMANN, COMES; NICKEL, 2015).

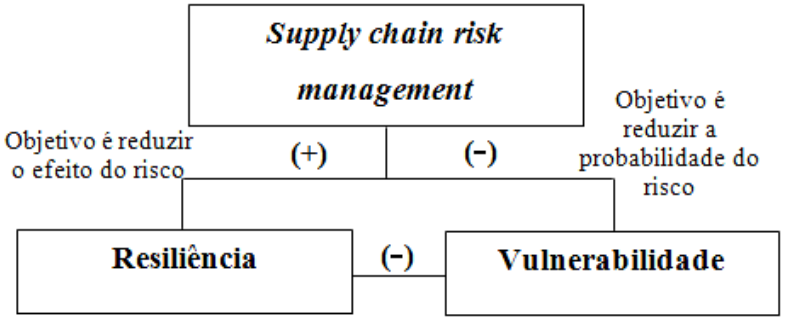
Assumindo um conceito resumido sobre resiliência nas cadeias de suprimentos Urciuoli *et al.* (2014) pontuam que resiliência significa a capacidade em antecipar, identificar, reagir e aprender com os incidentes que possam perturbar o estado natural do fluxo produtivo. Fiksel, Polyviou, Croxton e Pettit (2014) esclarecem que um sistema é dito resiliente quando ele não falha em face de distúrbios, mas em vez disso, cria mecanismos de adaptação. Aven (2016) explicita que um sistema resiliente tem a capacidade de responder a ameaças regulares e irregulares de uma forma robusta e flexível.

Wieland e Wallenburg (2013) de maneira mais abrangente esclarecem que o conceito de resiliência é mais amplo e engloba tanto a capacidade proativa de se organizar antecipadamente a um evento, quanto à capacidade reativa de se reorganizar depois de havido um evento danoso. Afirmam que, enquanto a estratégia proativa baseia-se na previsão e prevenção, a estratégia reativa busca uma solução compatível para cada experiência.

Em termos práticos, a resiliência nas cadeias de suprimentos significa melhorar a adaptabilidade das cadeias de suprimentos, assegurando a continuidade dos negócios mesmo em face de rupturas catastróficas (FIKSEL, POLYVIOU, CROXTON; PETTIT, 2014).

Estes entendimentos têm uma aproximação muito forte com a definição assumida para gestão de riscos na cadeia de suprimentos apresentada pelo autor Tang (2006), em que a gestão de riscos da cadeia de suprimentos deve garantir a continuidade do funcionamento da cadeia de suprimentos. Na tentativa de compreender os conceitos de resiliência e de vulnerabilidade no contexto da gestão de riscos na cadeia de suprimentos Ceryno *et al.* (2013) apresentam um diagrama (Figura 5).

Figura 5 – A relação entre SCRM, resiliência e vulnerabilidade



Fonte: Adaptado de Ceryno *et al.* (2013)

De acordo com a Figura 5, observa-se que no contexto do SCRM a vulnerabilidade deve ser reduzida a fim de reduzir a probabilidade de ocorrência dos riscos. Além disso, no

contexto da gestão de risco na cadeia de suprimentos, a resiliência deve ser aumentada, com o objetivo de reduzir o impacto do risco.

Pode-se dizer que, não sendo possível reduzir a vulnerabilidade da cadeia, ou seja, por estar em ambiente vulnerável que favorece a ocorrência dos riscos, é necessário incrementar a resiliência da cadeia de suprimentos, a fim de que mesmo que os riscos ocorram, os impactos destes eventos sejam mínimos. Isto resume, em linhas gerais, duas vertentes de estratégias para tratar os riscos nas cadeias de suprimentos: reduzir a probabilidade de ocorrência e reduzir o impacto do risco.

A importância de gerar capacidade de resiliência nas cadeias de suprimentos é crescente em período de turbulência financeira, alta vulnerabilidade e alto grau de incerteza. Heckmann, Comes e Nickel (2015) esclarecem que o interesse pelo conceito de resiliência nas cadeias de suprimentos foi iniciado no ano de 2004 na *Cranfield University* e no MIT *(Massachusetts Institute of Technology*).

Nesse sentido, estes autores identificam duas dimensões para analisar a resiliência: a agilidade e a robustez. Enquanto, a agilidade se faz pela capacidade de reação diante de um evento inesperado, a robustez se faz pela capacidade de proatividade e com isso, minimizar o impacto do evento ocorrido.

Wieland (2013) esclarece que a agilidade é a capacidade de um sistema responder à mudança, ou seja, "reagir", "responder", "adaptar-se" ou "reconfigurar-se". Assim, agilidade tem sido vista como uma habilidade de se adaptar ou responder de forma rápida, de modo que os impactos sejam os menores possíveis.

De outro ponto, a robustez, sob a perspectiva da cadeia de suprimentos, pode ser vista como a capacidade de desempenhar as suas funções apesar de alguns danos causados a ela. Assim, a robustez objetiva criar mecanismos para absorver os impactos de um evento inesperado, minimizando os impactos relacionados a este evento.

Juttner e Maklan (2011), de forma semelhante, indicam que a resiliência na cadeia pode ser alcançada por duas vias, pela redundância dos recursos, ou seja, pela robustez da cadeia, como também pela agilidade, ou seja, pela velocidade de resposta diante de um desastre.

Pelo exposto, pode-se dizer que quanto maior o grau de resiliência da cadeia de suprimentos, melhor. Assim, o grau da resiliência deve ser maximizado, a fim de dotar a empresa de capacidade para superar rapidamente eventos inesperados e se reorganizar mesmo em condições adversas.

No sentido de aumentar a resiliência são apontadas diversas estratégias. Manuj e Mentzer (2008a) sugerem que o elemento chave para criar resiliência na cadeia de suprimentos é a flexibilidade.

Xu (2008) aponta a flexibilidade como estratégia para criar maior resiliência às cadeias de suprimentos, mas indica também redundância. Este autor esclarece que a flexibilidade implica na criação de recursos flexíveis e ágeis dentro da organização para responder às interrupções que possam ocorrer. Iniciativas para melhorar a flexibilidade que incluem, por exemplo, o desenvolvimento de uma força de trabalho multi qualificados, projetando sistemas de produção, que podem acomodar múltiplos produtos e mudanças em tempo real, adotando, por exemplo, a terceirização de parte da produção.

Xu (2008) explica, ainda, que a redundância implica na manutenção de capacidade extra para responder às interrupções na rede de fornecimento, por exemplo. Outro modelo de redundância pode ser alcançado pela manutenção de estoques de segurança, manutenção de linhas de produção ou de instalações em excesso, incluindo frotas de transportes extras.

Uma distinção importante entre a flexibilidade e a redundância é que o último envolve uma capacidade extra, que pode ou não ser utilizada, podendo ser acionada para substituir a perda de capacidade causada por uma interrupção. Por outro lado, a flexibilidade implica na realocação de recursos, envolvendo trocas entre a produção de diferentes produtos, alternância de máquinas e equipamento e até mesmo uso de módulo de produtos em substituição aos que podem ter suprimento deficiente (XU, 2008). Percebe-se que, mesmo havendo denominações distintas, agilidade representa flexibilidade, enquanto robustez representa redundância.

Tradicionalmente, a manutenção de estoque de segurança e o controle do *lead time* de suprimentos foram usados para proteger contra o risco e a vulnerabilidade na cadeia de suprimento. No entanto, tais medidas são menos atrativas, numa perspectiva de eficiência em custos, além de desfavorecer a agilidade da cadeia e a capacidade de resposta da cadeia de suprimentos (BLACKHURST, SCHEIBE; JOHNSON, 2008).

Sobre isso, Chopra e Sodhi (2014) apontam que a fim de reduzir os riscos de interrupções de fornecimento, pode-se adotar a estratégia de segmentação de fornecedores, ou seja, podem-se ter duas ou mais fontes de suprimentos para reduzir o impacto do risco, interrupção e evitar a centralização excessiva.

Esclarecendo esta estratégia, estes autores exemplificam com um caso de uma empresa que pode adquirir de fornecedores distintos peças comuns para modelos de produtos diferentes. Com esta medida, consegue-se reduzir o risco de falha de ruptura de fornecimento

e os riscos de qualidade, já que havendo necessidade de *recall* isso não afetaria todos os produtos da empresa.

Da mesma forma, estes autores indicam ainda a estratégia de regionalização que preconiza um caminho inverso às cadeias globais, ao incentivar a centralização das empresas próximas aos seus fornecedores regionais, e não mais a distribuição espacial em cadeias globais a fim de aproveitar os baixos custos de mão de obra, por exemplo.

A adoção destas estratégias está, em parte, na contramão das estratégias "*low cost*". No entanto, é importante ponderar sobre este *trade-off*, eficiência em custos e vulnerabilidade no fornecimento. Em geral, a centralização dos estoques é bem vinda devido às economias de escala. Mas, mesmo quando as economias de escala são suficientemente significativas para justificar ter uma única fonte de fornecimento, deve-se considerar o impacto disso no aumento potencial dos riscos de ruptura de fornecimento, e por isso, a centralização extrema deve ser evitada. Ignorar ou subestimar a possibilidade de interrupção pode ser muito caro para a cadeia de suprimentos (CHOPRA; SODHI, 2014).

Assim, a adoção das estratégias tradicionais para controle dos riscos baseada na formação excessiva de estoques mostram-se inadequadas, e por isso, gerou a necessidade de desenvolver um novo foco na gestão e mitigação de riscos, que se estende para além das quatro paredes da planta industrial, alcançando toda cadeia de suprimentos.

Segundo este entendimento, Liu, Lin e Hayes (2010) sugerem que as empresas busquem o aumento da acurácia na informação da demanda ou a adoção do *postponement*, a fim de distribuir as mudanças pontuais de demanda entre os modelos de produtos. Da mesma forma, sugerem redução dos custos de estoque, notadamente os estoques de segurança, pela adoção da prática que eles denominam de centralização de estoques, ou seja, o compartilhamento de estoques de segurança entre fornecedor e produtor, o que reduz a quantidade de *buffers* ao longo da cadeia.

De modo bastante categórico Liu; Lin e Hayes (2010) sugerem a adoção da fonte múltipla de fornecimento, em detrimento da fonte única, sugerindo sempre que possível a duplicidade de fonte a fim de distribuir a incerteza no fornecimento.

Pelo que se observa, o aumento da resiliência nas cadeias de suprimentos é uma atividade de extrema importância, ainda mais num contexto onde se observa que a vulnerabilidade e a dependência do ambiente de negócios são crescentes. Dentre as estratégias para mitigação dos riscos, é possível identificar àquelas que têm por objetivo específico melhorar a resiliência da cadeia de cadeia de suprimentos.

Apesar de ser considerável saudável para a continuidade dos negócios o aumento da resiliência da empresa, é importante ponderar que a mitigação dos riscos deve ser específica para cada tipo e importância do risco. Isto pode ser verificado no tópico sobre mitigação dos riscos apresentado na Seção 2.3.3 deste trabalho.

2.3 - GESTÃO DE RISCOS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Tang (2006) aponta que, ao longo dos últimos anos, os terremotos, as crises econômicas, as greves e os ataques terroristas, por diversos momentos, interromperam as operações de algumas cadeias de suprimento de maneira repentina. Segundo este autor, estas interrupções nas cadeias de suprimento representam um impacto significativo no desempenho das empresas, inclusive no desempenho financeiro.

Esta visão reforça a compreensão de que o risco seja percebido como algo que retarda o processo de alcançar os objetivos da empresa (MANUJ; MENTZER, 2008a). Assume-se, em sua maioria, que a palavra risco é compreendida como insegurança, desastre, perda ou perigo (GHADGE, DANI; KALAWSKY, 2012).

Em um ambiente que muda rapidamente e tem alto grau de incerteza, as empresas precisam ser capazes de mitigar potenciais choques, precisam ainda saber reagir rapidamente a estas mudanças, e permanecerem relativamente estáveis nestas "águas agitadas" (LIU; LIN; HAYES, 2010).

Yang e Yang (2010) apontam que com o aumento da terceirização houve um aumento na dispersão geográfica das cadeias de suprimentos, o que levou a uma maior atenção sobre as possibilidades de interrupções na cadeia de suprimentos. Trabalhos como Wu e Olson (2008), Christopher, Mena, Khan e Yurt (2011) e Olson e Wu (2011) evidenciam relação entre *outsourcing* internacional e a gestão de riscos na cadeia de suprimentos.

A adoção de cadeia de suprimentos favorece uma complexa rede entrelaçada com alta interdependência entre os seus membros (GUERTLER; SPINLER, 2015) e forte dependência de comunicação, dos sistemas de transporte e do fluxo de fornecimento, o que dificulta o planejamento e a sincronização dos fluxos (KAYIS; KARNINGSIH, 2012).

Além disso, as relações comerciais internacionais implicam em transportes de longas distâncias, riscos de taxa de câmbio, diferenças culturais que exigem das empresas uma preocupação maior para proteger suas operações (THUN, DRÜKE; HOENIG, 2011).

Urciuoli *et al.* (2014) acrescentam que, em particular, devido à presença de extensas redes de fornecedores no exterior, onde há estabilidade política limitada, as cadeias de

suprimentos podem ainda serem perturbadas por ameaças de segurança, incluindo guerras, greves violentas, pirataria marítima, sabotagem, vandalismo ou mesmo motins.

Lockamy e McCormack (2012) advertem que as organizações nas cadeias de suprimentos tornam-se mais suscetíveis a problemas de fornecimento em cascata. Assim, um problema de fornecimento em um ponto da cadeia se propaga e, pode atingir todas as empresas da cadeia. Quanto mais as organizações forem dependentes, mais vulneráveis são em relação ao risco de fornecimento (LOCKAMY, 2014).

Além disso, a prática de baixo inventário, amplamente utilizado *just-in-time* (JIT) é um exemplo típico de uma prática de gestão que expõe as empresas ao risco de escassez de material. Por outro lado, a forte dependência entre empresas, derivada da própria estrutura da cadeia, expõem esta vulnerabilidade para toda a cadeia, e não apenas para as empresas individuais (BANDALY *et al.*, 2012).

Pelo exposto, percebe-se que as cadeias de suprimentos são frágeis, em particular devido a interrupções alheias a sua vontade e à incerteza intrínseca às próprias cadeias (ZSIDISIN *et al.*, 2005; TRKMAN; McCORMACK, 2009).

Sobre estes aspectos, a estrutura da cadeia de suprimentos e as práticas de gestão adotada pela cadeia, Bandaly *et al.* (2012) explicam que a vulnerabilidade derivada da estrutura da cadeia aumenta a possibilidade de ocorrência do risco, enquanto a vulnerabilidade relacionada às práticas de gestão aumenta a gravidade do impacto do risco.

De maneira conclusiva, Bode e Wagner (2015) ponderam que é de consenso geral que as cadeias de suprimentos tornaram-se mais complexa nas últimas décadas, no entanto, esta não é uma característica desejável, devendo haver um esforço por parte da cadeia para gerenciar este ambiente de alta vulnerabilidade.

Nesta mesma perspectiva, Ritchie e Brindley (2007a) perceberam que existe um significativo grau de incerteza nas cadeias de suprimentos, e por isso, as empresas devem se preparar, adotando estratégias para enfrentar estes eventos adversos.

De forma semelhante, Lin e Zhou (2011) sugerem que a gestão de riscos na cadeia de suprimentos tem emergido como tema de interesse, dado o crescente uso de *outsourcing off shore* para aproveitar ganhos de economia de custos em regiões, onde nem sempre há infra-estrutura para garantir a estabilidade do ambiente de produção.

Assim, apesar das dificuldades envolvidas na gestão das cadeias, reconhece-se que é importante gerenciar tais riscos, no sentido de prover as cadeias de suprimentos de meios que possibilitem a eliminação ou a mitigação dos riscos por meio de planos de ações que permitam maior resiliência frente a eventos de alto risco.

Neste contexto, Liu, Lin e Hayes (2010) acrescentam que equilibrar a oferta e a demanda é um dos desafios mais problemáticos na gestão dos negócios. No âmbito da gestão de riscos na cadeia de suprimentos, esta problemática normalmente representa dois tipos de incerteza principais, a incerteza da demanda e de fornecimento.

Sobre isso, os autores explicam que sem um fornecimento confiável, uma organização não pode garantir o atendimento da demanda e, consequentemente, não pode proporcionar receitas para a empresa para sustentar suas operações. Por isso, os gestores devem tomar medidas para evitar a ruptura de fornecimento, evitando as incertezas de fornecimento.

Uma solução tradicional encontrada para evitar rupturas do processo produtivo é a alocação de *buffers* de estoques. No entanto, Giunipero e Eltantawy (2004), ao analisarem esta estratégia, afirmam que este pode impactar negativamente o desempenho operacional.

Por isso, estes autores apontam a necessidade de criação de novas abordagens de gestão que considerem os riscos nas cadeias de suprimentos, a partir de um processo formal que envolva a identificação de possíveis perdas, a compreensão da probabilidade de perdas e a atribuição do valor destas perdas.

Faisal e Shankar (2007) alertam que se deve considerar nesta nova abordagem dos riscos, no escopo das cadeias de suprimentos, o envolvimento de fornecedores e subfornecedores de todas as camadas da cadeia para identificar, avaliar e desenvolver estratégias para gerir os riscos em toda cadeia.

Ritchie e Brindley (2007a) apontam que a gestão de risco está contribuindo de maneira importante nos campos de decisão de gestão e controle. A natureza e a evolução da gestão de riscos na cadeia de suprimento sugerem que a concorrência global, as mudanças tecnológicas e a busca pela vantagem competitiva são os principais motivos que levam as organizações a se voltarem para as abordagens de gestão de risco.

Fazli, Mavi e Vosooghidizaji (2015) enfatizam que a gestão de riscos na cadeia de suprimentos desempenha um papel importante para diminuir os desvios inesperados, aumentando as chances de consistência em relação às metas financeiras e de produção.

Se por um lado, os fatores que favorecem a ocorrência dos riscos são amplamente discutidos, vê-se que os impactos associados aos riscos também são identificados.

Sobre as consequências dos riscos, apontam-se variáveis múltiplas que envolvem resultados sobre a capacidade da empresa para continuar as operações e fornecer produtos/serviços para o mercado. Consequências adversas de risco podem se manifestar em qualquer medida de resultado, podendo ser representada como perdas ou retorno de vendas, atrasos nas entregas dos clientes, aumento dos custos, perdas financeiras, redução da

qualidade de produto, ameaça à imagem da empresa, danos à reputação, perda de credibilidade, de reputação e confiança da empresa diante dos parceiros e clientes, que podem deteriorar o desempenho da cadeia (VANANY; ZAILANI, 2010; CERYNO *et al.*, 2013).

A fim de evitar estes resultados Hauser (2003) e Manuj e Mentzer (2008a) indicam que elaborar plano de gestão de risco para as cadeias de suprimentos pode se traduzir em um melhor desempenho financeiro e competitivo. Diante de tais percepções, as organizações devem adotar estratégias eficazes de gestão dos riscos, de modo a reduzir a probabilidade de ocorrência destes ou o impacto, caso estes ocorram, aumentando a resiliência da cadeia diante de eventos não controláveis.

No entanto, é importante perceber que para alcançar os benefícios esperados, a gestão de riscos deve ocorrer como um processo contínuo e não como uma ação ocasional, devendo funcionar como sistema de monitoramento permanente (KHAN; BURNES, 2007).

A fim de compreender o conceito do *Supply Chain Risk Management* (SCRM), foi realizado um levantamento das definições encontradas nos trabalhos na área que compõem a base teórica desta pesquisa. Estes são apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 – Definições de SCRM

AUTORES	**SCRM**
Jüttner, Peck e Christopher (2003)	Abordagem coordenada entre os membros da cadeia de suprimentos, para reduzir a vulnerabilidade da cadeia de suprimentos como um todo.
Norrman e Jansson (2004)	É a colaboração com os parceiros e aplicar ferramentas de processos para gerenciar riscos e incertezas causadas da cadeia de suprimentos.
Tang (2006)	Coordenação ou colaboração entre os parceiros da cadeia de suprimentos de modo a garantir rentabilidade e continuidade.
Faisal, Banwet e Shankar (2006)	Envolve a colaboração com os parceiros da cadeia de suprimento e a aplicação de ferramentas para lidar com os riscos e as incertezas.
Gaudenzi e Borghesi (2006)	Abordagem de gestão integrada em toda a cadeia com vista a gerenciar a exposição a graves perturbações de negócios, decorrentes de riscos na cadeia de abastecimento, bem como os riscos externos à cadeia de suprimentos.
Ritchie e Brindley (2007a)	Um modelo de gestão imperativo que busca conceber e desenvolver medidas de desempenho e métricas adequadas para avaliar, educar e direcionar as decisões operacionais e estratégicas.
Khan e Burnes (2007)	Modelo de gestão metódico que deve abordar todos os riscos que cercam as atividades da organização passado, presente e em particular, do futuro. Para tal, deve se concentrar em um posicionamento da organização para tentar evitar tais eventos e desenvolver estratégias para gerenciar o impacto destes.
Faisal e Shankar (2007)	O foco do SCRM é compreender e tentar evitar que os efeitos devastadores como desastres ou mesmo pequenas interrupções nos negócios possam afetar toda cadeia de suprimentos.

Quadro 5- Definições de SCRM (continuação)

Manuj e Mentzer (2008a)	A identificação e avaliação dos riscos e consequentes perdas na cadeia de suprimentos global e implementação de estratégias adequadas, por meio de uma abordagem coordenada entre os membros da cadeia, com o objetivo de reduzir perdas, a probabilidade, a velocidade de evento, a velocidade de perdas, o tempo para a detecção dos eventos, a frequência ou a exposição.
Xu (2008)	Série de procedimentos e passos para enfrentar a exposição ao risco. A finalidade da gestão do risco é a tomada de decisões a respeito de riscos e sua posterior segundo identificação e avaliação do risco.
Autry e Bobbitt (2008)	Inclui os processos utilizados para reduzir a probabilidade de ocorrência do risco e/ou o impacto que estes eventos podem causar de maneira a prejudicar toda a cadeia.
Blos *et al.* (2009)	Um novo e inovador método que avalia os fluxos de operação da cadeia de suprimentos de modo a garantir a rentabilidade e continuidade destas.
Narasimhan e Talluri (2009)	Atividade de gestão estratégica nas empresas, uma vez que ele pode afetar operacional, de mercado e desempenho financeiro das empresas. Este modelo de gestão foca as fontes de risco, a magnitude do risco, sua relação aos objetivos do negócio e ameaça de interrupção no fornecimento.
Liu; Lin e Hayes (2010)	Atividade de gestão responsável pela gestão dos riscos de toda empresa, exercendo atividades de identificação, priorização dos riscos e proposição de soluções para proteger a organização evitando rupturas nos sistemas.
Lockamy e McCormack (2010)	Processo formal que visa desenvolver abordagens para identificação, avaliação, análise e tratamentode áreas de vulnerabilidade e risco em cadeias de suprimentos.
Jia e Rutherford (2010)	O objetivo do SCRM é identificar as potenciais fontes de risco e implementar adequada ações para evitar ou reduzir a vulnerabilidade da cadeia de suprimentos.
Qun (2010)	O objetivo do SCRM é fortalecer a cadeia de por meio da análise, da mensuração do potencial de riscos e perdas associadas, minimizando o custo, e garante a segurança, a continuidade e eficiência da cadeia de suprimentos.
Vanany e Zailani (2010)	Abordagem para a gestão das cadeias de suprimentos com o objetivo de gerenciar eventosincertos e imprevisíveis.
Pfohl, Kohler e Thomas (2010	Abordagem estrutura para planejar e controlar processos da cadeia de suprimentos no intuito de reduzir os efeitos adversos que os riscos podem causar aos resultados da cadeia.
Thun e Hoenig (2011)	A particularidade principal de *Supply Chain Risk Management*, ao contrário da gestão de riscos tradicional, busca a identificação e redução dos riscos não apenas no nível da empresa, mas em toda cadeia de suprimentos.
Lee e Ulferts (2011)	Filosofia integradapara a gestão de informação, materiais e fluxos monetários na cadeia de suprimentos.
Lavastre *et al.* (2012)	Gestão dos riscos que pode modificar ou impedir o fluxo eficiente de informações, materiais e produtos entre os atores de uma cadeia de suprimentos. Esta gestão implica em horizontes estratégicos e operacionais para a longo prazo e avaliação dos riscos em curto prazo.
Colicchia e Strozzi (2012)	O objetivo principal da gestão dos riscos da cadeia de suprimentos é proteger o negócio da ocorrência de eventos adversos.
Diabat, Govindan e Panicker (2012)	O Objetivo do SCRM é lidar com riscos e incertezas causadas ou influenciadas por atividades ou recursos da logística.
Sofyalioglu e Kartal (2012)	Processo sistemático para mitigar riscos por meio de colaboração, coordenação e aplicação de ferramentas entre os parceiros da cadeia de suprimentos.
Sun, Matsui e Yin (2012)	Processo estruturado e sinérgica que visa otimizar as estratégias, processos, recursos humanos, tecnologia e conhecimento. Os objetivos do SCRM são controlar, monitorar e avaliar os riscos da cadeia de suprimento, de modo a assegurar a continuidade e maximizar a rentabilidade das empresas.

Quadro 5- Definições de SCRM (continuação)

Wieland e Wallenburg (2012)	O SCRM é definida como a implementação de estratégias para gerenciar os riscos ditos cotidianos e excepcionais ao longo da cadeia de suprimentos com base na avaliação contínua desses riscos.
Vilko e Hallikas (2012)	SCRM envolve identificar as potenciais fontes de risco e implementar ações apropriadas para evitar ou conter a vulnerabilidade.
Council of Supply Chain Management Professionals (2013)	Engloba o planejamento e gerenciamento de todas as atividades envolvidas no fornecimento e aquisição, conversão e todas as atividades de gerenciamento logístico. Incluem-se ainda atividades de coordenação e colaboração com parceiros da cadeia, como fornecedores, intermediários, terceiros prestadores de serviços e clientes. Em essência, o SCM integra a oferta e a gestão da demanda dentro e entre as empresas.
Lavastre, Gunasekaran e Spalanzani (2014)	SCRM implica uma estratégia nos horizontes estratégicos e refere-se a ventos que podem modificar ou impedir total ou parcialemnente o fluxo eficiente de informação, dos materiais entre os atores de uma cadeia desuprimentos.
Garvey, Carnovale e Yeniyurt (2015)	O SCRM é um processo estruturado para aumentar a resiliência na cadeia de suprimentos para que isso possa ser uma fonte de vantagem competitiva para as empresas.
Fahimnia *et al.* (2015)	Área que se baseia na gestão da cadeia de suprimentos, gestão de riscos corporativos(que inclui os riscos de fornecimento), continuidade de negócios (que inclui riscos de sustentabilidade de aprovisionamento) e gestão de crises.
Wiengarten *et al.* (2015)	Processo integrado para identificação, avaliação e decisão de aceitação ou mitigação da incerteza e do riscos na cadeia de suprimentos.
Aqlan e Lam (2015b)	Abordagem sistemática para identificar, avaliar, mitigar e monitorar possíveis interrupçõesna cadeia de suprimento, a fim de reduzir o impacto negativo dessas interrupções nas operações da cadeia.
Rajesh e Ravi (2015)	O SCRM compõem ferramentas, técnicas e estratégias adotadas para reduzir a vulnerabilidade das cadeias de suprimentos.
Fazli, Mavi e Vosooghidizaji (2015)	O SCRM consiste na identificação e avaliação dos riscos e implementação de estratégias apropriadas por meio de uma abordagem coordenada entre os membros da cadeia de suprimentos com o objetivo de controlar aspectos como, probabilidade de ocorrência do risco, velocidade de ocorrência do risco e tempo de detecção do risco e impacto do risco.
Aqlan (2016)	O SCRM centra-se na identificação de potenciais riscos e interrupções na cadeia de suprimentos e no desenvolvimento de estratégias de mitigação para reduzir o impacto dessas interrupções.
Govindan e Chaudhuri (2016)	Tem por objeivo evitar o impacto negativo dos riscos no desempenho da cadeia de suprimentos

Fonte: Elaboração própria

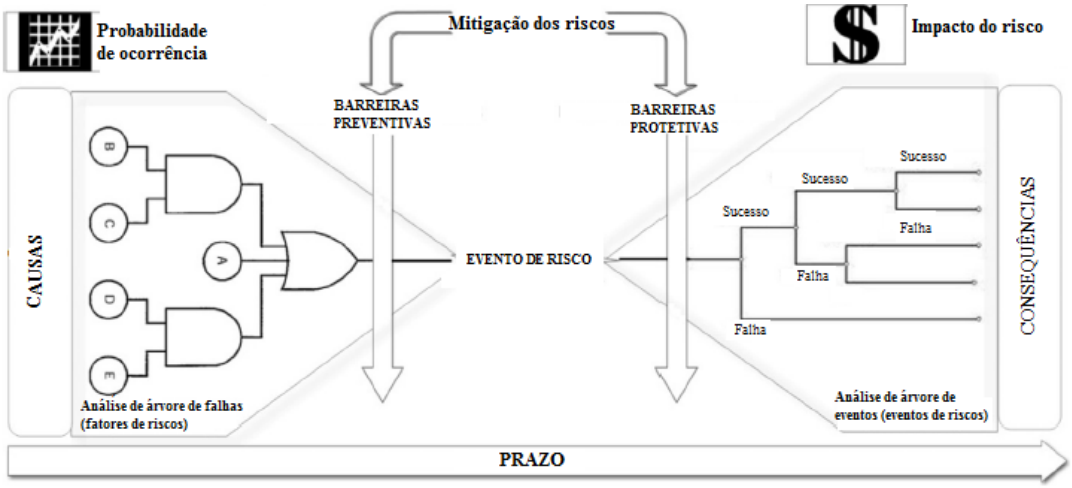
Observa-se nas várias definições elencadas no Quadro 5, que os autores possuem um entendimento muito similar sobre a gestão de riscos na cadeia de suprimentos. As diversas definições sobre SCRM são complementares e não necessariamente distintas. Além disso, percebe-se que a definição de Tang (2006) sobre SCRM é utilizada como uma das principais definições na área, sendo adotada por Rao e Goldsby (2009), Trkman e McCormack (2009) e Tang e Musa (2011).

Destaque-se no Quadro 5 a definição adotada por Thun e Hoenig (2011) para os quais o *Supply Chain Risk Management*, ao contrário da gestão de riscos tradicional, busca a identificação e redução dos riscos, não apenas no nível da empresa, mas em toda cadeia de

suprimentos, fato que se aproxima ao problema que orienta esta pesquisa, qual seja, a consideração das interdependências entre os riscos ao longo da cadeia.

A fim de observar as variáveis que compõem a problemática do SCRM e demonstrar a dinâmica e relação destas variáveis, Aqlan e Lam (2015a) propõem um modelo de gestão de riscos na cadeia de suprimentos que eles denominam de análise do nó na gravata, devido ao formato visual que o modelo assume (Figura 6).

Figura 6 – Modelo do nó de gravata para a gestão de riscos na cadeia de suprimentos



Fonte: Aqlan e Lam (2015a)

Observa-se, pela Figura 6, que para a gestão de riscos é importante identificar as causas que levam ao risco, a probabilidade de ocorrência dos riscos e suas possíveis dependências. Assim, é importante como estratégia de mitigação de risco, desenvolver barreiras de prevenção ao risco, cujo objetivo é minimizar a probabilidade de ocorrência.

Da mesma forma, é necessário mensurar o impacto do risco, suas consequências e seus possíveis desdobramentos em cascata. Dessa forma, é importante desenvolver barreiras de proteção ou absorção do risco, cujo objetivo é minimizar o impacto relativo ao risco ou criar condições de resiliência que permitam voltar ao estado de normalidade, mesmo diante de um evento inesperado. Os aspectos apresentados neste modelo ilustrados na Figura 6 compreendem os elementos principais da gestão de riscos na cadeia de suprimentos.

A fim de traçar um perfil das pesquisas realizadas na temática Gestão de riscos em Cadeia de Suprimentos, e com isso, identificar as características gerais das pesquisas na área, o escopo e as áreas de concentração foi realizado um perfil geral que mostra a categorização dos trabalhos utilizados como base teórica desta pesquisa (Quadro 6).

Quadro 6- Categorização dos trabalhos em SCRM

TIPO DE PESQUISA	OBJETIVO DA PESQUISA	AUTORES
Pesquisa teórica	Proposta de tipologia de riscos	Tang (2006); Giunipero e Eltantawy (2004), Ritchie e Brindley (2007a); Rao e Goldsby (2009); Hallikas *et al.*(2004); Rangel, Oliveira e Leite (2015)
	Proposta de modelo de gestão em SCRM	Schroder (2009); Giannakis e Louis (2011); Tummala e Schoenherr (2011); Cohen e Kunreuther (2007), Hallikas *et al.* (2004); Ganguly e Guin (2013); Kayis e Karningsih (2012); Bandaly *et al.* (2012a); Cagliano *et al.* (2012); Jereb, Ivanusa e Rosi (2013); Kumar, Boice e Shepherd (2013); Takata e Yamanaka (2013); Cagliano *et al.* (2012); Yu, Xiong e Cao (2015); Garvey, Carnovale e Yeniyurt (2015)
	Proposta de modelo de gestão matemático para SCRM	Gaonkar e Viswanadham (2007); Goh, Lim e Meng (2007); Tang e Tomlin (2008), Sodhi e Tang (2009); Olson e Wu (2011); Dimitrova, Kaishev e Zhao (2015); Bandaly, Satir e Shanker (2016)
	Discutir teoricamente o contexto do SCRM, incluindo fatores de riscos e aspectos da gestão de riscos	Ahmed *et al.* (2007); Cheng e Kam (2008); Liu; Lin e Hayes (2010); Yang e Yang (2010); Aloini *et al.* (2012); Vilko, Ritala e Edelmann (2014); Fiksel, Polyviou, Croxton e Pettit (2014); Tse *et al.* (2011); Jia e Rutherford (2010); Zhang *et al.* (2011); Liu *et al.* (2014); Wieland (2013); Qun (2010); Bandaly *et al.* (2014b); Sun, Matsui e Yin (2012); Bradley (2014); Bandaly *et al.* (2013); Heckmann, Comes e Nickel (2015); Liu *et al.* (2015)
	Realizar revisão teórica sobre SCRM	Khan e Burnes (2007); Manuj e Mentzer (2008b); Finch (2004); Tang e Musa (2011); Singhal, Agarwal e Mittal (2011); Sodhi, Son e Tang (2012); Colicchia e Strozzi (2012); Ghadge, Dani e Kalawsky (2012); Olson e Wu (2010); Pfohl, Kohler e Thomas (2010); Aguiar, Tortato e Gonçalves (2012); Vanany, Zailani e Pujawan (2009); Ceryno *et al.* (2013); Tomas e Alcantara (2013); Fahimnia *et al.* (2015); Ho *et al.* (2015); Qazi, Quigley e Dickson (2015)
Pesquisa Empírica	Realizar Análise Dos Riscos De Fornecimento	Anderson e Norman (2003); Zsidisin (2003); Harland, Brenchley e Walker (2003); Wu, Blackhurst e Chidambaram (2006), Blackhurst, Scheibe e Johnson (2008); Wu e Olson (2008); Trkman e Mccormack (2009); Nagali *et al.* (2008); Christopher, Mena, Khan e Yurt (2011), Blackhurst *et al.* (2011); Micheli, Cagno e Zorzini (2008); Lockamy e Mccormack (2010); Lockamy e Mccormack (2012); Urciuoli *et al.* (2014); Chen e Wu (2013)

Quadro 6- categorização dos trabalhos em scrm (continuação)

Pesquisa Empírica	Realizar análise sobe o contexto do SCRM, fatores de riscos e as estratégias de mitigação do risco	Juttner. (2005); Autry e Bobbitt (2008); Lavastre *et al.* (2012); Blome e Schoenherr (2011); Norrman e Jansson (2004); Christopher E Holweg (2011); Manuj e Mentzer (2008a); Khan, Christopher e Burnes (2008); Blos *et al.* (2009); Elangovan *et al.* (2010); Jüttner, Peck e Christopher (2003); Thun e Hoenig (2011); Shimizu, Won e Hong (2012); Ojha e Gokhale (2009); Wieland e Wallenburg (2012); Khan, Christopher e Creazza (2012); Cantor *et al.* (2014); Liu *et al.* (2007); Ghadge, Dani e Kalawsky (2011); Thun, Drüke e Hoenig (2011); Fitrianto e Hadi (2012); Schmitt e Singh (2012); Vanany e Zailani (2010); Bode e Wagner (2015); Habermann, Blackhurst e Metcalf (2015); Wiengarten *et al.* (2015); Guertler e Spinler (2015); Ellinger *et al.* (2015); Li *et al.* (2015); Soebandrija e Hendryvan (2015); Rajesh e Ravi (2015)
	Proposta de modelo de gestão em SCRM com aplicação	Gaudenzi e Borghesi (2006); Faisal e Shankar (2007); Ritchie e Brindley (2007b); Oehmen *et al.* (2009); Funo *et al.* (2011); Matook, Lasch e Tamaschke, (2009); Pujawan e Geraldin (2009), Zsidisin, Melnyk e Ragatz (2005), Faisal, Banwet e Shankar (2006); Kumar, Himes e Kritzer (2014); Pradhan e Routroy (2014); Diabat, Govindan e Panicker (2012); Kern *et al.* (2012); Samvedi, Jain e Chan (2013); Punniyamoorthy, Thamaraiselvan e Manikandan (2013); Pfohl, Kohler e Thomas (2010); Lin e Zhou (2011); Ghadge *et al.* (2013); Bandaly, Satir e Shanker (2014); Lavastre, Gunasekaran e Spalanzani (2014); Lockamy (2014); Han e Chen (2007); Peiying, Jiafa e Chongjun (2012); Sofyalioglu e Kartal (2012); Wu *et al.* (2013); Vilko e Hallikas (2012); Amundson *et al.* (2014); Pradhan e Routroy (2014); Muchfirodin, Guritno e Yuliando (2015); Aqlan e Lam (2015a); Abolghasemi, Khodakarami e Tehranifard (2015); Freise e Seuring (2015); Aqlan e Lam (2015b); Fazli, Mavi e Vosooghidizaji (2015)

Fonte: Elaboração própria

Observa-se no Quadro 6 que é grande o número de trabalhos realizados cujo objetivo é fazer uma revisão da teoria do SCRM. Este fato, já havia sido observado por Singhal, Agarwal e Mittal (2011). Estes autores destacam o volume de trabalhos cujo foco é fazer uma revisão teórica sobre o SCRM. Segundo estes autores, isto aponta a necessidade de organizar o avanço teórico realizado, assim como perceber as lacunas teóricas ainda existentes.

Evidencia-se que, é recorrente a busca pelo entendimento do contexto que ocorrem os riscos na cadeia de suprimentos, na qual se busca descrever como algumas empresas que enfrentaram eventos graves de riscos superaram esta fase, alertando para as ferramentas e modelos de gestão utilizados. Isto pode ser evidenciado pela quantidade de trabalhos realizados cujo objetivo centra-se na análise do contexto do SCRM, incluindo desde os fatores que levam à ocorrência dos riscos, até análises mais específicas sobre quais estratégias estão associadas a cada tipo de risco identificado.

Destaquem-se, ainda, as pesquisas realizadas no âmbito do SCRM que ressaltam o interesse em discutir fatores de riscos, tais com a adoção do *outsourcing*, nos trabalhos de Andersson e Norrman (2003); Wu e Olson (2008) e Christopher, Mena, Khan e Yurt (2011); a natureza da turbulência, como os trabalhos de Trkman e McCormack (2009); Elangovan *et al.* (2010); Christopher e Holweg (2011); Blome e Schoenherr (2011) e Vilko Ritala e Edelmann (2014).

Destaque-se, também, o grande interesse pelos riscos de fornecimento. Dos trabalhos pesquisados, identificaram-se Anderson e Norman (2003); Zsidisin (2003). Harland, Brenchley e Walker (2003); Wu, Blackhurst e Chidambaram (2006), Blackhurst, Scheibe e Johnson (2008); Wu e Olson (2008); Trkman e Mccormack (2009); Nagali *et al.* (2008); Christopher, Mena, Khan e Yurt (2011), Blackhurst *et al.* (2011); Micheli, Cagno e Zorzini (2008); Lockamy e Mccormack (2010); Lockamy e Mccormack (2012); Urciuoli *et al.* (2014); Chen e Wu (2013). Isto denota a preocupação ainda recorrente com este tipo de risco, que muitas vezes, pode desencadear outros riscos na cadeia de suprimentos.

Sobre isso, pode-se indicar que o interesse em estudar as falhas de fornecimento mostra ser também de grande interesse por diversos pesquisadores. Isto pode ser explicado pelo fato das empresas, a montante da cadeia de suprimentos, possuírem maior grau de vulnerabilidade, maior grau de incerteza da demanda, traduzido pelo o efeito chicote, o que aumenta a probabilidade de rupturas de fornecimento e propagação de uma série de dificuldades ao longo de toda cadeia de suprimentos.

Manuj e Mentzer (2008b); Singhal, Agarwal e Mittal (2011) indicam a necessidade de desenvolver trabalhos que utilizem modelos matemáticos na resolução dos problemas de gestão de riscos na cadeia de suprimentos. Neste escopo, é possível identificar os trabalhos desenvolvidos por Gaonkar e Viswanadham (2007); Goh, Lim e Meng (2007); Tang e Tomlin (2008), Sodhi e Tang (2009); Olson Wu (2011); Dimitrova, Kaishev Zhao (2015) que utilizaram ferramentas matemáticas para modelar e simular os riscos nas cadeias de suprimentos.

Destaque-se, finalmente, o número significativo de trabalhos desenvolvidos com o objetivo de propor modelos de gestão de riscos na cadeia de suprimentos. Nesta perspectiva, identificam-se propostas de modelos teóricos que necessitam ser validadas no setor produtivo.

Sobre estes modelos de gestão de riscos nas cadeias de suprimentos é possível ainda identificar a aplicação em setores produtivos diversos, o que denota que a problemática da gestão de riscos em diversos setores industriais (Quadro 7).

Quadro 7- Setores econômicos nos quais foram aplicadas pesquisas sobre SCRM

SETORES	**TRABALHOS**
Aeroespacial, eletrônica e de telecomunicação	Harland, Brenchley e Walker (2003), Wu, Blackhurst e Chidambaram (2006), Funo*et al.* (2011),Rajesh e Ravi (2015); Zsidisin, Melnyk e Ragatz (2005)
Alimentício	Diabat, Govindan e Panicker (2012), Bandaly, Satir e Shanker (2014) e Bandaly, Satir e Shanker (2016)
Produtos médicos	Gaudenzi e Borghesi (2006)
Têxtil	Faisal, Banwet e Shankar (2006) e Freise e Seuring (2015)
Equipamentos agrícolas	Ritchie e Brindley (2007)
Automobilístico	Blackhurst, Scheibe e Johnson (2008), Thun, Drüke e Hoenig (2011), Lin e Zhou (2011), Lockamy e McCormack (2010), Lockamy e McCormack (2012),Lockamy (2014), Guertler e Spinler (2015) e Abolghasemi *et al.* (2015)
Fertilizantes	Matook, Lasch e Tamaschke, (2009)
Logística	Ojha e Gokhale (2009)
Químico	Pujawan e Geraldin (2009)
Construção civil	Andersson e Norrman (2003), Micheli, Cagno e Zorzini (2008) e Aloini*et al.* (2012)
Petrolífero	Fazli, Mavi e Vosooghidizaji (2015)
Mineração	Sofyalioglu e Kartal (2012)
Energia eólica	Mogre, Talluri e D'Amico (2016)

Fonte: Elaboração própria

É válido destacar a realização de pesquisas no escopo do SCRM em diversos países do mundo como pode ser visto no Quadro 8. Isto denota que a problemática da gestão de riscos tem chamado atenção de pesquisadores de todo mundo, sendo uma realidade para as cadeias de suprimentos, independente da localização geográfica.

Desta forma, fica evidenciado que o aumento à exposição aos riscos na cadeia de suprimentos mostra ser uma realidade para uma diversidade de setores industriais. Nisto, é importante ressaltar a ausência de pesquisas que focaram a gestão de riscos em cadeia de suprimentos de gás canalizado, especialmente a elaboração de proposta de modelos de gestão com esta finalidade.

Com uma visão mais geral sobre as pesquisas desenvolvidas no âmbito do SCRM, Singhal, Agarwal e Mittal (2011) indicam que a literatura sobre o SCRM pode ser dividido em três blocos de períodos onde se vê a evolução das pesquisas sobre o SCRM (Quadro 9).

No Quadro 9 são descritas as fases de desenvolvimento da pesquisa no contexto da SCRM. Singhal, Agarwal e Mittal (2011) sugerem que, desde o ano de 2006, as pesquisas sobre SCRM vêm tratando sobre questões relacionadas aos modelos de gerenciamento, enquanto que as pesquisas iniciais preocupavam-se majoritariamente com a compreensão do fenômeno, buscando entender os aspectos gerais que influenciavam a ocorrência dos riscos na cadeia de suprimentos, trazendo um paralelo com os riscos no contexto financeiro.

Quadro 8- Identificação dos países onde foram realizadas pesquisas empíricas sobre SCRM

PAÍSES	**TRABALHOS**
EUA	Finch(2004); Ojha e Gokhale (2009); Lockamy e McCormack (2010); Lockamy e McCormack (2012) e Lockamy (2014)
REINO UNIDO	Juttner (2005); Matook, Lasch e Tamaschke (2009); Christopher, Mena, Khan e Yurt (2011); Khan, Christopher e Creazza (2012)
BRASIL	Blos *et al.*(2009); Funo *et al.* (2011)
ALEMANHA	Jia e Rutherford (2010); Thun, Drüke e Hoenig (2011); Thun e Hoenig (2011); Pfohl, Gallus e Thomas (2011); Kern *et al.* (2012)
CHINA	Liu *et al.*(2007); Oehmen *et al.*(2009); Lin e Zhou(2011); Soebandrija e Hendryvan (2015)
FRANÇA	Lavastre *et al.* (2012); Lavastre, Gunasekaran e Spalanzani (2014)
INDIA	Faisal, Banwet e Shankar (2006); Punniyamoorthy, Thamaraiselvan e Manikandan (2013); Pradhan e Routroy (2014); Pradhan e Routroy (2014); Rajesh e Ravi (2015); Govindan e Chaudhuri (2016)
CANADÁ	Kumar, Himes e Kritzer (2014)
FINLÂNDIA	Vilko e Hallikas (2012)
ITÁLIA	Micheli, Cagno e Zorzini (2008)
JAPÃO	Shimizu, Won e Hong (2012)
INDONÉSIA	Pujawan e Geraldin (2009); Vanany e Zailani (2010), Muchfirodin, Guritno e Yuliando (2015)
IRÃ	Abolghasemi, Khodakarami e Tehranifard (2015), Fazli, Mavi e Vosooghidizaji (2015)
TURQUIA	Sofyalioglu e Kartal (2012)
CORÉIA DO SUL	Lee e Ulferts (2011)

Fonte: Elaboração própria

Quadro 9- Fases de evolução no estudo do SCRM

PERÍODO	1996-2000	2001-2005	2006 EM DIANTE
Foco das pesquisas nos blocos de tempo	Definir o conceito de risco e investigar as perspectivas do risco, geralmente, associadas análise de risco financeiro.	Descrever sobre os aspectos globais do risco e investigar parâmetros operacionais relacionados aos riscos como políticas de estoque, demanda e suprimento e planejamento de capacidade.	Estudar o contexto dos problemas relacionados com a gestão dos riscos, entre eles, o relacionamento na SC, partilha de informações, o risco da cadeia de suprimentos abrangendo modelos de gestão, agilidade e resiliência.

Fonte: Singhal, Agarwal e Mittal (2011)

Como se pode observar, o desenvolvimento de modelos de gestão para os riscos na cadeia de suprimentos tem se mostrado um importante campo de pesquisa. A fim de compreender as fases necessárias para que se adote uma gestão de riscos na cadeia de suprimentos, segue-se com a apresentação dos principais modelos de gestão de riscos para cadeia de suprimentos identificados nos trabalhos pesquisados.

2.3- MODELOS DE GESTÃO DE RISCOS EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS

Vê-se que na literatura sobre SCRM muitos trabalhos têm sido desenvolvidos na elaboração de modelos de gestão para SCRM, tanto teóricos como empíricos em distintos setores industriais. Em vista disso, esta é uma temática importante no campo do SCRM.

Sobre as primeiras iniciativas na proposição de modelos de gestão em riscos nas cadeias de suprimentos é possível citar os trabalhos de Harland, Brenchley e Walker (2003), Jüttner, Peck e Christopher (2003), Hallikas *et al.* (2004) e Gaonkar e Viswanadham (2004). Estes primeiros trabalhos delinearam um padrão dos modelos que influenciaram os demais. Esta influência é percebida pelo alto grau de similaridade entre os modelos que foram propostos ao longo do tempo.

O modelo pioneiro de Harland, Brenchley e Walker (2003) é bastante sintético quando comparado aos modelos de gestão de riscos na cadeia de suprimentos mais recentes. Para estes autores, a gestão de riscos é composta pelas fases de identificação e avaliação dos riscos, seguida pela proposição de estratégias para combater estes riscos.

Outro modelo pioneiro é o de Hallikas *et al.*(2004). Na visão de tais autores um modelo de gestão de riscos na cadeia de suprimentos deve ser executado em quatro grandes etapas: 1- identificação dos riscos; 2- avaliação dos riscos; 3- proposição de estratégias para aceitar, transferir, reduzir ou eliminar os riscos; e por fim, 4- monitoramento de seus impactos.

De maneira geral, é possível identificar que o modelo de gestão para cadeia de suprimentos proposto por Hallikas *et al.* (2004) serviu de base para outros modelos mais recentes, como os de Cohen e Kunreuther (2007), Giannakis e Louis (2011), Olson e Wu (2011), Blome e Schoenherr (2011) e Tummala e Schoenherr (2011).

Rao e Goldsby (2009) apontam o trabalho de Jüttner, Peck e Christopher (2003) como referência de modelo de SCMR, identificando este como um dos trabalhos pioneiros na classificação dos riscos. Na proposta de modelo de gestão desenvolvida por Jüttner, Peck e Christopher (2003) foi sugerido um modelo composto por quatro fases: 1-identificação das fontes de risco para a cadeia de suprimentos; 2- avaliação dos riscos; 3- proposição de estratégias, e 4-mitigação dos riscos para a cadeia.

O modelo proposto por Gaonkar e Viswanadham (2004) contempla as fases de 1-identificação das fontes de riscos; 2- identificação dos fatores de riscos; 3- avaliação dos riscos, e por fim, 4- proposição de estratégias de tratamento aos riscos.

De modo geral, sobre os modelos de gestão de riscos na cadeia de suprimentos Hallikas *et al.* (2004), Cohen e Kunreuther (2007), Giannakis e Louis (2011) e Tummala e Schoenherr (2011) identificam quatro grandes etapas genéricas para o gerenciamento dos riscos nas cadeias de suprimentos: 1- identificação dos riscos; 2- avaliação dos riscos; 3- proposição de estratégias; e por fim, 4- monitoramento de seus impactos.

Ritchie e Brindley (2007b), que posteriormente foram seguidos por Matook, Lasch e Tamaschke (2009), sugeriram um modelo para a gestão de riscos com cinco fases: 1-identificação dos riscos, 2- definição dos indicadores de desempenho para tomada de decisão em relação ao risco, 3- desenvolvimento de ações em resposta aos riscos, 4- medição dos resultados, e por fim, 5- mensuração dos ganhos.

Dentre os modelos, chama atenção o modelo de Trkman e McCormack (2009) que propuseram alguns passos para a gestão dos riscos: 1- identificação de riscos, 2- avaliação dos riscos e 3- gerenciamento e monitoramento de risco.

Já Blackhurst, Scheibe e Johnson (2008) desenvolveram um modelo bastante prático que foi aplicado em uma empresa do setor automobilístico, cujo objetivo principal era monitorar os riscos da cadeia de suprimento relativos aos fornecedores. Este modelo contou com as fases de identificação dos riscos e avaliação dos riscos, notadamente este última.

Por fim, acredita-se ser importante ressaltar o modelo de gestão proposto pela Norma ISO 31000:2009 que preconiza um modelo de gestão de riscos que se inicia pela identificação de riscos, análise, avaliação, e por fim, monitoramento dos riscos.

A fim de observar as etapas dos diferentes modelos de gestão de riscos na cadeia de suprimentos identificados na literatura, segue-se com a apresentação do Quadro 10, onde se observa para cada modelo, quais as etapas para a gestão dos riscos. Observando estes diferentes modelos de SCRM apresentados no Quadro 10, vê-se que, existe pouca distinção entre as fases de implementação dos modelos de gestão para os riscos, à medida que os modelos planejam identificar os riscos, e sobre as suas causas atuar, para que o impacto e severidade do risco sejam eliminados ou reduzidos.

Sobre esta característica Tomas e Alcântara (2013) enfatizam que as diferenças existentes nos modelos de gestão de riscos podem ser atribuídas a fatores como: a) influência de diferentes contextos (políticos, econômicos e sociais, por exemplo) nas percepções dos autores acerca dos riscos; ou b) diferentes necessidades (acerca dos riscos) por segmentos distintos, ou seja, cada país ou região tem suas prioridades, assim como cada empresa tem interesses diferenciados, o que acaba influenciando a proposição de tais modelos.

Para os 26 modelos apresentados no Quadro 10 é possível definir oito categorias, de acordo com a similaridade percebida nas fases que compõem o modelo de gestão proposto. A proposta de classificação vislumbrada pode ser observada no Quadro 11, sobre o qual é possível fazer as seguintes observações.

- Não se observam diferenças substanciais entre os 26 modelos analisados;
- As diferenciações observadas centram-se no detalhamento das fases que podem compor cada uma das etapas;
- A classe (5) com mais modelos similares contém as quatro etapas genéricas e uma fase em cada uma destas etapas.
- Quatro classes (5, 6, 7 e 8) consideram as quatro etapas consideradas genéricas para a gestão de riscos da cadeia de suprimentos, mesmo que sejam observadas pequenas variações nas fases de cada uma destas etapas;
- Quatro classes (1, 2, 3 e 4) não consideram a etapa de controle. Este fato específico foi observado por Aloini *et al.* (2012) que identificou o desenvolvimento de pesquisas na fase de monitoramento dos riscos como um campo emergente.
- Umas classes (3) não consideram as etapas de mitigação e de controle dos riscos, centrando esforços apenas nas fases de identificação e avaliação dos riscos;
- Apenas 1 classe (8) não considera a etapa de avaliação dos riscos. Disto, conclui-se que a grande maioria dos modelos estabelece alguma fase na etapa de avaliação dos riscos. Isto denota a criticidade desta etapa nos modelos de gestão.

Quadro 10- Apresentação dos modelos empíricos sobre gestão dos riscos na cadeia de suprimentos

AUTORES	FASES PARA A GESTÃO DOS RISCOS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS									
	Identificação das fontes de riscos	Identificação dos riscos	Definição de indicadores	Identificação dos fatores de riscos	Mensuração dos riscos	Avaliação dos riscos	Proposição de estratégias	Mitigação dos riscos	Medição dos resulatdos	Monitoramento/Controle dos riscos
Harland, Brenchley e Walker (2003)		x				x	x			
Jüttner, Peck e Christopher (2003)	x					x	x	x		
Andersson e Norrman (2003)		x			x	x				
Hallikas *et al.* (2004)		x				x		x		x
Gaonkar e Viswanadham (2004)	x			x		x	x			
Zsidisin *et al.* (2005)		x				x	x			x
Wu, Blackhurst e Chidambaram (2006)		x			x			x		
Gaudenzi e Borghesi (2006)						x		x		x
Khan e Burnes (2007)		x			x	x				
Ritchie e Brindley (2007b)		x	x				x		x	x
Cohen e Kunreuther (2007)		x				x	x	x		
Blackhurst, Scheibe e Johnson (2008)		x				x		x		x
Manuj e. Mentzer (2008b)		x				x	x	x		
Oehmen *et al.* (2009)		x				x		x		
Rao e Goldsby (2009)	x			x	x	x		x		
Matook, Lasch e Tamaschke (2009)		x	x				x		x	x
Schroder (2009)		x				x		x		x
Trkman e McCormack (2009)		x				x				x
Giannakis e Louis (2011)		x				x	x	x		x
Tummala e Schoenherr (2011)		x			x	x		x		x
Lee e Ulferts (2011)		x				x	x			
Olson e Wu (2011)		x				x		x		
Blome e Schoenherr (2011)		x				x		x		x
Aloini *et al.* (2012)		x		x	x	x		x		x
Kern *et al.* (2012)		x				x		x	x	x
Pradhan e Routroy (2014)		x			x	x		x		x
Aqlan e Lam (2015b)		x		x	x		x	x	x	

Fonte: Elaboração própria

Apesar destas pequenas variações nos diversos modelos, percebe-se que a grande maioria dos modelos propostos aponta quatro grandes etapas, 1- identificação dos riscos; 2- avaliação dos riscos; 3- proposição de estratégias e, por fim, 4- monitoramento dos riscos.

Quadro 11- Categorias dentre os modelos da SCRM

CLASSE	MODELOS DE SCRM	ETAPAS DOS MODELOS PARA SCRM									
		IDENTIFICAÇÃO				AVALIAÇÃO		MITIGAÇÃO		CONTROLE	
		Identificação das fontes de riscos	Identificação dos riscos	Definição de indicadores	Identificação dos fatores de riscos	Mensuração dos riscos	Avaliação dos riscos	Proposição de estratégias	Mitigação dos riscos	Medição dos resulatdos	Controle dos riscos
1	Harland, Brenchley e Walker (2003)		x				x	x			
	Cohen e Kunreuther (2007)		x				x	x	x		
	Manuj e Mentzer (2008b)		x				x	x	x		
2	Jüttner, Peck e Christopher (2003)	x					x	x	x		
	Gaonkar e Viswanadham (2004)	x			x		x	x			
	Rao e Goldsby (2009)	x			x	x	x		x		
	Aqlan e Lam (2015b)		x		x	x		x	x	x	
3	Andersson e Norrman (2003)		x			x	x				
	Khan e Burnes (2007)		x			x	x				
4	Oehmen *et al.* (2009)		x				x		x		
	Olson e Wu (2011)		x				x		x		
5	Hallikas *et al.* (2004)		x				x		x		x
	Gaudenzi e Borghesi (2006)						x		x		x
	Blackhurst, Scheibe e Johnson (2008)		x				x		x		x
	Trkman e McCormack (2009)		x				x				x
	Schroder (2009)		x				x		x		x
	Blome e Schoenherr (2011)		x				x		x		x
	Kern *et al.* (2012)		x				x		x	x	x
	Pradhan e Routroy (2014)		x				x		x		x
6	Zsidisin *et al.* (2005)		x				x	x			x
	Giannakis e Louis (2011)		x				x	x	x		x
7	Wu, Blackhurst e Chidambaram (2006)		x			x			x		
	Tummala e Schoenherr (2011)		x			x	x		x		x
	Aloini *et al.* (2012)		x		x	x	x		x		x
8	Ritchie e Brindley (2007b)		x	x				x		x	x
	Matook, Lasch e Tamaschke (2009)		x	x				x		x	x

Fonte: Elaboração própria

Conclui-se que a maioria destes modelos para gestão dos riscos na cadeia de suprimentos considera que a implementação destes modelos ocorre empresa a empresa, não enxergando as inter-relações entre os riscos e os elos da cadeia de suprimentos.

No intuito de apresentar uma análise mais sucinta sobre estas críticas, ao mesmo tempo de apresentar alguns modelos que foram propostos considerando estas observações, segue-se com a estruturação do item 2.5 ao final deste capítulo.

A partir do próximo item, apresentam-se as fases genéricas que são consideradas pela maioria dos modelos de gestão de riscos em cadeias de suprimentos, a saber, identificação, avaliação, mitigação e monitoramento dos riscos para que se tenha compreensão geral do que se espera de cada uma destas etapas, bem como verificar o que a literatura indica para a execução destas.

2.3.1 - Identificação dos riscos

A identificação dos riscos na cadeia de suprimentos é o primeiro passo para o processo de gestão de riscos (PFOHL; GALLUS; THOMAS, 2011; HO *et al.*, 2015). A identificação dos riscos objetiva levantar o máximo de informações relevantes sobre os riscos (KERN *et al.*, 2012). Devido à natureza, objetivo e complexidade das cadeias de suprimentos a identificação dos riscos tornou-se uma das tarefas mais desafiadora (KAYIS; KARNINGSIH, 2012).

Os modelos, em sua maioria, começam com a fase de identificação dos riscos, para que se conheça o que se deve gerenciar. Assim, identificar os riscos permite aumentar a visibilidade do próprio processo que a empresa ou cadeia executa, possibilitando que estratégias de minimização dos riscos sejam postas, podendo ainda contribuir para ganhos de desempenho. Para tal, compreender a hierarquia dos riscos, pela identificação destes é essencial (NARASIMHAN; TALLURI, 2009).

A Norma ISO 31000:2009 indica que a identificação de riscos envolve a identificação das fontes de risco, os eventos de riscos, suas causas e suas consequências potenciais. Para que isto seja possível, indica o rastreio em dados históricos, análises teóricas e opiniões de especialistas. Segundo Purdy (2010) a fase de identificação de riscos requer a aplicação de um processo sistemático para entender o que poderia acontecer, como, quando e o porquê. Tummala e Schoenherr (2011) afirmam que a fase de identificação dos riscos objetiva a determinação completa e estruturada de potenciais riscos da cadeia de suprimentos.

A importância desta fase no gerenciamento dos riscos é endossada por Kern *et al.* (2012). Estes autores alertam para o fato de que somente os riscos que são identificados podem ser avaliados e gerenciados. Assim, a qualidade das atividades de identificação de risco é crucial para o processo de gestão de risco global da cadeia de suprimentos, e portanto,

os passos subsequentes depende, em muito,das atividades e dos resultados desta primeira etapa (KAYIS; KARNINGSIH, 2012).

Jereb, Ivanusa e Rosi (2013) afirmam que o processo de identificação dos riscos deve ser cuidadosamente realizado, sendo tão extensa quanto possível, a fim de identificar o maior número de riscos potenciais. Ceryno *et al.* (2013) afirmam que na identificação dos riscos deve-se buscar informações sobre os fatores, fontes e consequências dos riscos.

No geral, a percepção sobre os distintos tipos de riscos surgiu inicialmente nos trabalhos de Hallikas *et al.*(2004); Tang (2006) e Finch (2006) que lançaram as primeiras discussões sobre os fatores que podem causar rupturas nas cadeias de suprimentos.

Em princípio, reconhecia-se que os riscos possuiam naturezas distintas. Neste contexto, é importante ressaltar as observações sobre a percepção distinta da natureza dos riscos, que foram realizadas por Gaonkar e Viswanadham (2004), Manuj e Mentzer (2008b) e Trkman e McCormack (2009), que reconhecem os riscos como internos ou externos.

Gaonkar e Viswanadham (2004) descrevem que os riscos internos são aqueles resultantes da própria interação entre as empresas da cadeia de suprimentos, tais como a adoção do *outsourcing* e cadeias globais, a volatilidade da demanda, a redução do número de fornecedores e de pulmões de estoques da cadeia. Em contrapartida, os riscos externos são aqueles sentidos por toda cadeia, independente do relacionamento entre as empresas. Exemplo desses riscos é a ocorrência de desastres naturais, como furações, eventos sociais, como greves e doenças, e eventos econômicos como profunda recessão financeira.

Sobre a natureza dos riscos, Jüttner, Peck e Christopher (2003) sugerem classificar as fontes de risco nas cadeias de fornecimento em três categorias: externos à cadeia de suprimentos, internos à cadeia de suprimentos e os riscos relacionados à rede. Exemplificando esta classificação têm-se como fontes externas os riscos políticos, naturais e sociais. As fontes internas de risco são fruto de incertezas de produção (por exemplo, falha da máquina e incertezas do sistema de tecnologia da informação). Por último, os riscos relacionados à rede são aqueles resultantes da interação entre organizações dentro da cadeia de suprimentos, por exemplo, devido à integração e cooperação.

Apesar da vasta categorização sobre os tipos de riscos, Blackhurst, Scheibe e Johnson (2008) alertam que cada organização é responsável por identificar seus próprios riscos. Assim, deve identificá-los de acordo com a perspectiva da empresa e características da cadeia de suprimentos onde estão inseridas.

Manuj e Mentzer (2008b) propuseram um levantamento de modelos de classificação de riscos na cadeia de suprimentos. Neste levantamento, citam uma das primeiras tipologias de

classificação de riscos, proposta por Ghoshal (1987), para o qual, os riscos classificam-se em: 1- riscos macroeconômicos; 2- riscos políticos; 3- riscos competitivos; e 4- riscos de recursos.

Na concepção de modelos teóricos por tipologias de riscos, Manuj e Mentzer (2008a) apresentaram, ainda, uma das mais clássicas tipologias de classificação de riscos, que é proposta de Christopher e Peck (2004) que identificaram quatro categorias de riscos: suprimento (possibilidade de ocorrência de falhas de fornecimento), demanda (possibilidade de um evento associado à variação no volume e na variedade desejada pelo cliente), operacional (possibilidade de um evento que reduza a capacidade interna da empresa de produzir com qualidade e pontualidade) e riscos de segurança (possibilidade de algum evento externo impedir a ocorrência da produção).

Baseados num conjunto de tipologias de riscos da cadeia de suprimentos, Manuj e Mentzer (2008a) propuseram um modelo de classificação de riscos nas cadeias de suprimentos baseado nestas tipologias clássicas, diferenciando-se por englobar outras variações de categorias de riscos, a saber: fornecimento, operações, demanda, segurança, riscos macroeconômicos, riscos políticos, riscos competitivos e os riscos de recursos.

Rao e Goldsby (2009) propuseram uma classificação que englobam os riscos ambientais (políticos, macroeconômicos, segurança, social), riscos industriais (competitivos, suprimento, demanda), e riscos organizacionais (problemas de crédito, greves).

Sobre as propostas de modelos de classificação de riscos mais recentes têm-se as proposições de Vilko Ritala e Edelmann (2014) e Rangel, Oliveira e Leite (2015). Para Vilko, Ritala e Edelmann (2014), a discussão sobre a classificação dos riscos se dá sobre a natureza da incerteza dos eventos que podem representar riscos à cadeia de suprimentos. Na visão destes autores, a probabilidade de ocorrência dos riscos está atrelada ao grau da incerteza intrínseca. Por fim, estabeleceram uma escala de classificação composta por: eventos de certeza completa, eventos com certeza provável, eventos com incerteza paramétrica, eventos com incerteza estrutural, eventos com incerteza processual e eventos com incerteza radical.

Rangel, Oliveira e Leite (2015) apresentaram um modelo de tipologia de baseada nos processos logísticos da cadeia de suprimentos. Segundo este modelo as classes de riscos que devem ser observados são riscos estratégicos, riscos de inércia, riscos de capacidade, riscos de demanda, riscos de fornecimento, riscos financeiros, riscos operacionais, riscos de ruptura, riscos de cliente, riscos legais, riscos ambientais e riscos culturais. Esta ampla variedade dos riscos dá-se pela pretensão de gerenciar todos os processos logísticos da cadeia.

Além destas pesquisas que focaram na elaboração de modelos de classificação dos riscos, observa-se que há proposições de tipologias de riscos em trabalhos cujo objetivo é

propor modelos de gestão dos riscos em cadeias de suprimentos, haja vista que, os modelos de gestão iniciam, em sua maioria, pela identificação dos riscos.

Verificou-se uma vasta disponibilidade de nomenclaturas de tipos de riscos. Ganguly e Guin (2013) concordam que existe uma varieadade de tipos de riscos apresentados pelos diversos modelos de tipologias de riscos. Segundo estes autores, existe uma abundância de distintas definições de risco da cadeia de suprimentos, assim como, abordagens para mitigar o risco da cadeia de suprimentos. De forma que, é preciso compreender qual o contexto da tipologia proposta, o setor produtivo e as características da cadeia de suprimentos, pois estes elementos influenciam a determinação dos tipos de riscos.

Em geral, para uma melhor compreensão da distinção que existe entre os riscos, faz-se necessário compreender o entendimento de cada risco individualmente. Por isso, segue-se com a apresentação dos conceitos de cada tipo de risco no Quadro 12. Da mesma forma, a fim de analisar e comparar as tipologias de classificação de riscos, apresenta-se o Quadro 13, sas propostas de classificação de risco por autor.

Quadro 12- Definições sobre os tipos de riscos

TIPO DE RISCO	CONCEITO	AUTOR
Risco ambiental	Fontes de risco ambientais compreendem quaisquer incertezas externas causadas por perturbação causada por um evento natural (tsunami, tempestade, incêndio, terremoto) e pode afetara cadeia de suprimentos	Jüttner, Peck e Christopher (2003), Zsidisin *et al.* (2000), Hallikas *et al.* (2004), Christopher and Peck (2004); Zsidisin (2003) Juttner (2005),Matook, Lasch e Tamaschke (2009), Samvedi, Jain e Chan (2013)
Risco competitivo/estratégico	Fontes de risco competitivo/estratégico compreendem quaisquer incertezas internas decorrentes pelo desconhecimento dos concorrentes no mercado ou a incapacidade da empresa para diferenciar os seus produtos/serviços de seus concorrentes	Harland, Brenchley e Walker (2003); Manuj e Mentzer (2008a)
Risco de processo/controle	Fontes de risco de processo/controle compreendem quaisquer incertezas internas decorrentes de perturbação que possibilite um rendimento do processo mais baixo. (variação no fluxo de material/informação entre as empresas da cadeia)	Tang e Tomlin (2008), Matook, Lasch e Tamaschke, (2009), Schoenherr (2011), Christopher, Mena, Khan e Yurt (2011)
Risco de demanda	Fontes de risco de demanda compreendem quaisquer incertezas externas causadas por perturbação causadas por variações na demanda (modismos, sazonalidade, lançamentos de novos produtos pelos concorrentes, efeito chicote).	Hallikas *et al.* (2004), Juttner (2005), Manuj e Mentzer (2008a), Tang e Tomlin (2008), Tummala e Schoenherr (2011), Ghadge, Dani e Kalawsky (2012)
Risco de mercado	Fontes de risco de mercado compreendem quaisquer incertezas externas decorrentes de perturbação ou turbulência de mercado (heterogeneidade do mercado, mudanças de preferências, fusões ou aquisições)	Trkman e McCormack (2009)

Quadro 12- Definições sobre os tipos de riscos – Continuação

Risco de capacidade/recurso	Fontes de risco de capacidade/recurso compreendem quaisquer incertezas internas decorrentes da de perturbação causada pela não previsão de recurso suficiente, inclundo envio do fornecedor.	Hallikas *et al.* (2004), Manuj e Mentzer (2008a), Matook, Lasch e Tamaschke, (2009), Tummala e Schoenherr (2011)
Risco de segurança	Fontes de risco de segurança compreendem quaisquer incertezas externas decorrentes de falta segurança em sistemas de informação, infraestrutura, violações, roubo, crime, sabotagem, vandalismo e ameaça terrorista	Manuj e Mentzer (2008a), Ojha e Gokhale (2009)
Risco de fornecimento	Fontes de risco de fornecimento compreendem quaisquer incertezas externas causadas pelas interrupção no fornecimento pela não confiabilidade dos fornecedores. Incluem a confiabilidade dos fornecedores, a disponibilidade da matéria-prima, o *lead time* de fornecimento e problemas na entrega dos suprimentos. Afeta negativamente o fluxo de entrada dos recursos impedidndo as operações.	Harland, Brenchley e Walker (2003), Manuj e Mentzer (2008a), Tang e Tomlin (2008), Christopher, Mena, Khan e Yurt (2011), Tummala e Schoenherr (2011), Ghadge, Dani e Kalawsky (2012), Punniyamoorthy, Thamaraiselvan Manikandan (2013);Peiying, Jiafa e Chongjun (2012)
Riscos logísticos	Fontes de riscos internos causados por perturbações e incertezas nas operações de transporte de mercadorias, podendo ser traduzida em variações acentuadas no volume transportado, incerteza financeira da empresa transportadora, variabilidade no tempo de entrega.	Punniyamoorthy, Thamaraiselvan Manikandan (2013)
Risco interno	Fontes de risco interno compreendem quaisquer incertezas internas ocorram da própria interação entre as empresas da cadeia de suprimentos, ou seja, não estando relacionado com incertezas externas.	Jüttner, Peck e Christopher (2003), Gaonkar e Viswanadham (2004)
Risco endógeno	Fontes de risco endógeno compreendem quaisquer incertezas internas à cadeia de suprimentos decorrentes da própria interação entre as empresas da cadeia de suprimentos.	Manuj e Mentzer (2008b)
Risco externo	Fontes de risco externo compreendem quaisquer incertezas externas sentidas por toda cadeia, independente do relacionamento entre as empresas, como eventos ambientais, políticos e sociais.	Jüttner, Peck e Christopher (2003), Gaonkar e Viswanadham (2004)
Risco exógeno	Fontes de risco exógeno compreendem quaisquer incertezas externas à cadeia de suprimentos decorrentes de eventos fora do controle da cadeia.	Manuj e Mentzer (2008b)
Risco econômico/financeiro	Fontes de risco econômicos compreendem quaisquer incertezas externas decorrentes de perturbação causada por mudanças econômicas, inclui incerteza devido a pagamentos, o preço, a economia estado, fluxo de caixa e investimentos. Expõe uma empresa para a perda de potencial decorrente de mudanças nos mercados financeiros;	Zsidisin (2003),Harland, Brenchley e Walker (2003); Manuj e Mentzer (2008a), Matook, Lasch e Tamaschke, (2009), Funo *et al.* (2011), Peiying, Jiafa e Chongjun (2012)

Quadro 12- Definições sobre os tipos de riscos - Continuação

Risco industrial/operacional/de manufatura	Fontes de risco operacionais compreendem quaisquer incertezas internas causadas por pertubações operacionais, incertezas que acontecem de operações diárias incluindo variação operacional, quebra de máquina, fabricação inadequada ou capacidade de processamento; problemas de qualidade, confiabilidade do equipamento, erros humanos e questões de qualidade ou mesmo pode surgir de decisões dos gestores	Harland, Brenchley e Walker (2003), Han e Chen (2007); Manuj e Mentzer (2008a),Ojha e Gokhale (2009),Matook, Lasch e Tamaschke, (2009), Tummala e Schoenherr (2011), Punniyamoorthy, Thamaraiselvan Manikandan (2013),Peiying, Jiafa e Chongjun (2012)
Risco organizacional	Fontes de risco organizacional compreendem quaisquer incertezas internas ocorram da própria interação entre as empresas da cadeia de suprimentos.	Jüttner, Peck e Christopher (2003), Manuj
Risco político	Fontes de risco ambientais compreendem quaisquer incertezas externas decorrentes da cadeia de suprimentos, tais como perturbação causada pela política (crise de combustível, mudança de regime político, Ações dos governos nacionais como restrições de quotas ou sanções)	Juttner. (2005),Tang e Tomlin (2008), Mentzer (2008a) Funo *et al.* (2011)
Risco social	Fontes de risco ambientais compreendem quaisquer incertezas externas decorrentes da cadeia de suprimentos, tais como perturbação causada incertezas sociais (ataques terroristas, greves, surto de doenças)	Juttner. (2005), Tang e Tomlin (2008), Funo *et al.* (2011)
Risco tecnológico	Fontes de risco tecnológico compreendem quaisquer externas decorrentes da cadeia de suprimentos, tais como turbulência relacionada à mudança de tecnologia (obsolescência dos equipamentos, lançamento de produto inovador, fornecedor não é tecnologicamente competitivo)	Zsidisin *et al.* (2000), Chopra and Sodhi (2004), Trkman e McCormack (2009), Matook, Lasch e Tamaschke, (2009), Funo *et al.* (2011)
Risco de sustentabilidade	Fontes de risco de sustentabilidade compreendem quaisquer incertezas internas decorrentes de variações nos níveis regulamentados de emissões de gases, resíduos e efluentes incluindo as cadeias globais.	Christopher, Mena, Khan e Yurt (2011)
Risco de propriedade intelectual	Fontes de risco propriedade intelectual compreendem quaisquer incertezas internas decorrentes de dificuldade de proteger inovaçoes, ações de P&D e segredos industriais em função do uso de *outsourcing*.	Sodhi e Tang (2009)
Risco de preço	Fontes de risco de preço compreendem quaisquer incertezas internas decorrentes de de variações no preço (materia prima, mão de obra e demais recursos) tendo impacto sobre a competitividade e o rendimento.	Matook, Lasch e Tamaschke, (2009)
Risco de cliente	Fontes de risco de cliente compreendem quaisquer incertezas externas causadas por variações no comportamento do cliente, afetando a probabilidade de compra dos clientes causando a obsolescência do produto.	Harland, Brenchley e Walker (2003)

Quadro 12- Definições sobre os tipos de riscos - Continuação

Risco de depreciação de ativos	Fontes de risco de depreciação de ativos compreendem quaisquer incertezas externas decorrentes de de variações na capacidade de um ativo gerar renda para a empresa.	Harland, Brenchley e Walker (2003), Wang e Yang (2009)
Risco de reputação	Fontes de risco de reputação compreendem quaisquer incertezas externas decorrentes de problemas que afetem a confiança perante a organização, afetando assim o valor dela como um todo.	Harland, Brenchley e Walker (2003)
Risco fiscal	Fontes de risco de reputação compreendem quaisquer incertezas externas decorrentes de problemas que afetem a confiança perante a organização, afetando assim o valor dela como um todo.	Harland, Brenchley e Walker (2003)
Risco legal	Fontes de risco legal compreendem quaisquer incertezas externas decorrentes de restrições legais ou mudanças nos regulamentos sobre material, mão de obra, regulações ambientais e sociais.	Harland, Brenchley e Walker (2003) e Zsidisin (2003)
Risco de informação	Fontes de risco de informação compreendem quaisquer incertezas internas decorrentes da ineficiência nos processos e sistemas eletrônicos, movimentação de informações, acesso a informações chave, captura e uso de dados, permissão de processos, indisponibilidade de informação, atraso na informação, quebra na infraestrutura do sistema de informação.	Cavinato (2004), Wang e Yang (2009), Punniyamoorthy, Thamaraiselvan Manikandan (2013)
Risco de ruptura	Fontes de risco de ruptura compreendem incertezas externas, não planejados e imprevistos que interrompem o fluxo normal de mercadorias e materiais na cadeia de suprimentos e, como consequência,expõem às empresas a riscos operacionais e financeiros.	Chopra e Sodhi (2004), Lavastre *et al.* (2012), Habermann, Blackhurst e Metcalf (2015)
Risco de inovação	Fontes de risco de inovação compreendem quaisquer incertezas internas decorrentes da inabilidade da cadeia de desenvolver oportunidades de produtos, serviços e processos.	Cavinato (2004)
Risco comportamerntal	Fontes de risco comportamental compreendem quaisquer incertezas internas decorrentes de comportamentos que possibilitam falta de visibilidade das informações da cadeia (comprar mais do que precisa, não informar dados de planejamento)	Tang e Tomlin (2008)

Fonte: Elaboração própria

Quadro 13- Tipologia de riscos por autor

AUTORES	Risco ambiental	Risco competitivo/estratégico	Risco de processo/controle	Risco de demanda	Risco de mercado	Risco de recurso	Risco de segurança	Risco de fornecimento	Risco de turbulência	Risco externo/exógeno	Risco interno /endógeno	Risco econôm/financeiro	Risco operacional	Risco organizacional/rede	Risco político/social	Risco tecnológico	Risco de sustentabilidade	Risco de propried intelectual	Risco de preço	Risco de cliente	Risco de depreciação de ativos	Risco de reputação	Risco Fiscal	Risco legal	Risco de informação	Risco de ruptura	Risco de inovação	Risco comportamental	Risco cultural	Risco de inércia	Risco de estoque	Riscos de design	Risco logístico
Harland, Brichley e Walker (2003)		■						■				■	■							■	■	■	■	■									
Juttner, Peck e Christopher (2003)	■										■			■																			
Chopra e Sodhi (2004)				■		■						■				■		■			■					■							
Hallikas *et al.* (2004)				■		■						■																					
Finch (2004)										■			■	■																			
Christopher e Peck (2004)	■		■	■				■																									
Zsidisin, Melnyk e Ragatz (2005)										■	■																						
Juttner (2005)	■		■	■				■																									
Faisal, Banwet e Shankar (2006)	■											■	■	■																			
Tang (2006)							■	■					■																				
Han e Chen (2007)	■			■				■					■												■								
Liu *et al.* (2007)	■					■		■																		■							
Ritchie e Brindley (2007b)										■	■																						
Gaonkar e Viswanadham (2007)													■	■																			
Manuj e Mentzer (2008a)				■			■	■					■																				
Miccuci (2008)		■		■				■				■		■		■				■				■		■	■						
Tang e Tomlin (2008)			■	■				■							■			■										■					
Manuj e Mentzer (2008b)		■		■		■	■	■				■	■		■																		

AUTORES	Risco ambiental	Risco competitivo/estratégico	Risco de processo/controle	Risco de demanda	Risco de mercado	Risco de recurso	Risco de segurança	Risco de fornecimento	Risco de turbulência	Risco externo/exógeno	Risco interno /endógeno	Risco econôm/financeiro	Risco operacional	Risco organizacional/rede	Risco político/social	Risco tecnológico	Risco de sustentabilidade	Risco de propried intelectual	Risco de preço	Risco de cliente	Risco de depreciação de ativos	Risco de reputação	Risco Fiscal	Risco legal	Risco de informação	Risco de ruptura	Risco de inovação	Risco comportamental	Risco cultural	Risco de inércia	Risco de estoque	Riscos de design	Risco logístico
Blos *et al.* (2009)	■		■				■								■																		
Rao e Goldsby (2009)		■		■			■	■				■		■	■																		
Sodhi e Tang (2009)			■	■				■							■			■										■					
Trkman e McCormack (2009)					■				■																								
Wang e Yang (2009)	■			■									■		■						■				■		■						
Thun e Hoenig (2009)										■	■																						
Ojha e Gokhale (2009)				■		■		■					■																				
Matook, Lasch e Tamaschke, (2009)	■		■			■						■	■			■			■														
Lockamy e McCormack (2010)										■			■	■																			
Olson e Wu (2010)										■	■																						
Pfohl, Kohler e Thomas (2010)	■		■	■				■					■																				
Liu; Lin e Hayes (2010)		■										■	■										■										
Pfohl, Gallus e Thomas (2011)			■	■				■		■																							
Giannakis e Louis (2011)				■								■	■																				
Christopher *et al.* (2011)	■		■	■				■									■																
Tummala e Schoenherr (2011)		■	■	■		■		■					■																				
Funo *et al.* (2011)	■											■			■	■																	
Lee e Ulferts (2011)												■	■							■			■		■								
Lockamy e McCormack (2012)										■			■	■																			

AUTORES	Risco ambiental	Risco competitivo/estratégico	Risco de processo/controle	Risco de demanda	Risco de mercado	Risco de recurso	Risco de segurança	Risco de fornecimento	Risco de turbulência	Risco externo/exógeno	Risco interno /endógeno	Risco econôm/financeiro	Risco operacioanl	Risco organizacional/rede	Risco político/social	Risco tecnológico	Risco de sustentabilidade	Risco de propried intelectual	Risco de preço	Risco de cliente	Risco de depreciação de ativos	Risco de reputação	Risco Fiscal	Risco legal	Risco de informação	Risco de ruptura	Risco de inovação	Risco comportamental	Risco cultural	Risco de inércia	Risco de estoque	Riscos de design	Risco logístico
Vilko e Hallikas (2012)	■	■		■		■	■	■				■	■		■																		
Diabat, Govindan e Panicker (2012)				■				■					■												■						■		
Sofyalioglu e Kartal (2012)	■			■				■					■																				
Lavastre *et al.* (2012)			■	■		■		■				■						■								■							
Ghadge, Dani e Kalawsky (2012)	■		■	■				■																									
Aloini *et al.* (2012)		■						■					■																				
Jereb, Ivanusa e Rosi (2013)	■						■			■			■											■	■	■							
Samvedi, Jain e Chan (2013)	■			■				■					■																				
Ghadge *et al.* (2013)			■	■	■		■	■				■	■	■	■	■		■				■		■	■	■		■				■	
Punniyamoorthy, Thamaraiselvan e Manikandan (2013)	■			■				■				■	■		■									■	■								
Rangel, Oliveira e leite (2015)	■	■		■		■		■				■	■	■						■				■	■	■			■	■	■		
Muchfirodin, Guritno e Yuliando (2015)	■		■		■								■																				
Aqlan e Lam (2015)			■					■								■			■	■								■				■	■
Liu *et al.* (2015)					■			■				■	■		■	■																	
Fazli, Mavi e Vosooghidizaji (2015)	■	■		■				■					■		■									■	■								■
Aqlan (2016)	■		■	■				■					■																				

Fonte: Elaboração própria

Observa-se no Quadro 13 que existe um número significativo de riscos que podem ocorrer as cadeias de suprimentos. No entanto, vê-se que, alguns autores como Gaonkar e Viswanadham (2004), Wu, Blackhurst e Chidambaram (2006), Ritchie e Brindley (2007b), Blackhurst, Scheibe e Johnson (2008), Thun e Hoenig (2011) adotam a classificação de riscos mais sucinta: riscos internos (ou endógenos à cadeia) e riscos externos (exógenos à cadeia).

Observa-se ainda, que existe uma ampla variedade de tipos de riscos no âmbito do SCRM. A percepção de que há uma pluralidade de tipos de riscos é traduzida pela quantidade de pesquisas desenvolvidas cujo objetivo era propor um modelo de tipologia de riscos, tais como, Tang (2006); Giunipero e Eltantawy (2004), Ritchie e Brindley (2007a); Rao e Goldsby (2009); Hallikas *et al.* (2004); Rangel, Oliveira e Leite (2015).

Esta pluralidade de tipos de riscos que podem perturbar as cadeias de suprimentos deve-se, em parte, às características encontradas nos diversos setores produtivos. Assim, por exemplo, certa característica como inovação dos produtos, importante em setores de informática e de microeletrônica, podem não ser tão significante em outros setores como setor químico, por exemplo.

Assim, pode-se afirmar que esta quantidade considerável de tipos distintos de riscos que as cadeias de suprimentos podem apresentar, considera todas as possibilidades e características até então mapeadas pelos modelos de tipologias de riscos em cadeia de suprimentos. De modo que, sendo realizadas novas pesquisas em setores produtivos ainda não investigados, ou considerando abordagens de gestão ainda não verificadas, acredita-se que outros tipos de riscos podem surgir.

Além disso, considera-se importante que ao se implantar um modelo para gestão de riscos em determinada cadeia de suprimento, sejam verificadas quais as características do setor produtivo, de forma que, haja alinhamento entre estas características e os tipos de riscos a serem investigados. Acredita-se que este alinhamento pode ser um dos critérios na fase de identificação e classificação dos riscos.

Outra observação que pode ser feita, refere-se ao fato de que as diferentes classes de tipos de riscos contemplam diferentes aspectos: fatores de riscos (causas), consequência do risco e localização do risco. Assim, certos tipos de riscos são identificados por serem considerados fatores que podem causar riscos. Por outro lado, outros tipos de riscos são assim considerados porque são identificados como consequências caso haja um evento de risco, e por fim, outros tipos de riscos são nominados a depender do local onde ocorrem. Esta análise pode ser visualizada no Quadro 14.

Quadro 14- Caracterização dos tipos de riscos

CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS	TIPOS DE RISCOS
Caracterização dos riscos como eventos que geram consequências à cadeia de suprimentos	Riscos de reputação, Riscos de propriedade intelectual, Riscos de depreciação dos ativos, Riscos de ruptura, Riscos de inovação, Riscos de informação, Riscos tecnológicos, Riscos competitivos/estratégico, Riscos de processo/controle e Riscos de mercado.
Caracterização dos riscos como eventos causados por incertezas da cadeia de suprimentos	Riscos ambientais, Riscos de demanda, Riscos de capacidade, Risco de segurança, Risco de fornecimento, Riscos econômicos/financeiro, Riscos industriais, Riscos organizacionais, Riscos políticos, Riscos sociais, Riscos de sustentabilidade, Riscos de preço, Riscos de cliente, Riscos fiscais, Riscos legais e Riscos comportamentais.
Caracterização dos riscos pela localização onde ocorrem	Riscos internos, Riscos endógenos, Riscos externos, Riscos exógenos.

Fonte: Elaboração própria

A identificação dos riscos é uma fase preponderante na gestão dos riscos da cadeia de suprimentos, pois a partir das categorias de riscos que forem identificadas pode-se avançar para as fases seguintes de avaliação e controle dos riscos.

Convém esclarecer que a identificação de riscos inclui um exame de reações em cadeia provocadas por consequências específicas, incluindo os efeitos cumulativos e em cascata. Da mesma forma, no processo de identificação dos riscos deve-se considerar as possíveis causas e cenários que mostrem quais consequências podem ocorrer. Convém que todas as causas e consequências significativas sejam consideradas (ISO, 2009).

Em geral, pode-se verificar que, além de ser uma fase considerada chave, a identificação dos riscos é muito complexa, pois é grande o número de tipologias e classes de riscos que podem ser identificadas na empresa. Desta forma, é importante reconhecer as interfaces entre os tipos de riscos para que não haja sombreamentos ou repetições de riscos.

Ainda sobre a fase de identificação dos riscos, Kayis e Karningsih (2012) explicam que no processo de identificação dos riscos, vários atributos do risco devem também ser identificados, a saber: fonte de riscos, consequências de riscos, tempo, localização, origem e fator de atividade que possa envolver. O rastreio completo do risco permite maior acurácia na fase de identificação dos riscos.

Para a identificação dos riscos, Ahmed *et al.* (2007) e Kayis e Karningsih (2012) apontaram um conjunto de ferramentas que podem ser utilizadas para identificar os riscos, assim como identificar possíveis relações de causa e efeito entre os fatores de riscos e seus impactos. A lista apresentada por Ahmed *et al.* (2007) é sumarizada no Quadro 15.

Quadro 15- Ferramentas que podem ser utilizadas para identificação dos riscos

FERRAMENTAS	CONCEITO
Checklist	São listas de verificação muito simples em se acompanha a ocorrência dos riscos em potencial e seu contexto.
Diagrama de influência	Representação gráfica da estrutura do padrão dos riscos, os eventos incertos, as consequências e suas inter-relações são graficamente enumeradas.
Diagrama de causa e efeito	Representação gráfica da causa raiz do problema (fator de risco), onde as principais causas que levam ao risco são agrupados e ao final tenta-se descobrir a fonte do risco.
FMEA (Modo de falha e análise de efeito)	Estrutura para determinar as causas, efeitos e as relações em um sistema. É usado para determinar falhas através da exploração dos modos de falha, consequências, de modo que as soluções para estes problemas possam ser visualizadas.
Árvore de falha	Técnica visual para verificar parauma determinada falha (risco) no sistema quais os eventos de origem (fontes do risco). É uma técnica simples que ajuda na reflexão sobre a sequência que conduza à falha (risco).
Árvore de eventos	Representação gráfica das possíveis consequências decorrentes de uma falha (risco) em que é possível ligar um determinado evento inicial e as suas possíveis consequências.
HAZOP	Análise estruturada de um sistema, processo ou operação realizada por uma equipe multidisciplinar por meio de um conjunto de palavras-guia em combinação com os parâmetros do sistema para encontrar desvios.

Fonte: Adaptado de Ahmed *et al.* (2007)

Aguiar, Tortato e Gonçalves (2012) e Cagliano *et al.* (2012) acrescentaram a esta lista de ferramentas que podem ser utilizadas para a identificação dos riscos o *brainstorming*, mapeamento de processos, análise histórica e revisão de literatura.

Após a fase de identificação dos riscos segue-se para a fase de avaliação dos riscos, oportunidade onde os riscos são avaliados, segundo, critérios de severidade/impacto e ocorrência/probabilidade.

2.3.2 - Avaliação dos riscos

A fase de avaliação de risco é a fase mais amplamente estudada na gestão dos riscos na cadeia de suprimentos (ALOINI *et al.*, 2012) e a que requer atenção especial no SCRM (KUMAR, HIMES; KRITZER, 2014).

Cao e Song (2016) enfatiza que a avaliação dos riscos envolve determinar a importância dos riscos e sua priorização, sendo este o passo crítico na gestão dos riscos.

O processo de avaliação é um instrumento importante para estimar as consequências do risco. Por isso, medir a probabilidade de ocorrência e as consequências adversas do risco são atividades essenciais para quantificar o risco (BANDALY *et al.*, 2012).

O principal objetivo da avaliação dos riscos é auxiliar a compreensão dos fatores que levam à ocorrência de um risco específico, ao mesmo tempo que fornece informações sobre o

impacto destes, a fim de que, seja possível evitá-los ou reduzir o efeito de suas consequências por meio de estratégias de contingência (TOMAS; ALCANTARA, 2013).

Este é o mesmo entendimento de Ahmed *et al.* (2007) que esclareceram que a avaliação de risco é a etapa da gestão de riscos, onde os eventos de risco precisam ser priorizadas, de modo que, os planos de mitigação de risco sejam direcionados.

A Norma ISO 31000:2009 assume que a fase de avaliação do risco é desmembrada em duas fases: uma primeira denominada de análise dos riscos e uma segunda de avaliação dos riscos. O objetivo destas fases é dar subsídio para as decisões sobre o tratamento dos riscos.

Ainda sobre as diretrizes apontadas no modelo de gestão da ISO 31000:2009 a análise de riscos objetiva compreender a natureza do risco e determinar o nível de risco, ou seja, estimar a ocorrência do risco bem como a magnitude de seus impactos. A avaliação do risco compreende o processo de comparar os resultados da análise de riscos em relação aos critérios de risco, a fim de determinar se o risco ou sua magnitude é aceitável, inaceitável ou tolerável.

De forma resumida, Purdy (2010) apontou que a análise de risco objetiva realizar uma compreensão de cada risco, as suas consequências e da probabilidade dessas consequências, enquanto, a avaliação de riscos envolve a tomada de uma decisão sobre o nível de risco e a prioridade segundo critérios estabelecidos pela organização.

Ganguly e Guin (2013) acrescentaram que o esforço da fase de avaliação dos riscos é para estabelecer uma ligação entre construções conceituais e matemáticas para permitir a priorização dos riscos.

Dessa forma, vê-se que a avaliação dos riscos processa informações sobre a probabilidade de ocorrência dos riscos conjuntamente com a mensuração dos impactos relacionados a estes riscos (NORRMAN; JANSSON, 2004; RITCHIE; BRINDLEY, 2007a; WANG; YANG, 2007; TRKMAN; MCCORMACK, 2009; LOCKAMY; MCCORMACK, 2010; TANG; MUSA, 2011; TUMMALA; SCHOENHERR, 2011 e WIELAND, 2013; KUMAR, HIMES; KRITZER, 2014; MOGRE, TALLURI; D'AMICO, 2016).

Segundo a ISO 31000:2009 para a avaliação dos riscos, é necessário possuir um conjunto de dados históricos a fim de determinar a probabilidade de outro evento de risco ocorrer. No entanto, há de se observar que calcular a probabilidade de ocorrência dos riscos pode não ser uma tarefa fácil, pois pressupõem haver um monitoramento dos riscos, o que nem sempre pode ocorrer, principalmente quando ainda não foi desenvolvido anteriormente um sistema de gestão de riscos na empresa.

Ganguly e Guin (2013) esclareceram que a maioria dos gestores não se sentem muito confortáveis com o uso de estimativas de probabilidade para a avaliação dos riscos nas

cadeias de suprimentos. Além disso, em muitas empresas a disponibilidade de dados sobre as probabilidades e impacto do riscos é escassa. Nestes casos, é possível estimar essas variáveis por meio de julgamentos subjetivos. No entanto, isto se mostra limitado, especialmente para avaliar riscos que ainda não ocorreram (CAGLIANO *et al.*, 2012).

Apesar da dificuldade em mensurar numericamente a probabilidade de ocorrência, e mesmo diante das limitações em se adotar julgamento subjetivos, Chopra e Sodhi (2014) afirmam que mais perigoso do que estimar de maneira imprecisa a probabilidade de um evento de risco, é considerar esta probabilidade sendo nula, por falta de informações.

Esclarecendo esta afirmativa, estes autores explicam que um erro de até 50% na estimativa da probabilidade de interrupção (para mais ou para menos) resultou em um aumento menor que 2% nos custos totais. Nesta perspectiva, estes autores apontam que o maior problema é ignorar totalmente o risco, e não subestimar ou superestimar. Isso ocorre porque, na ausência de informações sobre determinado risco assume-se que a probabilidade dele é zero, ignorando por completo as possibilidades de ocorrência. Esta decisão, no longo prazo, é muito mais cara do que assumir alguma probabilidade, mesmo que arbitrária.

Vislumbrando esta dificuldade, a ISO 31000:2009 explica que a palavra probabilidade é utilizada para referir-se à chance de algo acontecer. Isso não significa que isto represente estritamente como uma expressão matemática, mas uma dimensão que possa ser medida objetivamente ou subjetivamente, qualitativa ou quantitativamente.

Badurdeen *et al.* (2014) orientam que a avaliação do risco podem assumir uma abordagem qualitativa ou quantitativa; em alguns casos, pode ser uma combinação dos dois métodos, dependendo do tipo e quantidade de dados disponíveis.

Sobre isso, Ahmed *et al.* (2007) alertam que, na prática, a identificação e avaliação dos risco pode ocorrer de maneira quantitativa ou qualitativa. A abordagem quantitativa para a determinação de parâmetros de risco exige a análise de dados históricos por meio de análise estatística. No entanto, em muitos casos, estes dados quantitativos são de difícil acesso.

Reconhecendo esta dificuldade, a ISO 31000:2009 compreende que a análise dos riscos pode ser qualitativa, semi-quantitativa, quantitativa, ou uma combinação destes (PURDY, 2010). Dessa forma, a visão da ISO 31000:2009 contrapõem o entendimento de que probabilidade de ocorrência de um risco compreende estritamente uma dimensão estatística que pode ser determinado pela frequência de ocorrência passada.

Corroborando com esta visão quantitativa, Zsidisin (2003) explica que a probabilidade deve ser considerada a partir de uma perspectiva consistindo em o número de vezes que um acontecimento (ocorre, dividido pelo número total de eventos igualmente possíveis).

No entanto, Bradley (2014) afirma que a estimativa de probabilidade pode se basear nos dados existentes e na opinião de especialistas. Havendo dados históricos, as probabilidades podem ser estimadas quantitativamente. Contudo, em não havendo dados registrados, a frequência dos riscos pode ser medida de maneira qualitativa, por meio de modelos mentais e de avaliação subjetiva da estimativa de probabilidade.

Aqlan e Lam (2015b) explicam que a probabilidade da ocorrência do evento de risco pode ser estimada por dados históricos, se estes estiverem disponíveis, por avaliação subjetiva de peritos especialistas ou por técnicas de simulação e de modelagem, quando não houver dados quantitativos disponíveis para calcular as probabilidades.

Bandaly *et al.* (2012) indicam que, enquanto a probabilidade do riscos possa ser medida usando dados históricos, o nível de impacto pode ser medido em termos financeiros (por exemplo, perda de rendimentos, valor do risco), em termos operacionais (por exemplo, período de atraso de produção, número de clientes não atendidos) ou em termos estratégicos (por exemplo, perda de reputação, perda de quota de mercado).

Da mesma forma que, para a estimativa da probabilidade de ocorrência, Aqlan e Lam (2015b) sugerem que o impacto do risco pode ser estimado utilizando registros históricos, o conhecimento dos especialistas ou técnicas de simulação.

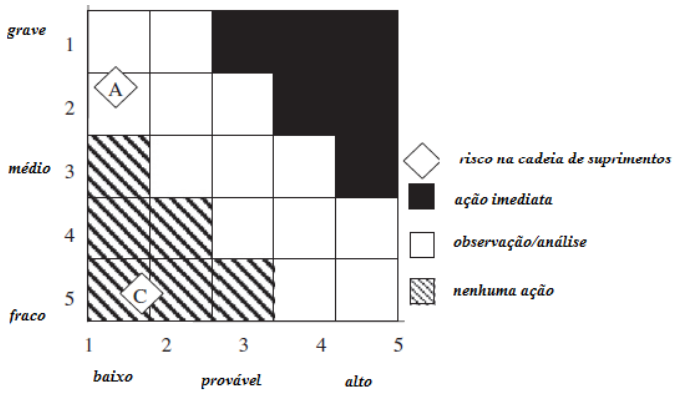
Harland, Brenchley e Walker (2003), sobre a mensuração dos impactos decorrentes dos riscos, alertam que no processo de avaliação dos riscos não é simplesmente uma cálculo envolvendo perda de tangível e ativos quantificáveis. Mas, devem ser avaliados e mensurados também outros ativos, como credibilidade, reputação, *status*, autoridade e confiança da empresa diante dos parceiros e clientes que pode ser danificado se o risco ocorrer. Assim, cabe também uma avaliação do impacto do risco no capital social das empresas.

Sobre isso, Kumar, Himes e Kritzer (2014) alertam que um dos aspectos difíceis de mensuração do impacto relativo ao risco, é quantificar, por exemplo, a perda de reputação, perda de vendas futuras, ou mesmo a perda de patrimônio líquido. Mesmo que eles ocorrem, não é fácil atribuir essas perdas diretamente a uma ruptura da cadeia de suprimentos.

No sentido de apresentar as ferramentas desenvolvidas para avaliação dos riscos, Manuj e Mentzer (2008b) citaram duas pesquisas anteriores: Simons (1999) que desenvolveu uma calculadora de exposição ao risco que determina se a empresa está em uma zona de segurança, cuidado, ou perigo em relação ao risco; e Hallikas, Virolainen e Tuominen (2002) que sugeriram a avaliação do risco por meio de uma avaliação bidimensional utilizando indicadores que levem a medida do risco: severidade (insignificante, leves, grave ou catastrófico) e probabilidade (muito improvável, improvável, provável ou muito provável).

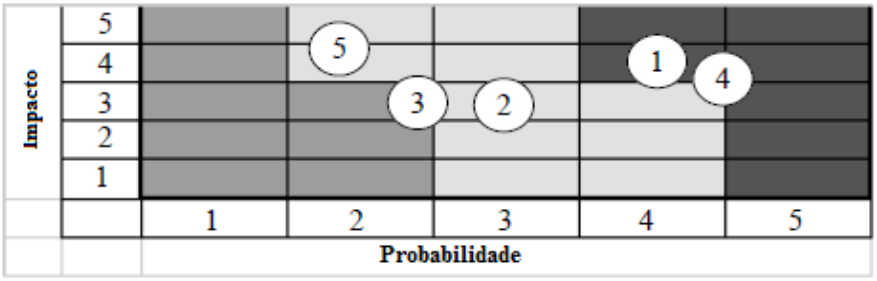
A partir destes trabalhos foi desenvolvida uma matriz utilizada nas fases de mensuração e avaliação dos riscos identificados na fase precedente de identificação dos riscos. A matriz mais convencionalmente utilizada é a matriz bidimensional, denominada probabilidade-impacto, onde se busca dimensionar para cada risco identificado a importância do risco em termos de frequência de ocorrência (probabilidade) e as consequência derivados do riscos (impacto). Esta matriz de impacto sofreu adaptações gerando uma série de outras matrizes que permanecem com o objetivo de avaliar os riscos, pela análise da probabilidade e impacto dos riscos. Exemplos destas matrizes são apresentadas nas Figuras 7, 8 e 9.

Figura 7- Exemplo de matriz probabilidade-impacto



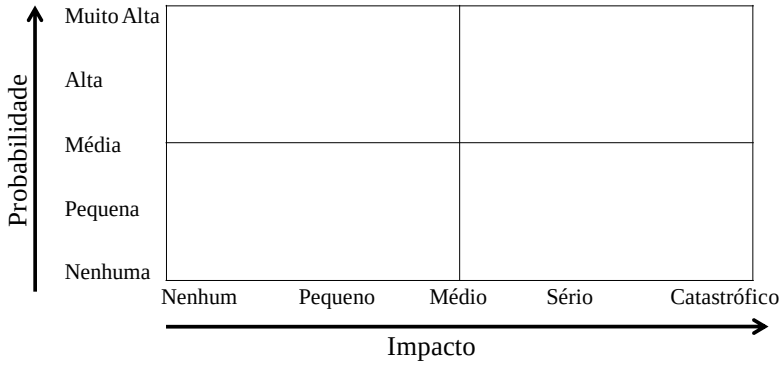
Fonte: Thun e Hoenig (2011)

Figura 8- Exemplo de matriz probabilidade-impacto



Fonte: Ahmed *et al.* (2007)

Figura 9- Exemplo de matriz probabilidade-impacto



Fonte: Hallikas *et al.* (2004)

Observando-se as Figuras 7, 8 e 9, percebe-se que o quadrante desta matriz é separado em áreas de decisão, região de baixa probabilidade de ocorrência e baixo impacto (onde sugere-se não tomar nenhuma ação para a eliminação/redução do risco; região de média/alta probabilidade de ocorrência e médio/ grave impacto (onde sugere-se analisar este risco); e por fim, região de imediata ação, onde há alta probabilidade de ocorrência e grave impacto (é sugerido ação imediata para que os riscos sejam mitigados e/ou seus impactos reduzidos).

Kumar, Himes e Kritzer (2014) apontam três possibilidades de ação que podem ser assumidas para o tratamento do risco. Estas possibilidades correspondem a contextos que orientam a tomada de decisão em relação ao risco. As orientações são: não agir (corresponde a não fazer nada em relação ao risco identificado, adequado para riscos com baixo impacto); agir de imediato (corresponde assumir uma estratégia imediata para tratar o risco identificado, adequado para riscos de alto impacto e/ou alta probabilidade de ocorrência); e por fim, planejar agora para agir depois (corresponde a planejar ações para tratamento futuro dos riscos identificados, adequado para riscos com baixa probabilidade de ocorrência).

De acordo com estas matrizes de probabilidade e impacto, vê-se que a avaliação do risco dá-se pela identificação das variáveis chave que avaliam o risco, o impacto e a probabilidade de ocorrência do risco. Para cada categoria, são apresentadas sub classificações que permitem melhor posicionar o risco numa escala de gravidade, e assim, direcionar a priorização que a empresa deve dar para a gestão de riscos. De maneira geral, para avaliar os riscos pode-se fazer uso de escalas para opinião de especialistas, tal como as apresentadas nas Tabela 1 e Tabela 2 (avaliação do impacto dos riscos) e nas Tabela 3 e Tabela 4 (avaliação da probabilidade dos riscos).

Tabela 1 -Tabela de orientação para avaliação dos riscos frequentes (impacto)

ESCALA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO RISCO		
Rank	Estimativa subjetiva	Descrição
1	Nenhum impacto	Impacto insignificante para toda empresa
2	Impacto pequeno	Pequenas perdas e únicas
3	Impacto médio	Perdas no curto prazo
4	Impacto sério	Perdas no longo prazo
5	Impacto catastrófico	Descontinuidade do negócio

Fonte: Adaptado de Hallikas *et al.* (2004)

Tabela 2-Tabela de orientação para avaliação dos riscos raros (impacto)

ESCALA DE AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO RISCO	
Rank	Interpretação
1	Perdas insignificantes
2	Menos de 0,01% da receita anual
3	....
4	.....
5	Aproximadamente 1% da receita anual
6	.....
7	.....
8	Aproximadamente 5% da receita anual
9	Impacto significativo entre 10% a 50% da receita anual
10	Possível falência da empresa

Fonte: Bradley (2014)

Tabela 3-Tabela de orientação para avaliação dos riscos frequentes (probabilidade)

ESCALA DE AVALIAÇÃO DA PROBABILIDADE DO RISCO		
Rank	Estimativa subjetiva	Descrição
1	Muito improvável	Evento muito raro
2	Improvável	Evidências indiretas do evento
3	Moderado	Evidências diretas do evento
4	Provável	Há forte evidência direta do evento
5	Muito provável	Evento se repete com frequência

Fonte: Hallikas *et al.* (2004)

Tabela 4-Tabela de orientação para avaliação dos riscos raros (probabilidade)

ESCALA DE AVALIAÇÃO DA PROBABILIDADE DO RISCO	
Rank	Interpretação
1	Um evento perturbador que é raro e improvável de ocorrer
2	Um evento perturbador que raramente é esperado, mas poderia acontecer
3	Um evento perturbador que está previsto para ocorrer, em média, a cada 50 anos
4	Um evento perturbador que está prevista para ocorrer, em média, a cada 25 anos
5	Um evento perturbador que está prevista para ocorrer, em média, a cada 10 anos
6	.....
7	.....
8	Um evento perturbador que está prevista para ocorrer em média, a cada 2 anos
9	Um evento perturbador que está prevista para ocorrer em média uma vez por ano
10	Um evento perturbador que está prevista para ocorrer múltiplas vezes em 1 ano

Fonte: Bradley (2014)

A matriz de probabilidade e impacto é uma ferramenta bastante aceita na teoria do SCRM. No entanto, outras ferramentas podem ser utilizadas para fazer a avaliação dos riscos.

O risco e incerteza são avaliados por uma variedade de diferentes ferramentas (GARVEY, CARNOVALE; YENIYURT, 2015).

Sobre isso, Vanany, Zailani e Pujawan (2009), ao fazerem um levantamento teórico entre os anos de 2000 e 2009, identificaram outras ferramentas utilizadas para a avaliação dos riscos, tais como modelos multicritérios como o Análise Hierárquica do Processo (*Analytic Hierarchy Process*-AHP), Análise do Processo em Rede (*Analytic Network Process*-ANP),assim como o uso de ferramentas bastante conhecidas como o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), análise de árvores de falhas (*Fault Tree Analysis*-FTA) e análise de árvore de eventos (*Event Tree analysis*- ETA).

Aqlan e Lam (2015a) apontam três categorias de ferramentas para avaliação dos riscos, as puramente qualitativas, como FMEA e matrizes de impacto e probabilidade, por exemplo; as ferramentas puramente quantitativas, como simulação e sistemas dinâmicos, por exemplo; e por fim, as ferramentas ditas híbridas que combinam abordagens qualitativas e quantitativas, como AHP, lógica *fuzzy* e árvore de decisão, por exemplo. Estes autores explicam que as técnicas qualitativas são amplamente utilizadas para a análise do risco da cadeia na ausência ou limitação de dados históricos. Além disso, as técnicas têm fácil utilização e permite maior rapidez na identificação dos riscos e seus potenciais impactos.

As técnicas quantitativas são usadas principalmente para a análise do risco. Dentre as ferramentas chama-se a atenção para o uso da simulação, que se mostra uma ferramenta eficaz para visualizar os riscos e também é usado para lidar com as naturezas estocásticos existentes nas cadeias de suprimentos e as incertezas de risco. As técnicas de simulação que são comumente utilizadas incluem simulação de eventos discretos (DES), sistemas dinâmicos (SD), Simulação Monte Carlo e as Redes de Petri (AQLAN; LAM, 2015b).

As técnicas ditas híbridas utilizam técnicas qualitativas e quantitativas. Devido à incerteza de riscos da cadeia de suprimentos, associada à falta de dados registrados, as técnicas de modelagem híbridas mostram-se eficazes para a análise de risco, avaliação e desenvolvimento de mitigação dos riscos. As ferramentas mais comuns utilizadas para a modelagem quali-quantitativa dos riscos são AHP e a lógica *fuzzy* (AQLAN; LAM, 2015b). Cagliano *et al.* (2012) apontam ainda como ferramentas quantitativas algumas abordagens de simulação, tais como técnica de Monte Carlo, Redes de Petri e árvore de eventos de falhas.

Nos artigos que serviram de base teórica para esta pesquisa foi possível identificar quais ferramentas podem ser utilizadas para a avaliação dos riscos. Estas são listadas no Quadro 16.

Quadro 16- Ferramentas utilizadas para avaliação dos riscos no portfólio de artigos

FERRAMENTAS PARA AVALIAÇÃO DOS RISCOS	**PESQUISAS**
MATRIZ DE IMPACTO E PROBABILIDADE	Hallikas *et al.* (2004); Ritchie e Brindley (2007a); Blackhurst, Scheibe e Johnson (2008);Oehmen *et al.* (2009); Blome e Schoenherr (2011); Tummala e Schoenherr (2011); Thun e Hoenig (2011); Ouabouch e Amri (2013);Kumar, Himes e Kritzer (2014)
ANP	Xia e Chen (2011); Muchfirodin, Guritno e Yuliando (2015); Fazli, Mavi e Vosooghidizaji (2015); Cao e Song (2016)
AHP	Gaudenzi e Borghesi (2006); Wu, Blackhurst e Chidambaram (2006); Schoenherr, Tummala e Harrison (2008);Funo *et al.* (2011); Lee e Ulferts (2011);Chen e Wu (2013);Ganguly e Guin (2013); Samvedi, Jain e Chan (2013);Prakash *et al.* (2014)
FUZZY	Wen e Xi (2007); Zhiqing *et al.* (2007); Blackhurst, Scheibe e Johnson (2008);Tang, Lau e Ho (2008); Behret, Oztaysi e Kahraman (2011); Chatterjee e Kar (2013); Aqlan e Lam (2015b); Govindan e Jepsen (2016)
AHP + FUZZY	Ganguly e Guin (2013); Samvedi, Jain e Chan (2013); Sofyalioglu e Kartal (2012); Radivojević e Gajović (2013)
ANÁLISE DE CAUSA E EFEITO	Li e Yu (2010); Lin e Zhou (2011); Kumar e Havey (2013)
ÁRVORE DE FALHAS	Cigolini e Rossi (2010); Kumar e Havey (2013); Aqlam e Lam (2015a);Sherwin, Medal e Lapp (2016);Mogre, Talluri e D'Amico (2016)
REDES BAYESIANAS	Pai *et al.* (2003), McCormack (2007), Han e Chen (2007); Lockamy e McCormack (2010); Lockamy e McCormack (2012); Lockamy (2014); Amundson *et al.* (2014); Badurdeen *el al* (2014), Garvey, Carnovale e Yeniyurt (2015), Nepal e Yadav (2015); Mogre, Talluri e D'Amico (2016)
SIMULAÇÃO MONTE CARLO	Deleris e Erhun (2005); Wu e Olson(2008; Schmitt e Singh (2009); Jin; Zhuang e Liu (2010); Yang, Tang e Yan (2012); Vilko e Hallikas (2012); Berle, Norstad e Asbjørnslett (2013)
MODELAGEM INTERPRETATIVO ESTRUTURAL (ISM)	Faisal e Shankar (2007); Pfohl, Gallus e Thomas (2011); Diabat, Govindan e Panicker (2012)
FMEA	Pujawan e Geraldin (2009); Tuncel e Alpan (2010); Chen e Wu (2013); Kumar e Havey (2013); Pradhan e Routroy (2014); Bradley (2014); Lavastre, Gunasekaran e Spalanzani (2014); Bradley (2014);Nepal e Yadav (2015)
DEA	Wu e Olson (2008); Olson e Wu (2011); Zeng, e Rogers (2011)

Fonte: Elaboração própria

Observando-se o Quadro 16, identifica-se que o volume de pesquisas realizadas no âmbito da avaliação dos riscos é bastante significativo. Além disso,tem sido bem diversificada a aplicação de diferentes ferramentas para a avaliação dos riscos, o que denota que a avaliação do risco pode ser conduzida por ferramentas de compreensão simples, como por exemplo, as matrizes de probabilidade e impacto, mas também pode ser executada por ferramentas mais complexas como DEA (Análise Envoltória de Dados) e Lógica *Fuzzy*.

Pesquisas ainda fazem uso de matrizes de impacto e probabilidade como ferramenta para a avaliação dos riscos. Esta ferramenta é utilizada desde o início as primeiras pesquisas

no escopo do SCRM, como ocorre no trabalho de Hallikas *et al.* (2004), e mais recentemente por Kumar, Himes e Kritzer (2014).

Independentemente da ferramenta a ser utilizada para a condução da avaliação do risco, é importante pontuar que para o processo de avaliação ser eficaz, esta etapa necessita ser simples e pode ser auxiliada com ilustrações gráficas para mapear os riscos e, de maneira adequada mostrar onde, quando e com que probabilidade e impacto eles podem ocorrer (HALLIKAS *et al.* 2002; RITCHIE; BRINDLEY, 2007; MANUJ; MENTZER, 2008b; MATOOK; LASCH; TAMASCHKE, 2009).

Ho *et al.* (2015) enfatizam que, na última década, uma série de métodos de avaliação de risco foram desenvolvidos. Por este fato, somado à diversidade de ferramentas que podem ser utilizadas para a avaliação dos riscos, bem como as controvérsias sobre seu cárater subjetivo, na ausência de dados quantitativos, denota que a avaliação dos riscos no escopo da gestão de riscos na cadeia de suprimentos pode ser considerada uma das mais críticas.

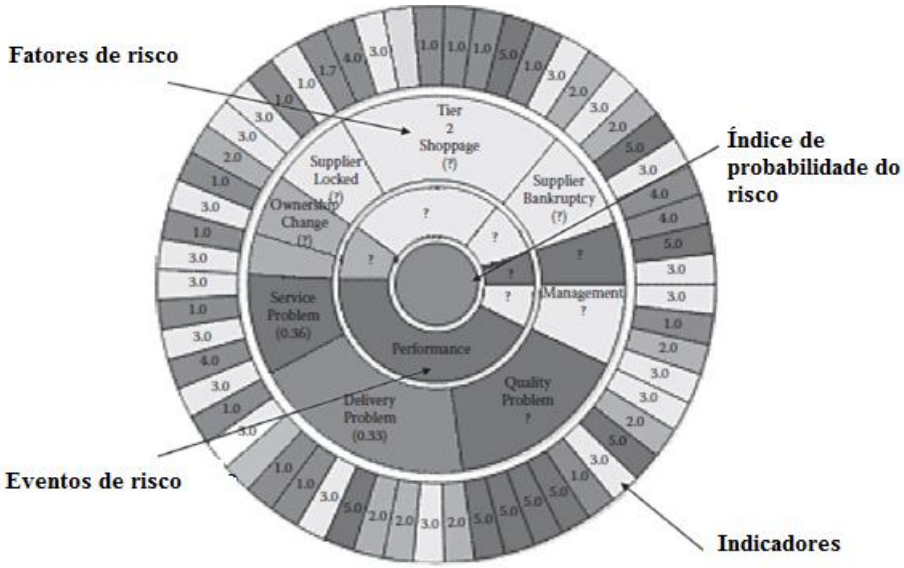
Sobre a avaliação dos riscos, Ahmed *et al.* (2007) afirmam que apesar da compreensão que o risco deva ser analisado sob esta dupla perspectiva de probabilidade e impacto, mensurar a magnitude do risco por estas duas variáveis tem se mostrado uma difícil tarefa. Estes autores alertam que determinar esta magnitude do risco é uma tarefa difícil, pois nem sempre há disposição de dados históricos para quantificar no sentido numérico os aspectos, probabilidade e severidade, necessários para avaliar de maneira quantitativa o risco (MCCORMACK, 2007).

Berle, Norstad e Asbjørnslett (2013) concordam ao apontarem que a obtenção de dados quantitativos é difícil, em particular para sistemas complexos com dados históricos limitados. Neste cenário, dados quantitativos devem ser obtidos pela utilização de métodos de simulação. Estes autores sugerem que para coletar dados de entrada para a simulação é possível utilizar a opinião de peritos na área ou especialistas da empresa.

Como alternativa para vencer esta dificuldade McCormack (2007) e Amundson *et al.* (2014) indicam ser necessário, na ausência de dados históricos, confiar na opinião de especialista, mesmo um pequeno grupo de indivíduos, a fim de alcançar uma informação aplicável sobre a probabilística para avaliação de risco.

Badurdeen *el al* (2014) ressaltam que a avaliação puramente qualitativa do risco geralmente por ser realizado com esforço relativamente modesto, mas não consegue alcançar especificidades sobre probabilidade e impacto dos riscos. Como sugestão, McCormack (2007) sugere a adoção da roda do risco (Figura 10) como meio para determinar um índice numérico da probabilidade do risco.

Figura 10- A roda do risco



Fonte: Adaptado de McCormack (2007)

Na Figura 10, observa-se que esta roda do risco permite o cálculo do índice de probabilidade dos riscos mediante as pontuações dos indicadores, associada às probabilidades atribuídas por especialistas da cadeia de suprimentos. Esta probabilidade é multiplicada pela pontuação do indicador de risco, e por fim, as médias dos resultados determinam índice de probabilidade do risco. Apesar desta ferramenta poder mensurar a magnitude do risco não se verifica outras pesquisas que a tenha utilizado como meio de avaliar o risco. Dessa forma, esta ferramenta ainda não foi significativamente testada para a avaliação do risco.

A maior parcela das ferramentas utilizadas para avaliação dos riscos propõe-se à análise da probabilidade do risco. Assim, verifica-se que determinar a probabilidade do risco mostra-se a etapa mais crítica para a avaliação do risco do que a indicação da severidade do risco.

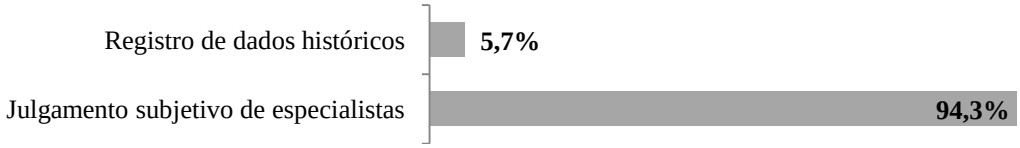
Mogre, Talluri e D'Amico (2016) afirmam que o levantamento dos parâmetros de probabilidade mostra-se ser a mais difícil de ser aplicada na prática, e por isso, esses autores identificaram que deve ser utilizada como estratégia o julgamentos de especialistas para o levantamento da probabilidade dos riscos.

Diante das controvérsias sobre como a probabilidade do risco é calculada, buscou-se no portfólio de artigos identificar o método utilizado para o cálculo da probabilidade do risco nos modelos de avaliação do risco. Buscou-se saber se a maioria das pesquisas se apóiam na opinião de especialistas ou se utilizam o cálculo da probabilidade no sentido matemático, a partir da frequência de ocorrência do risco passado. Isto pode ser visulizado na Figura 11.

Na Figura 11 observa-se que, quase totalidade das pesquisas em avaliação de riscos, aproximadamente 95% dos artigos, não utilizam dados históricos para o cálculo da

probabilidade dos riscos, mas se apóiam na opinião de especialistas para a indicação da probabilidade de ocorrência do riscos.

Figura 11- Método para coleta de dados para cálculo da probabilidade



Fonte: Elaboração própria

Estas análises apontam, em princípio, a dificuldade em se obter dados históricos que permitam a determinação da probabilidade real no sentido matemático da palavra. Isto indica a dificuldade em obter registros históricos de ocorrências passadas dos risco, muitas vezes pela ausência de sistemas de gestão e monitoramento prévio dos riscos na cadeia.

Isto já tinha sido reportado por Ahmed *et al.* (2007), McCormack (2007) e Berle, Norstad e Asbjørnslett (2013) que afirmam que a obtenção de dados quantitativos é difícil, em particular, para sistemas complexos com dados históricos limitados. Essa dificuldade traz limitação para os resultados alcançados, apesar de viabilizar a aplicação prática dos modelos de gestão e avaliação dos riscos.

Os modelos de avaliação de riscos em que se observou a utilização de dados históricos para a determinação da probabilidade do risco foram Han e Chen (2007), Schmitt e Singh (2009), Schmitt e Singh (2012), Ghadge *et al.* (2013) e Wu *et al.* (2013). Nesses modelos houve um uso combinado para a probabilidade dos riscos de dados históricos validados por peritos das empresas. Assim, não se verificou o uso de uma postura puramente numérica, mas associada à validação de especialistas capazes de ajustar, se necessário, as crenças de probabilidade levantadas durante a avaliação do risco.

Apoiar-se apenas na opinião de especialistas, pode se mostrar limitado especialmente para avaliar riscos que ainda não ocorreram (CAGLIANO *et al.*, 2012). Para evitar incoerências, mostra-se fundamental definir com cuidado o perfil dos especialistas, uma vez que a opinião destes determinará a crença da probabilidade dos riscos em avaliação.

Neste contexto, Berle, Norstad e Asbjørnslett (2013) indicam que uma necessidade para quando se faz o uso de simulação a partir de opinião de especialistas é realizar a análise de sensibilidade após as simulações, a fim de identificar quando há mudança de cenário diante da mudança dos dados de entrada do modelo.

De um modo geral, estas análises sobre o método e as abordagens para determinar a probabilidade dos riscos, denotam em primeiro lugar, a dificuldade em acessar dados históricos sobre riscos que permitam que a frequência de ocorrência do risco posse ser calculada, em segundo lugar, indicam a necessidade de incorporar de algum modo a incerteza que é inerente à própria da natureza do risco na cadeia de suprimento, já que a falta de clareza sobre os eventos que podem pertubar a cadeia pode ser traduzido como incerteza.

Percebe-se que a grande maioria dos autores convergem para a opinião de que os riscos devem ser avaliados segundo critérios de probabilidade e impacto, no entanto, Kumar, Boice e Shepherd (2013) apresentam outros critérios como o critério de velocidade que significa a taxa que um evento irá mover-se através da cadeia de suprimentos.

Por fim, verifica-se que a determinação da probabilidade pode ser realizada de maneira objetiva ou subjetiva, e para isso diversas ferramentas podem ser utilizadas (Quadro 16). Além disso percebe-se que as pesquisas adotam-se abordagens diferentes para a avaliação dos riscos. Foram identificadas abordagens que utilizam escalas de medidas para a medição da criticidade do risco, como o AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e ANP (*Analytic Network Process*) que utilizam a escala padrão de Saaty para priorizar os riscos por meio de hierarquização. Além dessas ressalta-se o uso da matriz de probabilidade e impacto para avaliação e priorização dos riscos que se baseiam em escalas como apresentado nas Tabelas 1, 2, 3 e 4.

Por outro lado, observa-se o uso de técnicas de natureza randômica que observam o risco como uma variável aleatória, e que portanto, uma distribuição de probabilidade pode descrever seu comportamento. A adoção de técnicas de natureza randômica se aplica pelo uso da simulação para a avaliação do risco, em especial para o cálculo da probabilidade de ocorrêcia do risco.

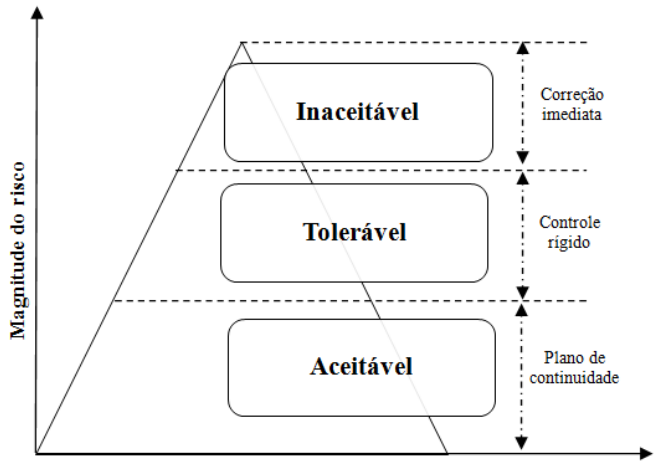
Assim, assumindo que o risco segue uma determinada distribuição de probabilidade é possível simular e calcular a probabilidade de ocorrência do risco. Exemplos dessas ferramentas são as técnicas de simulação como Simulação Monte Carlo e Sistemas Dinâmicos. Exemplos de pesquisas que adotam técnicas randômicas são Han e Chen (2007) que adotaram uma distribuição binomial, Schmitt e Singh (2009) que adotaram a distribuição triangular, Vilko e Hallikas (2012) que adotaram a distribuição beta, Garvey, Carnovale e Yeniyurt (2015) que adotaram a distribuição binomial e Nepal e Yadav (2015) que adotaram a distribuição beta.

De toda forma, a partir da priorização dos riscos, fruto da etapa de avaliação dos riscos, fica determinado quais riscos merecem ação gerencial imediata, por serem considerados

inaceitáveis, bem como os riscos que são considerados tolerados, e por isso, precisam ser monitorados ao longo do tempo. Desta forma, na fase de avaliação dos riscos, faz-se um direcionamento de quais riscos devem ser eliminados/reduzidos, a partir de uma ação gerencial imediata e aqueles que devem ser acompanhados para evitar que seus efeitos prejudiquem o desempenho da cadeia de suprimentos. Exemplo disto é apresentado por Tummala e Schoenherr (2011) que sugere uma pirâmide de prioridades (

Figura **12**).

Figura 12- Pirâmide de ação gerencial em relação à magnitude do risco



Fonte: Adaptado de Tummala e Schoenherr (2011)

Esta pirâmide serve como direcionador para o tipo de comportamento que deve ser adotado em relação ao risco, em função da magnitude do risco definida pela fase de avaliação do risco. Assim, observa-se que após a avaliação dos riscos, alguns podem ser considerados aceitáveis, tolerados e inaceitáveis.

Os riscos aceitáveis são aqueles que trazem um baixo impacto para a cadeia ou com baixa probabilidade de ocorrência, enquanto os riscos ditos tolerados são os que trazem baixo impacto para cadeia, mas que ocorrem repetidamente. Por fim, os riscos inaceitáveis são aqueles que trazem um efeito muito alto para a cadeia. Isto orienta a adoção das estratégias que serão escolhidas para lidar com cada risco (TUMMALA; SCHOENHERR, 2011).

A fim de aprofundar o entendimento sobre a mitigação dos riscos, faz-se uma descrição mais sucinta sobre as estratégias que podem ser empreendidas para a mitigação dos riscos que é a etapa subsequente à avaliação dos riscos.

2.3.3 - Mitigação dos riscos

Os riscos podem ser gerenciados pelo desenvolvimento de uma rede comum para implementação das estratégias, melhores práticas e políticas de contratos. A identificação e avaliação de riscos servirão para indicar de maneira específica sobre quais riscos vão se concentrar as estratégias de gestão (HALLIKAS *et al.*, 2004).

Mogre, Talluri e D'Amico (2016) indicam que as estratégias de mitigação de riscos são medidas tomadas com o objetivo de reduzir a probabilidade de ocorrência dos riscos ou do impacto dos riscos, assim como, buscar meios para transferir/eliminar os riscos por completo.

O modelo de gestão indicado pela ISO 31000:2009 reconhece esta fase como tratamento dos riscos, cujo objetivo é tratar o risco, ou seja, empreender a ação para evitar o risco, remover da fonte de risco, alterar a chance de ocorrência dos riscos, alterar os impactos dos riscos, compartilhar os riscos ou mesmo assumir o risco e seus impactos.

Kern *et al.* (2012) esclarecem que para cada risco relevante, uma estratégia de mitigação adequado precisa ser desenvolvida e executada. Esses autores acrescentam ainda que embora os passos anteriores de identificação e avaliação de riscos sejam essenciais para melhorar a mitigação do risco, apenas a fase de mitigação, pode contribuir diretamente para o risco de desempenho da empresa.

Segundo Andersson e Norrman (2003) e Hallikas *et al.* (2004), as estratégias utilizadas para a gestão de riscos são para evitar, reduzir, transferir, compartilhar, e até mesmo, incidir em risco. Estes autores indicam que quando o objetivo é evitar o risco, deve-se buscar a eliminação dos fatores que podem levar ao risco. Para reduzi-los aplica-se tanto à diminuiçao da probabilidade de ocorrência, como a suavização das consequências relacionadas ao risco.

Fazli, Mavi e Vosooghidizaji (2015) sugerem como estratégias para mitigação dos riscos aceitar o risco, evitar o risco, compartilhar o risco e transferí-los. Aqlan e Lam (2015b) também sugerem algumas estratégias para mitigação dos riscos como: prevenção do risco, redução do risco, transferência do risco, aceitação do risco, ignorar o risco e explorar o risco. O Quadro 17 mostra a adequação de cada estratégia para o contexto de aplicação apresentado.

Sobre as estratégias contempladas nos modelos propostos e que podem promover a eliminação/redução dos riscos, Manuj e Mentzer (2008b) apontam estratégias diversas que podem ser utilizadas pelas empresas para gerenciamento dos riscos: prevenção, postergação (*postponement)*, especulação, cobertura, controle e transferência de segurança.

Quadro 17- Estratégias para mitigação dos riscos na cadeia de suprimentos

ESTRATÉGIAS DE RISCO	DESCRIÇÃO
Prevenção do risco	- Evitar o risco, eliminando suas causas e ou consequências (risco residual é zero) - Adequado quando o risco tem alta probabilidade e alto impacto - Os riscos são críticos e podem parar o negócio - Pode envolver uma mudança de método de operação, plano ou redesenhar da cadeia de suprimentos
Redução do risco	- O risco é reduzido, mas não eliminado em sua totalidade (risco residual existe) - Adequado quando o risco tem alta probabilidade e baixo impacto - Envolvem riscos operacionais e questões do dia a dia - Exemplo de ações para redução de risco incluem o seguinte: redundância, mais rigor nos testes de qualidade, melhores ferramentas,treinamento de operadores, etc.
Transferência do risco	- O risco é transferido para outra parte (pode existir risco residual) - Adequado quando o risco tem baixa probabilidade e alto impacto - Envolvem riscos de interrupção, como desastres naturais e ataques terroristas - Os métodos mais comuns incluem seguro e contratos
Aceitação do risco	- O risco residual é a mesmo - Adequado quando o risco tem baixa probabilidade e baixo impacto - Custo de evitar / reduzir / transferir o risco é muito maior do que o seu impacto esperado - Os planos de contingência podem ser desenvolvidos para lidar com este tipo de riscos
Ignorar o risco	- Os riscos são ignorados e não identificados - Pode ser confundida com a aceitação de riscos. Só que a aceitação pressupõe identificar e analisar o risco, mas não fazer em resposta. Ignorar o risco significa nem são identificados. - Os riscos têm probabilidade muito baixa e muito baixa impacto - Ignorar um risco pode representar um risco
Explorar o risco	- Pode ser assumida como oposto ao evitar o risco - O risco tem um impacto positivo, então deseja-se maximizar este risco

Fonte: Aqlan e Lam (2015b)

Jüttner, Peck e Christopher (2003) apontam quatro estratégias a serem adotadas pela cadeia de suprimentos a fim de que os riscos pudessem ser eliminados e/ou reduzidos. Estas estratégias são: prevenção, controle, cooperação e a flexibilidade. Este autores esclarecem que a estratégia de prevenção deve evitar a ocorrência de riscos associados a operação em um determinado mercado ou área geográfica que são considerados inaceitáveis. Assim, uma empresa pode abandonar produtos, fornecedores ou mercados se o cenário é visto como não confiável.

A estratégia de controle diz respeito a ações que a cadeia de suprimentos assume, a fim de evitar riscos a partir do máximo controle sob os fluxos logísticos, como o uso da integração vertical, aumento estocagem, manutenção de excesso de capacidade de produção, armazenamento, e transporte, ou mesmo, a imposição de exigências contratuais com fornecedores. Neste caso, vê-se que estas estratégias aumentam os custos operacionais em detrimento à redução dos riscos.

A estratégia de cooperação envolve acordos conjuntos, em vez de controle unilateral, como ocorre na estratégia de controle. Na cooperação o foco está em acordos conjuntos entre as organizações para melhorar a visibilidade da cadeia de suprimentos, compartilhamento confiável de informações sobre a exposição às fontes de risco e, finalmente, para preparação de planos de continuidade de negócios conjuntos.

A transferência dos riscos pode ser feito por meio do uso de apólices de seguro, nos quais o risco é transferido para uma empresa seguradora. Outra possibilidade de transferência de risco pode ser realizada movendo-se responsabilidade entre os parceiros da cadeia de suprimentos, como ocorre com as práticas de gestão *just in time*, *make to order* e o *outsourcing*.

Outras modalidades de contratos podem ser utilizados para transferir, mas também para compartilhar riscos entre os parceiros da cadeia. Além da via contratual, há a possibilidade de compartilhar riscos ao se fazer uso da colaboração entre os parceiros.

Por fim, a empresa pode decidir correr risco, pois pode ser avaliado que o risco possui baixa probabilidade de ocorrência e baixo impacto. Assim, o esforço da gestão dos riscos deve se concentrar nos riscos que possuem maior severidade e probabilidade de ocorrência.

Conclusivamente, Autry e Bobbitt (2008) citam que as estratégias para gestão dos riscos na cadeia de suprimentos passam pelo o que eles denominam de responsabilidade solidária, que consiste na partilha de riscos e recompensas entre os parceiros da cadeia. Segundo esta estratégia, cada empresa deve assumir a responsabilidade pela redução do risco de segurança no âmbito dos processos da cadeia de suprimentos, bem como proteger os ativos físicos e os produtos que passa através da cadeia de fornecimento do dano ou destruição.

Além destas estratégias genéricas, que representam o modo de enfrentamento em relação à criticidade do risco, é importante pontuar as estratégias mais específicas que podem ser utilizadas pelas empresas a fim de mitigar os riscos.

Sobre as estratégias para mitigar os riscos Manuj e Mentzer (2008a) sugerem que o elemento chave é a flexibilidade. Xu (2008) esclarece que a flexibilidade implica na criação de recursos flexíveis e ágeis dentro da organização para responder as interrupções que possam ocorrer. Iniciativas para melhorar a flexibilidade que incluem, por exemplo, o desenvolvimento de uma força de trabalho multi qualificados, projetando sistemas de produção, que podem acomodar múltiplos produtos e mudanças em tempo real, adotando, por exemplo, a terceirização de parte da produção.

Outra estratégia é a redundância (Xu, 2008) que implica na manutenção de capacidade extra para responder as interrupções na rede de fornecimento, por exemplo. Outro modelo de

redundância pode ser alcançado pela manutenção de estoques de segurança, manutenção de linhas de produção ou de instalações em excesso, incluindo frotas de transportes extras.

Chopra e Sodhi (2014) apontam a estratégia de segmentação de fornecedores, ou seja, podem-se ter duas ou mais fontes de suprimentos para reduzir o impacto do risco interrupção e evitar a centralização excessiva. Esclarecendo esta estratégia, estes autores exemplificam com um caso de uma empresa que pode adquirir de fornecedores distintos peças comuns para modelos de produtos diferentes. Assim, pode-se reduzir o risco de falha de ruptura de fornecimento e os riscos de qualidade, já que havendo necessidade de *recall* ou falha de suprimento de um fornecedor isso não afetaria todo o fornecimento da empresa.

Da mesma forma, estes autores indicam ainda a estratégia de regionalização que preconiza um caminho inverso às cadeias globais, ao incentivar a centralização das empresas próximas aos seus fornecedores regionais, e não mais a distribuição espacial em cadeias globais a fim de aproveitar os baixos custos de mão de obra, por exemplo.

Liu, Lin e Hayes (2010) sugerem que as empresas busquem o aumento da acurácia na informação da demanda ou a adoção do *postponement* a fim de distribuir as mudanças pontuais de demanda entre os produtos. Da mesma forma, sugerem redução dos custos de estoque, notadamente os estoques de segurança, pela adoção da prática que eles denominam de centralização de estoques, ou seja, o compartilhamento de estoques de segurança entre fornecedor e produtor, o que reduz a quantidade de *buffers* ao longo da cadeia.

De modo bastante categórico, estes autores sugerem a adoção da fonte múltipla de fornecimento, em detrimento da fonte única, sugerindo sempre que possível a duplicidade de fonte a fim de distribuir a incerteza no fornecimento.

Olson e Wu (2010) por meio de um levantamento teórico identificaram algumas estratégias para mitigação dos riscos na cadeia de suprimentos. Entre elas a adoção de incentivos econômicos para fornecedores, *postponement*, flexibilidade da base de fornecedores e flexibilização dos transportes.

Da mesma forma, Tang e Tomlin (2008) e Lavastre, Gunasekaran e Spalanzani (2014) indicam quatro estratégias para aumentar a flexibilidade das cadeias de suprimentos: fornecimento múltiplo, contratos flexíveis de fornecimento, processos de fabricação flexíveis, *postponement e* estratégia de preços flexíveis.

Tang e Tomlin (2008) acrescentam que embora esses cinco tipos de estratégias flexíveis sejam descritas separadamente, uma empresa pode implementar algumas delas de maneira combinada, como por exemplo, uma empresa pode combinar as estratégias fornecimento

múltiplos e contratos de fornecimento flexíveis. Desta forma, potencializa-se a flexibilidade da área de fornecimento, diminuindo a probabilidade dos riscos de fornecimento.

Liu *et al.* (2007) concordam que a flexibilidade deve ser utilizada como estratégia para mitigar os riscos. Isto pode ser alcançado incrementando reserva de capacidade, incuindo a possibilidade de terceirização, adotar fornecedores redundantes e adotar processos de produção mais flexíveis.

Wieland e Wallenburg (2012) classificam as estratégias em relação ao riscos em duas categorias: as de cárater proativo, que objetivam aumentar a robustez da cadeia de suprimentos (adoção de múltiplas fontes de fornecimento, manutenção de pulmões de estoques, adoção de estratégia de fazer e comprar, por exemplo), e as estratégias de cárater reativo, que objetivam aumentar a agilidade da cadeia de suprimentos (melhorar a comunicação entre elos, realizar planejamento de continuidade, aumentar a visibilidade da cadeia, adoção da estratégia de *postponement*, por exemplo).

Kumar, Boice e Shepherd (2013) relacionam as estratégias de mitigação aos riscos às fases de atuação. Assim, estes autores reconhecem as medidas proativas, que ocorrem antes da interrupção; as medidas de reação, que ocorrem durante a interrupção, e por fim, as medidas de recuperação, que são as ações empreendidas após a interrupção.

Wieland e Wallenburg (2012) concluiram que as estatégias para aumentar a robustez é mais adequada para os riscos de fornecimento, a montante da cadeia, enquanto as estratégias para agilidade são mais alinhadas aos riscos de cliente, à jusante da cadeia.

Nessa discussão, Wieland (2013) direciona que para cadeias de suprimentos, a robustez é estratégia adequada quando se identifica a ocorrência de riscos com alta probabilidade, mas de baixo impacto correlato. Ou seja, isso vale para os riscos diários, onde devido à alta frequência de ocorrência de um risco todos os dias, a cadeia de suprimentos deve ser capaz de resistir rotineiramente ao risco. Portanto, deve-se prover de recursos para aumentar pontos de redundância ao longo da cadeia.

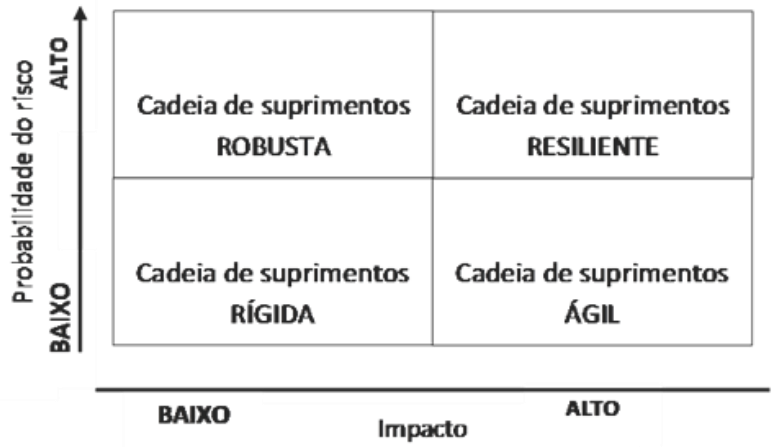
Do contrário, para riscos excepcionais, onde há uma baixa probabilidade de ocorrência, mas um alto impacto associado, a cadeia de abastecimento deve ser ágil, ou seja, capaz de responder rapidamente, e portanto, deve ser dado recursos de gerenciamento rápido e boa capacidade de resposta. Assim, a agilidade é a estratégia mais eficiente quando a probabilidade de riscos em uma cadeia de suprimentos é baixo e seu impacto alto.

Concordam com esta visão Aqlan e Lam (2015a) que indicam as estatégias de agilidade, eficiência e confiabilidade para riscos internos, e a estratégia de resiliência para riscos associados a catátrofes ambientais. Desta forma, em algumas ocasiões, as interrupções

ocasionadas pelos riscos não podem ser evitadas, e nestes casos, sugere-se que a gestão de riscos na cadeia de suprimentos concentre-se no reforço das capacidades de resiliência, ou seja, na capacidade de suportar às interrupções e voltar ao estado normal de operações (URCIUOLI *et al.*, 2014).

Por fim, Wieland (2013) aponta que para casos onde a probabilidade de ocorrência do risco e o impacto é alta, indica-se um esforço conjunto para aumentar a resiliência global da cadeia, e isso, representa incremento em agilidade e robustez. Da mesma forma, quando a probabilidade é baixa e os impactos também, deve-se adotar uma estratégia rígida, que representa a não adoação de uma estratégia que eleve a resiliência da cadeia. Esclarecendo estas associações, Wieland (2013) apresentou um diagrama de probabilidade e impacto e a estratégia correlata mais adequada (Figura 13).

Figura 13 - Matriz para seleção de estratégia apropriada para a cadeia de suprimentos



Fonte: Adaptado de Wieland (2013)

Além destas estrategias, Urciuoli *et al.* (2014) apontam que o compartilhamento de informações também se mostra uma abordagem eficaz para mitigar os riscos na cadeia de suprimentos. Explicam que o compartilhamento de informações da cadeia pode prontamente evitar as perturbações e mitigar as suas consequências negativas, principalmente às que acometem mais fortemente as empresas à montante da cadeia.

Sobre as estratégias relacionadas ao projeto da cadeia de suprimentos é possível resgatar os resultados dos trabalhos de Habermann, Blackhurst e Metcalf (2015). Estes autores constataram que a estratégia de agrupamento junto aos fornecedores (clusterização) tem impacto na redução dos riscos de interrupção de fornecimento. Isto ocorre porque a aproximação junto aos fornecedores tende a reduzir a variabilidade relativa ao fornecimento.

No entanto, ao adotar esta configuração para a cadeia de suprimentos, a clusterização representa um risco maior de ruptura de fornecimento derivado de algum risco ambiental. Pois, caso ocorra algum evento ambiental catastrófico, como *tsunami* ou mesmo um furacão, todos os fornecedores serão atingidos ao mesmo tempo, e isto ocosionaria a ruptura completa do fornecimento da empresa.

Assim existe um *trade-off* a ser considerado. Para isso, deve-se levar em consideração os fatores ambientais da região para avaliar a probabilidade de ocorrência de algum evento natural de grandes proporções.

Nesta perspectiva, Habermann, Blackhurst e Metcalf (2015) enfatizam que uma cadeia de suprimentos que adota a estratégia de agrupamento (clusterização) esta sujeita às mesmas fontes externas de risco de ruptura. Desta forma, observa-se que também este tipo de configuração da cadeia traz consigo elementos que precisam ser considerados no contexto da gestão de riscos na cadeia de suprimentos.

Mesmo que existam cenários desta natureza, onde seja necessário avaliar duas estratégias distintas que podem ser adotadas, o importante é tomar alguma ação e não ignorar as possibilidades de riscos potenciais. Sobre isto, Chopra e Sodhi (2014) acrescentam que mesmo quando a adoção de uma estratégia de mitigação de risco parece caro, é importante lembrar que, em longo prazo, não fazer nada pode ser muito mais caro.

Neste contexto, um importante elemento é o estabelecimento de um plano de contingência para a cadeia de suprimentos. Autry e Bobbitt (2008) apontam que o planejamento de continuidade de negócios está alinhado com a gestão do risco da cadeia de suprimentos. Sobre isso, estes autores enfatizam que no contexto da gestão dos riscos, especialmente os riscos de segurança na cadeia de suprimentos, o foco central deva ser o planejamento de continuidade das operações.

Autry e Bobbitt (2008) indicam que um plano de continuidade de uma empresa deve contemplar quatro etapas: sensibilização, plano de prevenção, plano de recuperação e gerenciamento do conhecimento sobre o plano. Observa-se que, este modelo de plano de continuidade é adequado para situações de riscos de segurança, notadamente aqueles que estão relacionados a eventos ambientais, (enchentes, furações, incêndio ou tsunamis) e eventos sociais (doenças e ataques terroristas).

Tendo-se assumido as estratégias e estabelecidas no plano de gestão de riscos da empresa, deve-se seguir para a fase de monitoramento dos riscos, que é descrita na sequência.

2.3.4- Monitoramento dos riscos

A empresa e seu ambiente não são estáticos, assim, a situação de risco pode mudar. Além disso, os fatores de risco já avaliados devem ser monitorizados para identificar as potenciais tendências crescentes na sua probabilidade, severidade, ou em ambos.

Kern *et al.* (2012) indicam que mesmo depois de uma bem sucedida ação sobre os riscos, o monitoramento contínuo faz-se necessário não apenas para controle do risco, mas também para a análise da eficácia das estratégias adotadas, e ajuste de medidas quando isso se fizer necessário.

Da mesma forma, o monitoramento contínuo dos riscos ajuda a prever e lançar luz sobre as áreas potenciais de melhoria e reconhece a contribuição de medidas eficazes tomadas, bem como, as lições aprendidas a partir de incidentes anteriores, possibilitando que novas formas de riscos sejam percebidas com maior facilidade (KERN *et al.*, 2012).

Kern *et al.* (2012) assumem que um processo de monitoramento contínuo de riscos tem um impacto positivo sobre a identificação, avaliação e mitigação dos riscos na cadeia de suprimentos, pois retroalimenta as fases anteriores.

Com relação ao monitoramento, estes autores ainda destacam duas medidas que devem ser analisadas: i) eficácia, que é o resultado da eliminação ou mitigação dos riscos em relação às ações propostas na terceira etapa; e ii) eficiência das ações propostas, que pode ser medida pela perda financeira (caso nenhuma ação fosse tomada) em relação ao gasto financeiro evitado pela contenção do risco.

Afora isto, novos fatores de risco podem surgir, assim, faz-se necessário uma nova varredura para identificar estes novos riscos. Da mesma forma, a probabilidade e o impacto relacionados aos riscos podem se alterar, fazendo com que a priorização dos riscos críticos seja alterada. Em vista destas possibilidades, é necessário monitorar as mudanças para atualizar o risco e sua avaliação correspondente (HALLIKAS *et al.*, 2004).

A Norma ISO 31000:2009 reconhece que, no momento do tratamento dos riscos, uma ação empreendida pode gerar novos riscos ou modificar riscos existentes. Por isso, deve-se monitorar os riscos, de modo, a perceber também este fenômeno.

Da mesma forma, esta norma esclarece ainda que a etapa de monitoramento faz-se necessária para identificar ao que ela chama de risco residual ou risco retido, que é um risco remanescente que não fora identificado na fase inicial de identificação dos riscos.

Existe a possibilidade de uma determinada estratégia utilizada para reduzir um risco específico, ser posteriormente avaliada como uma fonte de risco. Por exemplo, a adoção de

uma fonte única de fornecimento, adotada por uma empresa para mitigar o risco de qualidade, pode representar uma nova fonte de risco, expondo a empresa ao risco de interrupção de fornecimento.

Isto é observado por Bandaly *et al.*(2012), que pontuam que a implementação de algumas estratégias de mitigação podem aumentar a complexidade dos sistemas de cadeia de suprimentos e, consequentemente, agravar a sua exposição ao risco ou outros riscos. Assim, o monitoramento contínuo dos riscos também é útil para identificar os desdobramentos das estratégias de mitigação adotadas.

No Quadro 11, onde estão apresentados modelos e suas etapas de execução por autor, observou-se que alguns modelos não sugerem a fase de monitoramento dos riscos, como etapa final. Pelas observações expostas, pode-se verificar que isto é uma fragilidade nestes modelos.

Isto porque, acredita-se que a fase de monitoramento e controle dos riscos, é importante para garantir a manutenção do modelo, passando este a ser prática gerencial da empresa e cadeia, além de permitir o registro contínuo dos dados relativos aos riscos.

Deste modo, a partir das observações realizadas sobre os modelos de gestão de riscos nas cadeias de suprimentos e suas fases, é possível identificar a ausência da fase de monitoramento dos riscos como uma fragilidade.

No entanto, além dessa fragilidade, foram observadas outras nos modelos de gestão de riscos para cadeia e suprimentos disponíveis na literatura. Uma análise crítica mais sucinta sobre os aspectos considerados frágeis nos modelos de SCRM é apresentada a seguir.

2.4 - ANÁLISE CRÍTICA AOS MODELOS DE GESTÃO DE RISCOS EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS

Foi possível observar uma forte similaridade entre os modelos de gestão de riscos em cadeias de suprimentos. Além disso, pode-se perceber também algumas fragilidades nestes modelos. Entre as fragilidades já identificadas, ressaltou-se a ausência, em alguns modelos das fases de monitoramento e controle como realimentador do processo de gestão de riscos.

Todavia, é possível observar outras fragilidades nestes modelos analisados. Uma das principais fragilidades identificadas diz respeito a visão pontual e simplista que a maioria do modelos assumem, principalmente na fase de identificação e avaliação dos riscos.

Parte das críticas que podem ser feitas está relacionada ao fato de, a maioria dos modelos de gestão de riscos, considerar que os dados necessários para identificação e avaliação dos riscos estão facilmente acessíveis nas empresas.

Sobre isso, Fiksel, Polyviou, Croxton e Pettit (2014) são contundentes em afirmar que a maioria dos modelos de gestão de riscos na cadeia de suprimentos e gestão de continuidade dos negócios confiam demais na possibilidade de identificação total dos riscos, incluindo tanto a possibilidade de identificação de todos os riscos quanto na possibilidade real de mensurar a probabilidade de ocorrência dos riscos e todas as suas consequências.

Isto, na visão destes autores, é uma premissa difícil de ser alcançada na prática, pois uma cadeia de suprimentos global é um sistema complexo e turbulento. Além disso, há a ocorrência de riscos que são desencadeados por eventos improváveis cujas causas não são compreendidas, e seus potenciais efeitos em cascata são difíceis de mensurar, em princípio.

Por estes motivos, segundo estes autores seria impraticável identificar e investigar todos os riscos potenciais que podem acometer suas cadeias de suprimentos.

Reconhecendo esta dificuldade, a Norma ISO 31000:2009 explica que a palavra "probabilidade" é utilizada para referir-se à chance de algo acontecer. No entanto, isso não significa, em sua essência, que isto represente estritamente uma expressão matemática, mas uma dimensão que possa ser definida, medida ou determinada objetiva ou subjetivamente, qualitativa ou quantitativamente.

Desta forma, para a avaliação dos riscos, de acordo com a ISO 31000:2009 faz-se necessário possuir um conjunto de dados históricos a fim de determinar a probabilidade de outro evento de risco ocorrer.

Outras fragilidades observadas nos modelos de gestão de riscos em cadeias de suprimentos estão centradas na visão pontual e simplista ao se assumir que as fases de identificação e avaliação dos riscos podem ser realizadas para riscos e consequências individuais no contexto interno da empresa. Assim, não se considera o efeito de propagação dos riscos ao longo da cadeia, o efeito de geração dos riscos a partir de outros riscos, nem a possibilidade de que um determinado risco possa gerar categorias de impactos distintos.

Pai *et al.* (2003) alertam que se as inter-relações da cadeia de suprimentos e os caminhos de propagação dos riscos não fossem modelados com precisão, poderia resultar em análises de riscos limitadas e incorretas.

Esta mesma observação foi feita ao longo dos anos, pontuando-se os trabahos de Schroder (2009), Yang e Yang (2010), Pfohl, Gallus e Thomas (2011), Ghadge, Dani e Kalawsky (2011), Kayis e Karningsih (2012), Cagliano *et al.* (2012), Punniyamoorthy, Thamaraiselvan e Manikandan (2013), e mais recentemente Heckmann, Comes e Nickel (2015), Habermann, Blackhurst e Metcalf (2015) e Aqlan e Lam (2015).

Yang e Yang (2010) citam que as cadeias de suprimentos possuem dependências mútuas decorrentes dos relacionamentos interorganizacionais existentes entre as empresas. Assim, a falha de qualquer um dos elementos em uma cadeia de suprimentos provoca interrupções para potencialmente todas as empresas localizadas na cadeia.

Assim, percebeu-se que um determinado risco para uma empresa na cadeia de suprimentos pode ser um "evento de risco" para outra empresa. Exemplificando este fato, os autores citam um caso hipotético em que um determinado fornecedor de uma cadeia de suprimentos enfrenta problemas financeiros e, por isso, acabe saindo do negócio, isto pode resultar em um risco de suprimentos para outras empresas que dependam deste fornecimento.

Corroborando com esta opinião Schroder (2009) enfatiza que os riscos possuem relações de causa e efeito, ou seja, um determinado risco pode levar a ocorrência de outros, assim como, pode ser efeito de outros riscos, havendo, uma relação mútua de causa e efeito entre os riscos. A este conjunto de relações, Schroder (2009) denominou de rede de riscos.

Punniyamoorthy, Thamaraiselvan e Manikandan (2013) explicam que na gestão dos riscos no contexto de cadeia de suprimentos, as empresas devem não apenas concentrar esforços nos riscos derivados de suas próprias operações, mas também os riscos que são causados por outros membros da cadeia de suprimentos. Desta maneira, a organização precisa identificar todas as fontes de risco que cobrem toda cadeia de suprimentos para garantir a identificação mais próxima da realidade.

Devido a alta dependência nas cadeias de suprimentos, os riscos da cadeia de suprimentos podem estar conectados entre si. Por isso, a identificação das interdependências é de importância crucial, no sentido de identificar também as possíveis influências existentes (PFOHL, GALLUS e THOMAS, 2011).

Concordando com esta visão, Kayis e Karningsih (2012) afirmam que os riscos não devem ser identificados como um evento isolado, mas as suas inter-relações com outros riscos devem ser observadas para a compreensão de seu impacto sobre toda cadeia de suprimentos.

Assumindo esta perspectiva, Ghadge, Dani e Kalawsky (2011) apontaram o efeito de propagação do risco nas cadeias de suprimentos. Estes autores analisaram a propagação do evento de risco do *tsunami* do Japão em 2011 ao longo de diversas cadeias de suprimentos, ao que eles denominaram de efeito cascata do risco. Ao final desta análise, concluiram que o tsunami no Japão foi responsável por consequências em diversas cadeias de suprimentos de setores automotivos e de eletrônicos, além de impactos significativos no setor energético do país, e na indústria siderúrgica e naval.

A fim de mapear as diferentes classes de impactos Ghadge, Dani e Kalawsky (2011) propõem classes de riscos e impactos de acordo com as categorias de: riscos principais (riscos de propagação dentro da cadeia, afetando processos centrais da cadeia, como compras, produção e logística); riscos secundários (riscos de propagação dentro da cadeia, mas que afeta processos de apoio de suprimentos como finanças, tecnologia, por exemplo); e por fim, riscos terciários (riscos de propagação fora da cadeia afetando aspectos como desequilíbrio ecológico, instabilidade geopolítica e outros riscos a longo prazo).

Ghadge, Dani e Kalawsky (2011) evidenciaram que a falha em um único ponto da cadeia de suprimentos pode causar colapso para toda a cadeia de suprimentos, à montante e a jusante desta. De forma análoga, Heckmann, Comes e Nickel (2015) afirmam que o risco tem efeito cumulativo, de modo que, podem se intensificar à medida que se propagam ao longo dos elos da cadeia de suprimentos.

Habermann, Blackhurst e Metcalf (2015) ao estudarem o risco de ruptura evideciam que uma determinada perturbação pode afetar a funcionalidade de toda cadeia de suprimentos (a montante ou a jusante). Assim, estes autores chamam atenção para a necessidade de compreender o poder propagador do risco de interrupção em toda cadeia de suprimentos.

Da mesma forma, Punniyamoorthy, Thamaraiselvan e Manikandan (2013), afirmam que os riscos na cadeia de suprimentos são frequentemente interligados e, por isso, pode ocorrer de ações que mitigam alguns riscos, mas acabem gerando outros riscos.Assim, uma gestão de riscos na cadeia de suprimentos necessita ser uma abordagem mais global, enxergando as interligações entre os vários riscos na cadeia.

Fiksel, Polyviou, Croxton e Pettit (2014) alertam que a maioria dos modelos de gestão em riscos na cadeia de suprimentos se apóia nas fases de identificação, avaliação, mitigação e monitoramento dos riscos, e que isto, é uma visão simplificada e reducionista da realidade. Pois, cada risco é identificado e tratado de forma independente, e as interações entre os riscos são raramente discutidas.

Concordando com esta visão, Aqlan e Lam (2015) são enfáticos em afirmar que os modelos de gestão de risco tradicionais podem falhar, pois não consideram as interconexões entre os riscos e, por isso, são limitados.

De forma análoga, Cagliano *et al.* (2012) apontam que a maioria das abordagens para gestão dos risco da cadeia de suprimentos está limitada à identificação de áreas de risco ou análise de risco de maneira independente, sem considerar os riscos e impactos relacionados.

Talvez por isso, Aqlan e Lam (2015b) afirmam que os modelos de gestão de risco tradicionais podem apresentar falhas, pois não consideram as interconexões entre os riscos e não possuem uma visão mais abrangente do risco e sua propagação na cadeia.

A não observância das relações de dependência entre os riscos e seus impactos, foi também observada por Cheng e Kam (2008) que afirmam que as avaliações de risco devem considerar as situações em que os eventos de riscos, como por exemplo, grandes perturbações ambientais ou crises financeiras globais, afetam e se propagam simultaneamente por toda cadeia. De maneira contundente, estes autores citam que no ano de 1999, Van Dorp e Duffey consideravam que esta visão simplista do risco independente era inadequada.

Kayis e Karningsih (2012) ao proporem uma ferramenta para identificação dos riscos e suas possíveis interdependências apontaram alguns trabalhos que consideravam a relação entre risco nos seus modelos de gestão de riscos. Estes trabalhos são: Hauser (2003); Hallikas *et al.* (2002, 2004); Gaudenzi e Borghesi (2006); Gaomkar e Viswanadham (2007); Li e Hong (2007); Adhitya *et al.* (2009) e Neiger *et al.* (2009).

Apesar de ser possível pontuar trabalhos que considerem a interdependência entre riscos, percebe-se que este número é bastante limitado. Isto é endossado por Kayis e Karningsih (2012) que afirmam que o número de trabalhos que consideram a interdependência entre riscos é muito pequena em relação à quantidade de trabalhos desenvolvidos na temática do SCRM.

Jereb, Ivanusa e Rosi (2013) indicam que a dependência entre os riscos é uma dimensão crucial que muitas vezes não é considerada ou é ignorada como parte da avaliação de risco. Ademais, verifica-se que além da não observância da interdependência entre riscos e sua propagação ao longo da cadeia, há também fragilidades na fase de avaliação dos riscos. Pois, a avaliação dos riscos acaba por analisar e priorizar um conjunto de riscos, segundo um par de critérios principais: probabilidade e impacto, sem observar, por exemplo, o critério de capacidade de propagação do risco, ou seja, a capacidade de geração de riscos a partir de um risco inicial, ou o impacto cumulativo ao longo da cadeia gerado por um risco único.

Reconhecendo a necessidade de considerar a dependência entre os riscos, Cheng e Kam (2008) pontuam cinco fatores que devem ser avaliados na gestão dos riscos nas cadeias de suprimentos: as condições do risco, os eventos de riscos, o caminho do risco, o efeito propagador do risco e os impactos propriamente ditos. Segundo estes autores, os eventos de risco podem surgir em qualquer elo da cadeia, como também pode ocorrer simultaneamente em elos distintos. Esta simultaneidade pode ou não ser em função da dependência entre os

riscos. Por isso, é importante rastrear o caminho do risco para que estas relações possam ser mapeadas.

Da mesma forma, Cheng e Kam (2008) enfatizam que os eventos de risco podem não ser independentes, como assumem a maioria dos modelos de gestão de riscos em cadeias de suprimentos. Sendo assim, a avaliação do risco deve considerar situações em que eventos, como por exemplo, grandes perturbações ambientais ou crises financeiras globais que afetam simultaneamente vários, ou mesmo todos os componentes da cadeia.

Diante destas observações, alguns modelos de gestão de riscos foram esboçados a fim de considerar a interdependência entre riscos e o desdobramento das consequências. Na sua grande maioria, os modelos de gestão de riscos nas cadeias de suprimentos se apóiam em ferramentas quantitativas para a avaliação dos riscos, tais como Redes Bayesianas e probabilidades condicionais, análise de árvore de falhas, DEMATEL (*Decision Making Trial and Evaluation Laboratory*) e ANP (*Analytic Network Process*). Estas ferramentas são descritas a seguir.

2.4.1–Abordagens que usam redes Bayesianas e probabilidade condicional

Uma das primeiras tentativas de utilizar o conceito de redes Bayesianas na gestão de riscos na cadeia de suprimentos foi descrita por Pai *et al.* (2003). Outros trabalhos explicitaram o uso das redes Bayesianas na gestão dos riscos da cadeia de suprimentos, comoHan e Chen (2007); Kao; Huang e Li (2005); McCormack (2008); Lockamy e McCormack (2010); Lockamy III (2011); Lockamy e McCormack (2012); Lockamy (2014); Amundson *et al.* (2014); Badurdeen *et al.* (2014) e Garvey; Carnovale e Yeniyurt (2015) e Nepal e Yadav (2015).

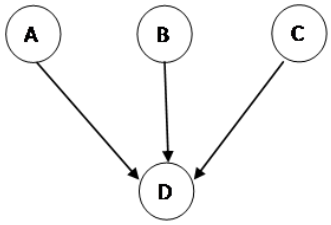
Segundo Lockamy e McCormack (2010) as redes Bayesianas são redes causais representados por gráficos de dependência probabilística baseadas em incerteza, onde os nós representam as variáveis (discretas ou contínuas), e os arcos representam conexões diretas entre os nós. Pai *et al.* (2003) esclarecem que uma rede bayesiana representa uma rede ou crença apresentada na forma gráfica acíclica e dirigida que codifica relações probabilísticas entre os nós de interesse.

Desta forma, as redes Bayesianas fornecem uma metodologia que combinam crenças subjetivas com a evidência disponível. Assim, pode-se prever determinado evento a partir de outro evento, que se sabe interferir no último, e a partir da crença de que estas probabilidades sejam conhecidas (PAI *et al.*, 2003 e LOCKAMY; MCCORMACK, 2010).

Uma rede bayesiana é uma ferramenta para ajudar os especialistas a representar o conhecimento incerto, ambíguo ou incompleto. Consiste em duas partes, uma estrutura gráfica qualitativa dos relacionamentos e uma estrutura quantitativa representado pelas distribuições de probabilidade que são indicados no gráfico (DEMIRER, MAU; SHENOY, 2006).

O primeiro passo na construção de uma rede bayesiana é esboçar o modelo gráfico. O modelo gráfico é, um gráfico acíclico dirigido onde os nós representam as variáveis e arcos direcionados (setas) representam as relações de probabilidade assumidos no modelo. As variáveis e os arcos entre as variáveis são as entradas para o gráfico (DEMIRER, MAU; SHENOY, 2006). Um exemplo de um modelo gráfico é apresentado na Figura 14. Nesta Figura o grafo ilustra quatro nós, onde a variável D é dependente das variáveis A, B e C, que são variáveis independentes.

Figura 14 - Gráfico acíclico direcionado com quatro nós



Fonte: Cowett *et al.* (2009)

Segundo Demirer, Mau e Shenoy (2006) as Redes Bayesianas auxiliam na compreensão do conjunto de relações entre variáveis, mostrando-se uma valiosa ferramenta para ajudar os *experts* para representar a incerteza ou o conhecimento incompleto que possam existir num processo decisório. Pai *et al.* (2003) afirmam que as Redes Bayesianas têm sido adequadas para a gestão de riscos na cadeia de suprimentos dado que lida com a incerteza que é característica intrínseca aos riscos.

As Redes Bayesianas baseiam-se em um conjunto de probabilidades condicionais, assim, as inter-relações existentes entre os eventos de risco são observadas, permitindo o rastreio da propagação dos riscos de um evento para o próximo (AMUNDSON *et al.*, 2014).

A aplicação das Redes Bayesianas para a avaliação dos riscos parte da compreensão de que as probabilidades dos riscos podem estar associadas a outros riscos. Nisto, mostra-se adequado o uso das probabilidades condicionadas ou do Teorema de Bayes. Segundo Lockamy (2014) o teorema de *Bayes* pode ser representado por (1):

$$P(H/E,c) = \frac{P(H/c) \times P(E/H,c)}{P(E/c)} \qquad (1)$$

sendo,

- p (H/E,c) a probabilidade de acontecer a hipótese H considerando as evidências de E e c.
- p (E/c) a probabilidade de acontecer E considerando considerando as experiências passadas apenas de c.
- p (H/c) a probabilidade de acontecer a hipótese H considerando considerando as evidêcias passadas de c.
- p (E/H,c) a probabilidade de acontecer a hipótese E considerando as evidências de H e c.

Garvey, Carnovale e Yeniyurt (2015) apresentam um exemplo de uma cadeia de suprimentos onde os eventos são condicionados, logo, suas probabilidades de ocorrência também são condicionadas. No exemplo apresentado por Garvey, Carnovale e Yeniyurt (2015) as probabilidades dos riscos são calculadas por meio de Bayes, o que permite considerar a relação de inerdependência entre os riscos na cadeia de suprimentos. O exemplo é apresentado por estes autores demonstra como as probabilidades condicionadas são calculadas considerando-se cenários de VERDADEIRO (TRUE) e FALSO (FALSE).

Sobre as Redes Bayesianas, Lockamy (2014) ressalta três premissas principais: 1- As Redes Bayesianas consideram o Teorema de *Bayes* e de probabilidade condicional; 2- a probabilidade de uma hipótese pode ser determinada pela observação de uma evidência; e por fim, 3- a probabilidade a priori é definida pela probabilidade a posteriori.

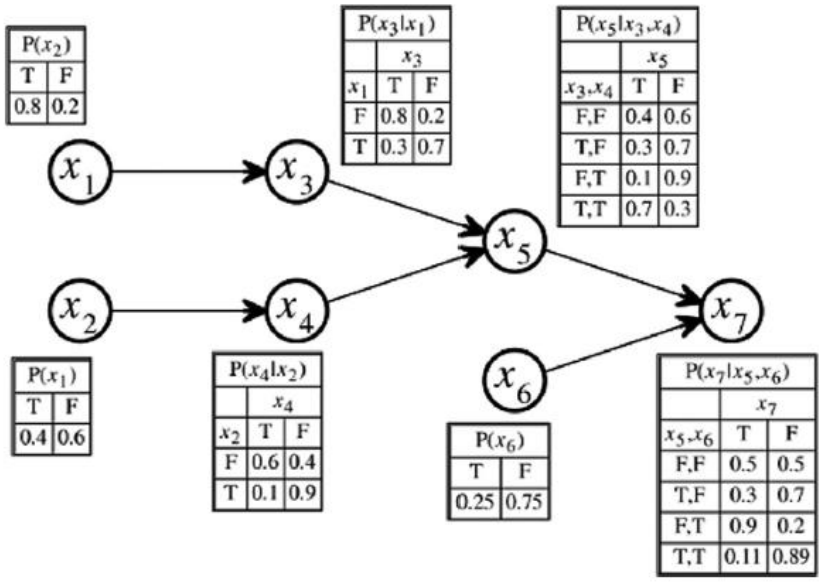
Garvey, Carnovale e Yeniyurt (2015) alertam que o uso das Redes Bayesianas no contexto da gestão de riscos na cadeia de suprimentos deve considerar o atendimento de algumas restrições:

- Toda a cadeia de suprimentos deve ser conhecida;
- Todos os riscos modelados como uma variável randômica binária (FALSO ou VERDADEIRO);
- Todos os possíveis riscos da cadeia de suprimentos foram identificados;
- Dado um conjunto de riscos, todas as relações de dependência entre os riscos foram identificadas;

- Dado um conjunto de riscos, o procedimento para a determinação da estrutura causal dos riscos devem basear-se na estrutura da rede de suprimento;
- Os dados para todos os riscos, incluindo as probabilidades condicionais são mensuráveis;
- A rede resultante permite a inferência probabilística tratável;
- Todos os riscos que dependem de decisões gerenciais são considerados estáticos e segue apenas um único tipo de distribuição estatística.

Um exemplo ilustrativo de uma Rede Bayseana é apresentado na Figura 15, onde a probabilidade do evento X7 é condicionada, e por isso, determinada considerando-se as probabilidades do eventos anteriores X1, X2, X3, X4, X5 e X6.

Figura 15 - Exemplo de uma Rede Bayesiana



Fonte: Garvey, Carnovale e Yeniyurt (2015)

Ressalta-se que, uma dificuldade encontrada para a aplicação das Redes Bayesianas, consiste na mensuração das probabilidades dos riscos, dado que nem sempre esta informação está mensurada e disponível nas empresas.

Sobre isso, Pai *et al.* (2003) indicam que os dados das probabilidades condicionais podem ser derivadas a partir da base de dados históricos, quando esses dados estiverem disponíveis, podendo ainda, serem fruto da avaliação de especialistas, sendo portanto, utilizados julgamentos subjetivos de probabilidade.

Também neste contexto, Demirer, Mau e Shenoy (2006) esclarecem que a dificuldade de possuir dados de probabilidade não deve ser um limitante para o uso da Rede Bayesianas,

pois, segundo estes autores, é melhor ter uma boa representação gráfica do problema de decisão com distribuições de probabilidade aproximadamente corretos do que ter um modelo gráfico imprecisso com distribuições de probabilidade muito precisas.

Para superar estas dificuldades diversos autores como Wu e Olson (2008), Olson e Wu (2011), Cagliano *et al.* (2012), Aqlan e Lam (2015b), Habermann, Blackhurst e Metcalf (2015), Guertler e Spinler (2015) sugerem o uso da simulação para gerar dados aleatórios e simulação de cenários.

Para considerar as dependências entre os riscos, além do uso das Redes Bayesianas os modelos de gestão de riscos em cadeias de suprimentos experimentam também outros métodos que carregam em si conceitos de probabilidade condicionada, sem necessariamente ser o conceito de Redes Bayesianas.

Exemplo disso foi o modelo apresentado por Cheng e Kam (2008) propuseram um modelo de gestão de riscos, no qual, o impacto do risco é estratificado em diferentes camadas da cadeia, mas que mantém redes de relacionamento e de dependência mapeados.

De acordo com estes autores são identificados três níveis de alcance dos impactos do risco: nível 1: a cadeia inteira; neste nível, os impactos de risco têm o potencial para atingir toda a configuração rede; nível 2: parte da cadeia; neste nível, os impactos do risco têm potencial para atingir uma parte da cadeia, envolvendo alguns elos da cadeia; nível 3: elo individual; neste nível os impactos do risco atingem apenas um elo.

Explicando esta categorização, estes autores esclarecem que certas categorias de riscos como eventos ambientais severos irão repercutir em toda rede, estando classificados como riscos nível 1. Nestes casos cabe as empresas elaborarem planos de contingência para garantir a continuidade e aumentar o nível de resiliência. De outro modo, algumas ações podem ser empreendidas para gerenciar riscos, a fim de que riscos níveis 1 ou 2, não se tornem nível 3.

Badurdeen *et al.* (2014) apontam que as Redes Bayesianas são um recurso poderoso para mapear a propagação dos riscos, permitindo investigar as prováveis causas que podem ter levado ao risco, mostrando-se aplicável para mapear as interdependências entre os riscos.

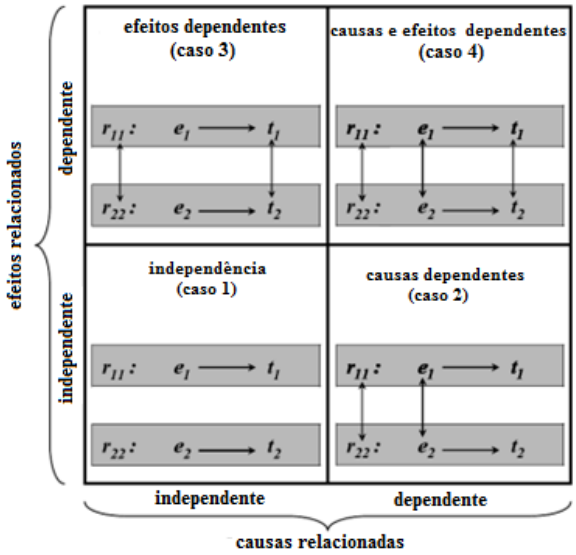
Nesta mesma perspectiva, o trabalho de Schroder (2009) propôs um modelo de gestão de riscos considerando a relação de causa e efeito entre os riscos, utilizando conceitos de probabilidade condicional para mensurar a probabilidade dos eventos combinados. Schroder (2009) considerou as relações de causa e efeito que possam existir entre os riscos na cadeia de suprimentos, oferecendo uma ferramenta para identificar e quantificar esta dependência e o efeito disto na ocorrência dos riscos na cadeia.

No entanto, nesta proposição, Schroder (2009) considera que a relação de causa e efeito deve ser analisada não apenas entre os riscos, mas também entre os impactos que são gerados em decorrência ao risco. Segundo este autor, uma cadeia é dita interrelacionada quando os impactos derivados do risco interagem entre si, bem como, observa-se interação entre os eventos que induzem aos riscos.

Neste sentido, Schroder (2009) faz algumas importantes considerações sobre a relação de causa e efeito que pode haver entre os fenômenos de riscos na cadeia de suprimentos: 1- riscos são ditos independentes quando não se observa interação entre os fatores de indução dos riscos nem nos efeitos destes; 2- Se dois riscos decorrem de um mesmo evento de risco, eles são conectados e as causas destes riscos se relacionam; 3- Dois eventos de indução de risco podem ter efeito sobre as mesmas metas, assim as metas são inter- relacionadas. Neste caso, pode-se considerar que estes riscos possuem relação de causa e efeito; e 4- Considera-se, assim, haver relação de causa e efeito, quando observa-se haver interligação entre os eventos que induzem o risco e entre os impactos derivados dos riscos.

Estas possibilidades de dependência entre os eventos indutores de risco e entre os impactos dos riscos, segundo a visão de Schroder (2009), podem ser melhor visualizadas na Figura 16, na qual observa-se que a dependência pode se dá pela relação entre os riscos e/ou entre o impacto proviniente dos riscos.

Figura 16 - Tipos de relação de dependência entre riscos



Fonte: Schroder (2009)

No entanto, as relações de dependência devem ser vistas não apenas numa visão da empresa, mas de toda cadeia de suprimentos. Por isso, Schroder (2009) apresenta o que ele chama de malha ou rede de risco, que deve ser mapeada para toda cadeia de suprimentos, no

sentido de identificar todas as relações de causa e efeito existentes entre os riscos da cadeia de suprimentos. A visão sobre a rede de riscos, onde são visualizadas as relações de interdependência entre os riscos pode ser visualizada na Figura 16, onde se observa a necessidade de identificar toda relação de dependência que existe entre os riscos que foram previamente identificados na cadeia de suprimentos.

Por considerar que existe uma interdependência entre riscos, Schroder (2009) assume que a probabilidade de ocorrência de um determinado risco (p_e) pode estar relacionada a um outro evento de risco, denotadando uma relação de dependêcia entre o risco e uma causa conhecida. Da mesma forma, o impacto gerado por um determinado risco Δt_j pode também ter relação de dependência com outros impactos, o que indica uma relação de dependência nos efeitos dos riscos. Assim, a rede de riscos registra as relações de causa e efeito que existem entre os riscos e seus impactos correlatos. Seguindo esta visão, Schroder (2009) considera que o riscos podem ser mensurados de acordo com (1):

$$r_{ij} = p_e . \Delta t_j \qquad (2)$$

sendo, r_{ij} o risco, p_e a probabilidade de ocorrência do evento de risco, Δt_j o desvio do impacto do risco.

Além de apresentar uma equação para o cálculo do risco, outra importante contribuição de Schroder (2009) é a proposição de uma ferramenta para determinar a probabilidade de um risco em função da ocorrência de outro risco. Para tal, Schroder (2009) indica a probabilidade condicional como um caminho para calcula o (p_e).

Segundo o autor a probabilidade condicional, a probabilidade de um risco *(i)* muda após o risco *(h)* ter acontecido. Isso porque o resultado de *(i)* é uma das possibilidades de *(h).* Assim, a equação geral para o cálculo da probabilidade condicional entre os eventos *(i)* e *(h)*, onde *(h)* depende de *(i)* é apresentado em (2):

$$P(e_i/e_h) = \frac{p(e_i \cap e_h)}{p(e_h)} \quad , \qquad i \neq h \quad \text{e} \quad (p_h > 0) \qquad (3)$$

sendo, $\boldsymbol{p}$ ($\boldsymbol{e_i}$)a probabilidade de ocorrência do evento de risco *(i),* $\boldsymbol{p}$ ($\boldsymbol{e_h}$) a probabilidade de ocorrência do evento de risco *(h),* $\boldsymbol{p}(\boldsymbol{e_i} \cap \boldsymbol{e_h})$ a probabilidade dos eventos que são comuns aos riscos *(i)* e *(h)*

De acordo com (3), pode-se afirmar que existe dependência entre dois eventos de riscos *(i)* e *(h)*, somente quando $p(e_i|e_h) \geq 1$. Schroder (2009) indica as possibilidades de dependência considerando a aplicação da probabilidade condicional (Quadro 18).

Além da probabilidade condicional e das Redes Bayesianas, que considera os princípios da probabilidade condicional, é possível identificar o uso de outras ferramentas como as árvores de falhas para calcular as probabilidade de eventos combinados, como o que se propõe para a mensuração de riscos dependentes.

Quadro 18- Efeito de dependência entre eventos distintos

GRAU DE DEPENDÊNCIA	**EFEITO de $p(e_i)$ em $p(e_h)$**
Dependência positiva	$p(e_i\|e_h) > p(e_i)$
Dependência equivalente	$p(e_i\|e_h) = 1$
Um evento é parte do outro	$p(e_i\|e_h) = 1$
Dependência negativa	$p(e_i\|e_h) < p(e_i)$
Incompatibilidade de eventos	$p(e_i\|e_h) = 0$
Eventos complementares	$p(e_i\|e_h) = 0$

Fonte: Schroder (2009)

2.4.2–Abordagens que usam a árvores de falhas

O método de análise de árvore de falhas (*Fault Tree Analysis* - FTA) consiste em um processo lógico e dedutivo que, a partir de um evento topo, buscam-se as possíveis causas de um determinado evento por meio do pensamento reverso (SHERWINA; MEDALA; LAPPB, 2016). O FTA é composto por uma avaliação qualitativa para a determinação das falhas que levam ao risco, associado a uma uma avaliação quantitativa para o cálculo da probabilidade de ocorrência do evento.

A árvore de falhas ilustra as interações entre os diferentes eventos usando portas lógicas, a fim de mostrar como os eventos podem levar a uma falha do sistema, isto é, o caminho do risco. Para tal, inicia-se com o evento de topo, a partir do qual a árvore é desenvolvida até o menor nível, passando pelos eventos intermediários até os eventos que terminam os ramos da árvore denominados de eventos básicos (LINDHE *et al.*, 2009).

Segundo Rao *et al.* (2009) o método FTA assume três premissas: a) os eventos são eventos binários; b) os eventos são estatisticamente independentes, e c) a relação entre os eventos são representados por meio de portões lógico booleano (AND/OR).

O FTA conta com portões de lógica booleana para avaliar a probabilidade a partir de combinações de eventos. Além disso, este tipo de modelo é adequado para sistemas de componentes, cada um dos quais têm alguma chance de falha e onde muitos eventos podem conduzir a um problema final (BADURDEEN *et al.*, 2014).

Além disso, Rao *et al.* (2009) afirmam que o FTA é composto por duas etapas, uma primeira qualitativa, que se refere à lógica e análise do evento topo, momento em que este evento topo é desmembrado em eventos de falha e suas relações são mapeadas. Em seguida uma segunda etapa quantitativa, onde as probabilidades atribuídas aos eventos de falhas são mensuradas, a fim de permitir o cálculo final da probabilidade do evento topo.

Segundo Rao *et al.* (2009) o FTA permite muitos benefícios como a identificação da sequência das falhas críticas orientando para a adoção de medidas corretivas ou preventivas mais consistentes. Por meio desta sistemática é possível também a identificação de relações causais dos riscos por fornecer uma visão integrada dos riscos na cadeia.

Na gestão de riscos na cadeia de suprimentos, Rao *et al.* (2009) aplicaram uma combinação de ferramentas de identificação e avaliação de risco, entre elas o FTA, o ETA e o HAZOP para avaliar o risco operacional na perfuração, no transporte primário e refino da cadeia de fornecimento de petróleo. Lindhe *et al.* (2009) aplicam o FTA para avaliação de um sistema de distribuição de água potável. Esta avaliação incluiusituações onde a água não é entregue ao consumidor (falha de quantidade) e situações onde a água é entregue, mas não está em conformidade aos padrões de qualidade (falha de qualidade).

Mais recentemente Kumar e Havey (2013) aplicaram o FTA para a avaliação de riscos ambientais de grande escala, de modo a gerar um quadro de apoio relacionado ao caso do tsunami de 2011 no Japão. Sherwin, Medal e Lapp (2016) aplicaram o FTA para avaliação dos riscos de suprimentos e análise de fornecedores, onde o evento analisado foi a entrega dos fornecedores de produtos/serviços com atraso, por isso além de uma ferramenta para analisar o risco de suprimentos, o modelo proposto servia também para controle dos fornecedores.

Outra aplicação do FTA foi descrita por Aqlan e Lam (2015a). Esses autores apresentam um método denominado nó de gravata que objetiva mapear os riscos os riscos, suas causas e seus desdobramentos. Neste caso, considera-se que é possível mapear a árvore do evento de risco, investigando toda árvore do riscos e calculando os impactos como eventos agregados.

Com base no tipo de relação entre os fatores de risco, tem-se como possibilidades regras do tipo E/OU (OR/AND). Considerando estes cenários, Aqlan e Lam (2015a) indicam que podem ser utilizadas as equações (4) e (5) para agregar os parâmetros de risco:

- para a regra E (AND)

$$P_k(t) = \prod_{i=1}^{N} p_i(t) \qquad (4)$$

- para a regra OU (Or)

$$P_k(t) = 1 - \prod_{i=1}^{N} (1 - p_i(t)) \quad (5)$$

sendo, $\boldsymbol{P_k(t)}$ a probabilidade de ocorrência de evento de risco *k* durante o horizonte de tempo *t*, $\boldsymbol{P_i(t)}$a probabilidade de ocorrência de evento de risco *I*, onde *N* é o número de fatores de risco associados com o evento de risco *k*.

O impacto do evento de risco k pode ser calculado por (6):

$$L_k(t) = \frac{\sum_{i=1}^{N} p_i(t) \cdot l_i(t)}{\sum_{i=1}^{N} p_i(t)} \quad (6)$$

sendo, $\boldsymbol{L_k(t)}$ o impacto do evento de risco *k* combinado durante o horizonte de tempo *t*, $\boldsymbol{P_i(t)}$ a probabilidade de ocorrência de eventos de risco *I*, onde *N* é o número de fatores de risco associados com evento de risco *k*, $\boldsymbol{l_i(t)}$ o impacto individual do evento de risco *I* durante o horizonte de tempo *t*.

2.4.3–Abordagens que usam o DEMATEL

No contexto da gestão de riscos em cadeias de suprimentos que consideram as relações de interdependência entre riscos, ressaltam-se as experiências propostas por Muchfirodin, Guritno e Yuliando (2015), Rajesh e Ravi (2015), Fazli, Mavi e Vosooghidizaji (2015), Muchfirodin, Guritno e Yuliando (2015) e Govindan e Chaudhuri (2016).

Estas pesquisas propuseram o uso de DEMATEL (*Decision Making Trial and Evaluation Laboratory* - Tomada de Decisão por Julgamento e Avaliação Laboratorial) como ferramenta para verificar a existência de dependência entre os riscos.

O DEMATEL é um método matemático que pode identificar as relações de causa e efeito de critérios em um modelo estrutural visual. Além disso, ele pode ser utilizado como um método eficaz para tratar as dependências internas dentro de um conjunto de critérios (FAZLI, MAVI; VOSOOGHIDIZAJI, 2015).

A principal vantagem do DEMATEL envolve relações indiretas dentro de um modelo de causa e efeito (RAJESH; RAVI, 2015). Por isso, mostra-se um método bastante eficaz para analisar a estrutura e as relações entre riscos, podendo ainda priorizar os critérios com base no tipo de relações e da gravidade das influências que eles têm uns sobre os outros.

Uma das vantagens do método DEMATEL apontada por Fazli, Mavi e Vosooghidizaji (2015) é o fato de ser indicado para determinar a causa e efeito de critérios e compreender a

estrutura hierárquica com relações de interdependência. Estes autores explicam os passos a serem seguidos para aplicar o DEMATEL.

Passo 1: Produzir a matriz inicial médio de pontuações.

Para construir esta matriz são utilizados julgamentos de especialistas utilizando uma escala de influência seguindo os seguintes critérios: 0 (não há influência entre os fatores), 1 (baixo influência), 2 (média influência), 3 (alta influência) e 4 (altíssima influência).

Passo 2: Obter a matriz de influência inicial.

A influência da matriz inicial pode ser obtida por meio da normalização média da matriz utilizando (7) e (8):

$$S = m \cdot A \tag{7}$$

$$m = \min\left[\frac{1}{\max_i \sum_{j=1}^{n} |a_{ij}|}, \frac{1}{\max_j \sum_{i=1}^{n} |a_{ij}|}\right] \tag{8}$$

Passo 3: Calcule o total de influência direta da matriz *T*.

A matriz *T* pode ser calculada utilizando-se (9), em que I é a matriz identidade:

$$T = S(I - S)^{-1} \tag{9}$$

Passo 4: Defina um valor limiar e desenhar o mapa de relação.

Para explicar a relação entre os elementos é necessário definir um valor limite "*p*" para filtrar os efeitos óbvios denotados pelos elementos de matriz *T*. Alguns elementos com influência no nível de matriz *T* é maior que o valor limite "*p*", e devem ser selecionados e incluídos no mapa de relações.

2.4.4 – Abordagens que usam o ANP

Na gestão de riscos em cadeias de suprimentos, as relações de dependência entre os riscos podem ainda serem analisadas por meio do ANP (*Analytic Network Process*). Isso foi demonstrado nos trabalhos Soebandrija e Hendryvan (2015), Muchfirodin, Guritno e Yuliando (2015) e Fazli, Mavi e Vosooghidizaji (2015) e Cao e Song (2016).

De acordo com Fazli, Mavi e Vosooghidizaji (2015) O ANP é utilizado para priorizar os riscos considerando as relações de dependências, assim como, determinar os pesos relativos

de cada critério. Isto é possível pela construção de uma matriz, obtida por meio de uma abordagem objetiva e imparcial, utilizando julgamentos de um grupo de especialistas.

Ergu *et al.* (2014) propuseram uma adaptação do ANP para a avaliação de riscos, por considerar o ANP uma ferramenta viável para avaliar os riscos e suportar a tomada de decisão na área de gestão de riscos, considerando as dependências entre os riscos.

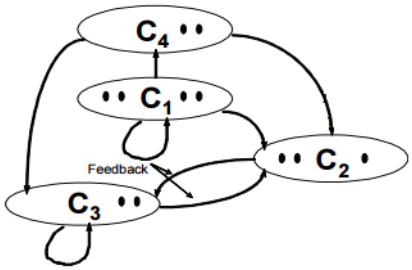
O ANP foi desenvolvido por Thomas Saaty como uma generalização do AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Só que, enquanto este último hierarquiza os critérios por grau de importância considerando estes independentes, o ANP avalia a existência de interação entre os critérios, permitindo identificar as relações de dependências (SAATY, 2008).

Muitos problemas de decisão não podem ser estruturados hierarquicamente porque envolvem a interação e dependência de elementos de nível superior, assim, o AHP mostra-se inadequado. Por isso, Saaty (2008) desenvolveu o ANP para problemas complexos onde se deseja identificar as interdependências entre os elementos de decisão numa estrutura de rede.

Saaty (2008) explica que a estrutura de *feedback* não tem a forma de cima para baixo, como preconiza o AHP, mas apresenta-se como uma rede, com *clusters* e *links* que ligam os *clusters* entre si. Assim, para o ANP o problema de decisão é estruturado na forma de redes. Neste caso, os *clusters* de decisão e elementos são conectados através de *links* de rede que expressam as dependências entre os clusters e os elementos.

As dependências entre elementos no mesmo *cluster* representam dependências internas, enquanto as dependências entre os elementos em um *cluster* e aqueles em um *cluster* diferente representam dependências externas. Isto pode ser visualizado na Figura 17. Saaty (2008) explica que ficam evidenciados dois tipos de dependências: a externa, representada pelos *links* entre os clusters C2 e C4 e C4 e C3, e a interna, representada pelos *links* dentro dos clusters, como observado dentro do cluster C1 e C3.

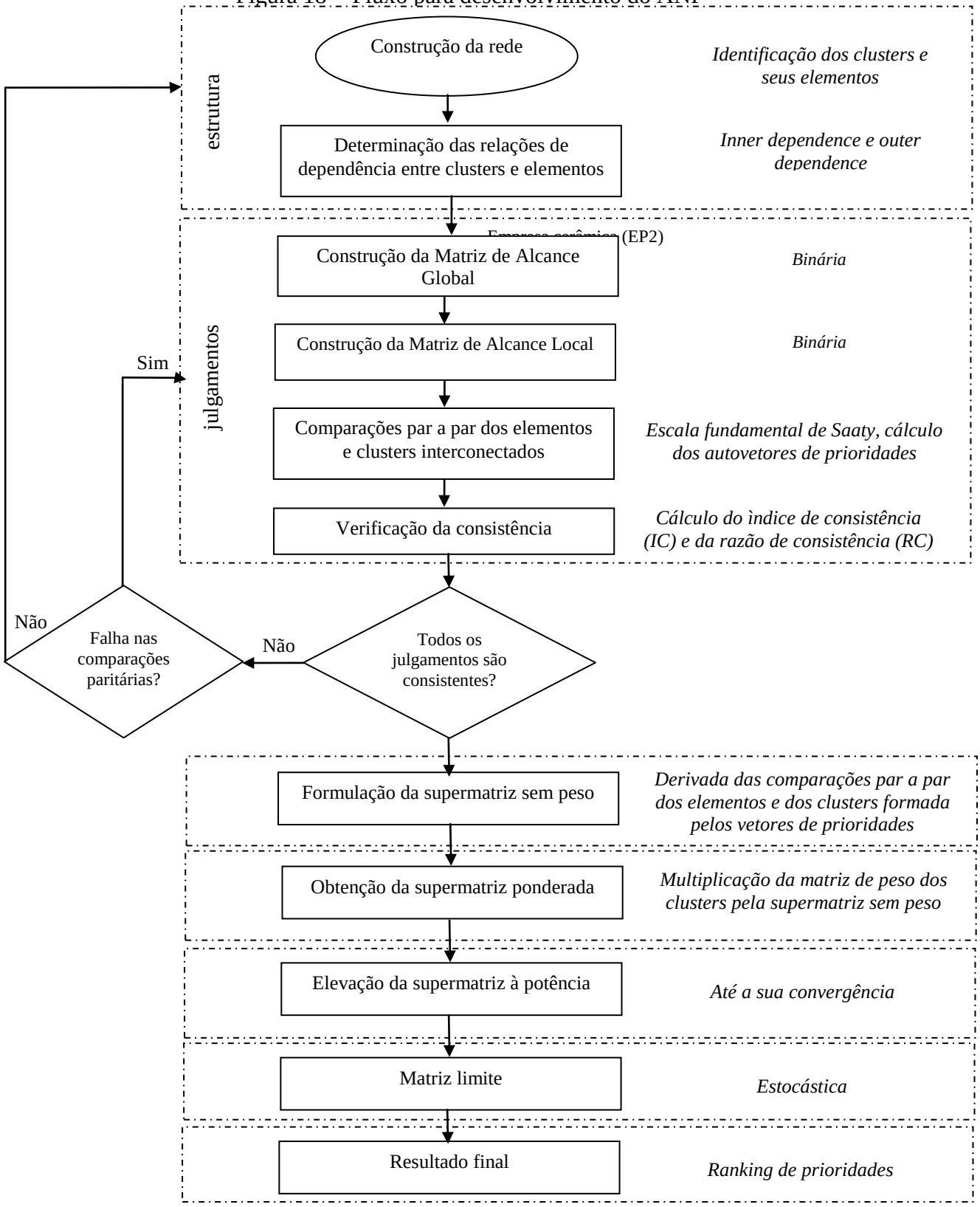
Figura 17 - Tipos de relação identificadas pelo ANP



Fonte: Adaptado de Saaty (2008)

Nascimento *et al.* (2008) apresentaram um fluxo bastante claro do passo a passo para a aplicação do ANP. Este fluxo é apresentado na Figura 18.

Figura 18 - Fluxo para desenvolvimento do ANP



Fonte: Adaptado de Nascimento *et al.* (2008)

Passo 1: Construção da estrutura da rede

Todos os elementos que afetam a decisão devem ser agrupados em "*clusters*". Esses *clusters* do problema de decisão devem ser mapeados de forma clara, e posteriormente, decompostos em componentes. Em outras palavras, o problema de decisão deve ser construído para apresentar uma evidente descrição do problema e separá-lo em uma estrutura de relações de rede (NASCIMENTO *et al.*, 2008).

Para tal, deve-se estruturar o problema, que consiste em definir o objetivo do processo decisório em *clusters* ou grupos, elementos ou nós, assim como, as alternativas para resolução do problema. Na sequência, deve-se construir a rede, que consiste na identificação da rede de grupos e elementos e estabelecer asrelações de dependência.

Passo 2: Julgamentos e comparações par a par

Os julgamentos do ANP são realizados usando julgamentos paritários. Para fazer estes julgamentos e não incorrer no uso de uma pontuação arbitrária deve-se fazer comparações em pares e recíprocas, seguindo a escala fundamental estabelecidas por Saaty (2008) (Tabela 5).

Tabela 5- Escala fundamental de Saaty

INTENSIDADE DE IMPORTÂNCIA	DEFINIÇÃO	EXPLICAÇÃO
1	Igual Importância	Ambas contribuem igualmente ao objetivo.
2	Fraca ou leve importância	
3	Moderada importância	Experiência e julgamento levemente favoráveis a uma atividade sobre a outra.
4	Mais moderado	
5	Forte Importância	Experiência e julgamento fortemente favoráveis a uma atividade sobre a outra.
6	Mais forte Importância	
7	Muito forte ou importância demonstrada	Uma atividade é favorecida fortemente sobre a outra; seu domínio é demonstrado na prática.
8	Muitíssimo forte	
9	Extrema importância	A evidência favorecendo uma atividade sobre a outra é de uma afirmação da mais alta ordem possível.
1.1 à 1.9	Quando atividades são muito próximas, um decimal é adicionado a 1 para mostrar a diferença como apropriado.	Para comparar duas atividades muito próximas pode ser útil utilizar decimais favorecendo a atividade maior um pouco mais do que a atividade menos, usando valores de 1 a 9.
Recíproco dos valores acima	Se atividade *i* tem um número acima assinalado a ele (diferente de zero) quando comparado com a atividade *j*, então *j* tem o valor recíproco quando comparado com *i*.	Um pressuposto lógico.

Fonte: Saaty (2008)

Os julgamentos para a construção das matrizes do ANP, segue o mesmo processo realizado pelo método AHP. As comparações são feitas em dois casos: entre elementos de cada *cluster* e entre os *clusters*.

Os valores julgados na comparação dos elementos são apresentados em forma de matriz como ilustrada na Figura 19, onde os julgamentos devem obedecer a reciprocidade de $a_{ij} = 1/a_{ji}$, i, j = 1, 2, …, *n.*

Figura 19 - Matriz de julgamentos

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ & \vdots & 1 & & \vdots \\ \vdots & 1/a_{ij} & \vdots & \ddots & \vdots \\ & \dots & & & 1 \end{bmatrix}$$

Fonte: Zhu *et al. (*2015)

Salienta-se que, a maior parte da tomada de decisão em grupo, onde se aplica o ANP, visa obter a preferência do grupo pela agregação das preferências individuais. Assim, a matriz de julgamentos deve ser o resultado da agregação dos julgamentos individuais.

A literatura apresenta dois métodos de agregação que são os mais amplamente utilizados para a síntese das prioridades do grupo em decisões em grupo: agregação dos julgamentos individuais (A_{ij}) e agregação das prioridades individuais (A_{ip}).

Forman e Peniwati (1998) argumentaram que (A_{ij}) e (A_{ip}) são filosoficamente distintas. Enquanto, o (A_{ij}) é indicado para grupos que tem a intenção de se comportar como uma unidade sinérgica e homogênea, o (A_{ip}) é indicado para grupos de indivíduos, sem homogeneidade.

Ainda segundo Forman e Peniwati (1998), parao (A_{ij}) trata-se o grupo como um novo "indivíduo", assim, exige-se a satisfação da condição de reciprocidade para os julgamentos. Nesse caso, a média geométrica satisfaz o princípio de Pareto (condição de unanimidade ede homogeneidade). O (A_{ip}) por considerar grupos de indivíduos distintos, a reciprocidade dos julgamentos dificilmenete será alcançada, assim, a média aritmética ou média geométrica pode ser usado para agregar as prioridades dos indivíduos.

A média geométrica é representada por $\sqrt[n]{\prod_{i=1}^{n} A_i}$. De uma maneira geral, os autores concluem que a média geométrica para o (A_{ij}) satisfaz a exigência de reciprocidade,

implicando em uma agregação sinérgica de preferências individuais, de tal maneira que o grupo se torna-se um novo "indivíduo" e se comporta como um.

De posse dos julgamentos, deve-se proceder ao cálculo dos autovalores de prioridades e da matriz de peso dos *clusters*. O cálculo dos autovalores de prioridades deve seguir a sequência de cálculos matemáticos apresentados no método AHP. A matriz de peso dos *clusters* é composta pelos autovetores de prioridade conseguidos por meio da comparação entre *clusters.*

O método AHP, e portanto, o ANP admite que a inconsistência pode ser inerente ao comportamento humano. Saaty (1980) propõe o seguinte procedimento para o cálculo da Razão de Consistência (RC):

a) Estima-se inicialmente o autovalor ($\lambda_{máximo}$). A estimativa pode ser realizada pela seguinte equação: $\lambda_{máximo}$ = w.v, onde *w* é calculado pela soma das colunas da matriz de comparaçõese o vetor prioridade v;

b) Calcula-se então, o Índice de Consistência (IC, por meio da seguinte expressão: IC = ($\lambda_{máximo}$ - n)/(n – 1), onde n repersenta o número de ordem da matriz.

c) Calcula-se a Razão de Consistência (RC) por meio da razão entre o IC e um índice de Consistência Aleatória (CA), dada pela seguinte equação: RC = IC / CA. Para a determinação do CA utiliza-se os valores determinados em função da ordem da matriz conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6- Valores de CA, em função da ordem da matriz

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CA	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,59

Fonte: Zhu *et al.* (2015)

Considera-se aceitável uma razão de consistência menor que 0,10, isto é, quando o valor de IC for 10% ou menos do que o respectivo índice aleatório. No caso do índice de consistência se mostrar insatisfatório, as comparações referentes a esta matriz deverão ser revistas novamente (SAATY, 1980).

Passo 3: Desenvolvimento algébrico

O desenvolvimento algébrico consiste na construção das matrizes. Algebricamente a supermatriz é apresentada tal qual ilustra a Figura 20.

Figura 20 - Supermatriz do ANP

$$Wij = \begin{bmatrix} W_{i1}^{j1} & W_{i1}^{j2} & \cdots & W_{i1}^{jn} \\ W_{i2}^{j1} & W_{i2}^{j2} & \cdots & W_{i2}^{jn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ W_{in}^{j1} & W_{in}^{j2} & \cdots & W_{in}^{jn} \end{bmatrix}$$

Fonte: Zhu *et al. (*2015)

Inicialmente deve-se construir duas matrizes, uma de alcance global e outra de alcance local, como os exemplos apresentadas nas Tabelas 7 e 8, respectivamente.

A matriz de alcance global é uma matriz binária que apresenta a existência ou não de dependência entre os *clusters*, denotada pelos núneros 1 e o valor 0 (zero), sendo este último um indicativo de não depedência. Nas Tabelas 7 e 8, por exemplo, observa-se não haver dependência entre os critérios, ao passo que, indica-se haver dependência entre os critérios e as alternativas. A matriz de alcance local do ANP é composta pelos vetores de prioridade posicionados em colunas e obtidos a partir das comparações par a par advindas das relações de dependência entre os elementos.

Tabela 7 - Matriz de alcance global do ANP

Grupos	Critérios	Alternativas
Critérios	0	1
Alternativas	1	1

Fonte: Nascimento *et al.* (2008)

Tabela 8 - Matriz de alcance local do ANP

Elementos	C1	C2	...	Cn	A1	A2	...	An
C1	0	0	0	0	1	1	1	1
C2	0	0	0	0	1	1	1	1
...	0	0	0	0	1	1	1	1
Cn	0	0	0	0	1	1	1	1
A1	1	1	1	1	1	1	1	1
A2	1	1	1	1	1	1	1	1
...	1	1	1	1	1	1	1	1
Na	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Nascimento *et al.* (2008)

As interações entre os elementos deverão ser avaliados por comparações par a par (pareada). Especialistas são convidados a responder a uma série de comparações entre pares de critérios e alternativas. Isso é feito por meio da pergunta: “Qual a importância/ influência de um determinado critério (risco A) comparativamente a outro critério (risco b) com respeito

a nossos interesses ou preferências?" O valor de importância relativa de cada componente pode ser determinada por meio da escala fundamental do Saaty apresentada naTabela 5.

Após a construção destas supermatrizes, deve-se obter a Supermatriz Ponderada. Isto é feito por meio da multiplicação entre a matriz ponderada dos *clusters* (matriz de alcance global) e a supermatriz de alcance local. A soma dos elementos de cada coluna deve dar 1.

Obtida a matriz ponderada, verifica-se a estocasticidade desta. Caso a supermatriz ponderada seja não estocástica em relação às colunas (soma dos valores de cada coluna deve dar 1 para ser estocástica) deve ser normalizada em relação as colunas, fazendo-a tornar-se estocástica. Atendendo-se a este critério de estocasticidade, deve-se obter a matriz limite a partir da supermatriz ponderada. Assim, a supermatriz ponderada é submetida à potencialização até sua convergência, isto é, quando todas as colunas da matriz mantêm os mesmos valores, mesmo que se force nova potencialização. A Matriz Limite possibilita observar o resultado final e também deve ser estocástica em relação às colunas, assim o somatório das colunas deve ser igual a 1. Ao final destes cálculos, a matriz final é construída e obtém-se o *ranking* das prioridades das alternativas, na qual está inserida as interações entre os *clusters* e da rede.

2.5 - CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Após o levantamento teórico realizado verifica-se que existem um rico arcabouço teórico sobre gestão de riscos na cadeia de suprimentos. São muitos os modelos, técnicas e ferramentas de gestão utilizadas para a gestão dos riscos nas cadeias de suprimentos.

Verificou-se ainda que existe muita controvérsia sobre alguns aspectos, como a medida da probabilidade do risco como um medida meramente quantitativa, ou ainda o uso exclusivo de especialistas para auxiliar na medida da probabilidade e do impacto do risco.

Diante da grande diversividade e destas discussões, e norteando-se pelo objetivo de pesquisa proposto nesta pesquisa, assumiu-se adotar um conjunto de técnicas e ferramentas que posibilitem incorporar a dependência e o interrelacionamento entre os riscos e elos na cadeia de suprimentos estudada. Neste contexto, optou-se por considerar a fase de avaliação do risco com a mais crítica, e portanto, sobre ela esta pesquisa teria seu foco principal. Por isso, a fase de identificação dos riscos considerou a utilização generalista das tipologias de risco, como apresentado no Quadro 12. Já na fase de avaliação dos riscos assumiu-se o uso combinado de três técnicas, o ANP, a Simulação Monte Carlo e as Redes Bayesianas conforme foi descrito nas seções 2.4.1 e 2.44.

CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E MÉTODOS

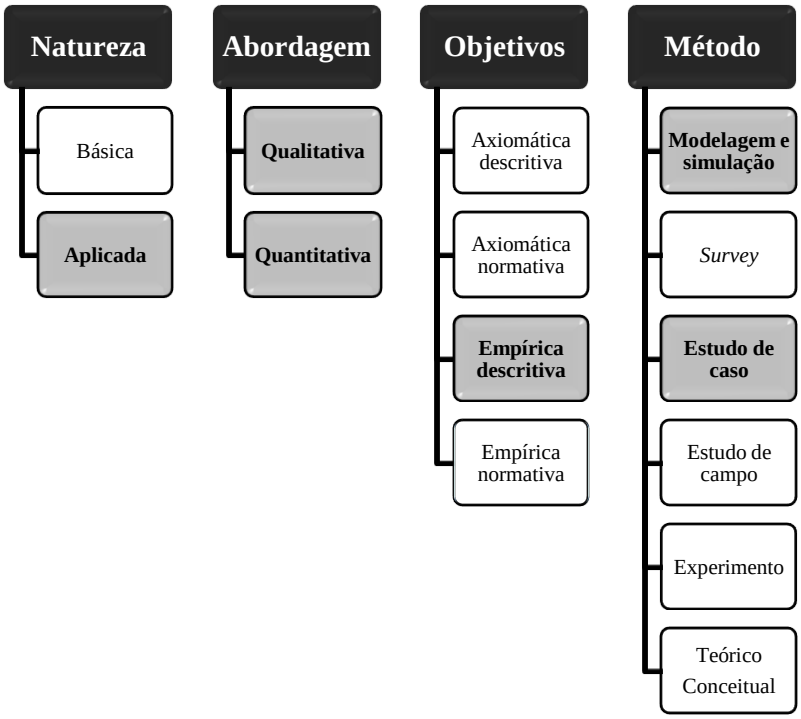
Neste capítulo é descrito o método que foi utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa, incluindo as fases da pesquisa, a coleta e tratamento dos dados e as ferramentas empregadas.

3.1- CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Uma pesquisa científica pode ser classificada sob diferentes aspectos: natureza, forma de abordagem, objetivos e método utilizado. Cada um desses aspectos determinam características da pesquisa, delineando o escopo desta. As subclassificações destes critérios, bem como a classificação da pesquisa proposta é apresentada na Figura 21.

Observa-se na Figura 21 que a pesquisa proposta, segundo a natureza da pesquisa é classificada como aplicada, pois é uma pesquisa voltada para a solução de um problema específico, a gestão dos riscos considerando suas interdependências em uma cadeia de suprimentos de gás canalizado.

Figura 21- Classificação da pesquisa



Fonte: Elaboração própria (2016)

Segundo a abordagem, a pesquisa é delineada como uma pesquisa quali-quanti. Enquanto a primeira fase da pesquisa, qualitativa se apóia em opiniões subjetivas dos sujeitos

de pesquisa (especialistas das empresas) sobre o fenômeno estudado (a identificação dos riscos, suas causas, probabilidade e impacto), a segunda fase, é qualitativa e quantitativa, por se apoiar em crenças de probabilidades, mas também em dados gerados por simulação computacional (avaliação dos riscos).

Em relação aos objetivos, a pesquisa enquadra-se como uma pesquisa empírica descritiva, de acordo com a classificação proposta por Bertrand e Fransoo (2002), sobre pesquisa quantitativa. Segundo esta classificação, uma pesquisa é dita empírica quando é dirigida por descobertas e medidas empíricas, onde a preocupação principal do pesquisador é assegurar que existe adesão entre as observações e ações na realidade e o modelo elaborado daquela realidade (MORABITO; PUREZA, 2010). Da mesma forma, uma pesquisa quantitativa empírica é descritiva quando está principalmente interessada em criar um modelo que descreve de forma adequada as relações causais que podem existir na realidade, o que leva a uma compreensão dos processos reais.

Por fim, em relação ao método adotado, a pesquisa realizada adotou o estudo de caso, a modelagem e simulação como métodos para a realização da pesquisa. Enquanto o estudo de caso foi utilizado na fase de identificação dos riscos nos elos da cadeia de suprimentos, a modelagem e simulação foram utilizadas na fase de avaliação dos riscos, momento em que foi modelado o cenário de ocorrência dos riscos, e via simulação foram testados os cenários de probabilidade dos riscos dependentes. Além disso, o estudo de caso permitiu testar a sistemática proposta, possibilitando verificar as limitações existentes e os avanços que o modelo teórico promoveram na teoria existente.

Como a fase de exploração teórica é quem permite a compreensão do fenômeno e a identificação das lacunas teóricas existentes, segue-se com a apresentação do procedimento utilizado para o levantamento da teoria utilizada como referencial nesta pesquisa.

3.2- DESCRIÇÃO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

O levantamento teórico da pesquisa é uma fase essencial, dado que nesta fase tem-se a compreensão do fenômeno estudado, identifica-se o grau de desenvolvimento da teoria existente, as lacunas teóricas que possam existir direcionando os pontos de avanços possíveis.

A identificação do estágio atual do conhecimento sobre uma determinada área científica, seja ele teórico ou empírico, é tido como um aspecto crítico (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003).

É importante que um trabalho científico adote um método sistemático para a coleta dos trabalhos nas diversas bases científicas existentes. Isto porque, há uma grande disponibilidade de literatura e facilidade de acesso, sendo o maior desafio fazer a escolha da literatura que servirá para fundamentar a pesquisa em desenvolvimento. Dessa forma, deve-se pensar em idealizar um método sistemático para o levantamento da teoria existente.

Neste aspecto, Vilela (2012) aponta que diante da dificuldade existente para encontrar um método que sistematize a atividade de pesquisa nas bases de dados para busca de material de reconhecimento científico, justifica-se o uso de uma revisão sistemática no levantamento do portfólio bibliográfico. Tranfield, Denyer e Smart (2003) afirmam que a revisão da literatura precisa ser sistemática, a fim de que, seja considerada efetiva e não tendenciosa na escolha dos trabalhos científicos mais relevantes. Isto significa que a revisão da literatura deve se basear em um processo estruturado e transparente.

Historiando o surgimento da revisão sistemática, Tranfield, Denyer e Smart (2003) retratam que o procedimento de revisão sistemática surgiu da necessidade de uma melhor investigação nas pesquisas da área médica no Reino Unido, tendo se espalhado por outras áreas científicas, principalmente as ciências sociais, incluindo a pesquisa na área de gestão.

Thorpe *et al.* (2005) indicam que uma revisão sistemática deve garantir os seguintes princípios: transparência, clareza, foco, unidade, igualdade, acessibilidade, cobertura e síntese. Ao seguir tais princípios, espera-se que uma revisão sistemática da teoria ajude a identificar a relevância dos trabalhos disponíveis, evitar a repetição inútil de esforços, colaborar com as futuras pesquisas para as perguntas e preocupações que foram levantadas em pesquisas anteriores e melhorar os métodos usados anteriormente.

Thorpe *et al.* (2005) ainda apresentam um modelo teórico para realizar revisão sistemática da literatura, que inclui as seguintes etapas: 1- Estágio 1 (Pesquisa dos títulos nas bases científicas); 2- Estágio 2 (Análise dos títulos e exclusão dos títulos repetidos); 3- Estágio 3 (Uso das palavras-chave e sequência de pesquisa para exclusão de outros títulos); e 4- Estágio 4 (Análise da relevância dos títulos).

Vilela (2012) apresenta um método sistêmico que é realizado a partir das seguintes fases: 1- Estágio 1 (Seleção de *portfólio* bibliográfico) e 2- Estágio 2 (Análise bibliométrica). A primeira fase corresponde à busca de material científico nas bases de dados. Nesta fase, inicialmente definem-se as palavras-chave sobre o tema de pesquisa na língua inglesa de acordo com o eixo de pesquisa. Na sequência, as bases de dados são definidas, de onde parte-se para a procura efetiva dos artigos. Ao final desta fase, forma-se um grande conjunto de artigos, ao qual se denomina banco de artigos bruto, que necessita passar por filtros que

permitirão que os artigos relevantes sejam identificados. Este é o objetivo da segunda fase, a análise bibliométrica. Nesta, a partir de diversos critérios, como: publicações, autores, citações, periódicos e bases de dados, os artigos são avaliados e filtrados, de modo que se obtenha apenas um conjunto elegível de artigos que comporão o *portfólio* final.

Assumindo o modelo de Thorpe *et al.* (2005) como modelo de revisão sistemática adotou-se uma revisão sistemática com as etapas indicadas na Figura 22. Nesta Figura, observa-se que o método sistemático definido adota as seguintes etapas: 1- Estágio 1 (Definição do escopo da pesquisa); 2- Estágio 2 (Definição do conjunto bruto de artigos); 3- Estágio 3 (Definição do conjunto filtrado de artigos); 4- Estágio 4 (Análise de relevância). A seguir são descritos os estágios da revisão sistemática a ser seguido nesta pesquisa.

Figura 22- Modelo para condução sistemática do levantamento teórico

Fonte: Elaboração própria

Estágio 1 – Definição do escopo da pesquisa

Para a escolha das bases científicas, buscou-se no portal de periódicos Capes a lista de bases na área de Engenharia, subárea Engenharia de Produção, Higiene e Segurança do Trabalho. Nesta busca foram encontradas 22 bases das quais foram identificadas oito bases que possuem alinhamento com a área de interesse de pesquisa. Destas, foram identificadas oito bases que possuem maior aderência com a área de pesquisa e maior número de periódicos indexados a elas. As três bases escolhidas foram ISI *Web of Science*, *Scopus*, e *Science Direct*.

É importante ainda na definição do escopo da pesquisa a definição das palavras-chave. Para a definição das palavras-chave foi necessário identificar, inicialmente os eixos de

pesquisa. Para os eixos foram selecionadas palavras em inglês. A partir desta busca escolheu-se a palavra chave "*Supply Chain Risk Management*" (entre aspas), por considerar que o eixo da pesquisa deve ser generalista, pois o objetivo desta pesquisa considera que o escopo a ser estudado é a gestão dos riscos em uma cadeia de suprimentos e não alguma característica deste fenômeno em particular, como resiliência, continuidade ou vulnerabilidade, por exemplo. Esta mesma estratégia de busca de artigos foi usada por Ceryno *et al.* (2013) e Vanany, Zailani e Pujawan (2009), por considerar que esta palavra melhor representava o fenômeno em si, e não aspectos que se relacionam com este. Buscou-se pela palavra-chave no título do artigo, resumo e nas palavras-chaves.

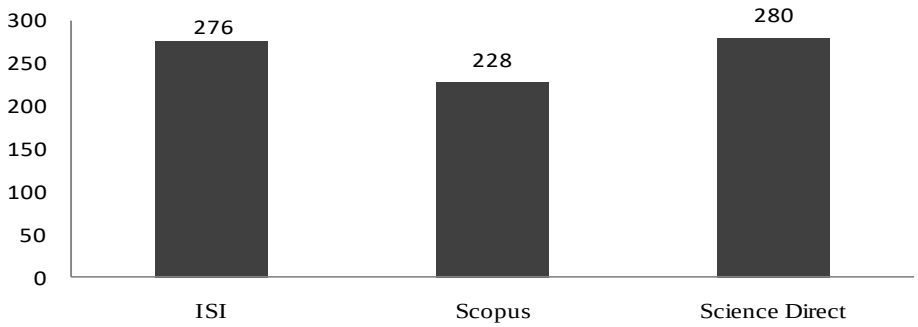
Estágio 2 – Definição do conjunto bruto de artigos

A partir da definição do escopo da pesquisa, ou seja, das bases de dados e palavras-chave de busca, segue-se para a pesquisa dos artigos propriamente dita. Acessando os *sites* das diferentes bases, efetivou-se a busca dos artigos. As características de busca contemplam a busca de títulos na língua inglesa, no período compreendido entre 2000 a 2016. O ano de 2000 foi definido como ponto de partida por se entender que as pesquisas mais relevantes no SCRM ocorrem a partir deste ano, como indicam Ghadge, Dani e Kalawsky (2012).

Entende-se ainda que, os fatores de riscos no âmbito das cadeias de suprimentos passaram a ser mais críticos a partir dos anos 2000, em virtude de uma série de fatores de vulnerabilidade como globalização, terceirização, ao maior uso de operações enxutas e ágeis, a maior incidência de ataques terroristas e maior influência dos eventos ambientais na ruptura das cadeias, dado à adoção das cadeias globais.

Além disso, no intuito de alcançar o maior número de artigos direcionou-se a busca pela procura da palavra chave nos títulos, palavras-chave ou resumo (*Scopus e Science Direct)* e nos tópicos dos artigos (ISI). Assumiu-se isto, pois se tinha o interesse de coletar o número máximo de artigos que tratassem sobre a temática do SCRM. Nesta busca inicial obteve-se um quantitativo de 784 artigos. Este quantitativo corresponde ao que se denominou de conjunto bruto de artigos. A distribuição dos artigos por base é apresentada na Figura 23.

Figura 23- Conjunto de artigos brutos encontrados nas base de dados



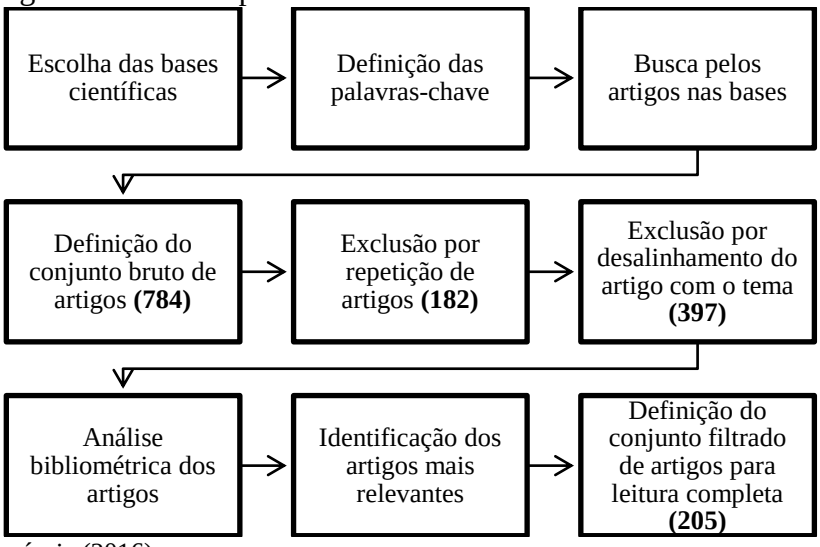
Fonte: Elaboração própria (2016)

Estágio 3 – Definição do conjunto filtrado de artigos

Definido o conjunto bruto de artigos fez-se a seleção deste conjunto para que fosse verificado o alinhamento dos artigos selecionados com o tema de pesquisa, bem como a identificação e exclusão dos artigos repetidos.

Esta seleção iniciou-se pela identificação dos títulos repetidos. Utilizando a plataforma *EndNote*^{TM} *basic* (http://www.myendnoteweb.com/EndNoteWeb.htm) fez-se a exclusão de 182 artigos repetidos, obtendo-se 602 artigos. Além dessa primeira filtragem, passou-se à exclusão dos artigos que não estavam alinhados ao tema da pesquisa. Pelas informações contidas no título e no resumo, e considerando-se que, o artigo não possuía o alinhamento com o tema de pesquisa o artigo era descartado. Nesta fase foram descartados 397 artigos, o que resultou em 205 artigos finais que foram lidos em sua totalidade e que compõem o conjunto filtrado de artigos. A Figura 24 apresenta ométodo sistemático adotado.

Figura 24- Roteiro para o levantamento sistemática da literatura



Fonte: Elaboração própria (2016)

É válido observar que o grande quantitativo de exclusão por desalinhamento ocorreu em virtude de duas razões: 1- o fato da palavra-chave ser genérica, e 2- buscar-se esta palavra chave no título, palavra chave, resumo, em todo conteúdo do artigo, em todo conteúdo do artigo ou nos tópicos do artigo. Assim, qualquer artigo que tenha o termo "*supply chain risk management*" passou a compor o conjunto bruto de artigos.

A escolha por uma palavra chave genérica foi importante, pois, considerou-se que no momento da coleta dos artigos devia-se identificar o maior número de trabalhos. No entanto, neste processo, pode ocorrer de serem capturados artigos que não estão totalmente alinhados ao tema específico, fato que potencializa o número de artigos excluídos.

Estágio 4 – Análise de relevância

Após a filtragem dos artigos, momento em que foram identificando aqueles artigos alinhados ao tema de pesquisa, considerou-se necessário observar a relevância destes artigos, fazendo-se uma última análise nos artigos do portfólio existente.

Uma maneira de determinar a relevância dos trabalhos pode ser feito por meio do método denominado bibliometria. Segundo Araújo (2006) a bibliometria é uma técnica quantitativa de medição dos índices de produção e disseminação do conhecimento científico.

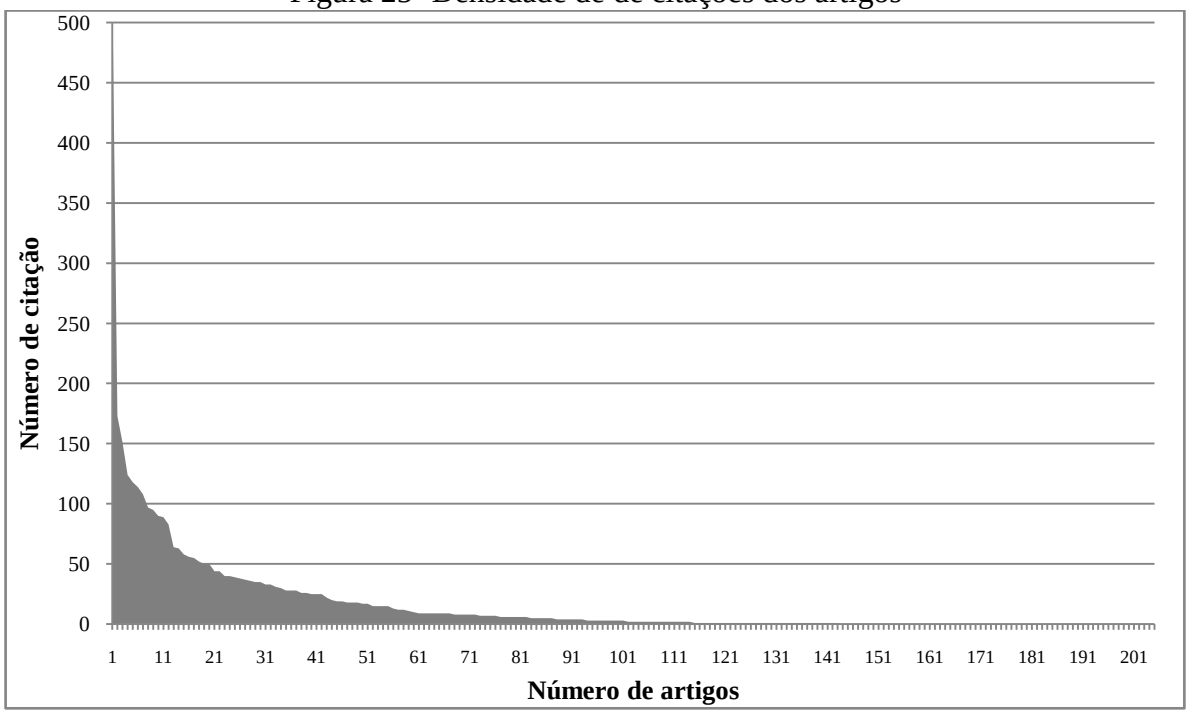
Paulista *et al.* (2010) indicam que a análise bibliométrica pode ser feita por duas técnicas: a citação e a cocitação. A análise de citação parte da premissa de que autores citam artigos que consideram mais importantes no desenvolvimento de seus estudos. Assim, trabalhos com maior número de citação são provavelmente os que possuem maior impacto na área. Desta forma, a técnica de citação, vai avaliar os trabalhos com o maior número de citações, considerando que estes trabalhos são os principais trabalhos da área.

Para o conjunto filtrado de artigos foi feita uma análise bibliométrica utilizando a citação dos artigos classificados na plataforma *EndNote*. A Figura 25 apresenta a densidade de citação do conjunto dos 205 artigos do conjunto filtrado até a data de 16 de Janeiro de 2017. Nesta Figura percebe-se que o número de artigos que possui citação é muito pequeno em relação ao número total de artigos. Percebe-se haver uma forte concentração de citação em um número pequeno de artigos, sendo que a maioria dos artigos ainda não teve citação, principalmente por se tratar de artigos recentemente publicados.

A análise da distribuição dos artigos mais citados por ano pode ser visualizado na Figura 26, onde se percebe que as maiores concentração de citação nos anos de 2006 e 2008, que representam os artigos com maior número de citação até o momento, Tang (2006) e

Manuj e Mentzer (2008a) e Manuj e Mentzer (2008b), respectivamente com 466, 147 e 129 citações. A Figura 27 apresenta uma análise de relevância, onde estão elencados os artigos com maior número de citação entre os artigos pesquisados; nela estão elencados os artigos que representam 90% do número total de citação do portfólio final de artigos.

Figura 25- Densidade de de citações dos artigos

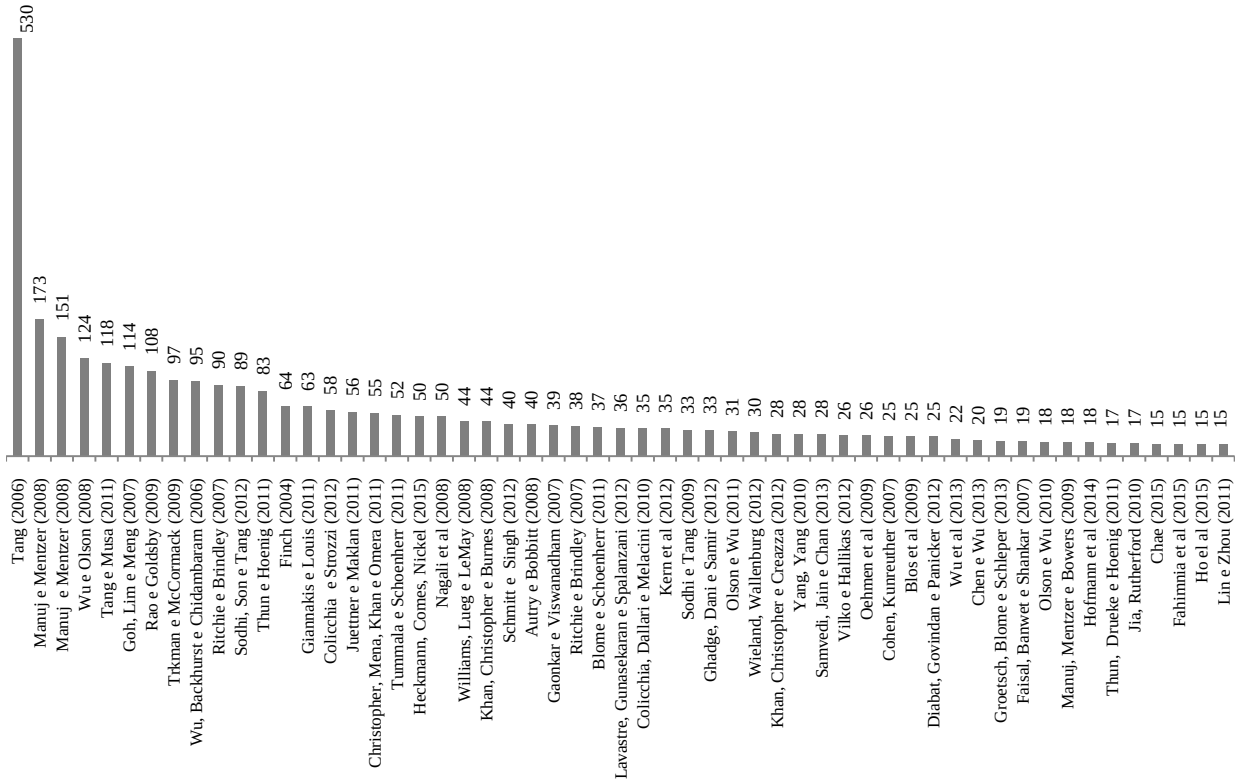


Fonte: Elaboração própria (2016)

Figura 26- Distribuição dos artigos com citação distribuídos entre os anos de 2000-2016

Fonte: Elaboração própria (2016)

Figura 27- Conjunto de artigos que representam 90% do total de citação do grupo de artigos



Fonte: Elaboração própria (2016)

3.3 - COLETA DE DADOS E SUJEITOS DA PESQUISA

Marconi e Lakatos (1996) indicam as seguintes técnicas de pesquisa: coleta documental, observação, entrevista, questionário, formulário, medidas de opiniões e de atitudes, técnicas mercadológicas, testes, sociometria, análise de conteúdo e história de vida. Nesta pesquisa, foi feito o uso das seguintes técnicas: entrevista direta e questionário semi estruturado.

A coleta de dados foi realizada em dois elos da cadeia de suprimentos de gás canalizado, a empresa focal responsável pela distribuição de gás canalizado e o elo cliente composto pelas empresas do setor industrial que utilizam o gás canalizado como matriz energética em seus processos produtivos.

Participaram da pesquisa como elos cliente duas empresas do setor industrial. A seleção dessas empresas levou em consideração a indicação da empresa focal, segundo o critério de consumo de gás. As duas empresas do elo cliente são responsáveis por aproximadamente 60% do volume de gás canalizado consumido por todo setor industrial do estado da Paraíba que utiliza gás como matrix energética. As empresas consumidoras de gás canalizado como matriz energética que participaram da pesquisa como clientes são de dois setores, cerâmico e têxtil.

Nesses elos, fez-se a coleta de dados a fim de identificar os riscos na cadeia de suprimentos de gás canalizado. O questionário aplicado para identificação dos riscos é apresentado no Apêndice A. O preenchimento dos questionários foi feito pelo pesquisador, após a leitura da pergunta e recebimento da resposta verbal do entrevistado. Recebendo a resposta, o pesquisador preenchia o questionário.

Os questionários como foram elaborados devem ser aplicados a seis gerências: gerência geral, gerência industrial, gerência de tecnologia da informação, gerência de suprimentos, gerência financeira e gerência comercial. A adoção desse modelo fracionado do questionário, com categorias de riscos agrupadas para sujeitos de pesquisa com perfil apropriado foi motivado pela tentativa de buscar os verdadeiros especialistas da empresa sobre classes de riscos conforme a literatura indica. Assim, por exemplo, a gerência de tecnologia de informação deveria responder sobre os riscos de informação e de segurança da informação.

De igual modo, a gerência de suprimentos, deveria ser o respondente sobre os riscos de fornecimento, riscos logísticos e riscos de estoque, por exemplo. Este modelo tinha por objetivo aplicar o questionário com os sujeitos de pesquisa que sejam os especialistas do fenômeno estudado, e com isso, levantar os dados mais coerentes possíveis, evitando coletar dados que não representam a total realidade do fenômeno pesquisado.

Como a pesquisa apoiou-se na opinião de especialistas, considera-se importante ressaltar o perfil destes, a fim de que se possa demonstrar a confiabilidade nas informações que foram repassadas por esse grupo de peritos. A caracterização do perfil dos especialistas, assim como, a descrição de informações sobre as entrevistas para a identificação dos riscos são descritas na Tabela 9 (empresa A), Tabela 10 (EP1) e Tabela 11 (EP2), e para a avaliação dos riscos, são descritas na Tabela 12 (Empresa A) e Tabela 13 (EP1). Como na Empresa EP2 não foram identificados riscos que pudessem dar sustentação ao prosseguimento da pesquisa, esta não participou da fase de avaliação dos riscos, permanecendo a Empresa A e EP1.

Tabela 9- Perfil dos especialistas entrevistados na empresa A (identificação dos riscos)

Função	**Tempo de atuação na empresa**	**Formação**	**Dia da entrevista**	**Duração da entrevista**
Gerente de Adm e suprimentos	8 anos	Contabilidade	18 de Julho de 2016	1h
Gerentede industrial e automtivo	8 anos	Engenharia mecânica	18 de Julho de 2016	1h
Gerente de marketing e mercado	5 anos	Administração	18 de Julho de 2016	1h
Gerente de Tec da Informação	4 anos	Ciências da Computação	18 de Julho de 2016	1h
Gerentede Finanças e Custos	9 anos	Administração	28 de Julho de 2016	1h
Diretoria técnica comercial	10 anos	Engenharia Civil	21 de Julho de 2016	1h30min

Tabela 10- Perfil dos especialistas entrevistados na empresa EP1 (identificação dos riscos)

Função	Tempo de atuação na empresa	Formação	Dia da entrevista	Duração da entrevista
Diretor industrial	30 anos	Economia	31 de Agosto de 2016	1h45min
Gerente de produção (unidade 1)	30 anos	Ensino Médio	31 de Agosto de 2016	1h15min
Gerente de Tec da Informação	8 anos	Ciências da computação	31 de Agosto de 2016	25 min
Gerente comercial e de suprimentos	15 anos	Administração	01 de Setembro de 2016	30 min
Gerente financeiro	12 anos	Contabilidade	01 de Setembro de 2016	20 min
Gerente de produção (unidade 2)	8 anos	Engenharia Química	01 de Setembro de 2016	1h

Fonte: Elaboração própria

Tabela 11- Perfil dos especialistas entrevistados na empresa EP2 (identificação dos riscos)

Função	Tempo de atuação na empresa	Formação	Dia da entrevista	Duração da entrevista
Diretor	19 anos	Engenharia Civil	15 de Setembro de 2016	1h
Gerente de Controladoria	19 anos	Contabilidade	15 de Setembro de 2016	15 min
Gerente de Logística	19 anos	Engenharia Civil	15 de Setembro de 2016	1h
Gerente de Divisão de Tecnologia	18 anos	Economista	15 de Setembro de 2016	15 min
Gerente de Suprimentos	16 anos	Engenharia Mecânica	15 de Setembro de 2016	1h

Fonte: Elaboração própria

Nas Tabelas 9,10 e 11 verifica-se que a formação do grupo de especialista de cada empresa é bastante diversificada, o que traz um corpo de opiniões também diversificadas, fato que, se mostra como uma característica positiva, dado que se buscou identificar uma gama de riscos de várias naturezas, englobando ao todo 24 tipologias de riscos. A experiência dos especialistas em suas áreas de atuação é notável na empresa EP1, na qual alguns especialistas possuem até 30 anos de atuação na empresa, e, portanto, possuem amplo conhecimento sobre os processos e sobre possíveis eventos de riscos que já ocorreram em suas áreas de atuação.

Verifica-se que o tempo de duração da entrevista possui grande amplitude. Isto se deveu ao fato de os questionários possuírem número de questões diferentes. Por exemplo, o gerente geral devia responder oito categorias de riscos e 36 fatores de riscos, enquanto, o gerente de tecnologia da informação respondeu por duas categorias e riscos e oito fatores de riscos.

A fase de avaliação dos riscos foi orientada por um questionário semi estruturado apresentado no APÊNDICE A e foi aplicado por meio de entrevista direta com as gerências onde foram identificados os riscos na fase de identificação destes. Desta forma, os especialistas da fase de avaliação dos riscos foram escolhidos baseados nos riscos identificados anteriormente.

A coleta de dados foi realizada entre 30 de Setembro a 03 de Novembro de 2016, onde foram realizadas quatro visitas na empresa A (distribuidora de gás canalizado) e três visitas à empresa EP1 (empresa do setor cerâmico). A descrição dos especialistas e o histórico de entrevistas realizadas nas empresas é apresentada nas Tabelas 12 e 13.

Tabela 12- Perfil dos especialistas entrevistados na empresa A (avaliação dos riscos)

Função	**Tempo de atuação na empresa**	**Formação**	**Dia da entrevista**	**Duração da entrevista**
Gerente de Tec da Inf	4 anos	Ciências da Computação	30 de setembro de 2016	1 hora
Gerente Ind e Automotivo	8 anos	Engenharia Mecânica	30 de setembro de 2016	1 hora
Gerente de Adm e suprim	8 anos	Contabilidade	03 de outubro de 2016	1 hora
Gerentede Fin e Custos	9 anos	Administração	03 de outubro de 2016	1 hora
Diretor-técnico comercial	10 anos	Engenharia Civil	04 de outubro de 2016	1 hora
Diretor-técnico comercial	10 anos	Engenharia Civil	06 de outubro de 2016	2 horas

Fonte: Elaboração própria

Tabela 13- Perfil dos especialistas entrevistados na empresa EP1 (avaliação dos riscos)

Função	**Tempo de atuação na empresa**	**Formação**	**Dia da entrevista**	**Duração da entrevista**
Gerente de prod (unidade 1)	30 anos	Economia	13 de outubro de 2016	1h
Diretor industrial	30 anos	Economia	27 de outubro de 2016	1h30min
Gerente de prod (unidade 1)	8 anos	Engenharia Química	03 de Novembro de 2016	1h

Fonte: Elaboração própria

O Quadro 19 apresenta um resumo descrevendo como as etapas da coleta dos dados foram realizadas, apresentando a técnica, o instrumento para coleta de dados, assim como o perfil dos sujeitos de pesquisa e as variáveis de pesquisa alvo da coleta de dados. Os questionários a serem utilizados para a coleta de dados assim como a decrição do protocolo de pesquisa e de estudo de caso estão apresentados nos Apêndices A e B ao final deste trabalho.

Quadro 19- Coleta dos dados empíricos da pesquisa

OBJETIVO PRETENDIDO	TÉCNICA PARA COLETA DE DADOS	INSTRUMENTO DE COLETA	SUJEITO DE PESQUISA	VARIÁVEIS
Identificar os riscos na cadeia de suprimentos de gás canalizado	Entrevista direta	Questionário estruturado para identificação dos riscos	Múltiplas gerências dos elos da cadeia	Tipos de riscos que ocorrem na cadeia de suprimentos e valor esperado para os parâmetros da probabilidade e do impacto do risco
Priorizar os riscos mais críticos na cadeia de suprimentos		Questionário estruturado para mensuração das dependências entre riscos	Múltiplas gerências dos elos da cadeia onde foram identificados riscos	Grau de importância entre os riscos dependentes entre o elo produtor e o elo cliente
Estimar as probabilidades dos riscos avaliados		Questionário aberto para levantamento das crenças de probabilidade e identificação da rede dos riscos		Relações entre os riscos prioritários e crenças de probabilidade dos riscos avaliados.

Fonte: Elaboração própria

3.4 - TESTE PILOTO DA PESQUISA

A fim de testar o instrumento de pesquisa e antecipar problemas que podem ser encontrados no momento da coleta de dados foi realizado um teste piloto. Este teste piloto foi realizado entre os dias 17 de Junho a 25 de Junho de 2016. Esta pesquisa piloto foi executada em três empresas que foram selecionadas seguindo alguns critérios como: 1- empresas de grande porte; 2- empresas do setor de manufatura; 3- empresas localizadas no Estado da Paraíba. A escolha por esses critérios deu-se pela tentativa de preservar similaridade de características em relação às empresas da cadeia de suprimentos que compõem a cadeia de suprimentos de gás canalizado a ser pesquisada.

As três empresas que participaram da pesquisa piloto identificadas como empresa A, B e C são do setor de cerâmico e setor de alimentos. Enquanto a empresa A produz louças sanitárias, a empresa B produz café moído e alimentos a base de milho e a empresa C é uma empresa do setor alimentício cujo carro chefe são itens a base de carne de frango.

Nestas três empresas foram aplicados os instrumentos de pesquisas em dois sujeitos de pesquisa de nível gerencial, exceto na empresa A, que teve apenas um respondente que foi o gerente industrial da unidade.

As principais dificuldades encontradas no questionário foram relativas à sequência a ser adotada na estrutura do piloto, onde a frequência de ocorrência do risco devia preceder à

severidade, além da dificuldade em se obter a probabilidade numérica do risco. Diante dessas constatações, foram feitas modificações nos questionários iniciais gerando os questionários finais que foram aplicados na pesquisa da cadeia de suprimentos real. O questionário apresentado no Apêndice A considera estas correções.

Além disso, a realização do teste piloto mostrou que o ideal é que se adote o método de aplicação fracionado como idealizado, onde cada gerência deva responder sobre os riscos que podem acontecer em seus processos, já que observou-se na entrevista da empresa A, realizada com o gerente industrial que este respondente identificou um maior número de riscos, mas não soube informar com maior grau de precisão os parâmetros do risco como probabilidade quantitativa, por exemplo.

Do contrário, quando a entrevista foi realizada com um maior número de gerências, como na empresa B e C, pode-se observar que os respondentes aparentam ter maior segurança em relação à resposta dada sobre os riscos, já que não apenas conseguem identificá-lo, mas também avaliar os riscos em relação à severidade e probabilidade de ocorrência dos riscos, pois possuem maior contato com os processos onde os riscos ocorrem.

Desta forma, a realização do teste piloto dos instrumentos de pesquisa também foi útil para direcionar a adoção do método de escolha do perfil dos sujeitos de pesquisa a partir das diferentes categorias e classificações de riscos encontradas na literatura. Por fim, o teste piloto ainda foi importante para que o pesquisador testasse a postura a ser assumida diante do entrevistado a fim de que as perguntas feitas. fossem de maneira mais clara possível.

A aplicação do instrumento de pesquisa nesta fase de teste piloto teve a duração média de 60 minutos em todas as três empresas. Estima-se que na fase de coleta de dados a aplicação do instrumento de pesquisa também ocorra com este tempo médio.

CAPÍTULO 4 – MODELO PROPOSTO PARA GERENCIAR RISCOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, inicialmente descreve-se o modelo proposto para gerenciar os riscos numa cadeia de suprimentos, considerando a existência de dependências entre seus elos, apresenta-se também, a aplicação do modelo na cadeia de suprimentos do setor de gás, os resultados alcançados e as análises sobre estes resultados.

4.1- SISTEMÁTICA PARA GERENCIAR OS RISCOS CONSIDERANDO A DEPENDÊNCIA NA CADEIA DE SUPRIMENTOS

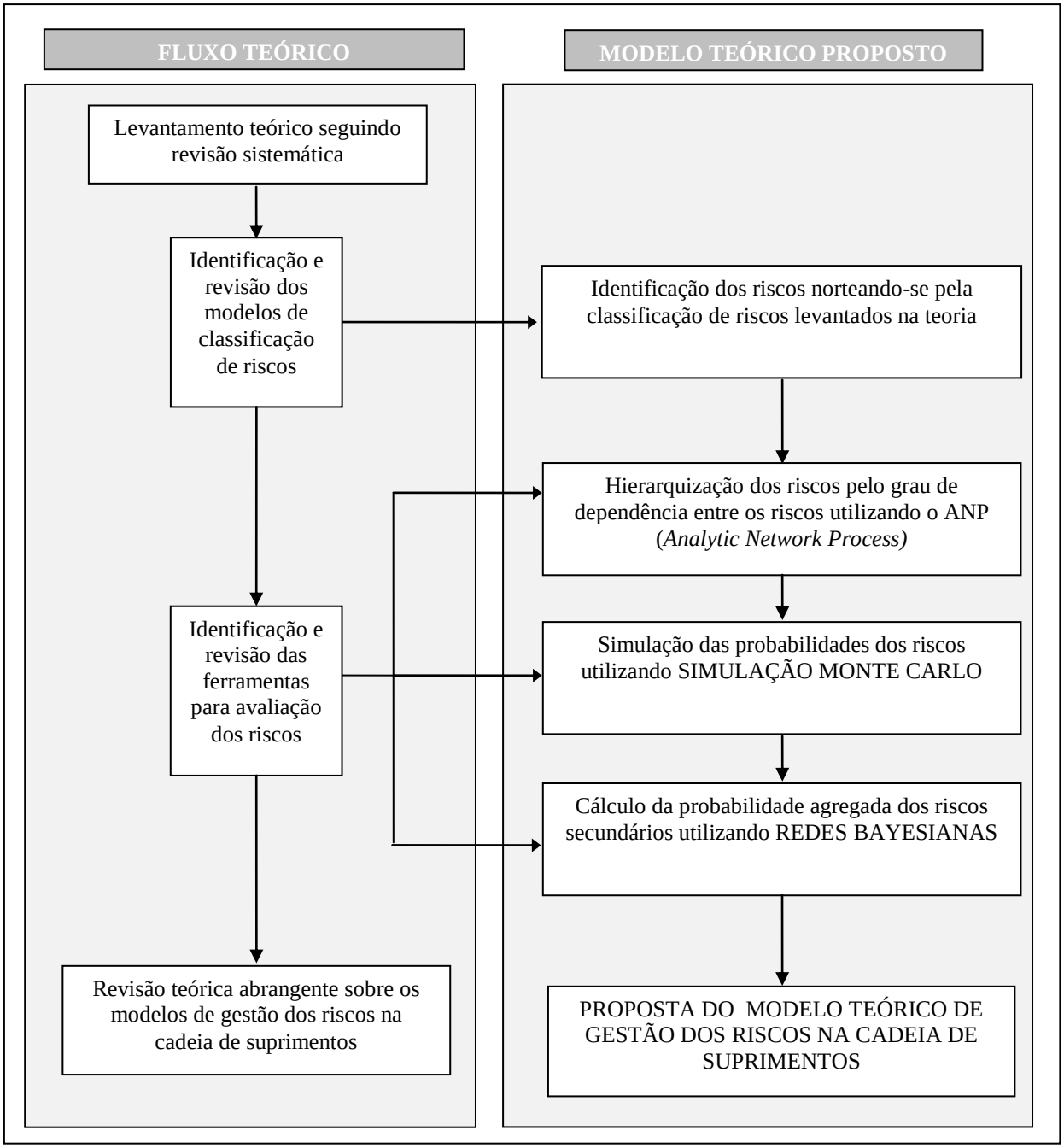
Após o levantamento teórico e da compreensão do fenômeno de estudo, foi possível estabelecer uma sistemática para gestão de riscos na cadeia de suprimentos. Esta sistemática é apresentada como primeiro resultado desta pesquisa, pois a partir dela foram definidas as técnicas e ferramentas que poderiam ser utilizadas a fim de incorporar a dependência entre os riscos no modelo de gestão de riscos na cadeia de suprimentos.

Assim, esta sistemática com seu fluxo metodológico é apresentado na Figura 28, e observa-se que, a fase inicial da pesquisa foi o levantamento teórico, já descrito na Seção 3.2. A partir deste levantamento foi possível identificar e compreender quais os modelos de identificação e de avaliação estão disponíveis na literatura, seus contextos e aplicações. A proposta da sistemática foi elaborada a partir das observações teóricas realizadas no que tange as ferramentas mais adequadas a serem utilizadas para a realização das etapas do modelo.

Para atender o objetivo de propor uma sistemática para gerenciar os riscos considerando a interdependência na cadeia de suprimentos do setor de gás canalizado foi necessário o cumprimento de duas fases, a identificação e avaliação dos riscos.

A etapa crítica e que é foco desta pesquisa é a avaliação dos riscos, não sendo abordadas as fases de mitigação e monitoramento destes. A definição por este foco deu-se em função das diversas críticas identificadas nos modelos de gestão de riscos na cadeia de suprimentos, principalmente ao fato de um número reduzido de modelos de SCRM abordarem as dependências entre os riscos e seus efeitos combinados ao longo da cadeia de suprimentos. No entanto, para se chegar à fase de avaliação dos riscos foi necessário que os riscos fossem previamente identificados. Por este motivo, esta pesquisa ressalta estas duas fases, a identificação e a avaliação dos riscos.

Figura 28- Fluxo metodológico para elaboração da sistemática teórica



Fonte: Elaboração própria

No modelo teórico proposto podem ser observadas duas etapas distintas, a identificação e a avaliação dos riscos. Para cada uma dessas etapas, à luz do levantamento teórico foram definidas as ferramentas que foram utilizadas para o tratamento dos dados nestas etapas.

Assim, como pode ser observada na Figura 28, a sistemática de gestão de riscos na cadeia de suprimentos proposta delineou-se pelas seguintes métodos: ANP (*Analytic Network*

Process), Simulação Monte Carlo e Redes Bayesianas (para a avaliação dos riscos). As justificativas para adoção destas ferramentas são descritas na sequência.

Após a proposição das etapas teóricas foi realizado o teste do modelo na cadeia de suprimentos do gás canalizado. Este teste foi feito por meio de um estudo de caso em um recorte da cadeia de suprimentos em dois elos, um elo fornecedor de gás canalizado e um elo de produtor, que tem o gás como recurso de produção. Além disso, utilizou-se o uso do método da simulação na fase de avaliação de riscos, dada a dificuldade no acesso/existência de dados históricos nas empresas investigadas.

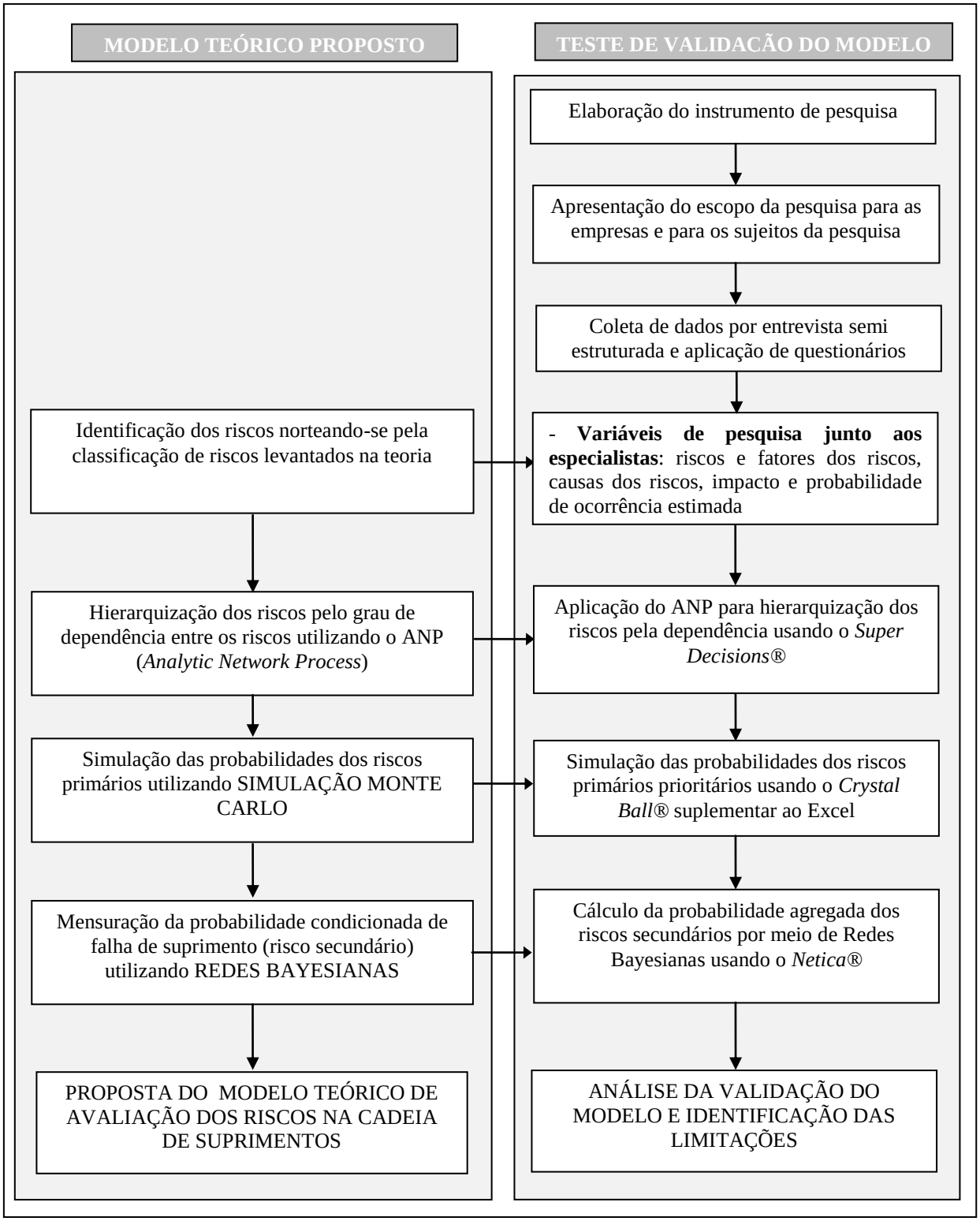
Diante da dificuldade e da impossibilidade em utilizar dados históricos para calcular a probabilidade de ocorrência dos riscos, utilizou-se da simulação para vencer estas dificuldades e viabilizar a avaliação dos riscos.

O fluxo metodológico para validação do modelo teórico proposto está na Figura 29; onde se observe que, além da definição dos métodos para cada etapa, foram definidas ainda as ferramentas que foram utilizadas para operacionalizar as distintas fases. Além disto, observa-se que a validação do modelo proposto para gestão de riscos na cadeia de suprimentos foi iniciado com a elaboração dos instrumentos de pesquisa (questionários) que foram utilizados para a coleta de dados nas entrevistas semi estruturadas com os especialistas das empresas.

Observa-se, ainda, que foram utilizadas três ferramentas específicas para o tratamento dos dados na fase de avaliação dos riscos, o *SuperDecisions*®, para a aplicação do ANP, o *Crystal Ball*® para a aplicação da simulação Monte Carlo e o *Netica*® para aplicação das Redes Bayesianas. A descrição sucinta das fases de identificação e avaliação dos riscos, os métodos escolhidos, assim como as ferramentas que serão utilizadas para o desenvolvimento dos modelos está nas Seções 4.1.1 e 4.1.2.

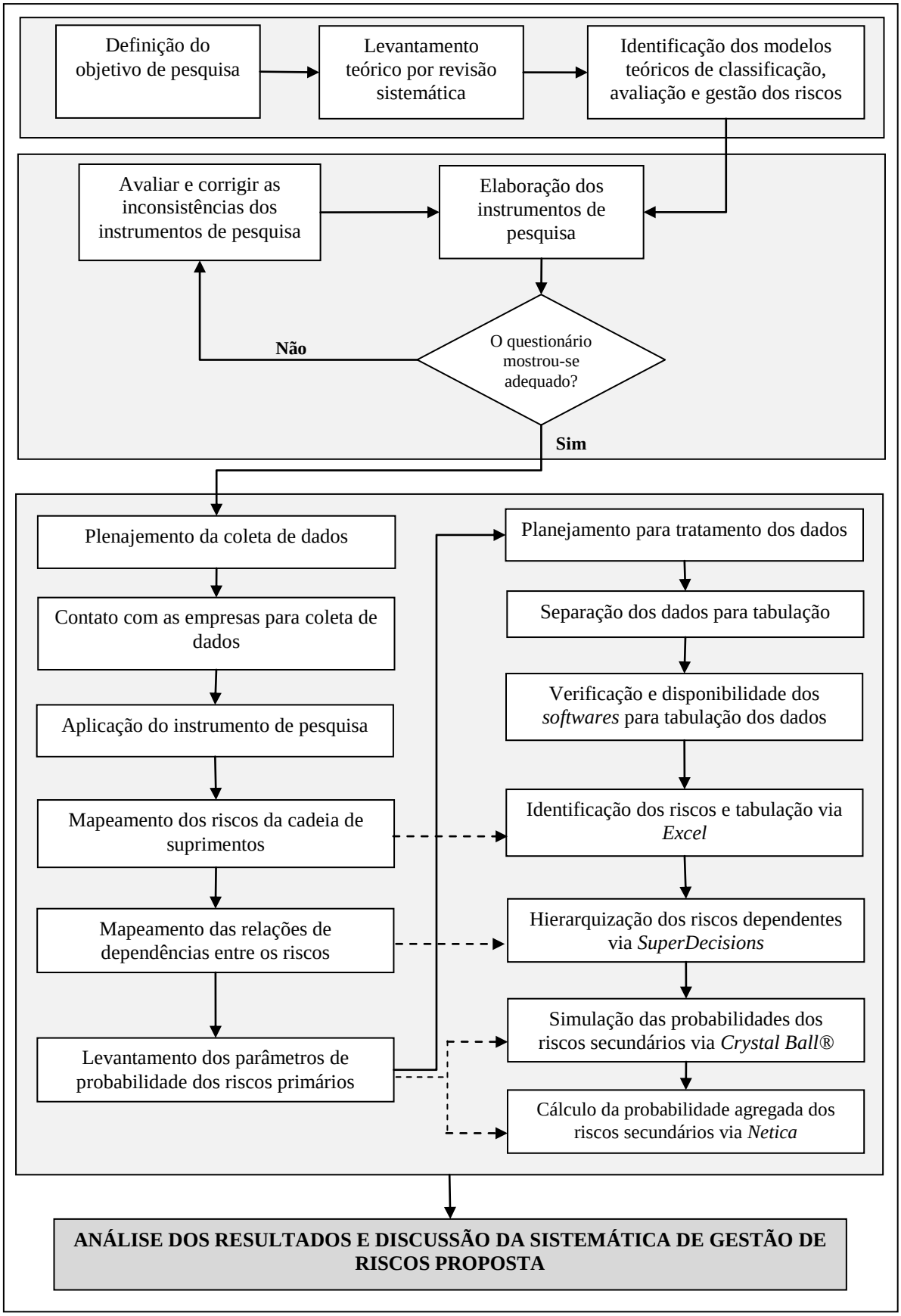
Enfim, é possível ilustrar na Figura 30 todo a sistemática para delineamento da execução da pesquisa até que o objetivo fosse alcançado. Nesta Figura, podem ser observadas as três fases adotadas nesta pesquisa. Uma primeira que compete o levantamento do arcabouço teórico, uma segunda onde os instrumentos de pesquisa são elaborados e pré-testados, e uma última, que trata do levantamento e tratamento dos dados de pesquisa finais que sustentam as discussões e análises realizadas ao final desta pesquisa.

Figura 29- Fluxo metodológico para validação do modelo proposto



Fonte: Elaboração própria

Figura 30- Fluxo metodológico para realização da pesquisa



Fonte: Elaboração própria

4.1.1 - Etapas para identificação dos riscos na cadeia de suprimentos

A primeira etapa da pesquisa é a identificação dos riscos. Para esta fase foi feita a identificação dos modelos de classificação de riscos durante o processo de levantamento teórico. A partir destas classificações de riscos foram compreendidos os fatores de riscos associados a cada categoria de risco.

Foi construído um questionário amplo onde estavam apresentadas 24 categorias de riscos, conforme apontou o levantamento teórico, às quais foram associados 100 fatores de riscos. A partir da verificação da ocorrência passada de algum dos eventos de riscos, fez-se a identificação dos riscos nas empresas da cadeia de suprimentos envolvidas na pesquisa.

Os fatores de riscos associados às categorias de riscos foram identificados nas seguintes pesquisas: Harland, Brenchley e Walker (2003), Gaudenzi e Borghesi (2006), Blackhurst, Scheibe e Johnson (2008), Tang e Tomlin (2008), Trkman e McCormack (2009), Matook, Lasch e Tamaschke, (2009), Punniyamoorthy, Thamaraiselvan e Manikandan (2013) e Ho *et al* (2015).

Este questionário também contemplou uma análise qualitativa sobre as causas do risco, de modo a compreender o contexto de ocorrência do risco, onde pedia-se ao especialista uma explicação de como o evento do risco havia ocorrido. Para os riscos identificados seguiu-se para a invetigação sobre parâmetros de risco, probabilidade de ocorrência e grau de impacto.

O questionário semiestruturado segue apresentado no APÊNDICE A e foi aplicado por meio de entrevista direta com as seis gerências (gerência comercial, gerência de planejamento da produção, gerência financeira, gerência industrial, gerência de tecnologia de informação e gerência de suprimentos), assim como, previsto e descrito no protocolo do estudo de caso (APÊNDICE B).

Definiu-se que as entrevistas fossem feitas com especialistas alinhados às classes do riscos, como por exemplo, o especialista a responder pelos riscos de informação deva ser o gerente ou o responsável direto pela área de informática da empresa. Este direcionamento tem por objetivo evitar respostas com baixa confiabilidade, podendo colocar em risco a fase de identificação dos riscos.

A primeira fase da pesquisa que concerne a identificação dos riscos teve início na empresa distribuidora de gás, no período compreendido entre 18 e 29 de Julho de 2016 na qual foram realizadas três visitas a unidade para a coleta de dados nesta primeira fase. Na sequência foram visitadas as empresas do elo a jusante da cadeia, a empresa EP1 no período 30 e 31 de Agosto de 2016 e a empresa EP2 no dia 15 de Setembro de 2016.

Houve um espaço temporal entre a coleta de dados na empresa distribuidora de gás e as demais empresas clientes consumidoras de gás, pois coube à empresa distribuidora de gás fazer a primeira comunicação para que o pesquisador tivesse acesso às empresas clientes, facilitando o contato e dando conhecimento às empresas sobre o teor da pesquisa.

Todas as entrevistas ocorreram nas dependências das empresas em data e horário pré-definidos, após contato telefônico, oportunidade em que era explicada a dinâmica das entrevistas e a necessidade da participação dos gerentes ou responsáveis pela área comercial, planejamento da produção, finanças, industrial, tecnologia de informação e suprimentos. Durante as entrevistas era explicado a importância da acurácia das informações repassadas, além da garantia do uso dessas informações pelo pesquisador apenas no âmbito científico.

Antes da aplicação do questionário propriamente dito era perguntado ao gerente industrial ou diretor da empresa que estivesse participando da entrevista algumas informações gerais para compreensão do processo produtivo, da capacidade produtiva, dos produtos produzidos na unidade, da quantidade de funcionários, do uso do gás no processo e do relacionamento da empresa com a empresa focal, a empresa distribuidora de gás.

A partir dessa caracterização geral, iniciou-se a aplicação do questionário aos especialistas de maneira individualizada, com o objetivo de identificar os riscos pela identificação dos eventos de riscos que ocorreram na empresa. Na oportunidade em que a resposta do especialista era SIM em relação a um risco, perguntava-se se ele poderia exemplificar este evento, de modo a ser possível compreender o contexto e a causa do risco.

Além disso, quando se obtinha a resposta SIM perguntava-se sobre o risco identificado qual a probabilidade de ocorrência do risco, se mínima, média ou máxima e qual a faixa de probabilidade de ocorrência do risco, além de questionar sobre a caracterização do impacto do risco, se severo, alto, médio, pequeno ou se não havia impacto relacionado ao risco, mesmo ele existindo. Na sequência são descritos os riscos que foram identificados nas empresas, assim como, as análises possíveis nessa primeira etapa da pesquisa.

Ao final da aplicação do questionário os dados sobre à identificação dos riscos foram tabulados no *Excel*®, onde criou-se um registro de riscos para cada empresa investigada.

A aplicação do questionário de identificação dos riscos no elo fornecedor (fornecedor de gás canalizado) e no elo produtor (consumidor industrial de gás canalizado) permitiu por meio do cruzamento das causas apontadas pelos especialistas, identificar o caminho do risco na cadeia, de modo que, foi possível identificar como os riscos se propagam na cadeia, informação importante para identificar a rede dos riscos.

4.1.2 – Etapas para avaliação dos riscos na cadeia de suprimentos

A segunda etapa do fluxo metodológico consiste na etapa de avaliação de riscos. Para a sistemática delineada por esta pesquisa foram utilizadas três diferentes ferramentas, o ANP, a Simulação Monte Carlo e as Redes Bayesianas.

O objetivo do uso do ANP foi priorizar os riscos identificados considerando a dependência entre estes. A escolha do ANP para a avaliação do riscos, deu-se justamente pelo fato de que o ANP tem como um dos seus objetivos principais verificar a dependência entre critérios (FAZLI, MAVI e VOSOOGHIDIZAJI, 2015), diferentemente de outros modelos multicritérios. Soebandrija e Hendryvan (2015), Muchfirodin, Guritno e Yuliando (2015), Fazli, Mavi e Vosooghidizaji (2015) e Cao e Song (2016) são exemplos de trabalhos que utilizaram o ANP no contexto da gestão de riscos na cadeia de suprimentos, o que denota que o ANP tem se mostrado adequado como ferramenta para a gestão de riscos na cadeia de suprimentos.

O ANP foi aplicado por meio de entrevistas com os especialistas da empresa focal e da empresa cliente. Salienta-se que foi utilizada a técnica de agregação A_{ip} para aglutinar o julgamento do grupo decisor, dado que os especialistas pertencem a um grupo heterogêneo, pois trata-se de especialistas de empresas diferentes.

Foi utilizada a plataforma do *SuperDecisions*® versão 2.4.0-RC1, ferramenta livre obtida no site do fabricante (http://www.superdecisions.com). O *SuperDecisions*® é uma ferramenta amplamente utilizado para a aplicação do AHP e do ANP, pois agiliza o processo dos cálculos e gera rapidamente os gráficos da rede analisada e suas inter-relações.

Após a priorização dos riscos pelo ANP seguiu-se para outra etapa dentro da avaliação dos riscos que consiste na análise da probabilidade dos riscos. Esta etapa é muito crítica no contexto da avaliação dos riscos, dada a controvérsia e complexidade na sua execução. Sobre isso, McCormack (2007) e Amundson *et al.* (2014) expõem que estimar a probabilidade de um risco em uma cadeia de suprimentos é uma tarefa difícil pela ausência de dados e dificuldade em acessar os dados existentes.

Ainda segundo estes autores, os peritos podem fornecer informações ditas "típicas" sobre a realidade da cadeia de suprimentos que podem proporcionar uma probabilidade bruta, como por exemplo, um determinado risco ocorre uma vez por ano, sem necessariamente apresentar uma probabilidade no sentido numérico, mas uma frequência de ocorrência genérica. Isto pode ser assumido como estratégia para vencer a ausência ou mesmo, a dificuldade em obter dados históricos sobre riscos nas empresas.

Partindo dessa premissa, adotou-se nesta pesquisa a seguinte postura, na ausência de dados que possam gerar crenças de probabilidade dos riscos investigados, utilizou-se como parâmetros de probabilidade, faixas de probabilidade indicadas pelos especialistas. A partir desses parâmetros aplicou-se a Simulação Monte Carlo para os riscos prioritários de forma a encontrar as probabilidades individuais de ocorrência dos riscos.

A adoção deste método para coleta das crenças de probabilidade dos riscos, se espelha ao observado no método de Schmitt e Singh (2009) e Nepal e Yadav (2015) que utilizaram esse procedimento de registro a partir dos especialistas das empresas.

Utilizou-se o uso da Simulação Monte Carlo para aqueles riscos que possuem maior criticidade na cadeia de suprimentos de acordo com a hierarquia apontada pelo ANP (os três riscos mais prioritários).

A partir desta escolha, procedeu-se o cálculo da probabilidade de ocorrência dos riscos, utilizando Simulação Monte Carlo, considerando as crenças de probabilidade informadas pelos especialistas para os riscos primários, assim como, a condicionalidade entre os riscos, a fim de que fosse possível incorporar a dependência entre os riscos.

Para tal, foi necessário identificar o caminho do risco, a fim de mapear as relações de causa e efeito entre os risco nos elos da cadeia de suprimentos estudada. O mapeamento foi direcionado pelas informações dos especialistas entrevistados no momento do levantamento de dados para aplicação do ANP. A esta etapa, denominou-se de mapeamento da topologia da rede de riscos da cadeia.

A partir deste mapeamento foi possível calcular a probabilidade condicionada dos riscos onde foram observadas as relações entre pares de riscos. Este cálculo foi possível por meio da simulação Monte Carlo e a aplicação do Teorema de Bayes, assumindo que as probabilidades das crenças seguiam a distribuição de probabilidade triagular, ou seja, se distribuiam em uma faixa de probabilidade compreendida entre um valor pessimista, um mais provável e outro otimista, que são os parâmetros que estabelecem a distribuição triangular.

A Simulação Monte Carlo foi utilizada como uma ferramanta para a avaliação dos riscos em cadeia de suprimentos em diversos trabalhos como Deleris e Erhun (2005); Wu e Olson(2008; Schmitt e Singh (2009); Vilko e Hallikas (2012) e Berle, Norstad e Asbjørnslett (2013).

Quando não há conhecimento prévio sobre a frequência histórica sobre os riscos na cadeia de suprimentos, é difícil determinar o tipo de distribuição de probabilidade que descreve os diferentes tipos de riscos identificados na cadeia. Desta forma, pode-se assumir

um tipo de distribuição de probabilidade que possa descrever os riscos, de modo a não inviabilizar o uso da simulação como método de pesquisa.

Esta estratégia de assumir a priori uma distribuição de probabilidade que expressa o comportamento de ocorrência do risco também foi adotada Han e Chen (2007) que usam a distribuição binomial, Schmitt e Singh (2009) que adotam distribuição triangular, Vilko e Hallikas (2012) que adotam a distribuição beta, Garvey, Carnovale e Yeniyurt (2015) que adotam a distribuição binomial e Nepal e Yadav (2015) que adotam a distribuição beta. Em todas estas pesquisas apoiou-se na opinião de especialistas das empresas para mensurar a probabilidade e impacto do risco.

Por isto, foi assumido nesta pesquisa que, os riscos independentes de sua natureza comportam-se segundo uma distribuição triangular, por assumir a premissa que a ocorrência dos riscos comporta-se com uma probabilidade máxima, mais provável e mínima. Assumir que os riscos, independente de sua natureza, assumem uma distribuição de probabilidade que se aproxima do comportamento da distribuição triangular é justificável pelas características próprias da distribuição triangular e seus parâmetros.

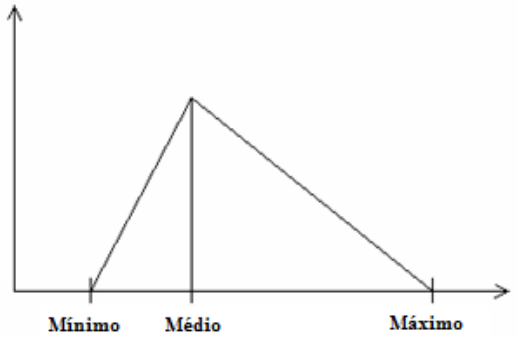
De acordo com Machado e Ferreira (2012) a distribuição triangular é usada tipicamente para descrever subjetivamente uma população da qual se tem conhecimento limitado. Além disso, estes autores indicam que, pela simplicidade de sua descrição, a distribuição triangular é bastante aplicável na modelagem de processos, onde a relação entre das variáveis é conhecida, como ocorre no encadeamento de uma cadeia de suprimentos.

De uma maneira geral, conforme Machado e Ferreira (2012), a forma algébrica da função de densidade de probabilidade triangular, que foi usada na simulação, é expressa como as expressões da Equação (10). A forma gráfica da função de densidade de probabilidade triangular está na Figura 31:

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{2(x-a)}{(m-a)(b-a)}, & \text{a} \le \text{X} \le \text{m} \\ \dfrac{2(\text{b} - \text{x})}{(\text{b} - \text{m})(\text{b} - \text{a})}, & \text{m} \le \text{X} \le \text{b} \\ 0, \text{X} < \text{a ou X} > \text{b} \end{cases} \qquad (10)$$

sendo *m* o valor mais provável (*mp*); *a* o valor mínimo (*min*), que representa o cenário pessimista; e *b* o valor máximo da variável (*max*) que representa o cenário otimista.

Figura 31- Função densidade de probabilidade triangular



Fonte: Machado e Ferreira (2012)

A simulação Monte Carlo foi operacionalizada pelo *Excel*® utilizando o suplemento *Crystal Ball*®. Este é indicado como ferramenta para a aplicação da simulação, inclusive para a aplicação da Simulação Monte Carlo na gestão de riscos da cadeia de suprimentos.

Demirer, Mau e Shenoy (2006), Wu e Olson (2008), Olson e Wu (2011) e Guertler e Spinler (2015) sugerem que o *Crystal Ball* é uma das ferramentas disponíveis para o uso da simulação, podendo ser bastante útil na parametrização das distribuições de probabilidade, na simulação das probabilidades e na elaboração fácil dos gráficos que representam estas probabilidades. Wu e Olson (2008) indicam que o *Crystal Ball*® fornece meios para gerar facilmente distintos tipos de distribuições de probabilidade. Demirer, Mau e Shenoy (2006) acrescentam que o *Crystal Ball*® é uma ferramenta que combina relações funcionais constantes e distribuições de probabilidades utilizando a simulação. Desta forma, o *Crystal Ball*® mostrou ser uma plataforma computacional bastante útil para a aplicação da Simulação Monte Carlo.

Por fim, de posse dos parâmetros das probabilidades dos riscos secundários e condicionados em pares, foi possível calcular a probabilidade agregada do risco mais crítico da cadeia de gás canalizado. Para tal, utilizou-se as Redes Bayesianas que foram aplicadas utilizando o *software Netica*® que é disponibilizado pelo fornecedor *Norsys Software Corp*., tendo sido utilizada a versão livre disponibilizada no site https://www.norsys.com/.

O conceito de Bayes por meio das redes Bayesianas é amplamente utilizado na gestão dos riscos em cadeia de suprimentos. Exemplos de algumas pesquisas que utilizaram redes Bayesianas no SCRM são Pai *et al.* (2003), Kao, Huang e Li (2005), Demirer *et al.* (2006), Cowell, Verrall e Yoon (2007), McCormack (2007), Han e Chen (2007); Lockamy e McCormack (2010); McCormack, Bronzo e Oliveira (2010); Lockamy e McCormack (2012);

Lockamy (2014); Amundson *et al.* (2014); Badurdeen *el al* (2014), Garvey, Carnovale e Yeniyurt (2015).

As redes Bayesianas podem ser representadas por gráficos dirigidos e acíclicos que codificam as relações probabilísticas entre os nós de interesse. A representação descreve essas relações probabilísticas e inclui uma estrutura qualitativa que facilita a comunicação entre um usuário e um sistema incorporando um modelo probabilístico (LOCKAMY, 2014). As Redes Bayesianas são um método de representação do conhecimento, que são apropriados para a modelagem de processos causais com incerteza (KAO, HUANG e LI, 2005). Além disso, representam uma classe especial de modelos gráficos que possam ser usadas para retratar as dependências causais entre variáveis aleatórias (LOCKAMY, 2011).

Estes autores concluem que esta possibilidade é particularmente útil para gestão de riscos na cadeia de suprimentos porque incorpora a análise de causa raiz do risco.

Para uma melhor compreensão da sistemática proposta, e principalmente do roteiro de pesquisa em todas as suas fases, segue-se com a apresentação no Quadro 20.

Quadro 20- Apresentação do método, das técnicas e ferramentas para tratamento dos dados

OBJETIVO ESPECÍFICO	**MÉTODO DE PESQUISA**	**TÉCNICA A SER UTILIZADA**	**FERRAMENTA A SER UTILIZADA**	**RESULTADO ESPERADO**
Identificar os riscos na cadeia de suprimentos de gás canalizado	Estudo de Caso	Levantamento teórico	*Excel* ®	- riscos identificados no elo produtor e cliente
Priorizar os riscos mais críticos na cadeia de suprimentos		ANP	*SuperDecisions*®	- identificação dos riscos prioritários considerando a dependência entre riscos
Estimar a probabilidade dos riscos primários mais críticos	Simulação	SIMULAÇÃO MONTE CARLO	*Crystal Ball*®	- cálculo da probabilidade riscos secundários e condicionados em pares
Estimar a probabilidade do risco secundário no elo cliente a partir dos riscos primários do elo produtor		REDES BAYESIANAS	*Netica*®	- cálculo da probabilidade agregada do risco secundário considerando o mapa dos riscos

Fonte: Elaboração própria

4.2 - CARACTERIZAÇÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS E DAS EMPRESAS PARTICIPANTES DA PESQUISA

A pesquisa ocorreu em uma cadeia de suprimentos do setor de energia, mas especificamente no processo de distribuição de gás canalizado no Estado da Paraíba. A distribuição de gás canalizado é realizada por uma empresa de economia mista que teve suas

operações iniciadas em 1995 e atende clientes do setor comercial, residencial, automotivo e industrial. A partir de 2006 a empresa passou a ser de economia mista, mantendo o Estado entre seus principais acionistas, agregando ao grupo um importante grupo japonês que realizou grandes investimentos no setor energético do Brasil.

O gás natural é um combustível fóssil cuja composição é metano (90,09%), etano (6,84%), dióxido de carbono (1,56%), nitrogênio (1,35%) e propano (0,16%). O gás natural, diferentemente do gás butano, tem uma densidade mais leve que o ar, de modo que se dissipa rapidamente na atmosfera quando há algum vazamento.

O gás natural é extraído de poços subterrâneos "*on shore*" (em terra) e "*off shore*" (nos oceanos). Após extração o gás é levado para processamento com objetivo de retirar do metano e do etano algumas frações de gases mais pesadas existentes no gás natural. Em seguida, após essa separação o gás pode ser distribuído aos consumidores finais, estando pronto para o uso.

Sobre a cadeia de suprimentos do gás no Estado da Paraíba, observa-se que nos elos de fornecimento, o gás natural, principal insumo, distribuído na Paraíba é oriundo dos campos de produção de Gás/óleo do Rio Grande do Norte, Bahia, Sergipe, Alagoas, e de alguns Estados da região sudeste, por meio do Gasoduto Sudeste-Nordeste (Gasene). Assim, o principal fornecedor de gás da cadeia é a Petrobrás, que também é a responsável pela Unidade de Processamento de Gás Natural (UPGN), que é a responsável pela separação dos gases.

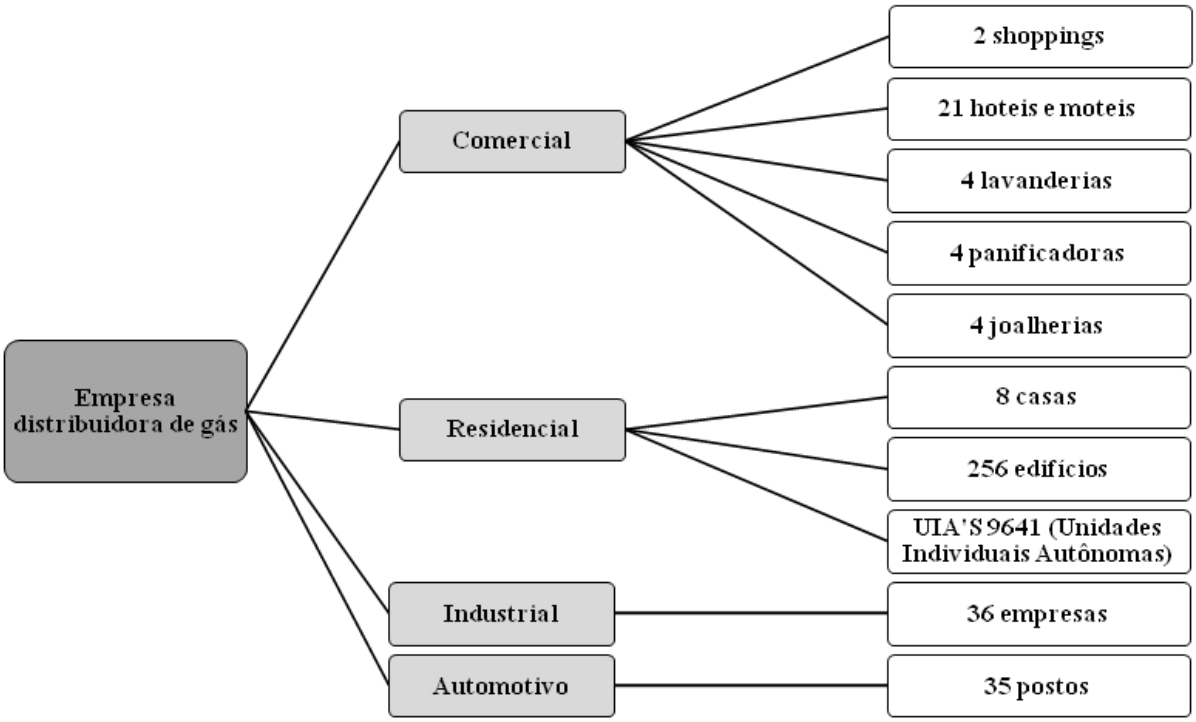
Ainda dentre os fornecedores é possível identificar algumas empresas que prestam serviços facilitadores, como por exemplo, instalação de ramais de registro de consumo, instalação de malha de distribuição, serviço de controle e verificação e serviço de manutenção de rede existente. Assim, os elos a montante da cadeia de suprimentos são compostos pelo fornecedor de gás e pelos fornecedores que viabilizam a estrutura física por onde o gás é recebido e distribuído para os consumidores.

A estrutura necessária para o transporte do gás é composto pela malha subterrânea, que forma o gasoduto e de elementos denominados de ramal, que é um conjunto de equipamentos responsável pela medida do fluxo do gás e da pressão durante o transporte do gás ao longo da malha e na unidade do consumidor, a fim ter uma medida de consumo.

Cabe à empresa de distribuição de gás, planejar a compra de gás junto à Petrobras, receber a demanda dos clientes, garantir a disponibilidade da malha por onde o gás é transportado, assim como ampliar esta malha para aumentar o mercado e manter-se em contato com os diversos segmentos e clientes, garantindo a entrega do gás no volume e nas condições acordados nos contratos executados com os clientes.

A partir da disponibilidade dessa estrutura e do gás, este é distribuído para o elo a jusante da cadeia em todos os seus segmentos. A empresa distribuidora de gás natural na Paraíba atua em distintos segmentos: residencial, comercial, industrial e automotivo. A Figura 32 apresenta cada segmento que é atendido com gás natural.

Figura 32- Segmentos de atuação da empresa distribuidora de gás



Fonte:Adaptado a partir de dados da empresa distribuidora de gás natural

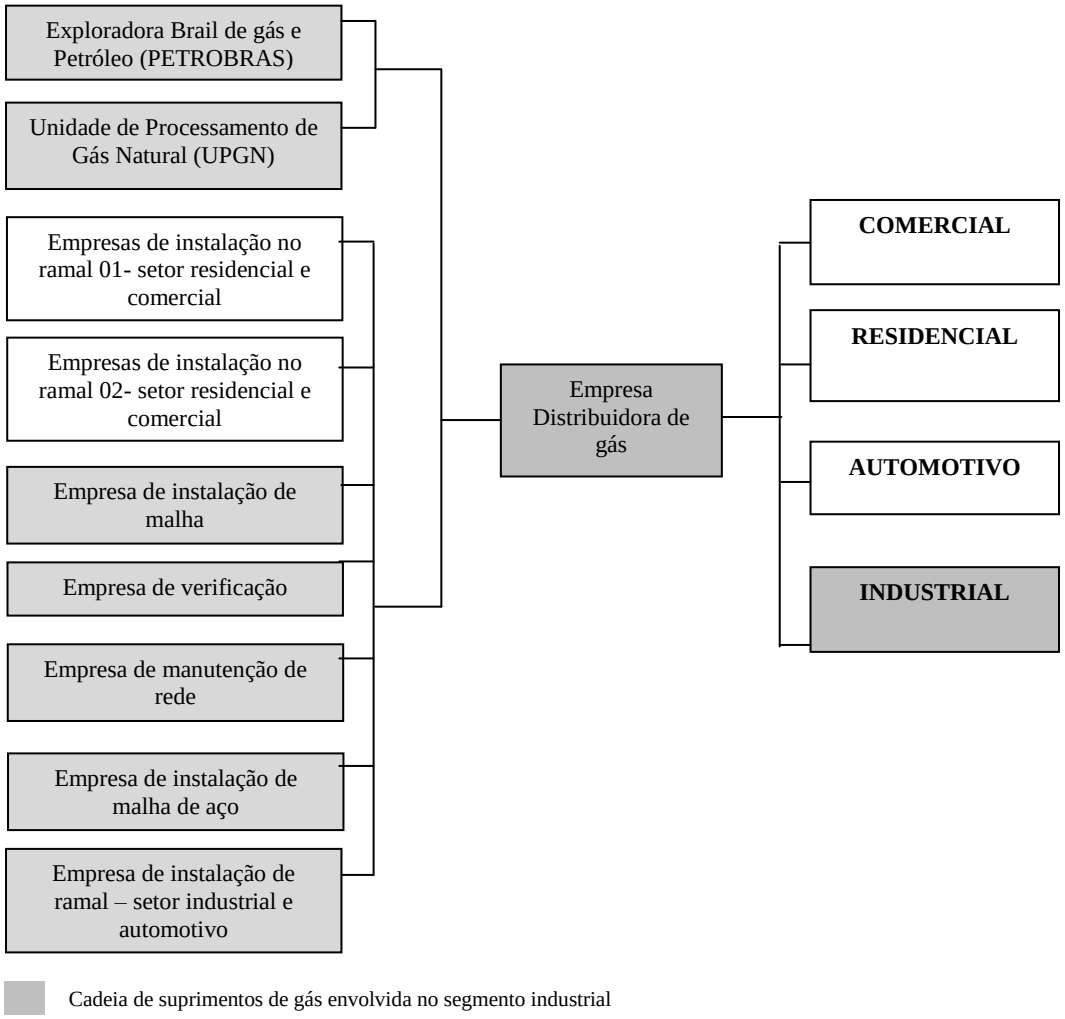
A Figura 32 mostra a configuração a jusante da cadeia de suprimentos a partir da empresa focal, a empresa distribuidora de gás e seus distintos segmentos. A fim de visualizar toda a cadeia de suprimentos apresenta-se o esquema gráfico da cadeia de suprimentos completa, com os elos a montante e a jusante na Figura 33.

O setor industrial é responsável pelo consumo de mais de 70% do volume de gás canalizado distribuído no Estado da Paraíba. Por isso a escolha por este segmento na cadeia de suprimentos em relação aos demais segmentos que utilizam o gás natural como insumo.

Verifica-se que o gás natural no segmento industrial pode ser considerado a grande força motriz da cadeia de suprimentos e gás natural no Estado da Paraíba, e portanto, os riscos que ocorrem nesta cadeia podem ser considerados com maior impacto para a empresa distribuidora de gás, considerando-se a rentabilidade do negócio. O segmento industrial da cadeia de suprimentos de gás na Paraíba é formado por 36 empresas, todas do setor de manufatura, que utilizam o gás como insumo de produção, sendo utilizado para geração de

calor em alguma etapa produtiva, sendo portanto, útil no processamento de uma ampla gama de produtos.

Figura 33- Cadeia de suprimentos de distribuição de gás canalizado no Estado da Paraíba



Fonte: Adaptado a partir de dados da empresa distribuidora de gás natural

Por meio de dados apresentados pela empresa distribuidora de gás, verifica-se que as empresas que utilizam o gás são de setores industriais bem diversificados, conforme apresentado na Tabela 14.

Tabela 14- N° de empresas e participação dos setores na cadeia de suprimentos do gás da PB

SETOR	N° DE CLIENTES	PARTICIPAÇÃO DOS SETORES
Químico/Petroquímico	1	2,8%
Papel e Celulose	1	2,8%
Calçados	3	8,33%
Metais	5	13,88%
Cerâmica branca	5	13,88%
Têxtil e confecções	5	13,88%
Bebidas e Alimentos	8	22,22%
Demais setores	8	22,22%

Fonte: Adaptado a partir de dados da empresa distribuido de gás natural (2016)

Observa-se que, o setor que possui o maior número de empresas que utiliza gás natural como insumo de produção é o setor de bebidas e alimentos, seguido dos setores de metal e bebidas. É importante explicar que esse número de empresa por setor, na maioria das vezes considera o número de plantas fabris que compõem um mesmo grupo industrial. Isto ocorre no setor de cerâmica, por exemplo, em que das cinco empresas consumidoras de gás natural, na verdade correspodem a três grupos, sendo que apenas um grupo possui 3 plantas fabris.

Apesar de verificar que o setor com maior representatividade, em número de empresas que utiliza o gás natural, é o setor de Alimentos e Bebidas com aproximadamente 22% do total de empresas que consomem gás, verifica-se que o consumo de gás não obedece a esta mesma proporção. Foi reportado pela empresa distribuidora de gás, que os setores com maior consumo de gás são os setores de cerâmica (60% do volume de gás) e têxtil (10%), que juntos correspondem a aproximadamente 70% de todo volume consumido pelo segmento industrial. Por isso, foi definido que os clientes industriais que participariam como elos a jusante da cadeia de suprimentos seriam as empresas do segmento cerâmico e têxtil.

Dessa forma, a cadeia de suprimentos nesta pesquisa considera dois principais elos, a montante, a empresa distribuidora de gás e a jusante, empresas do setor industrial, representados pelos principais consumidores de gás, as empresas do setor têxtil e cerâmico.

O setor cerâmico é composto por cinco empresas. Quatro dessas empresas produzem peças cerâmicas para revestimento e uma empresa produz peças sanitárias em cerâmica branca. O segmento cerâmico de revestimento é o mais sigificativo, pois representa os maiores volumes de produção, e por isso, maior consumo de gás. As empresas do setor cerâmico de revestimento, dentro do setor cerâmico, são os principais consumidores de gás, correspondendo a valores superiores a 50% do total de gás do segmento industrial.

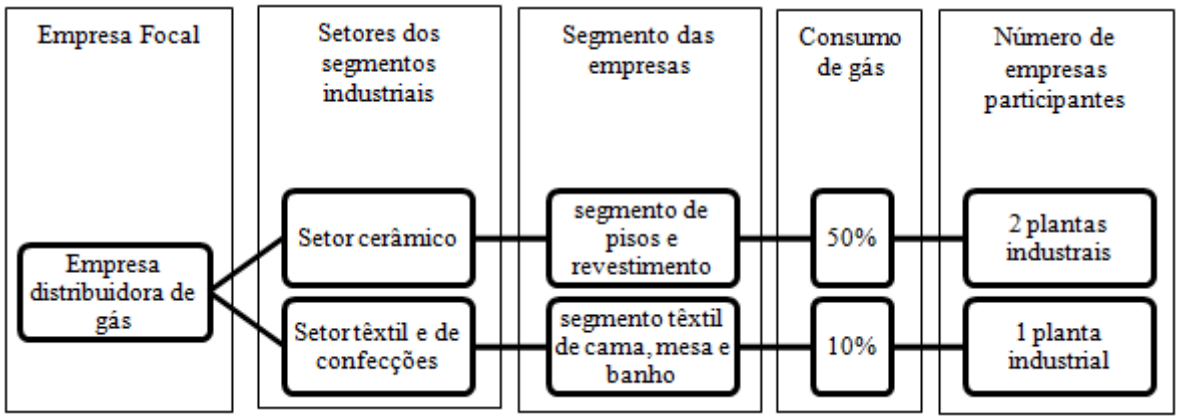
No setor cerâmico, o segmento que produz peças em revestimento é o mais significativo, sendo composto por três empresas. Destas, uma foi utilizada no teste piloto desta pesquisa, restando duas empresas que representam o principal consumidor, sendo responsável por 50% do consumo de gás de todo segmento industrial e que fazem parte de um mesmo grupo industrial e localizadas no perímetro urbano da cidade de João Pessoa-PB.

O setor têxtil e de confecções é composto por cinco empresas que são clientes e consumidoras de gás. Adotou-se nesta pesquisa que as empresas do segmento têxtil são responsáveis pela produção do tecido, enquanto, o segmento de confecções é voltado para as etapas de tingimento e costura, sendo necessário calor na etapa de tingimento dos tecidos. Dos cinco clientes, dois são clientes do segmento têxtil e três do segmento de confecçoes. Verificou-se que o segmento mais significativo é o têxtil, pelo volume de produção, e

consequentemente pelo volume de gás consumido. Foi selecionado o segmento têxtil responsável por 10% do volume de gás de todo segmento industrial e representado por duas plantas industriais que compõem um mesmo grupo industrial, sendo uma localizada na cidade de João Pessoa e outra na cidade do Conde, ambas cidades localizadas no estado da Paraíba.

Apenas as empresas do segmento cerâmico são responsáveis pelo consumo de aproximadamente 50% do volume de gás consumido pelo setor industrial da Paraíba, sendo o principal consumidor, e as empresas do segmento têxtil são o segundo principal consumidor, consumindo algo em torno de 10% de todo o volume de gás destinado ao segmento industrial. Assim, a pesquisa engloba os principais consumidores de gás no segmento industrial além de representarem as principais empresas de seus segmentos. A Figura 34 sumariza as características das empresas do elo a jusante da cadeia que participam da pesquisa.

Figura 34- Características das empresas participantes desta pesquisa



Fonte: Elaboração própria (2016)

A empresa 1 (EP1) do setor cerâmico é responsável pela produção de revestimento de peças cerâmicas e de porcelanato, em formatos e cores variadas. A primeira unidade fabril do grupo foi fundada em 1984 na cidade de João Pessoa-PB, fazendo parte de um grupo nacional que atuou exclusivamente no setor cerâmico até o ano de 2008 quando passou a atuar também no setor cimenteiro. O grupo possui ao todo cinco unidades fabris, sendo duas plantas na cidade de João Pessoa e outra na cidade do Conde, que faz parte do perímetro urbano da grande João Pessoa. Essas são as três unidades da Paraíba. A quarta planta é localizada na cidade de Criciúma-SC e outra na cidade de Goianinha- RN.

Além dessas plantas, possui ainda uma unidade cimenteira no municipio de Alhandra, também na grande João Pessoa, na Paraíba. O grupo conta com aproximadamente 3.200 funcionários e tem capacidade instalada para a produção de 3.200.000 m²/ano de revestimentos. A planta industrial que participou desta pesquisa na cidade de João Pessoa,

conta com aproximadamente 1.300 funcionários, sendo responsável pela produção 25.000 m²/mês de revestimentos cerâmica e porcelanato e a maior dentre as plantas. Na EP1, o consumo de gás corresponde a aproximadamente 12% do valor do custo total do produto, sendo o insumo de produção mais caro.

A empresa 2 (EP2) do setor têxtil é uma empresa que produz peças em tecido para vestuário de cama e banho com 17 plantas fabris, sendo 16 unidades no Brasil, em quatro Estados brasileiros e uma unidade no Exterior (Argentina). Sua primeira unidade foi no Estado de Minas Gerais em 1967, mas estão em funcionamento unidades nos Estados de Minas Gerais, Paraíba, Santa Catarina e Rio Grande do Norte. No Estado da Paraíba são três plantas, uma na cidade de João Pessoa e duas na cidade de Campina Grande. Todo o grupo conta com mais de 15 mil funcionários e é responsável por aproximadamente 20% do consumo nacional de algodão.

A empresa é verticalmente integrada, produzindo desde os fios, os tecidos, passando para a produção dos produtos de cama, mesa e banho e peças de decoração. A planta industrial de Campina Grande produz todos os fios que são utilizados por todas as demais unidades, inclusive a planta de João Pessoa que é responsável pela produção de toalhas de banho. A planta industrial que participou desta pesquisa é a unidade localizada na cidade de João Pessoa, instalada em 1997 e conta com aproximadamente 1.700 funcionários, sendo responsável pela produção de 2000 toneladas/mês de toalhas. Na EP1 o consumo de gás corresponde a aproximadamente 7% do valor do custo total do produto.

Em ambas as empresas o gás é a principal matriz energética utilizada como fonte de calor no processo produtivo. Na empresa EP1 o gás é a matriz energética utilizada para gerar calor nos fornos de cozimento das peças cerâmicas e de porcelanato. Estas peças podem ficar nos fornos entre 20 min (peças cerâmicas) ou 40 min (peças de porcelanato) e os fornos devem ser mantidos com uma temperatura média de 1.200°C, o que induz um consumo médio de 100m³ de gás/dia. Os fornos ficam ligados e devem manter esta temperatura de maneira initerupta, 24h/dia todos os dias do ano.

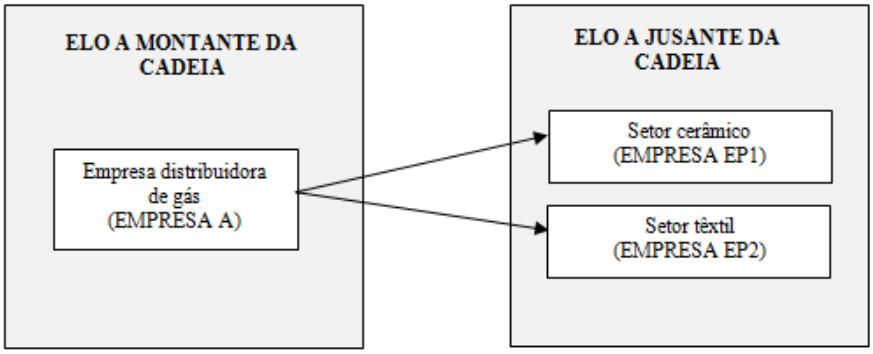
Na EP1 já foram feitas inovações no processo de modo a reduzir o consumo de gás, em função da importância do preço do gás no custo final do produto. Essas inovações reduziram em aproximadamente 30% o consumo de gás da empresa. Além disso, algumas outras inovações estão sendo planejadas de modo a reduzir ainda mais a necessidade de gás pela empresa, dada a representatividade do custo do gás no custo final do produto.

Na EP2, desde o início de sua operação, o gás natural é utilizado como principal matriz energética para geração de vapor necessário no processo produtivo, quer seja na preparação

dos fios antes da passagem pelos teares, como também na fase de tingimento dos tecidos. Além do gás natural, outra importante matriz energética é a energia elétrica extremamente necessária para o funcionamento das demais máquinas do processo produtivo. No entanto, a estrutura tecnológica das máquinas envolvidas na geração de calor no processo é totalmente voltada para o uso do gás natural, sendo necessário haver forte investimento por parte da empresa para readaptar estas máquinas para outra matriz energética alternativa ao gás. Não se observou interesse por parte da EP2 em substituir ou reduzir o consumo de gás.

Dessa forma, a configuração dos elos da cadeia de suprimentos que participam desta pesquisa é apresentada na Figura 35. Observa-se que o recorte da cadeia de suprimentos foco desta pesquisa, engloba no elo a montante, a empresa distribuidora de gás no Estado da Paraíba, denominada de Empresa A, e no elo a jusante da cadeia, dois elos do segmento de clientes industriais (Empresas EP1 e EP2), que representam juntos 60% do consumo de todo gás utilizado no Estado, e por isso, são os clientes mais significativos.

Figura 35- ConFiguração dos elos da cadeia de suprimentos que participam da pesquisa



Fonte: Elaboração própria (2016)

Comprendido o formato da cadeia de suprimentos de gás canalizado e dos elos que participaram da pesquisa, segue-se para a descrição das fases que compreendem a sistemática de gestão de riscos proposta, iniciando pela identificação dos riscos e em seguida pela avaliação dos riscos.

4.3 - IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS NA CS DE GÁS CANALIZADO

A primeira etapa da pesquisa consistiu em realizar a identificação dos riscos nos elos que aceitaram participar desta pesquisa. Norteando-se pelo método de pesquisa idealizado para esta fase da pesquisa, segue-se com a apresentação dos resultados obtidos na identificação dos riscos na cadeia de suprimentos estudada.

4.3.1 - Riscos na empresa distribuidora de gás canalizado (Empresa A)

Seguindo o questionário e o método descrito no protocolo de estudo de caso foi realizado a identificação dos riscos, inicialmente na Empresa A.

Para a identificação dos riscos, os eventos de riscos foram estabelecidos e vinculados às classes de riscos a partir do levantamento teórico realizado. Para cada tipologia de risco foram associados fatores de riscos e no questionário foi perguntado ao especialista se este evento já havia ocorrido, com possibilidade de resposta SIM, NÃO e NÃO SEI.

Dessa forma, quando houve uma resposta SIM para um determinado fator de risco, isso foi interpretado como se o risco fosse existente na empresa e se sua ocorrência se dava por meio daquele fator de risco específico. Houve risco que obteve mais de um fator de risco associado, assim como, houve risco que foi percebido pela ocorrência de um único fator. Independente do número de fator associado ao risco, o importante era identificar a ocorrência do risco, por meio da identificação de um evento de risco ocorrido.

Apesar de existir no questionário a opção NÃO SEI, observou-se que esta resposta não foi dada por nenhum dos especialistas, o que denota que os especialistas tinham conhecimento sobre os eventos investigados na pesquisa. Da mesma forma, não foi apontado pelos especialistas nenhum novo fator de risco à lista apresentada no questionário. Isto denota aderência entre a realidade dos riscos da empresa e os fatores elencados na literatura.

O resumo dos riscos identificados na empresa A é apresentado no Quadro 21. Pôde-se observar no Quadro 21 que foi apontado um número considerável de riscos. Dos 24 tipos de riscos investigados foram identificadas 13 classes de riscos, dos quais foi possível identificar que eventos de riscos podiam gerar os riscos mencionados. Resumidamente, pôde-se apontar que na empresa distribuidora de gás já ocorreram os seguintes riscos: estratégico, de processo, de demanda, de capacidade, operacional, de fornecimento, de estoque, de informação, de cliente, político, de propriedade intelectual, de preço e econômico/financeiro.

Para estas categorias de riscos, foi possível categorizar os riscos em três classes: 1- Incertezas Internas à Empresa (risco de processo, riscos de demanda, riscos de capacidade, riscos operacional, riscos de fornecimento, riscos de estoque, riscos de informação, risco de propriedade intelectual); 2 – Incertezas Internas à Cadeia, mas externa à Empresa (riscos de cliente, estratégico e de preço); 3- Incertezas Externas à Cadeia (risco econômico/financeiro, risco político).

Assim, pode-se verificar que os tipos de riscos que mais acomete a empresa de distribuição de gás são incertezas de natureza interna à empresa, e, portanto, podem ser

mitigados e controlados pela empresa. Do contrário, uma parcela menor dos riscos são externos à empresa, mas internos à cadeia de suprimentos, de modo que podem ser controlados, desde que haja uma ação coordenada com os demais elos da cadeia.

Quadro 21- Resumo dos riscos identificados na empresa A

TIPO DE RISCO	FATORES DE RISCOS
ESTRATÉGICO	Ação da concorrência nas mudanças de preços
PROCESSO/CONTROLE	Parceiros de negócios com controle de processos falhos
DEMANDA	Variação negativa inesperada da demanda
	Ausência de um sistema de previsão de demanda
	Erros na demanda prevista
CAPACIDADE/RECURSO	Falta de redundância de algum recurso produtivo
OPERACIONAL	Dificuldade em seguir os procedimentos padrões
FORNECIMENTO	Problemas na quantidade de matéria-prima
	Problemas na qualidade da matéria-prima
	Necessidade de mudança de fornecedores de maneira inesperada
ESTOQUE	Falta de itens em estoque
	Perda de estoque de produto acabado por obsolescência
	Falhas no planejamento de estoques
INFORMAÇÃO	Indisponibilidade do sistema de informação da empresa
	Atrasos nas informações no sistema de informação da empresa
CLIENTE	Perda do cliente por produtos similares/substitutos
POLÍTICO	Incertezas no ambiente político nacional
PROPRIEDADE INTELECTUAL	Limitações financeiras destinadas à P&D
PREÇO	Variações inesperadas no preço das matérias primas
	Variações inesperadas no preço do produto final ao cliente
ECONÔMICOS/FINANCEIROS	Incertezas na conjuntura econômica do país
	Incertezas na conjuntura econômica mundial
	Incertezas sobre os parâmetros como taxas de juros e/ou inflação

Fonte: Elaboração própria

Por fim, um número menor de riscos são incertezas que são externas a empresa e também à cadeia de suprimentos, que impossibilita a eliminação do risco, sendo possível à mitigação por contingência ou aumento da resiliência da empresa e da cadeia de suprimentos.

Ainda sobre os riscos é possível observar que os com maior potencial de ocorrência, pelo número de eventos de riscos identificados, são os riscos de demanda, de fornecimento, de estoque e os riscos de natureza econômico/financeiro. Para estes, há três fatores de riscos associados, e, portanto, estes riscos mostram um maior potencial de ocorrência em comparação aos estratégicos, de processo/controle, de capacidade, operacional, de cliente, político e de propriedade intelectual que, segundo os especialistas possuem um evento de risco associado.

O risco estratégico está relacionado à ocorrência de mudanças de preços por parte de concorrentes, neste caso, fornecedores de outras matrizes energéticas para o segmento industrial, como por exemplo, o coque de petróleo ou energia térmica a base da combustão de lenha. Estes possuem preços mais competitivos e em muitas oportunidades atrapalham o estabelecimento de novos clientes, ou a redução no consumo por parte de clientes existentes.

Nesse sentido, a organização também enfrenta diversas mudanças de preços praticadas pelos concorrentes e, por isso, a empresa tem praticado diferentes preços de acordo com o tipo de utilização do gás natural com o objetivo de manter a competitividade no mercado. Como exemplo, pode-se citar que o preço do m³ de gás natural para clientes industriais é diferente do preço para clientes residenciais.

O risco de processo/controle está relacionado à ocorrência de falha nos controles dos parceiros de negócios, notadamente os fornecedores de serviços para construção ou manutenção da malha de distribuição. Essas falhas podem trazer dificuldades no atendimento dos clientes finais.

O risco de demanda foi apontado a partir da ocorrência de fatores atrelados a erros, inexistência e variações inesperadas em relação à demanda para menos, o que pode levar a menor eficiência dos recursos de produção e menor rentabilidade para a empresa. Além disso, tem sido observada uma retração da demanda do segmento industrial devido à crise econômica vivenciada no País. A empresa também enfrenta problemas devido à má previsão de demanda, pois se o cliente não consome aquele determinado volume de gás natural conforme firmado em contrato rígido, a empresa focal passa a sofrer penalidades de sua fornecedora de gás pelo consumo abaixo do esperado.

O risco de capacidade/recurso foi reportado a partir da ocorrência de ausência de redundância de algum recurso produtivo, no caso específico de equipamento necessário para o atendimento dos clientes, o que trouxe atraso no serviço em execução.

O risco operacional foi apontado por meio da ocorrência de problemas relacionados ao atendimento de procedimentos padrões o que trouxe dificuldades em nível operacional na execução dos serviços, problemas de operabilidade dos serviços de manutenção e instalação, o que atrapalhou o atendimento dos clientes.

O risco de fornecimento foi identificado por meio de problemas vivenciados em relação à quantidade e qualidade das matérias primas recebidas pela empresa que foge aos parâmetros pré-estabelecidos, assim como, dificuldades enfrentadas em relação à necessidade de mudar um fornecedor de maneira inesperada, uma vez que teve dificuldades no suprimento de uma matéria-prima específica. Além disso, percebeu-se que alguns procedimentos da

empresa sofrem atrasos recorrentes devido ao longo período de tempo necessário para realizar um processo licitatório, pois a empresa é uma autarquia estadual. Por isso, também as devoluções e correções de material também são lentas e podem prejudicar a viabilização das obras e atendimento dos clientes.

O risco de estoque foi identificado por já ter sido vivenciado ocasiões de faltar itens em estoque, o que pode atrasar o atendimento dos clientes, assim como foi apontado que também houve perda de estoque em outros itens, por obsolescência, o que indica haver dificuldade no planejamento dos estoques da empresa haja vista que há sobra e falta de itens.

O risco de informação foi identificado a partir da verificação de eventos de indisponibilidade do sistema de informação da empresa, o que traz dificuldades gerenciais. Além disso, verificou-se ocorrer também atrasos nas informações do sistema de informações o que também traz dificuldade não apenas nos processos gerenciais da empresa, mas dificulta a comunicação da empresa com seus parceiros de negócios e clientes. Além disso, o sistema precisa funcionar durante todos os dias da semana, no entanto, em casos de falta de energia, o sistema fica totalmente indisponível, gerando atrasos no funcionamento da organização, uma vez que esta não possui gerador.

O risco de cliente foi identificado a partir da ocorrência de perda de cliente do segmento industrial por produtos similares/substitutos, ao se observar matrizes energéticas mais competitivas, como por exemplo, o coque de petróleo e a combustão de lenha, que se mostram no momento mais competitivo em preço, que no momento de crise econômica vivenciada no atual cenário, tem trazido diversos problemas na manutenção dos clientes.

O risco político foi identificado pela percepção de que as incertezas no ambiente político trazem dificuldades para o setor energético, por não se identificar comprometimento em políticas públicas que apontem para a expansão e investimentos no setor.

O risco de propriedade intelectual foi identificado a partir da percepção de que limitações financeiras têm atrapalhado o investimento em projetos de P&D da empresa, o que pode atrapalhar o alcance de inovações da empresa e prejudicar os níveis de competitividade.

O risco de preço foi identificado a partir de eventos relacionados a variações inesperadas tanto no preço das matérias primas, como também em variações inesperadas no preço do produto final. Pelo fato de o gás ser uma *commodity*, há variação real no seu preço, mas que não é repassado de imediato para os clientes, pois o preço praticado é o acordado pelos contratos celebrados entre a distribuidora de gás e os seus clientes industriais. Além disso, com a redução da capacidade produtiva dos clientes industriais tem se percebido redução significativa no consumo de gás pelos clientes do segmento industrial, e isto tem

trazido diversas dificuldades para a empresa, chegando a ter de flexibilizar cláusulas contratuais e abrir mão das penalidades por baixo consumo para não perder clientes.

Por fim, o risco econômico/financeiro foi reportado pela empresa a partir da verificação de que incertezas econômicas na conjuntura mundial e do país trazem para empresa dificuldades, principalmente no que tange aos clientes industriais. Pois, estes em momento de recessão econômica reduzem seus níveis de produção e acabam por reduzir o consumo de gás, o que põem em risco a viabilidade do negócio, já que o segmento industrial é o mais importante em volume de gás consumido.

As relações entre os riscos considerando a dependência dentro da própria empresa e a dependência com os demais elos da cadeia ainda não serão analisadas nesse momento, mas na fase de avaliação de risco que procede a identificação dos riscos.

4.3.2- Riscos na empresa EP1

A empresa do setor cerâmico foi a segunda a ser visitada na fase de identificação dos riscos. De forma semelhante ao procedimento realizado na A, foi seguido o protocolo de estudo de caso, as entrevistas foram realizadas na planta industrial da cidade de João Pessoa-PB. Nesta empresa as áreas comercial e de suprimentos estão sob a atuação de uma mesma gerência, e por isso, foram entrevistados cinco especialistas que responderam os seis questionários. O resumo dessas informações é apresentado no Quadro 22.

Quadro 22- Resumo dos riscos identificados na empresa EP1

TIPO DE RISCO	FATORES DE RISCOS
FISCAL	Perda inesperada em isenções fiscais adquiridas pela empresa
MERCADO	Surgimento de um novo produto inovador no mercado
DEMANDA	Oscilações inesperadas na demanda
CAPACIDADE	Limitação na capacidade dos recursos da empresa
OPERACIONAL	Falhas na manutenção
	Falhas humanas
	Parada da produção por falta de energia elétrica
	Falhas no tempo de entrega de seus produtos para o cliente
FORNECIMENTO	Problemas na qualidade da matéria-prima
ESTOQUE	Ruptura no atendimento dos clientes por falta de itens em estoque
INFORMAÇÃO	Indisponibilidade no sistema de informação da empresa
	Baixo grau de usuabilidade do sistema de informação da empresa

Fonte: Elaboração própria

Observa-se que o número de riscos identificados na empresa EP1 é menor se comparado à empresa focal (Empresa A). Foram identificados os riscos de natureza fiscal, de mercado, de demanda, de capacidade, operacional, de fornecimento, de estoque e de informação, totalizando 8 tipos de riscos.

Assumindo a classificação que analisou os riscos identificados na empresa distribuidora de gás, pode-se perceber que na empresa cerâmica EP1 ocorre: 1- Incertezas Internas à Empresa (riscos de demanda, de capacidade, operacional, de fornecimento, de estoque e de informação); 2- Incertezas Internas à Cadeia, mas externa à Empresa (riscos de mercado), e 3- Incertezas Externas à Cadeia (risco fiscal).

De forma semelhante à empresa focal observa-se que a maior parcela dos riscos são internos à empresa, e portanto, podem ser controlados ou mesmo eliminados por ações gerenciais. Além disso, é possível perceber que esses riscos internos podem apresentar relações de causa e efeito, como por exemplo os riscos de demanda, de capacidade e de estoque que possuem forte relação entre si, pois os fatores de risco apontados se correlacionam como oscilações inesperadas na demanda dos clientes o que dificulta o planejamento da capacidade de produção o que pode levar rupturas no atendimento dos clientes por falta de itens em estoque.

No geral, observou-se que a maior parcela dos riscos identificados na empresa EP1 estão associados a um único evento de risco, exceto o risco operacional que está vinculado à ocorrência de quatro distintos fatores de riscos.

Sobre isso, é importante indicar que no questionário aplicado não consta a falta de energia como fator de risco relacionado ao risco operacional. O especialista responsável pela área de produção apontou durante a entrevista que a parada de produção por falta de energia é o principal evento de risco que compromete a área operacional. Além disso, a falta de energia pode ocasionar outros eventos de risco, como por exemplo, perda de capacidade, atraso na entrega de produtos aos clientes e elevação dos custos, pois os fornos dependem de energia elétrica para funcionar e quando há falta de energia os fornos desligam e perdem temperatura.

O risco fiscal foi identificado por meio da experiência em que houve perda inesperada de parte das isenções fiscais concedidas pelo Estado e que foram revisadas unilateralmente e reduzidas de maneira inesperada, o que trouxe uma maior carga tributária e consequentemente menores lucros para a empresa. Esse risco está associado à crise financeira vivenciada no País e no Estado, fato que impulsionou a redução das isenções fiscais do Estado e teve um impacto bastante significativo para a empresa.

O risco de mercado foi identificado por meio do acompanhamernto do surgimento de um novo produto inovador no mercado, que utiliza uma tecnologia de processo diferente sendo capaz de produzir um produto cerâmico com características semelhantes, mas a um custo de produção com 40% mais barato. Isto, forçou a empresa a adaptar seu processo e culminou com a necessidade de investimento em uma nova planta fabril que utiliza esta nova tecnologia de processo para a produção deste produto inovador.

O risco de demanda foi apontado pela verificação de que em algumas oportunidades já foram observadas oscilações inesperdas de demanda, o que já forçou a negociação de prazo de entrega junto aos clientes. Foi reportado que no apogeu econômico e de aquecimento do setor da construção civil, a empresa não tinha capacidade suficiente para atender a demanda, sendo necessário negociar prazo e realizar novos investimentos para ampliação da capacidade instalada. No entanto, quando houve retração da demanda esta passou a ser inferior à capacidade, o que tem trazido dificuldades para a empresa, impelindo a empresa desativar linhas de produção a fim de acomodar a demanda e a capacidade.

Pelos mesmos motivos retratados anteriormente, contextualiza o risco de capacidade que foi verificado a partir de percepção de eventos onde houve limitação na capacidade dos recusros da empresa, e nessas oportunidades foi necessário negociar junto aos clientes novos prazos de modo a conseguir atender todo o volume de pedidos. Em função disso, também foi importante a decisão em investir em uma nova planta fabril que vai aumentar a capacidade produtiva da empresa, em um momento econômico em que a demanda continua retraída. Esta realidade mudou de maneira significativa nos últimos anos, onde tem se verificado queda na demanda, o que tem impelido a empresa a desligar algumas linhas em turnos específicos, mostrando a necessidade de adaptar a capacidade produtiva.

O risco operacional foi apontado pela ocorrência de eventos relacionados ao processo produtivo, notadamente falhas na manutenção que ocorrem em intervalos maiores do que os programados, assim como falhas humanas já que a expertise para o funcionamento dos fornos, depende muito da habilidade dos funcionários. Além disso, foi apontado que a falta de energia elétrica é apontado como um importante evento de risco, pois leva à parada de produção e consequentemente atraso na entrega dos produtos no prazo estabelecido para os clientes. Apesar deste evento não compor o questionário original, este fator de risco foi acrescentado, pois foi indicado como evento importante, tanto pela ocorrência como pelo impacto causado.

O risco de fornecimento se traduziu em problemas na qualidade da matéria-prima, uma vez que esta é de origem natural, formado por diversos tipos de material orgânico e por isso, não apresenta homogeneidade e padrão desejado. Esses fatores fazem com que haja

muita variabilidade de matéria prima, o que influencia diretamente a qualidade final do produto, fato que influencia na qualidade do produto final das peças, pois produtos considerados de segunda qualidade são vendidos a um preço bem menor.

O risco de estoque foi identificado na empresa pela ocorrência de ruptura de atendimento de clientes por falta de itens em estoque, que foi algo que impôs à empresa negociação de prazo junto aos clientes, a fim de acomodar a demanda na capacidade produtiva existente. Isto foi realizada quando havia mair demanda do que capacidade de produção. Verifica-se que esta realidade mudou um pouco, e atualmente não há esta formação de estoque, pois verifica-se queda na demanda se comparada aos anos de 2010, por exemplo.

Por fim, o risco de informação se traduz na ocorrência de dois eventos, na indisponibilidade do sistema de informação, que traz dificuldade nos processos de gestão da empresa, assim como o baixo grau de usuabilidade do sistema de informação que dificulta em certo grau as atividades de gestão da empresa.

4.3.3 - Riscos na empresa EP2

A empresa do setor têxtil foi a terceira a ser visitada na fase de levantamento de dados para a identificação dos riscos. De forma semelhante, foi seguido o protocolo de estudo de caso e as entrevistas foram realizadas na planta industrial da cidade de João Pessoa-PB. Nesta empresa o diretor industrial é o responsável local pela área comercial, já que a gerência comercial é centralizada em São Paulo e responde por todas as plantas do grupo. Desta forma, foram entrevistados cinco especialistas que responderam os seis questionários. O resumo dessas informações é apresentado no Quadro 23.

Quadro 23- Resumo dos riscos identificados na empresa EP2

TIPO DE RISCO	FATORES DE RISCOS
ECONÔMICOS/FINANCEIROS	Incertezas na conjuntura econômica do país
	Incertezas na conjuntura econômica mundial

Pelas informações apresentadas no Quadro 23, observa-se que pelos especialistas foi apontado apenas o risco de natureza econômica/financeira que está associado a dois fatores de riscos, as incertezas na conjuntura em nível do país e mundial. Dessa forma, pode-se observar que de acordo com a categorização adotada, na empresa EP2 o risco advém de INCERTEZAS EXTERNAS Á CADEIA (risco financeiro/econômico).

Assim, de acordo com os especialistas, dos 24 riscos investigados e 110 fatores de riscos associados, apenas um tipo de risco pode ser identificado na empresa, e mesmo assim, este não está sob controle da unidade, cabendo a esta apenas a adoção de medidas de proteção em relação ao risco ou que criem resiliência a fim de mitigar o impacto do risco.

Além disso, observa-se que os fatores de riscos associados ao risco identificado estão fortemente relacionados às incertezas econômicas vivenciadas a partir da crise econômica e financeira mundial vivenciada em meados do ano 2008, evento que trouxe diversas dificuldades para a empresa EP2, dado que esta tinha maior parte de sua produção voltada para o mercado externo que precisou ser redirecionado para o mercado interno.

De forma análoga, foi apontada a incerteza no cenário econômico do país como um evento de risco vivenciado pela empresa que induz ao risco econômico/financeiro, que está associado à crise econômica vivenciada no País, a partir do ano de 2014, que trouxe dificuldades para a empresa, uma vez parcela importante da produção foi redirecionado para o mercado interno, reduzindo de maneira considerável o consumo. Segundo os especialistas, a unidade reduziu em aproximadamente 30% a produção média da unidade industrial.

Na explanação feita pelos especialistas como justificativa da ausência de demais riscos, foi reportado que a empresa por fazer parte de uma cadeia com o fornecimento quase totalmente verticalizada, e por isso, não enfrenta rupturas de suprimentos de seu principal insumo de produção, os fios. Os demais insumos, possuem pelo menos 3 (três) fornecedores que são auditados de maneira rígida e constante pelo grupo, já que fornecem não apenas para a planta industrial de João Pessoa, mas para todas as demais unidades do grupo. Esse contexto contriubui para a inexistência de riscos relacionados à suprimentos, por exemplo.

Além disso, a empresa faz seu planejamento de produção de maneira empurrada, com antecipação de produção, chegando a manter em estoque produtos que atenda 2 meses de pedidos, em média, registrando um nível de serviço de até 98%. Isto,contextualiza e justifica a inexistência de riscos de demanda e de cliente, por exemplo.

Por fim, foi reportado que a empresa passa por auditorias de processos bastante rigorosas, por ser uma empresa de capital aberto, e por isso, o controle dos processos e as dificuldades de nível operacional acabam por serem bastante mitigadas.

Assim, verificou-se na empresa EP2 apenas uma categoria de risco, o risco econômico/financeiro que é uma incerteza de origem externa à cadeia, e portanto, ocorre à revelia dos membros da cadeia e atinge todos.

Por ter sido verificado apenas uma categoria de risco na EP2, decidiu-se juntamente com a empresa distribuidora de gás natural canalizado que para a fase de avaliação dos riscos

não seria interessante dar prosseguimento com a EP2, apenas com a EP1, dado que a expectativa de dependência entre os riscos ser mais significativa com a EP1. Desta forma, a apresentação dos resultados da avaliação dos riscos descritos a seguir contemplam as variáveis levantadas entre a empresa A (distrubuidora de gás canalizado) e a empresa EP1.

4.4 - AVALIAÇÃO DOS RISCOS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE GÁS CANALIZADO

A coleta de dados para a avaliação dos riscos teve por objetivo levantar dados para a aplicação das técnicas previstas para a avaliação dos riscos, o ANP, a Simulação Monte Carlo e as Redes Bayesianas. Para tal, foram levantados junto aos especialistas dados sobre julgamentos de importância em relação aos riscos anteriormente identificados e julgamentos de importância dos riscos e sobre a faixa de probabilidade de ocorrência destes. A partir desses dados foi possível priorizar os riscos, considerando a dependência entre estes e calcular a probabilidade de ocorrência dos riscos secundários na cadeia de suprimentos, a partir da Simulação Monte Carlo e, posteriormente das Redes Bayesianas.

Seguindo esta sequência, a fase de avaliação dos riscos nesta sistemática de gestão de riscos proposta é apresentada. Desta forma, inicialmente segue-se com a apresentação dos resultados da priorização dos riscos dependentes por meio da aplicação do ANP.

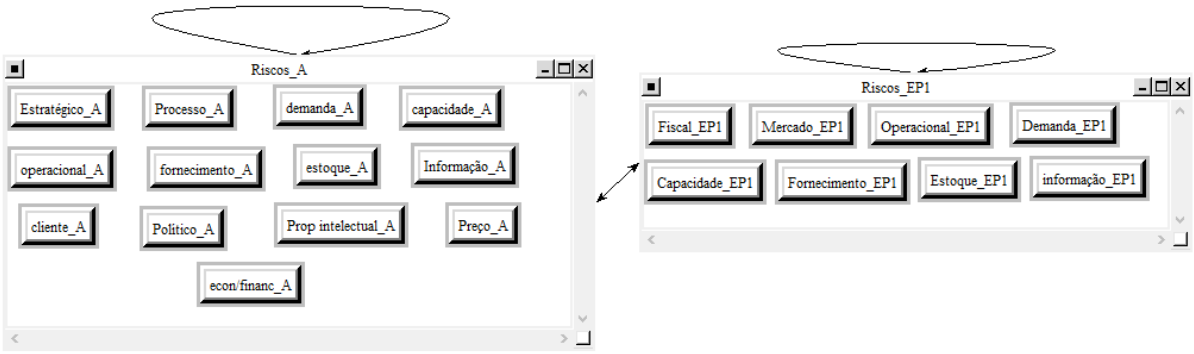
4.4.1 - Priorização dos riscos dependentes por meio do ANP (*Analytic Network Process*)

A priorização dos riscos, de modo a identificar os riscos mais críticos considerando a dependência entre os riscos dos dois elos foi realizado utilizando a técnica do ANP. A coleta de dados realizada por meio das entrevistas junto aos especialistas das duas empresas permitiu que fossem levantados os julgamentos sobre a importância dos riscos, de maneira paritária, ou seja de um risco em relação ao outro, a partir da escala fundamental de Saaty (Tabela 5), considerando aqueles riscos que havia sido anteriormente identificados.

A aplicação do ANP foi direcionado pelo fluxo apresentado na Figura 18 (Capítulo 2). De acordo com este esquema é necessário inicialmente construir as redes com seus *clusters* e nós. Visualmente a rede, os *cluster*s e os nós dos riscos identificados nos dois elos da CS são apresentados na Figura 36. Observa-se nesta Figura que existem dois *clusters*, que representam os dois elos da cadeia de suprimentos que participam desta pesquisa. Dentro de cada *cluster* existem os nós que correspondem aos riscos identificados nos elos.

Além disso, observa-se na Figura 36 os arcos sobre e entre os *clusters*. Isto representa as relações de dependência que existem na rede. Deste modo, observa-se que os riscos internos a cada *cluster*, representados pelos nós, apresentam dependência entre si. Isto é visualmente representado pelo arco acima de cada *cluster*. Da mesma forma, observa-se que os riscos entre os *clusters* também são dependentes entre si, o que é observado pela seta com dupla direção existente entre os dois *clusters*.

Figura 36- Rede, *clusters* e nós de riscos nos dois elos da CS



Fonte: *SuperDecisions* (2016)

Adotou-se, nesta pesquisa, que todo os riscos previamente identificados apresentam dependência entre si. Esta medida, teve por objetivo reduzir a subjetividade da sistemática proposta, ao passo que todos os riscos identificados fossem hierarquizados, e não apenas aqueles que fossem reconhecidos pelos especialistas como sendo dependentes. Desta forma, especialista não apontava se havia ou não dependência entre os riscos internos à cada empresa e em relação ao elo investigado, mas apontava qual o grau de dependência de um risco em relação ao outro. Este grau de dependência também seguiu a Escala Fundamental de Saaty.

Essa estratégia, ao passo que reduz a subjetividade da sistemática aumenta o número de julgamentos requeridos e a ordem das matrizes geradas. Por isso, cada especialista da Empresa A, por exemplo, respondeu 169 julgamentos para julgar os 13 riscos identificados, enquanto cada especialista da Empresa EP1 respondeu 64 julgamentos, de modo que os 8 riscos identificados fossem julgados de maneira paritária.

Como observado nas Tabelas 12 e 13 foram entrevistados 8 especialistas, sendo 5 na empresa A e 3 na empresa EP1. Cada especialista respondeu sobre os riscos identificados na sua empresa, e apenas os diretores de ambas as empresa fizeram julgamentos sobre as interelações entre os riscos entre as duas empresas.

Como trata-se de um grupo de especialistas era importante após o levantamentos dos julgamentos individuais aglutinar os julgamentos por meio da técnica A_{ip}, uma vez que o grupo de especialistas era heterogêneo. Aplicou-se a média geométrica para aglutinar os julgamentos a fim de obter um julgamento que represente todo o grupo. As Tabelas 15, 16, 17 e 18 apresentam os julgamentos aglutinados dos julgamentos dos especialistas de ambas as empresas. A partir deste conjunto de julgamentos fez -se o uso do *SuperDecisions* versão 2.4.0-RC1, obtida no site do fabricante (http://www.superdecisions.com).

Tabela 15- Julgamentos aglutinados dos riscos da empresa A

RISCOS	EST	PROC	DEM	CAP	OPER	FORN	EST	INF	CLIE	POL	PR INTEL	PREÇ	ECON
EST	1,00	7,06	0,31	1,36	1,38	1,26	1,42	8,59	0,40	1,70	6,00	0,36	0,25
PROC	0,14	1,00	0,12	0,23	0,19	0,18	0,18	2,49	0,13	1,52	1,33	0,12	0,15
DEM	3,25	8,39	1,00	8,36	8,16	7,92	8,11	8,59	3,18	7,92	7,65	1,25	1,32
CAP	0,73	4,29	0,12	1,00	1,02	1,54	1,44	2,37	0,64	2,48	2,58	0,13	0,14
OPER	0,72	5,26	0,12	0,98	1,00	1,52	3,28	4,44	0,70	3,37	3,96	0,14	0,23
FORN	0,79	5,57	0,13	0,65	0,66	1,00	2,77	6,89	0,94	4,75	7,06	0,35	0,76
EST	0,70	5,57	0,12	0,70	0,31	0,36	1,00	4,70	0,15	2,49	6,69	0,28	0,13
INF	0,12	0,40	0,28	0,42	0,23	0,15	0,21	1,00	0,12	2,51	3,39	0,14	0,12
CLIE	2,49	7,89	0,31	1,55	1,43	1,06	6,73	8,11	1,00	8,79	8,79	2,09	0,97
POL	0,59	0,66	0,13	0,40	0,30	0,21	0,40	0,40	0,11	1,00	4,70	0,12	0,15
PR INTEL	0,17	0,75	0,13	0,39	0,25	0,14	0,15	0,29	0,11	0,21	1,00	0,13	0,13
PREÇ	2,77	8,36	0,78	7,63	7,21	2,86	3,54	7,30	0,48	8,16	7,63	1,00	2,17
ECON	4,05	6,89	0,76	7,11	4,29	1,31	7,97	8,16	1,03	6,71	7,63	0,46	1,00

Tabela 16- Julgamentos aglutinados dos riscos da empresa EP1

RISCOS	FIS	MER	OPER	DEM	CAP	FORN	EST	INF
FIS	1,00	0,28	0,30	2,52	0,38	0,44	0,44	2,29
MER	3,63	1,00	0,44	1,26	0,35	0,35	0,35	2,08
OPER	3,30	2,29	1,00	1,31	0,63	1,44	1,82	3,30
DEM	0,40	1,00	0,76	1,00	0,79	1,39	2,52	3,30
CAP	2,62	2,88	1,59	1,26	1,00	2,00	1,82	3,30
FORN	2,29	2,88	0,69	0,72	0,50	1,00	0,69	2,88
EST	2,29	2,88	0,55	0,40	0,55	1,44	1,00	1,44
INF	0,44	0,48	0,30	0,30	0,30	0,35	0,69	1,00

Tabela 17- Julgamentos aglutinados dos riscos da Empresa EP1 para a A

RISCOS	EST	PROC	DEM	CAP	OPER	FORN	EST	INF	CLIE	POL	PR INTEL	PREÇ	ECON
FIS	1,00	1,00	4,58	2,45	1,00	1,00	1,00	1,00	7,35	1,41	1,00	4,00	2,45
MER	2,45	1,00	7,35	2,45	1,00	1,00	1,00	1,00	6,48	1,41	1,00	5,66	6,00
OPER	1,00	1,00	7,35	2,45	1,00	1,00	1,00	1,00	6,93	1,00	1,00	5,66	6,48
DEM	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,93	2,83
CAP	1,00	1,00	1,73	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00
FORN	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
EST	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
INF	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabela 18- Julgamentos aglutinados dos riscos da Empresa A para a empreasa EP1

RISCOS	FIS	MER	OPER	DEM	CAP	FORN	EST	INF
EST	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00
PROC	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
DEM	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00
CAP	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00
OPER	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,30	1,00	1,00
FORN	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00	1,00	1,00
EST	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
INF	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CLIE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	1,00	1,00
POL	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PR INTEL	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PREÇ	1,00	2,00	1,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ECON	1,00	2,00	1,00	5,00	9,00	1,00	1,00	1,00

Seguindo a aplicação do ANP, de acordo como fluxo ilustrado na Figura 18, era necessário calcular o IC (Índice de Consistência) e a RC (Razão de Consistência) a fim de verificar se os julgamentos obedeciam o limite máximo de RC indicado por Saaty (2008).

Para os julgamentos aglutinados apresentados nas Tabelas 13 e 14, foram calculados o o Autovalor, o λ_{max}, o IC e o RC (Tabela 19). Observa-se que a RC para os julgamentos dos especialistas de ambas as empresas obedecem a razão máxima de 10%, o que indica que há consistência suficiente para seguir com a aplicação do ANP. Obedecido o RC máximo, seguiu-se com a aplicação no *software SuperDecisions,* que gera as matrizes que compõem a sistemática do ANP que consiste na inserção dos julgamentos paritários.

Tabela 19- Valores de RC para os julgamentos aglutinados

Empresa A	λmax	14,75
	IC	0,1454
	CA	1,56
	RC	9,32%
Empresa EP1	λmax	8,80
	IC	0,1147
	CA	1,41
	RC	8,1%

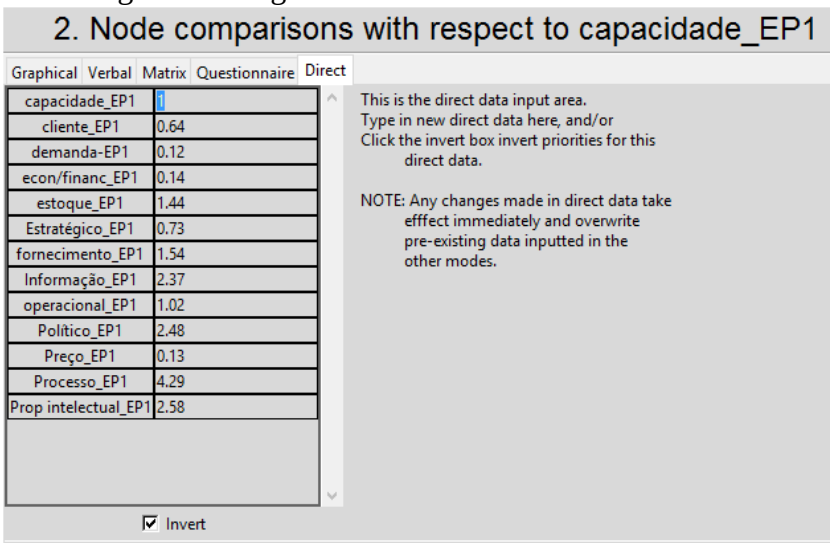
Como o número de julgamentos foi grande, com 169 julgamentos para os especialistas da Empresa A e 64 para os da Empresa EP1, optou-se por não apresentar ao longo do texto todos as telas de julgamentos, apenas uma tela a título de exemplo de como os julgamentos foram inseridos no *software*. Os julgamentos foram realizados dos riscos em relação aos riscos internos ao *cluster* (Figura 37) e em relação aos riscos do outro *cluster* (Figura 38).

Os dados inseridos correspondem aos julgamentos aglutinados e a partir deles foi possível sistematizar todas as matrizes que compõem o próprio método do ANP, e que seguem todas apresentadas no ANEXO 1. Seguem apresentadas na sequência a Supermatriz de Alcance Global (Tabela 20) e a Matriz com as ponderações entre os *clusters* (Tabela 21) da qual derivam todas as demais matrizes: a matriz ponderada, a matriz limite e a matriz final, na qual é fornecida a priorização final dos riscos por *cluster*.

Ressalta-se que a Supermatriz de Alcance Global da Figura 20 apresenta o autovalor normalizado que foi gerado dos julgamentos aglutinados. A Matriz de ponderação indica que os riscos dos *clusters* e entre os *clusters* são dependentes, por isso não são zeradas nos quadrantes. Além disso, estes valores de ponderação foram indicados pelos especialistas das gerências das empresas, para os quais o grau de dependência dos diferentes riscos na cadeia são igualmente importantes, assim cada relação entre *clusters* representa 50%.

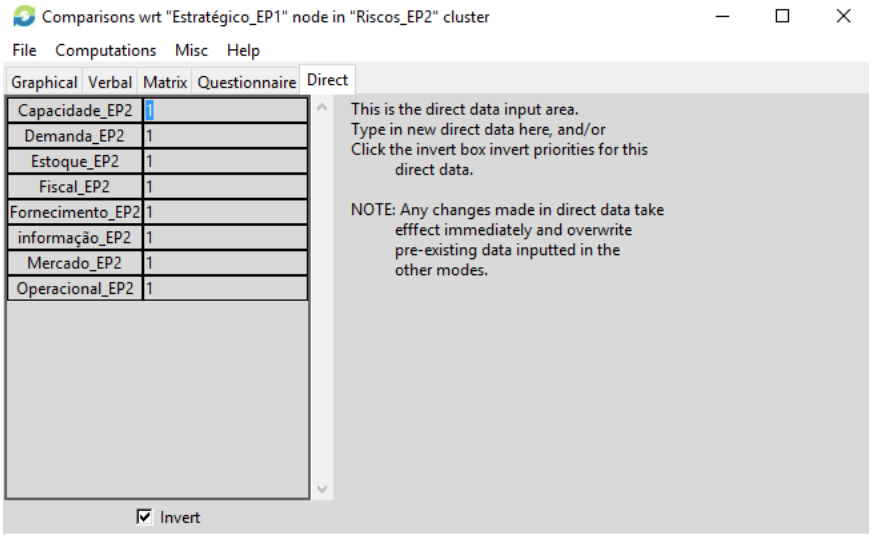
A síntese da priorização dos riscos fornecidos pelo *SuperDecision*s são apresentados na Tabela 22 e 23. Na Tabela 22 observa-se os riscos prioritários no *cluster* Empresa A, de acordo com o ANP é o risco de demanda (8,99%), riscos de fornecimento (8,69%), risco operacional (8,41%), riscos estratégicos (8,16%), risco de estoque (8,17%), risco de cliente (7,80%), risco de preço (7,75%), riscos de informação (7,66%), riscos de processo (7,63%), riscos de Propriedade Intelectual (7,54%), risco político (6,99%), risco econômico/financeiro (6,43%) e riscos de capacidade (5,79%).

Figura 37- Julgamentos do risco no mesmo *cluster*



Fonte: *SuperDecisions* (2016)

Figura 38-Julgamentos do risco para o outro *cluster*



Fonte: *SuperDecisions* (2016)

Tabela 20- Supermatriz de Alcance Global normalizada

CLUSTERS	RISCOS	EMPRESA A	EMPRESA EP1
EMRESA A	ESTRATÉGICO	6,45%	6,96%
	PROCESSO	1,58%	6,96%
	DEMANDA	22,90%	6,96%
	CAPACIDADE	4,39%	6,96%
	OPERACIONAL	5,52%	6,96%
	FORNECIMENTO	6,72%	6,96%
	ESTOQUE	3,68%	6,96%
	INFORMAÇÃO	1,70%	6,96%
	CLIENTE	12,51%	8,51%
	POLÍTICO	1,84%	7,59%
	PROPR/INTELEC	1,15%	6,96%
	PREÇO	16,54%	9,03%
	ECON/FINAN	15,01%	12,22%
EMPRESA EP1	FISCAL	15,30%	7,45%
	MERCADO	18,53%	9,10%
	OPERACIONAL	17,49%	18,66%
	DEMANDA	12,18%	12,87%
	CAPACIDADE	9,80%	21,71%
	FORNECIMENTO	8,90%	13,16%
	ESTOQUE	8,90%	12,06%
	INFORMAÇÃO	8,90%	4,98%

Tabela 21- Matriz de poderação

CLUSTERS	EMPRESA A	EMPRESA EP1
EMPRESA A	0,5	0,5
EMPRESA EP1	0,5	0,5

Tabela 22- Índice global de prioridades de risco na Empresa A

TIPO DE RISCO	ÍNDICE	ÍNDICE ACUMULADO
Risco de Demanda	8,99%	8,99%
Risco de Fornecimento	8,69%	17,68%
Risco Operacional	8,41%	26,09%
Risco Estratégico	8,16%	34,25%
Risco de Estoque	8,17%	42,42%
Risco de Cliente	7,80%	50,21%
Risco de Preço	7,75%	57,96%
Risco de Informação	7,66%	65,62%
Risco de Processo	7,63%	73,25%
Risco de Prop Intelectual	7,54%	80,79%
Risco Político	6,99%	87,78%
Risco Econ/Financeiro	6,43%	94,21%
Risco de Capacidade	5,79%	100,00%

Tabela 23- Índice global de prioridades de risco na EP1

TIPO DE RISCO	ÍNDICE	ÍNDICE ACUMULADO
Risco de Capacidade	16,21%	16,21%
Risco Operacional	15,94%	32,15%
Risco de Demanda	13,32%	45,47%
Risco de Fornecimento	12,83%	58,30%
Risco de Estoque	12,70%	71,00%
Risco Fiscal	10,97%	81,97%
Risco de Mercado	9,73%	91,70%
Risco de Informação	8,30%	100,00%

De forma análoga, a priorização do *cluster* Empresa EP1 foi o risco de capacidade (16,21%), seguido do risco operacional (15,94%), risco de demanda (13,32%), risco de fornecimento (12,70%), risco de estoque (12,70%), risco fiscal (10,97%), risco de mercado (9,73%) e por fim, risco de informação (8,30%).

Observando o índice acumulado de priorização dos riscos das duas empresas, verifica-se que na empresa A, os três principais riscos correspondem a aproximadamente 25% de criticidade segundo a priorização oferecida pelo ANP. De forma análoga, na empresa EP1 dos oito riscos avaliados, aproximadamente três riscos correspondem a 50% do total de índice de prioridades. Escolhendo os três riscos mais críticos de cada elo, segundo a priorização apontada pelo ANP, tem-se os riscos apresentados na Tabela 24. A escolha pelos três primeiros riscos da hierarquização tem por objetivo facilitar a aplicação da simulação dos riscos, pois para estes riscos é feita o caminho do risco, a fim de identificar seus riscos originários, assim, a simulação considera todo o mapa da rede dos riscos.

Tabela 24- Riscos com maior criticidade na Cadeia de Suprimentos

EMPRESA	TIPO DE RISCO	ÍNDICE
EnpresaA	Risco de Demanda	8,99%
	Risco de Fornecimento	8,69%
	Risco Operacional	8,41%
EmpresaEP1	Risco de Capacidade	16,21%
	Risco Operacional	15,94%
	Risco de Demanda	13,32%

Considerando estes riscos críticos segundo o índice geral de prioridades, segue-se para a próxima fase da avaliação dos riscos, que consiste em calcular a probabilidade destes riscos a partir da Simulação Monte Carlo. Isto é apresentado na próxima seção desta pesquisa.

4.4.2 - Simulação da probabilidade dos riscos na cadeia de suprimentos estudada via Simulação Monte Carlo

O cálculo da probabilidade dos riscos deu-se sob os riscos considerados prioritários por meio do ANP. A determinação da probabilidade de ocorrência do risco foi feita via simulação Monte Carlo, a partir de parâmetros de probabilidade indicados pelos especialistas das empresas.

Apesar de na fase de identificação dos riscos o questionário coletar dados sobre a probabilidade dos riscos, esta informação era validada e discutida minuciosamente na fase de avaliação dos riscos junto aos especialistas, a fim de coletar da maneira mais acurada possível a probabilidade de ocorrência dos riscos, a fim de que as faixas de probabilidade fossem indicadas de maneira mais acertiva possível pelos especialistas.

Para o cálculo da probabilidade foram assumidas três importantes premissas: a primeira, a de que eram conhecidas as relações entre os riscos, ou seja, é possível elaborar o mapa de relações entre os riscos ou a topologia da rede; a segunda, a de que a probabilidade entre os riscos pode ser estimada por uma relação de condicionalidade tal qual a relação de dependência entre os riscos, como por exemplo o Teorema de Bayes; e por fim, os riscos se comportam segundo uma distribuição de probabilidade triangular, ou seja, a ocorrência dos riscos podem ser estimados por uma faixa provável com um valor pessimista, um mais provável e outro otimista.

Conforme definido anteriormente, a aplicação do Teorema de Bayes para cálculo da probabilidade dos riscos secundários implica inicialmente em desenhar a topologia da rede, onde podem ser visualizadas as relações entre os riscos por meio dos nós e o os arcos que ligam os nós, que indicam o relacionamento entre os nós.

Por meio da topologia da rede e das probabilidades dos nós que representam os riscos , é possível a partir das dependências diretas calcular as probabilidades dos riscos secundários. O Teorema de Bayes considera que os dados necessários para a elaboração da topologia da rede dos riscos, bem como das probabilidades dos riscos podem ser alcançadas por aprendizagem bayesiana por meio de especialistas, onde por meio do conhecimento de um especialista é delineada a topologia da rede e sua estrutura, bem como os parâmetros numéricos que definem a distribuição de probabilidade das variáveis aleatórias.

Assim, o cálculo da probabilidade de ocorrência dos riscos prioritários nesta pesquisa seguiu estas três premissas iniciais. Desta forma, inicialmente foi preciso mapear a rede de risco, elaborando a topologia dos riscos. Esse mapa permite conhecer o caminho do risco entre os elos da cadeia de suprimentos investigada. Esta informação foi coletada durante as entrevistas com os especialistas dos dois elos da cadeia, na oportunidade em que os dados para aplicação do ANP foram coletados.

Em seguida, foi necessário ainda que os especialistas apontassem os parâmetros de probabilidade dos riscos em níveis que permitissem aplicar a distribuição triangular, ou seja valor de probabilidade num cenário pessimista (mínimo), mais provável e otimista (máximo), determinando assim, uma faixa de probabilidade de ocorrência do risco obedecendo os pressupostos da distribuição de probabilidade triangular.

A partir desses parâmetros de probabilidade foi possível executar a Simulação Monte Carlo utilizando-se o *Crystal Ball*®, ferramenta suplementar ao *Excel*® que permite uma fácil aplicação de simulação para distintos tipos de distribuição de probabilidades.

Para o cálculo da probabilidade dos riscos secundários a partir da probabilidade do risco primário, obedecendo as relações identificadas no mapa dos riscos, utilizou-se do Teorema de Bayes e da probabilidade condicionada. Isto permitiu que o cálculo da probabilidade incorporasse as probabilidades condicionadas.

O cálculo da probabilidade foi feito para os riscos mais críticos, identificados na priorização fornecida pelo ANP conforme Tabela 24. Assim para este grupo de riscos foi necessário identificar o mapa dos riscos entre os dois elos investigados, para que posteriormente, o cálculo da probabilidade condicionada fosse possível. O mapa dos riscos é apresentado na sequência, para em seguida poder aplicar a simulação que calculou a probabilidade dos riscos.

4.4.3 - Identificação da topologia do mapa de rede dos riscos prioritários

A Tabela 24 resultante da priorização realizada por meio do ANP apontou que os riscos com maior criticidade são os riscos de demanda, de fornecimento e operacional na Empresa A, distribuidora de gás. Em contrapartida os riscos prioritários na Empresa EP1, consumidora de gás são o risco de capacidade, o operacional e de demanda.

Para o cálculo da probabilidade condicionada entre os riscos, no entanto, era necessário identificar as relações de dependência dos riscos entre os dois elos da cadeia de suprimentos, esboçando a topologia dos riscos, ou seja o mapa de riscos. Este mapa foi elaborado a partir das entrevistas realizadas junto aos especialistas no momento do levantamento dos dados que permitirama aplicação do ANP, ao visualizar as relações e as intensidades dessas relações entre os riscos prioritários dos dois elos da cadeia.

Dessa forma, o mapa de risco representa para cada risco prioritário individual quais as relações de causa e efeito que são estabelecidas em relação aos demais riscos do outro elo. Assim, por exemplo, na empresa A foi identificado que o risco de demanda é o risco prioritário, então buscou-se estabalecer quais riscos do elo EP1 podem influenciar o risco de demanda na empresa A. Estas relações foram estabelecidas pelos especialistas e seguem justificadas na sequência.

Obedecendo estas relações foram calculadas as probabilidades dos riscos prioritários, segundo a premissa de condicionalidade entre pares de riscos de acordo com o Teorema de Bayes. A Tabela 25 mostra as relações entre os riscos prioritários na Empresa A, ditos riscos geradores e quais riscos resultantes de sua ocorrência na Empresa EP1. Pela experiência dos especialistas, verificou-se que todos os riscos prioritários na Empresa EP1 são capazes de gerar riscos de fornecimento na EP1.

Tabela 25- Riscos prioritários da Empresa A que geram riscos em EP1

RISCOS GERADORES IDENTIFICADOS NA EMPRESA A	RISCO RESULTANTE NA EMPRESA EP1
Risco de Demanda	Risco de fornecimento
Risco de Fornecimento	Risco de fornecimento
Risco Operacional	Risco de fornecimento

Observa-se na Tabela 25 que os três riscos prioritários identificados na Empresa A, distribuidora de gás resultam em riscos de fornecimento na Empresa EP1, empresa cliente. A título de facilitar a compreensão entre estas relações ficou estabelecida a seguinte notação:

a) Risco fornecimento(EP1)/demanda(A)- representa o risco de fornecimento na Empresa EP1 dado que tenha ocorrido o risco de demanda na Empresa A;

b) Risco fornecimento(EP1)/fornecimento(A)- representa o risco de fornecimento na Empresa EP1 dado que tenha ocorrido o risco de fornecimento na Empresa A;

c) Risco fornecimento(EP1)/operacional(A)- representa o risco de fornecimento na Empresa EP1 dado que tenha ocorrido o risco operacional na Empresa A;

Exemplificando estas relações foi explicado pelos especialistas que a demanda na empresa A, no segmento industrial, é feita pelo somatório do volume de gás contratado pelos clientes industrais, como por exemplo a Empresa EP1.

No entanto, o volume contratado pelos clientes industriais apesar de fixo tem uma margem na qual o volume diário contratado pode flutuar, em caso de haver oscilação de produção. Fazendo esse cálculo para todos os clientes a Empresa A faz seu contrato de compra de gás junto à Petrobras, onde também existe uma margem para possíveis oscilações de consumo.

Variações de consumo diário dentro dessa margem não são passíveis de multa, caso contrário, em sendo ultrapassado essa faixa, quer seja para mais ou para menos, é imposta uma multa por excesso ou sobra no consumo do gás. Isto é imposto pela Empresa A para seus clientes, da mesma forma que é imposto pela Petrobras para a Empresa A.

A aplicação de multas tem por objetivo forçar os clientes a consumirem o mais próximo do volume diário contratado, a fim de facilitar o planejamento da demanda e as condições de ressuprimento. No caso de haver um consumo superior de gás ao volume contratado, poderá haver incapacidade de fornecimento e ruptura de fornecimento de gás. Do contrário, caso haja consumo inferior isso tratá problemas para a Empresa A, pois o gás não pode ser estocado, trazendo problemas operacionais e dificudades no fornecimento.

Por estas razões, fica explicitado o cenário onde o risco de demanda na Empresa A pode resultar em risco de fornecimento na Empresa EP1.

De outro modo, o risco operacional na Empresa A pode trazer dificuldades e atrasos na execução de serviço de manutenção ou expansão na rede de distribuição do gás. Estas dificuldades e atrasos foram apontados como o não seguimento de padrões de procedimentos que garatam adequabilidade e segurança na execução dos serviços. Enquanto estes serviços estão em execução é possível que a malha fique indisponível, a depender da dimensão do serviço, o que pode prejudicar o fornecimento de gás para os clientes localizados nas imediações desta malha, representando assim, um risco de fornecimento de gás para os consumidores.

Por fim, evidencia-se que em havendo ruptura no fornecimento de gás da Petrobras para a Empresa A, e sendo o gás um produto sem estocabilidade haverá também ruptura no fornecimento do gás para os clientes e consumidores de gás no Estado. Assim, o risco de fornecimento que gere ruptura de fornecimento na Empresa A, levará ao risco de fornecimento também na Empresa EP1.

Por estas obsevações, evidencia-se pela opinião dos especialistas que os riscos de demanda, de fornecimento e risco operacional na Empresa A resultam em risco de fornecimento na Empresa EP1.

A fim de verificar a dependência do risco no sentido contrário, ou seja, dos riscos da Empresa EP1 que geram riscos na Empresa A, apresenta-se na Tabela 26 o mapa de riscos priotitários da Empresa EP1 que podem gerarrisco para a Empresa A.

Tabela 26- Riscos prioritários da Empresa EP1 que geram em A

RISCOS GERADORES IDENTIFICADOS NA EMPRESA EP1	RISCOS RESULTANTES NA EMPRESA A
Risco de Capacidade	risco econômico/financeiro risco de demanda
Risco Operacional	risco de demanda risco econômico/financeiro
Risco de Demanda	risco de preço risco de demanda risco econômico/financeiro

Na Tabela 26 observa-se que os riscos prioritários na Empresa EP1 são o risco de capacidade, risco operacional e risco de demanda. Enquanto os riscos de capacidade e operacional na Empresa EP1 geram riscos de origem econômica/financeira e de demanda na Empresa A, os riscos de demanda também geram risco de preço na Empresa A, além dos de demanda e econômico/financeiro.

A título de facilitar a compreensão entre estas relações ficou estabelecida a seguinte notação:

a) Risco econ/financeiro(A)/capacidade(EP1)- representa o risco econ/financeiro na Empresa A dado que tenha ocorrido o risco de capacidade na Empresa EP1;

b) Risco demanda(A)/capacidade(EP1) - representa o risco de demanda na Empresa A dado que tenha ocorrido o risco de capacidade na Empresa EP1;

c) Risco econ/financeiro(A)/operacional(EP1)- representa o risco econ/financeiro na Empresa A dado que tenha ocorrido o risco operacional na Empresa EP1;

d) Risco demanda(A)/operacional(EP1) - representa o risco de demanda na Empresa A dado que tenha ocorrido o risco operacional na Empresa EP1;

e) Risco demanda(A)/demanda(EP1)- representa o risco de demanda na Empresa A dado que tenha ocorrido o risco de demanda na Empresa EP1;

e) Risco preço(A)/demanda(EP1)- representa o risco de preço na Empresa A dado que tenha ocorrido o risco de demanda na Empresa EP1;

f) Risco econ/financeiro(A)/demanda(EP1)- representa o risco o risco econ/financeiro na Empresa A dado que tenha ocorrido o risco de demanda na Empresa EP1;

A fim de compreender as relações que estabelecem entre riscos, foi reportado pelos especialistas que existia influência entre o risco demanda(A) e de capacidade(EP1) uma vez que, mesmo havendo cláusulas contratuais que protejam a demanda da empresa A e penalizam o cliente EP1 devido às oscilações e capacidade e de consumo de gás por parte de EP1, verifica-se que, na prática, a Empresa A não tem conseguido aplicar multas as cláusulas contratuais para seu principal cliente EP1.

O que tem sido vivenciado é que a Empresa EP1 tem tentando de maneira recorrente negociar com a Empresa A o volume diário estabelecido no contrato que foi firmado em 2012, de modo a reduzir este volume. Isto porque, principalmente nos dois últimos anos, como sua capacidade de produção reduziu de maneira significativa, a Empresa EP1 tem consumido um valor de gás menor e tem tentado não assumir as multas contratuais.

A Empresa EP1 tem sofrido queda de demanda nos últimos anos, o que impeliu a empresa a reduzir também a capacidade produtiva. Esta queda tem relação direta com a retração do mercado imobiliário derivada da crise econômica. Com a redução da capacidade de produção também houve redução do consumo diário de gás. Diante desse contexto, da importância do preço do gás no valor final do produto da Empresa EP1 e do valor das penalidades sofridas pelo baixo consumo, a Empresa EP1 sentiu a necessidade de renegociar seu contrato e de buscar novas alternativas energéticas mais baratas. Por isso, tem considerado a possibilidade de transferir parcela significativa de sua produção para a nova planta

localizada no Estado do Rio Grande do Norte, que tem oferecido subsídio para o uso do gás, por haver nesse Estado uma planta da Petrobras.

Desta forma, tem se observado que a Empresa A em tido muita dificuldade em manter a sua projeção de demanda, que mesmo sendo mantida junto à Petrobras como constante, respeitando o contrato de fornecimento, na prática, tem sido constantemente negociada junto aos clientes industriais. Há registros de absorção da multa contratual pela empresa A, no caso específico do contrato de fornecimento para empresa EP1 e reavaliação de contratos com menor tempo de vigência.

Assim, o risco de capacidade na Empresa EP1 tem se traduzido como risco de demanda para a Empresa A, assim como o risco de demanda para a Empresa EP1 tem se traduzido também em risco de demanda para a Empresa A, pois tem sido difícil fazer projeções de demandas futuras, dada á vulnerabilidade de consumo de seus clientes industriais.

O risco econômico/financeiro(A)/capacidade(EP1) se traduz na observação de que o risco de capacidade em EP1 tem trazido diversas dificuldades financeiras para a Empresa A, pois a medida que a empresa distribuidora de gás não consegue repassar as multas contratuais e é impelida pelo seu principal consumidor a renegociar volumes de consumos para valores menores isto tem representado um redução muito significativa nas margens de lucro da Empresa A, prejudicando de maneira significativa seu fluxo de caixa.

De maneira análoga, explica-se o risco econômico/financeiro(A)/demanda(EP1), pois as variações na capacidade produtiva de EP1 ocorrem em virtude de fortes oscilações na demanda e este tem sido o maior desafio da Empresa A, que é alterar sua demanda em função das oscilações da demanda de seus clientes e gerenciar o impacto dessa retração do consumo de gás no desempenho financeiro da empresa.

O risco representado por demanda(A)/demanda(EP1) é evidenciado ao se observar que problemas relacionados às dificuldades em projetar a demanda, ou mesmo oscilações inesperadas na informação da demanda na empresa EP1, tem se traduzido em muita dificuldade em projetar o novo volume a contratar de gás, fazendo com que um novo contrato de fornecimento de gás fosse elaborado mas com um prazo de vigência muito menor do que o estabelecido anteriormente, passando de 5 anos que era o período de vigência para 2 anos apenas. Isto denota, a dificuldade em a Empresa EP1 projetar sua demanda, e como isso tem afetado a demanda que a Empresa A precisa projetar junto à Petrobras.

Em função deste cenário de retração econômica e redução da demanda e da capacidade produtiva da Empresa EP1, tem sido observado que há também a relação

preço(A)/demanda(EP1), à medida que, variações na projeção da demanda da empresa EP1 para a empresa A, pode trazer no longo prazo, variações inesperadas no preço das matérias primas, uma vez que o preço unitário do gás depende do volume contratado, dado que a empresa A estimula o consumo.

Assim, quanto maior o volume contratado menor o preço unitário. Assim, caso haja redução significativa no consumo de gás, o valor unitário do gás será maior o que pode incentivar a substituição da matriz energética por outra mais barata, como o coque de petróleo ou a biomassa, que tem sido utilizado como substitutos de matriz energética por algumas empresas como alternativa para utilizar uma matriz energética mais competitiva.

Há também a relação econômico/financeiro(A)/operacional(EP1) e demanda(A)/operacional(EP1) em que foi reportado pelos especialistas ao se observar que dificuldades operacionais na Empresa EP1, como por exemplo problemas de manutenção nos fornos que podem ser desligados por um tempo significativo, podendo chegar a 5 dias, fazendo com que não haja funcionamento da linha e ruptura no consumo de gás.

Isto afeta diretamente a dinâmica de capacidade da empresa, reverberando em dificuldades na demanda registrada pela Empresa A, assim como no que isso representa em consumo não realizado, multas impostas para o cliente assim como recebidas pela Petrobras. Isso só ocorre pela representativa da Empresa EP1, que consome 50% de todo volume de gás do segmento industrial, assim 5 dias de não consumo é significativo.

Para melhor visualizar as relações entre os riscos nos elos investigados na cadeia de suprimentos de gás natural, ilustrou-se a topologia dos riscos, ou seja, os mapas de riscos (Figuras 39 e 40). Nesses mapas verifica-se que foram mapeadas as relações entre os riscos nos dois elos da cadeia de suprimentos estudada, considerando-se as duas direções da Empresa A para a Empresa EP1, assim como da Empresa EP1 para a Empresa A.

Figura 39- Mapa de riscos da Empresa A para EP1

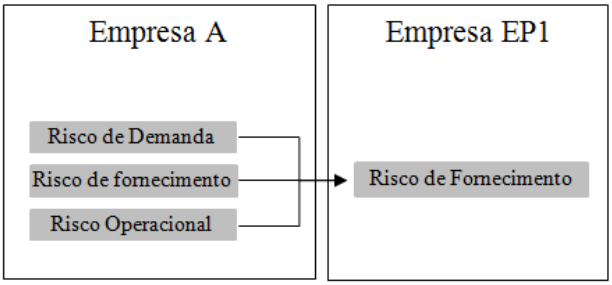
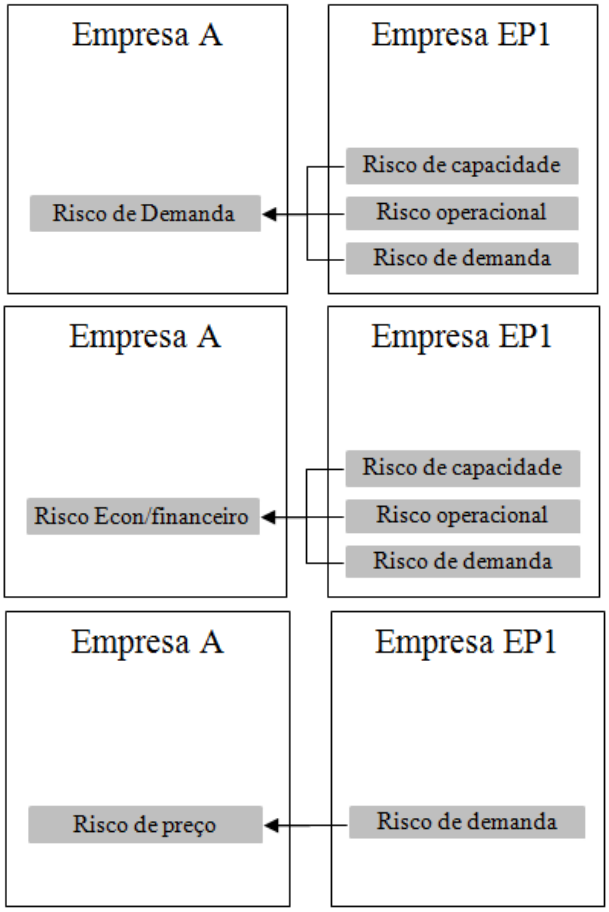


Figura 40- Mapa de riscos da Empresa EP1 para A



Na Figura 39 ficam evidenciadas as relações entre o risco de fornecimento (EP1) e os riscos de demanda, fornecimento e operacional (A). Assim, para o cálculo da probabilidade do risco de fornecimento em EP1 deve ser considerada a condicionalidade par a par com os riscos de demanda, operacional e capacidade na Empresa A.

Esta condicionalidade baseia-se no Teorema de Bayes. De forma análoga, na Figura 40 são observadas as relações de causa e efeito entre os riscos de demanda, o risco econômico/financeiro e risco de preço na Empresa A e os riscos na Empresa EP1.

A partir da identificação desse mapa de riscos foi calculado por meio da simulação Monte Carlo as probabilidades dos riscos considerando as condicionalidades e as relações entre os riscos.

Assim, segue-se com a apresentação do cálculo da probabilidade dos riscos secundários: risco fornecimento(EP1)/demanda(A); risco fornecimento(EP1)/fornecimento(A); risco fornecimento(EP1)/demanda(A); risco econômico/financeiro(A)/capacidade(EP1); risco demanda(A)/capacidade(EP1); risco econômico/financeiro(A)/operacional(EP1); risco demanda(A)/operacional(EP1); risco

demanda(A)/demanda(EP1); risco preço(A)/demanda(EP1); e por fim, risco econômico/financeiro(A)/demanda(EP1).

4.4.4 - Simulação para as probabilidades dos riscos condicionados

A Simulação Monte Carlo foi usada com o objetivo de calcular a probabilidade de ocorrência dos riscos secundários, a partir dos mapas de riscos identificados anteriormente (no item 4.3.3.) e dos parâmetros de probabilidade informados pelos especialistas das empresas.

A aplicação da simulação Monte Carlo foi realizada por meio da ferramenta *Crystal Ball* e considerou a distribuição triangular como a distribuição de probabilidade que descreve o comportamento dos riscos.

Assim, a determinação das probabilidades dos riscos com as relações de dependências diretas foram essenciais para computar as probabilidades dos riscos secundários do mapa de rede dos riscos.

Por meio do Teorema de Bayes foi possível calcular a probabilidade condicionada dos riscos que possuem relação, de modo que, a origem do risco fosse considerada na medida de ocorrência do risco. O cálculo da probabilidade considerando a condicionalidade entre os riscos seguiu o Teorema de Bayes (1).

Traduzindo o Teorema de Bayes para um caso prático da aplicação para o cálculo da probabilidade dos riscos, tem-se, por exemplo, para o cálculo do risco preço(A)/demanda(EP1), que representa o risco de ocorrer o risco de preço na Empresa A, dado que houve o risco de demanda na Empresa EP1 assume a estrutura como é apresentado na Eq. 4.

$$P(preço_A / demanda_EP1) = \frac{P(Preço_A) \times P(demanda_A / preço_EP1)}{P(demanda_A)} \qquad (4)$$

sendo, $\boldsymbol{P}(preço_A)$a probabilidade de ocorrer o risco de preço na Empresa A, $\boldsymbol{P}(\boldsymbol{demanda_A/preço_EP1})$ a probabilidade de acontecer o risco de demanda na Empresa A considerando as experiências passadas de ocorrer o risco de preço em EP1, $\boldsymbol{P}(\boldsymbol{demanda_A})$a probabilidade de ocorrer o risco de demanda na Empresa A, $\boldsymbol{p}(\boldsymbol{preço_A/demanda_EP1})$a probabilidade de acontecer o risco de preço na Empresa A considerando as experiências passadas de ocorrer o risco de demanda em EP1.

Dessa forma, pelo Teorema de Bayes foi possível calcular a probabilidade de um risco ocorrer a partir das evidências passadas de um risco dependente também ocorrer. Assim, no

contexto dos riscos dependentes, o Teorema de Bayes, permite calcular a probabilidade de um risco a partir da evidência da ocorrência de outro risco.

ASimulação Monte Carlo permitiu que as variáveis de probabilidade $p(preço), p(demanda)$ e $p(demanda_A/preço_EP1)$, necessárias para o cálculo da probabilidade condicionada fossem calculadas a partir da distribuição de probabilidade triangular. Assim, a probabilidade de um determinado risco ocorrer, mediante a ocorrência de outro risco ocorrer foi calculada por meio da simulação sendo operacionalizada pelo *Crystal Ball*® e adotando a distribuição de probabilidade triangular.

Seguindo este método para o cálculo das probabildiades na sequência são apresentadas a simulação e o cálculo das probabilidades dos riscos que se originam em A e seguem para EP1: riscos de fornecimento (Empresa EP1). Na sequência apresentam-se os riscos que se originam em EP1 e se desdobram em riscos em A: risco de demanda (Empresa A), risco econômico/financeiro (Empresa A) e o risco de preço (Empresa A).

4.4.4.1- Probabilidade de ocorrência do risco de fornecimento na Empresa EP1

O risco de fornecimento na Empresa EP1, conforme observado no mapa de risco é influenciado pelos riscos de demanda, de fornecimento e operacional da Empresa A. Desta forma, foi importante conhecer os parâmetros de probabilidade destes riscos primários, a fim de que a probabilidade do risco de fornecimento na empresa EP1 fosse calculada.

As Tabelas 27, 28 e 29 apresentam os parâmetros de probabilidade que foram informados pelos especialistas com um valor esperado pessimista, um valor mais provável e um otimista. Estes parâmetros ilustram a distribuição triangular de probabilidade e representam as evidências de ocorrência de risco numa perspectiva otimista, pessimista e mais provável. Estas evidências representam uma faixa de ocorrência provável do risco com um valor mínimo, médio e máximo.

A Tabela 27 representa a probabilidade do risco de fornecimento associado ao risco de demanda. A Tabela 28 representa a probabilidade do risco de fornecimento associado ao risco de fornecimento e a Tabela 29 representa a probabilidade do risco de fornecimento associado ao risco de operacional.

Tabela 27- Probabilidade do risco de fornecimento (EP1)/risco de demanda (A)

Parâmetros da distribuição triangular	$P_{(forn)}$	$P_{(dem/forn)}$	$P_{(dem)}$
Pessimista	0,02	0,1	0,70
Mais provável	0,05	0,15	0,75
Otimista	0,1	0,2	0,80

Tabela 28- Probabilidade do risco de fornecimento (EP1)/ risco de fornecimento (A)

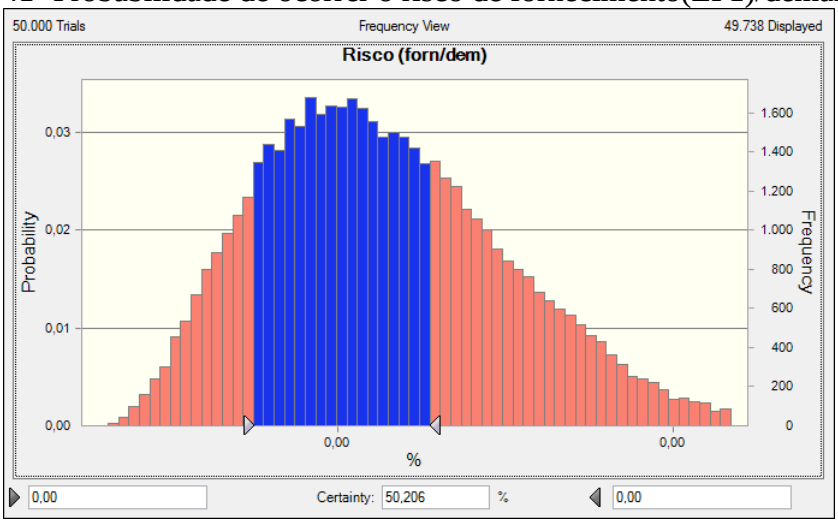
Parâmetros da distribuição triangular	$P_{(forn)}$	$P_{(forn/forn)}$	$P_{(forn)}$
Pessimista	0,02	0,1	0,01
Mais provável	0,05	0,15	0,05
Otimista	0,1	0,2	0,1

Tabela 29- Probabilidade do risco de fornecimento (EP1)/ risco operacional (A)

Parâmetros da distribuição triangular	$P_{(forn)}$	$P_{(oper/forn)}$	$P_{(oper)}$
Pessimista	0,02	0,01	0,05
Mais provável	0,05	0,02	0,07
Otimista	0,1	0,03	0,10

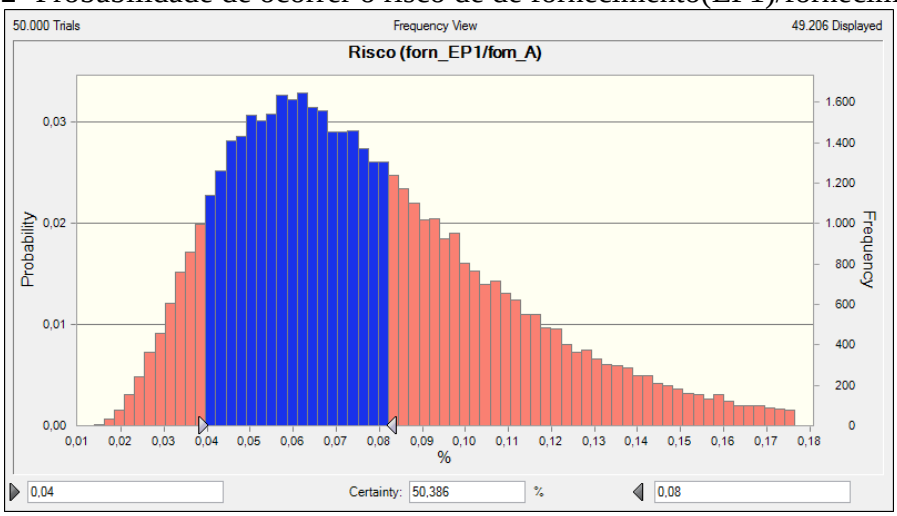
A partir destes valores foi possível executar a simulação, considerando um nível de confiança de 50%, 50.000 interações, utilizando a fórmula geral do Teorema de Bayes (1), conforme as distribuições apresentadas nas Figuras 41, 42 e 43.

Figura 41- Probabilidade de ocorrer o risco de fornecimento(EP1)/demanda(A)



Fonte: *Crystal Ball*® (2016)

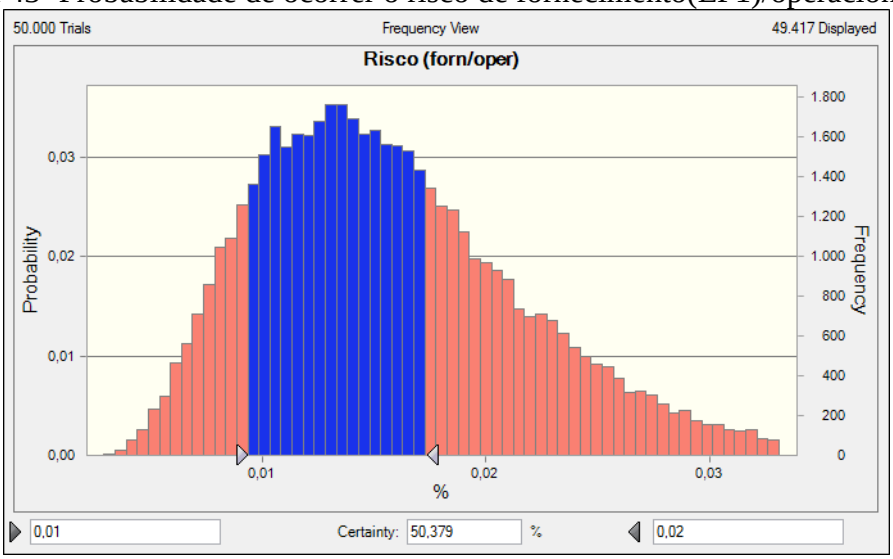
Figura 42- Probabilidade de ocorrer o risco de de fornecimento(EP1)/fornecimento(A)



Fonte: *Crystal Ball*® (2016)

A Figura 41 apresenta as estatísticas a respeito das previsões para a probabilidade do risco de fornecimento(A)/demanda(EP1). A concentração de colunas indicam uma média de 0,0 e uma probabilidade de ocorrência mais provável de 0,0%. Isto indica que a probabilidade do risco de fornecimento dado que tenha ocorrido um risco de demanda é muito baixo, próximo a zero. Deste modo, neste caso, o risco de ruptura de fornecimento de gás para a Empresa EP1 dado que haja risco de demanda na Empresa EP1 é praticamente nulo.

Figura 43- Probabilidade de ocorrer o risco de fornecimento(EP1)/operacional (A)



Fonte: *Crystal Ball*® (2016)

A Figura 42 apresenta as estatísticas a respeito das previsões para a probabilidade do risco fornecimento(EP1)/fornecimento(A). A concentração de colunas indicam uma faixa de ocorrência mais provável entre 4% a 8%. Isto indica que a probabilidade do risco de fornecimento dado que tenha ocorrido um risco de fornecimento é relativamente baixa, até porque é pequeno o registro de risco de fornecimento de gás por ruptura no fornecimento de gás pela Petrobrás, tendo-se registrado casos esporádicos por problemas de manutenção na rede de recebimento de gás.

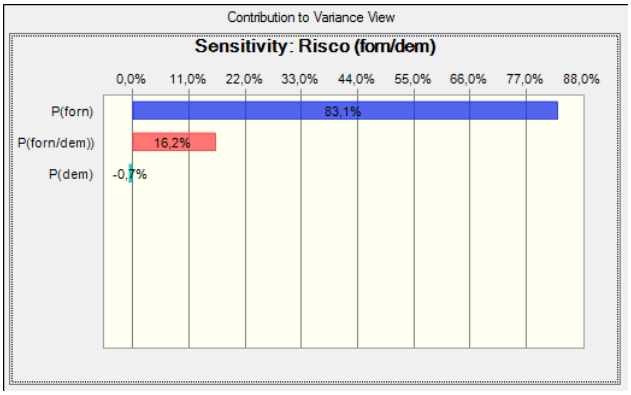
A Figura 43 apresenta as estatísticas a respeito das previsões para a probabilidade do fornecimento(EP1)/operacional(A). A concentração de colunas indicam uma faixa de ocorrência mais provável entre 1% a 2%. Isto indica que a probabilidade de risco de fornecimento é próxima a zero. Neste caso, foi registrado a ocorrência de problemas operacionais, na manutenção da rede de distribuição, que impediram parcialmente o fornecimento de gás para a Empresa EP1, mas nesses casos há um cronograma planejado de parada que é informado antecipadamente para os cliente industriais, a fim de que estes possam se planejar para a ruptura no fornecimento do gás.

O *Crystal Ball*® traz os dados de probabilidade e fornece também a análise de sensibilidade para cada simulação. Acredita-se que é importante fazer esta análise de sensibilidade, a fim de identificar a força de atuação das variáveis e, com isso, melhor direcionar a tomada de decisão para atuar de maneira mais eficaz sobre a variável resposta, nesse caso, a mitigação do risco.

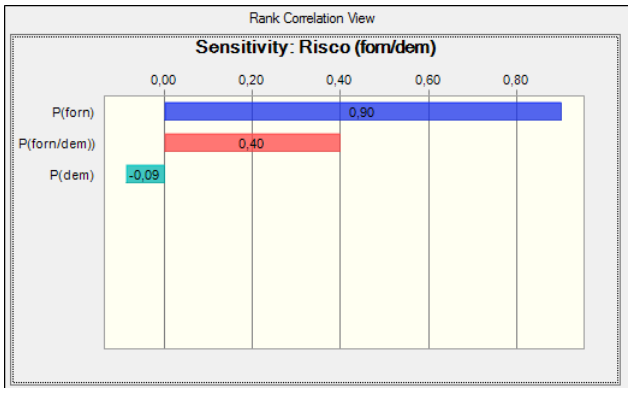
As análises de sensibilidade fornecida pelo *Crystal Ball*® das três simulações são apresentadas nas Figuras 44, 45 e 46. Verifica-se nessas Figuras 44(a), 45(a) e 46(a) que os pressupostos que mais afetam a ocorrência do risco de fornecimento na Empresa EP1 é a probabilidade do risco de fornecimento(EP1), com uma contribuição de 83,1% para o risco de fornecimento(EP1)/demanda(A), 50,4% fornecimento(EP1)/fornecimento(A), e 59,8% fornecimento(EP1)/operacional(A).

Figura 44- Análise de sensibilidade do risco de fornecimento(EP1)/demanda(A)

(a) - Contribuição para variação



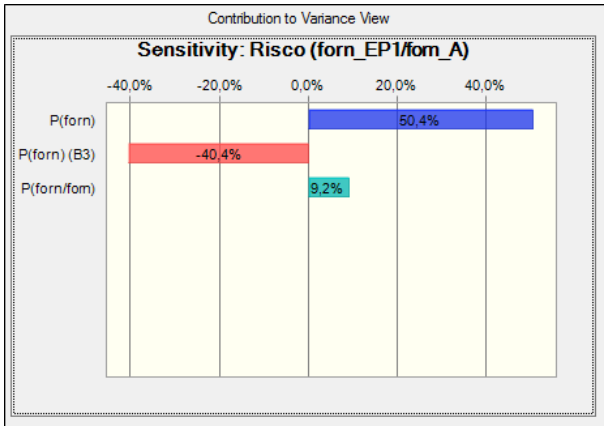
(b) -Correlação de classificação



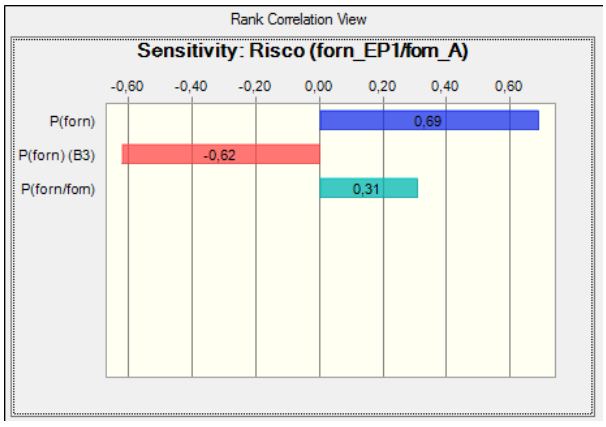
Fonte: *Crystal Ball*® (2016)

Figura 45- Análise de sensibilidade do risco de fornecimento(EP1)/fornecimento(A)

(a) - Contribuição para variação



(b) -Correlação de classificação



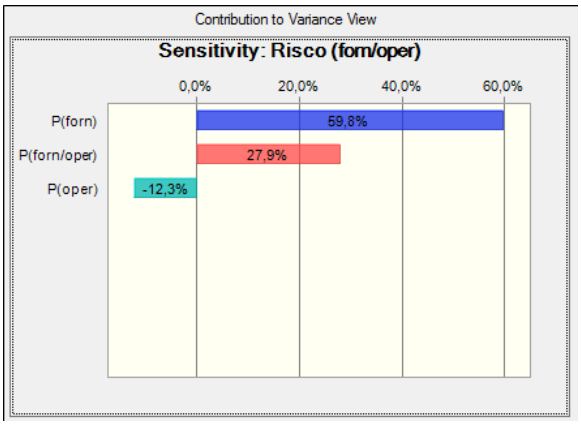
Fonte: *Crystal Ball*® (2016)

Isto mostra que este fator tem capacidade de influenciar com mais intensidade o objeto de estudo, a ocorrência do risco de fornecimento na empresa EP1. Assim, caso haja variação

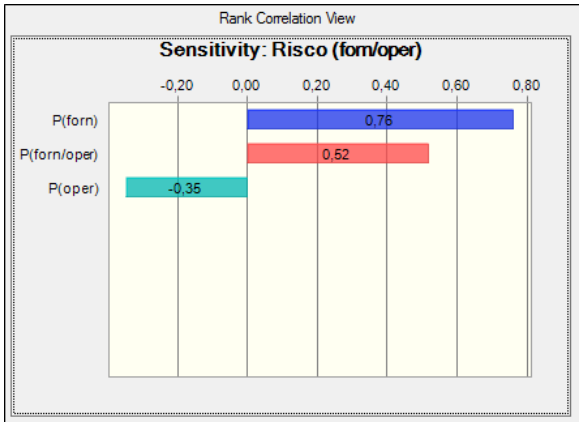
na faixa de probabilidade do risco de fornecimento(EP1) haverá uma variação bastante significativa na probabilidade de ocorrer os riscos fornecimento(EP1)/demanda(A), fornecimento(EP1)/fornecimento(A) e fornecimento(EP1)/operacional(A).

Figura 46- Análise de sensibilidade do risco de fornecimento(EP1)/operacional(A)

(a) Contribuição para variação



(b) Correlação de classificação



Fonte: *Crystal Ball*® (2016)

Isto também é observável pelo grau de correlação nas Figuras 44(b), 45(b) e 46(b) que indica a força da relação entre as variáveis do experimento. Percebe-se que a correlação de classificação mais intensa é o risco de fornecimento (EP1) com um maior grau de correlação no risco de fornecimento da empresa EP1, com um indicador de 0,9 (Fornecimento(EP1)/demanda(A)), 0,69 (Fornecimento(EP1)/fornecimento(A)) e 0,76 (Fornecimento(EP1)/operacional(A)).

Para estes indicadores de correlação, observa-se que a maior força indica que há forte relação entre a probabilidade do risco de fornecimento na Empresa EP1 e a probabilidade de fornecimento na Empresa EP1 condicionada ao risco de demanda, de fornecimento e operacional da Empresa A.

Além disso, a variação positiva destes indicadores de correlação indicam que caso haja uma mudança positiva na probabilidade do risco de fornecimento da Empresa EP1, haverá também uma mudança positiva no risco da Empresa EP1 condicionada ao risco de demanda, de fornecimento e operacional da Empresa A, com um grau de contribuição na variável resposta associado ao fator de influência de 83,1% (Fornecimento(EP1)/demanda(A); 50,4% Fornecimento(EP1)/fornecimento(A) e 59,8% Fornecimento(EP1)/operacional(A).

4.4.4.2- Probabilidade de ocorrência do risco de demanda na Empresa A

O risco de demanda na Empresa A é influenciado pelos riscos de demanda, operacional e de capacidade da empresa EP1. Assim, para calcular o risco de demanda é

preciso considerar as probabilidades dos riscos secundários de demanda, operacional e de capacidade do elo EP1. Deve-se perguntar, dado que houve o risco de demanda (EP1), ou o risco operacional (EP1), ou o risco de capacidade (EP1), qual a probabilidade de ocorrer um risco de demanda na empresa A? Segundo os especialistas os parâmetros de probabilidade para estes riscos secundários são apresentados nas Tabelas 30, 31 e 32.

Tabela 30- Probabilidade do risco de demanda (A)/risco de capacidade (EP1)

Parâmetros da distribuição triangular	$P_{(demanda)}$	$P_{(cap/dem)}$	$P_{(cap)}$
Pessimista	0,70	0,05	0,10
Mais provável	0,75	0,08	0,15
Otimista	0,80	0,10	0,20

Tabela 31- Probabilidade do risco de demanda (A)/risco de demanda (EP1)

Parâmetros da distribuição triangular	$P_{(demanda)}$	$P_{(dem/dem)}$	$P_{(dem)}$
Pessimista	0,70	0,3	0,01
Mais provável	0,75	0,4	0,04
Otimista	0,80	0,5	0,05

Tabela 32- Probabilidade do risco de demanda (A)/risco operacional (EP1)

Parâmetros da distribuição triangular	$P_{(demanda)}$	$P_{(oper/dem)}$	$P_{(oper)}$
Pessimista	0,70	0,10	0,02
Mais provável	0,75	0,15	0,05
Otimista	0,80	0,18	0,07

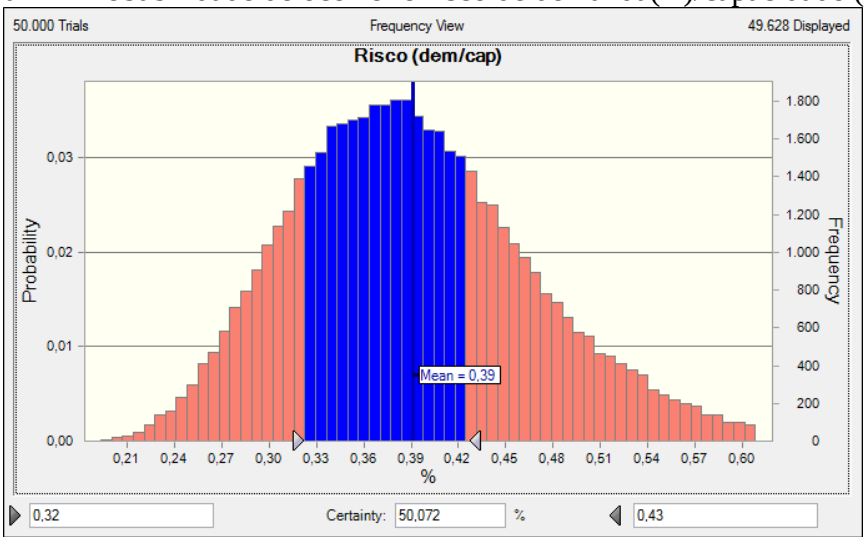
A partir destes valores foi possível executar a simulação, considerando um nível de confiança de 50%, 50.000 iterações, utilizando a fórmula geral do Teorema de Bayes (1), conforme as Figuras 47, 48 e 49.

A Figura 47 amostra que dado que o risco de demanda(A)/capacidade (EP1) é de 50% de variar no intervalo entre 0,32 e 0,43, sendo, portanto, a faixa mais provável de ocorrência do risco de demanda na Empresa A dado que ocorreu risco de capacidade na empresa EP1, ou seja, de 32% a 43%. Nesta faixa, o valor esperado médio de ocorrência do risco é de 39%.

A Figura 48 apresenta que a faixa de probabilidade mais provável do risco demanda(A)/demanda(EP1) está entre 6,6% a 9,55%. Além disso, a ocorrência desse risco tem um valor esperado médio de 9,5%, o que é uma probabilidade significativa de ocorrência e necessita ser bem acompanhada pela Empresa A, dado que o risco de demanda tem alta probabilidade nas empresas A e EP1.

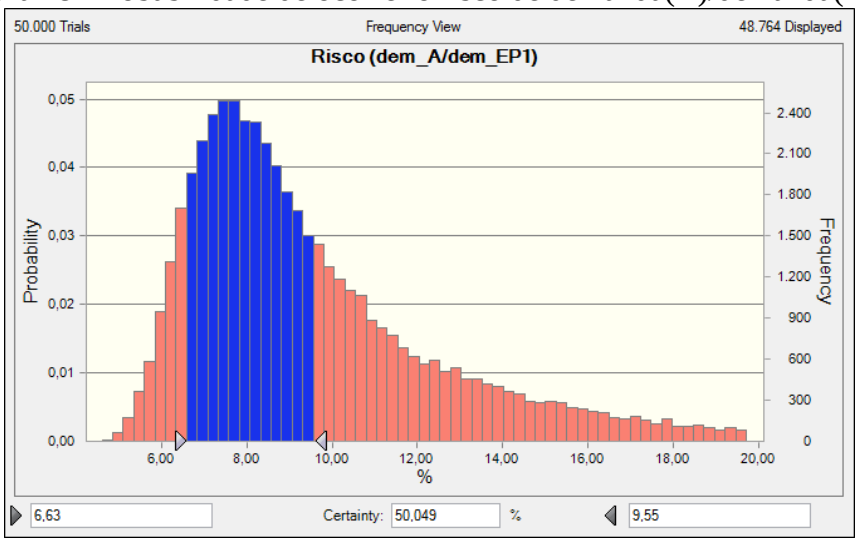
A Figura 49 apresenta que a faixa de probabilidade mais provável do risco demanda(A)/operacional(EP1) está entre 1,75% a 2,50%. Além disso, a ocorrência desse risco tem um valor esperado médio de 2,4%, o que é uma probabilidade relativamente baixa de ocorrência, isto muito em função da baixa probabilidade do risco operacional(EP1).

Figura 47- Probabilidade de ocorrer o risco de demanda(A)/capacidade (EP1)



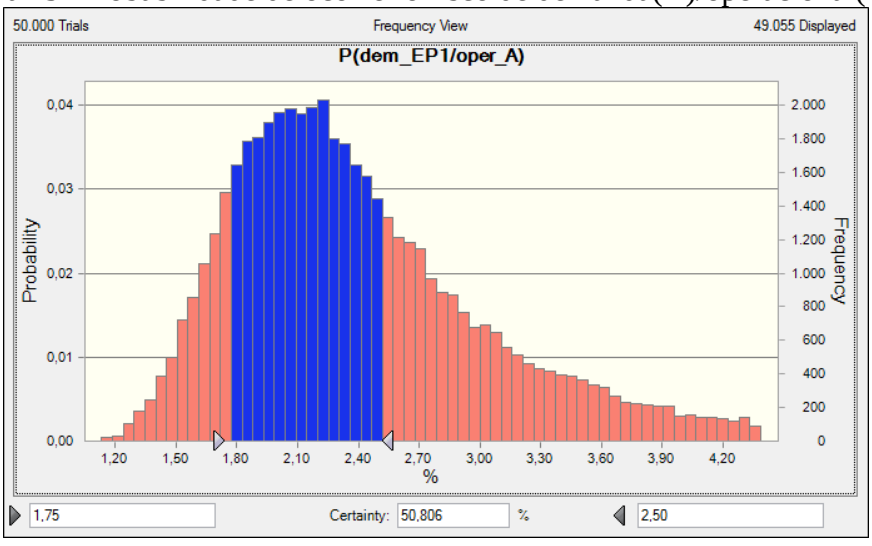
Fonte: *Crystal Ball*® (2016)

Figura 48- Probabilidade de ocorrer o risco de demanda(A)/demanda(EP1)



Fonte: *Crystal Ball*® (2016)

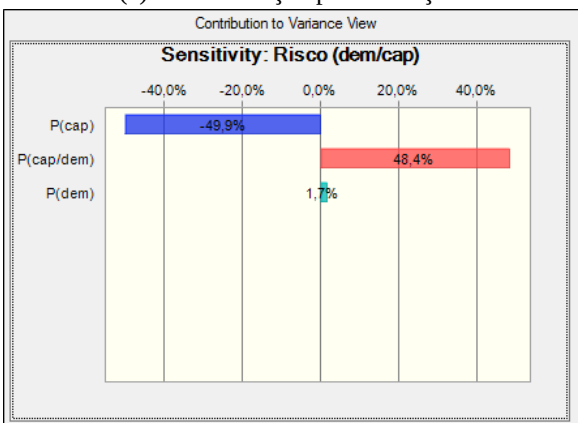
Figura 49- Probabilidade de ocorrer o risco de demanda(A)/operacional(EP1)



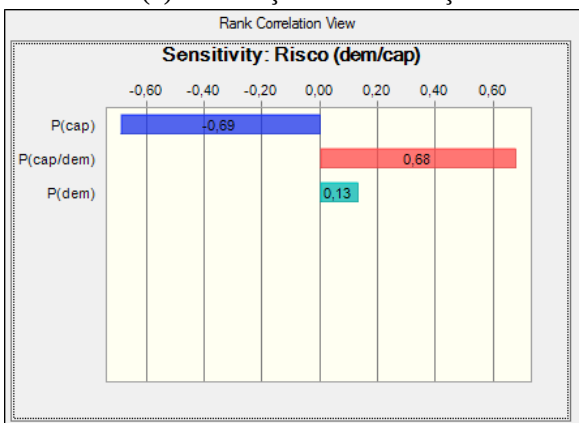
A análise de sensibilidade é apresentada nas Figuras 50, 51 e 52, onde pode-se observar que a variável com maior influência sobre a ocorrência do risco de demanda na Empresa A é o risco que ocorre na Empresa EP1, seja ele de capacidade, de demanda ou o risco operacional.

Figura 50- Análise de sensibilidade do risco de demanda(A)/capacidade (EP1)

(a) - Contribuição para variação



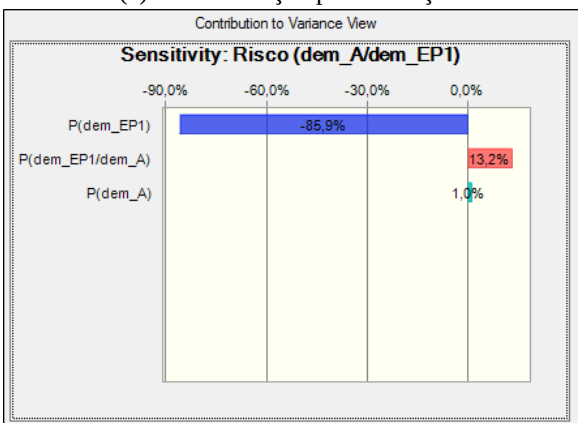
(b) -Correlação de classificação



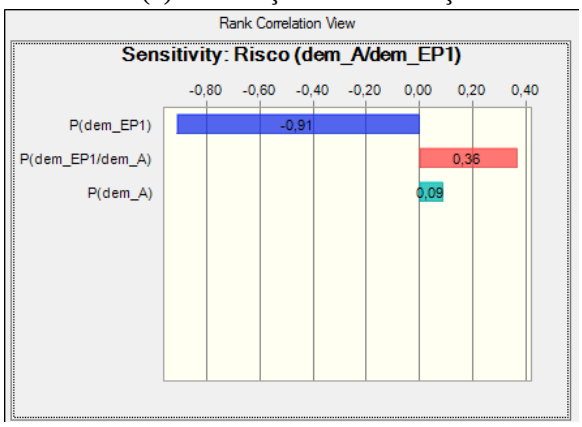
Fonte: *Crystal Ball*® (2016)

Figura 51- Análise de sensibilidade do risco de demanda(A)/demanda (EP1)

(a) - Contribuição para variação



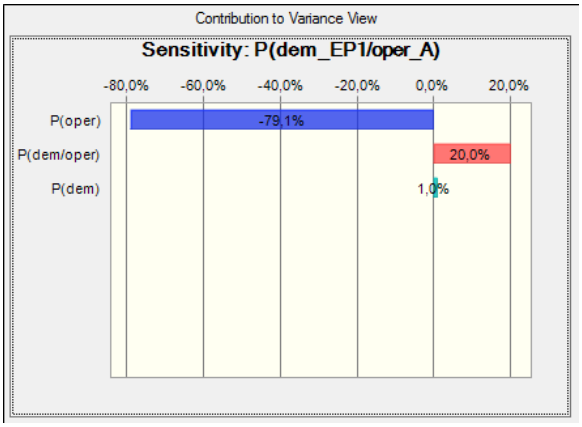
(b) -Correlação de classificação



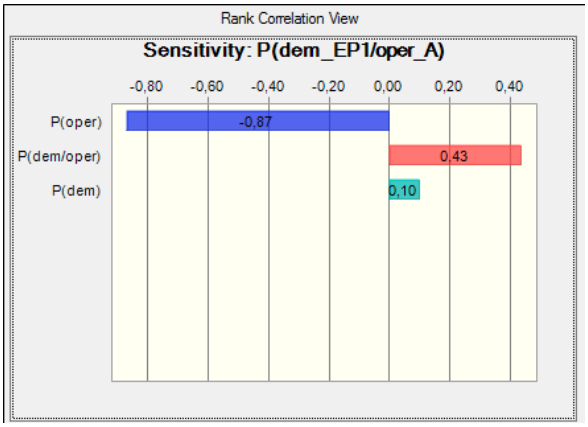
Fonte: *Crystal Ball*® (2016)

Figura 52- Análise de sensibilidade do risco de demanda(A)/operacional (EP1)

(a) - Contribuição para variação



(b) -Correlação de classificação



Verifica-se nas Figuras 50 (a) e (b) que existem dois pressupostos que afetam quase igualmente a ocorrência do risco de demanda na Empresa A, o risco de capacidade na Empresa EP1 com uma contribuição de 49,9% e o risco de capacidade associado ao risco de demanda com uma contribuição de 48,6%.Assim, estas duas variáveis tem poder de influência significativo em provocar mudanças na probabilidade do risco de demanda da Empresa A.

Além disso, o grau de correlação mostra também que é forte a relação entre estas mesmas variáveis, com um fator de correlação de 0,69 (risco de capacidade/Empresa EP1) e 0,68 (risco de capacidade associado ao risco de demanda).

De forma análoga, verifica-se na Figura 51 que a variável que provoca uma contribuição mais significativa, ou seja, possui maior sensibilidade é a probabilidade do risco de demanda na Empresa EP1 com uma contribuição de aproximadamente 86% e um fator de correlação de 0,91. Deste modo, para mitigar a probabilidade do risco de demanda na Empresa A condicionada ao risco de demanda na Empresa EP1, indica-se agir sobre o risco de demanda na Empresa EP1, posto que é a variável com maior contribuição para a ococrrência do risco de demanda em A.

Por fim, a Figura 52 aponta que a variável que provoca uma contribuição mais significativa é a probabilidade do risco operacional na Empresa EP1 com uma contribuição de aproximadamente 80% e um fator de correlação de 0,87. Deste modo, para mitigar a probabilidade do risco de demanda na Empresa A condicionada ao risco operacional na Empresa EP1, indica-se agir sobre o risco de demanda na Empresa EP1.

4.3.4.3- Probabilidade de ocorrência do risco econômico/financeiro na Empresa A

O risco econômico/financeiro na Empresa A é influenciado pelos riscos de demanda, operacional e de capacidade da empresa EP1. Assim, para calcular a probabilidade do risco econômico/financeiro é preciso considerar as probabilidades dos riscos secundários de demanda, operacional e de capacidade do elo EP1. Deve ser perguntado, dado que houve o risco de demanda na Empresa EP1, ou o risco operacional na Empresa EP1, ou o risco de capacidade na Empresa EP1, qual a probabilidade de ocorrer um risco de natureza econômico/financeira na empresa A?

Os parâmetros de probabilidade para estes riscos secundários são apresentados nas Tabelas 33, 34 e 35. As Figuras 53, 54 e 55 mostram que a probabilidade de ocorrência do risco de demanda diante da ocorrência dos riscos de capacidade, demanda e operacional que

foram simuladas considerando um nível de confiança de 50%, 50.000 iterações, utilizando a fórmula geral do Teorema de Bayes (1).

Tabela 33- Probabilidade do risco econ/financeiro (A)/risco de capacidade (EP1)

Parâmetros da distribuição triangular	$P_{(econ_fin)}$	$P_{(econ_fin/cap)}$	$P_{(cap)}$
Pessimista	0,05	0,01	0,10
Mais provável	0,10	0,01	0,15
Otimista	0,12	0,02	0,20

Tabela 34- Probabilidade do risco econ/financeiro (A)/risco de demanda (EP1)

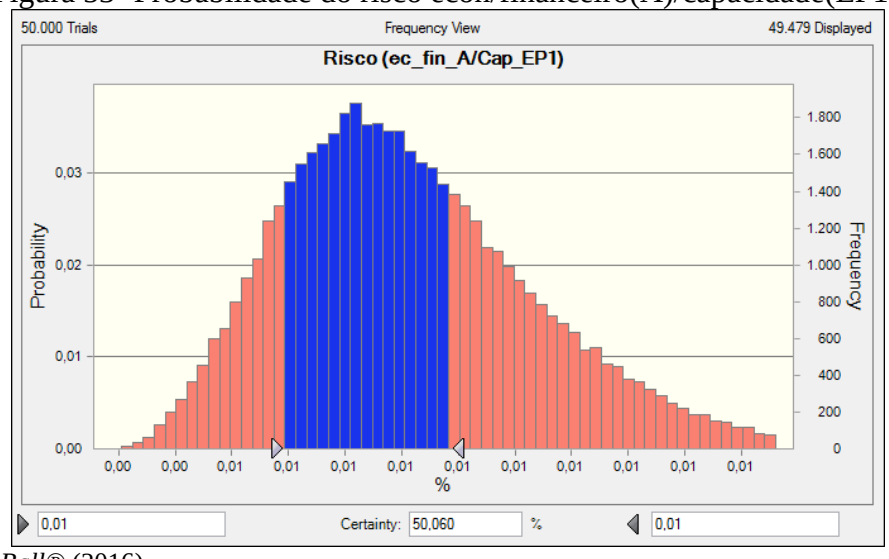
Parâmetros da distribuição triangular	$P_{(econ_fin)}$	$P_{(econ_fin/dem)}$	$P_{(dem)}$
Pessimista	0,05	0,01	0,01
Mais provável	0,10	0,015	0,04
Otimista	0,12	0,02	0,04

Tabela 35- Probabilidade do risco econ/financeiro (A)/risco operacional (EP1)

Parâmetros da distribuição triangular	$P_{(econ_fin))}$	$P_{(econ_fin/oper)}$	$P_{(oper)}$
Pessimista	0,05	0,03	0,02
Mais provável	0,10	0,05	0,05
Otimista	0,12	0,06	0,07

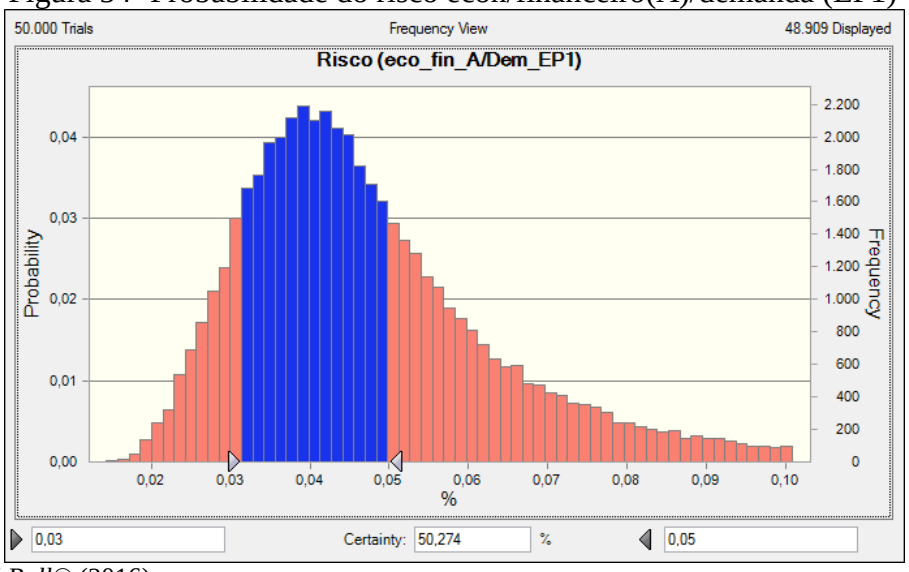
A Figura 53 mostra a faixa mais provável de ocorrência econ/financeiro(A)/capacidade(EP1). Esta faixa apresenta uma probabilidade muito baixa em torno de um valor médio esperado de 1%. A Figura 54 mostra a faixa mais provável de econ/financeiro(A)/demanda (EP1). Esta faixa que corresponde a 50% é de 3% a 5%, com um valor médio esperado de 4%. Esta probabilidade é relativamente baixa. A Figura 55 mostra a faixa mais provável de ocorrência risco econ/financeiro(A)/operacional(EP1). Esta faixa que corresponde a 50% é de 6% a 10%. Esta probabilidade pode ser considerada significativa se comparada as probabilidades anteriormente simuladas.

Figura 53- Probabilidade do risco econ/financeiro(A)/capacidade(EP1)



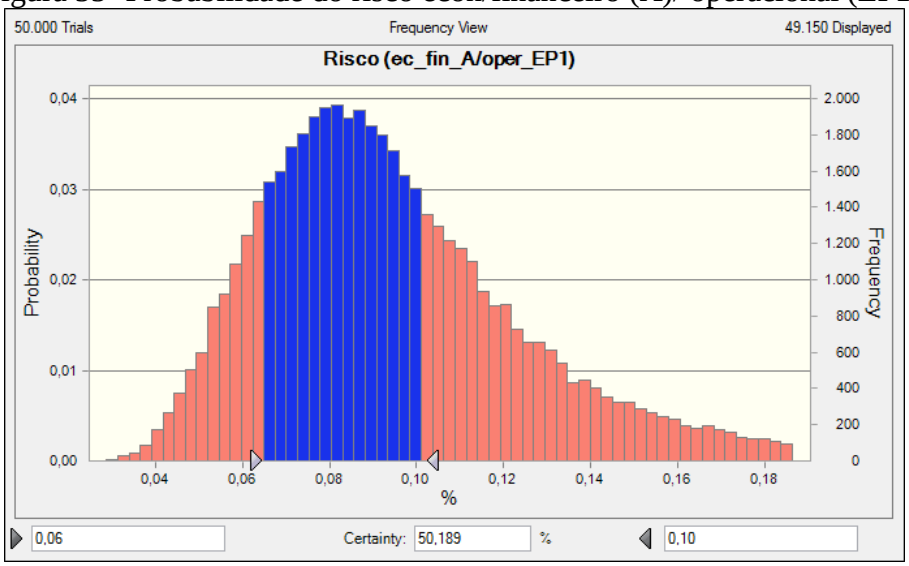
Fonte: *Crystal Ball*® (2016)

Figura 54- Probabilidade do risco econ/financeiro(A)/demanda (EP1)



Fonte: *Crystal Ball*® (2016)

Figura 55- Probabilidade do risco econ/financeiro (A)/ operacional (EP1)



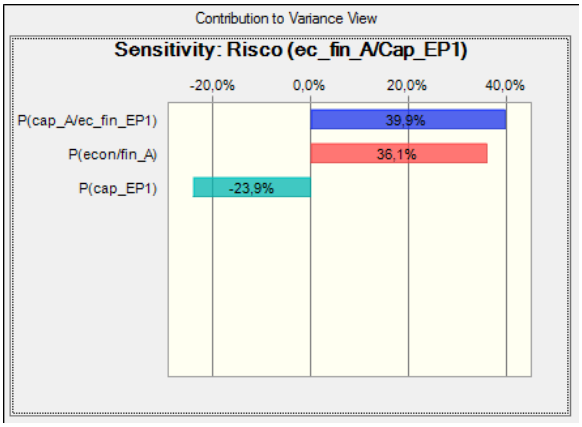
Fonte: *Crystal Ball*® (2016)

A análise de sensibilidade fornecida pela *Crystal Ball*® (Figuras 56, 57 e 58) mostra que na simulação para o cálculo do risco econ/financeiro(A)/capacidade(EP1 (Figura 56- (a)) os fatores que exercem a maior influência é a probabilidade do risco de capacidade(A)/ economico/financeiro(EP1) (39,9%) e a probabilidade do risco economico/financeiro (A) (36,1%). Assim a Empresa A deve acompanhar a ocorrência destes parâmetros, pois possuem maior contribuição para a ocorrência da probabilidade do risco financeiro da Empresa A.

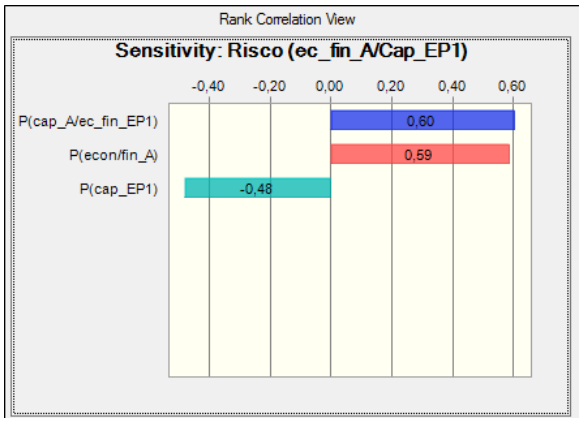
A Figura 57 (a) aponta que para o cenário econ/financeiro (A)/demanda (EP1) a variável que exerce maior influência é a probabildiade do risco de demanda(EP1) com 56,3% de contribuição. Assim esta variável deve ser adequadamente monitorada já que é variável com maior poder de influenciar a probabilidade do risco financeiro (A).

Figura 56- Análise de sensibilidade do risco de econ/financeiro (A)/capacidade (EP1)

(a) - Contribuição para variação



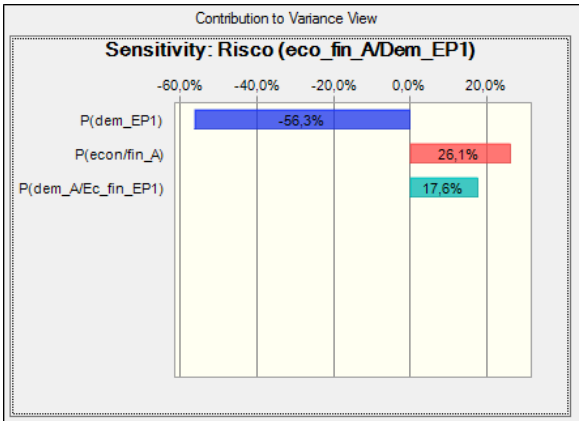
(b) -Correlação de classificação



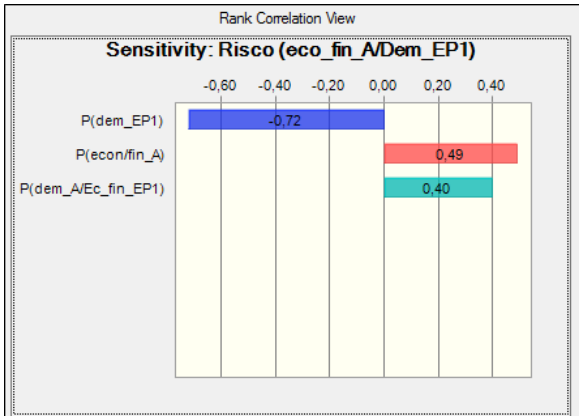
Fonte: *Crystal Ball*® (2016)

Figura 57- Análise de sensibilidade do risco de econ/financeiro (A)/demanda (EP1)

(a) - Contribuição para variação



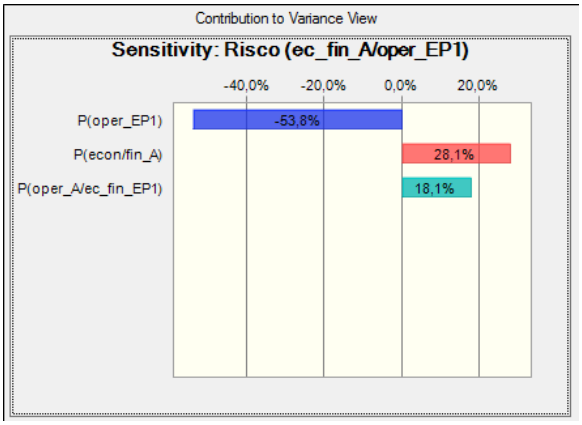
(b) -Correlação de classificação



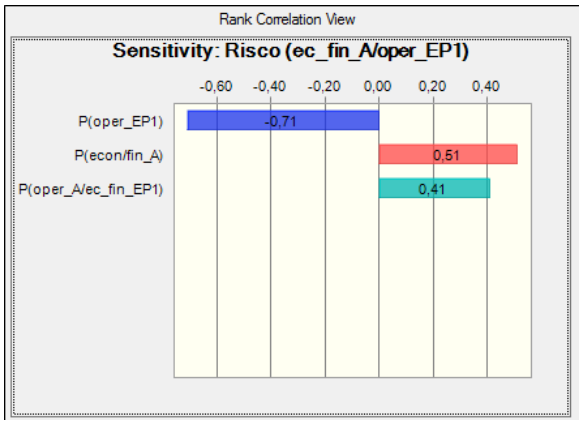
Fonte: *Crystal Ball*® (2016)

Figura 58- Análise de sensibilidade do risco de econ/financeiro (A)/operacional (EP1)

(a) - Contribuição para variação



(b) -Correlação de classificação



Fonte: *Crystal Ball*® (2016)

A Figura 58 (a) aponta que para o cenário econômico/financeiro (A)/operacional (EP1) a variável que exerce maior influência é a probabilidade do risco de operacional(EP1)

com 53,8% de contribuição. Assim esta variável deve ser adequadamente monitorada já que é variável com maior poder de influenciar a probabilidade do risco financeiro (A).

4.3.4.4- Probabilidade de ocorrência do risco de preço na Empresa A

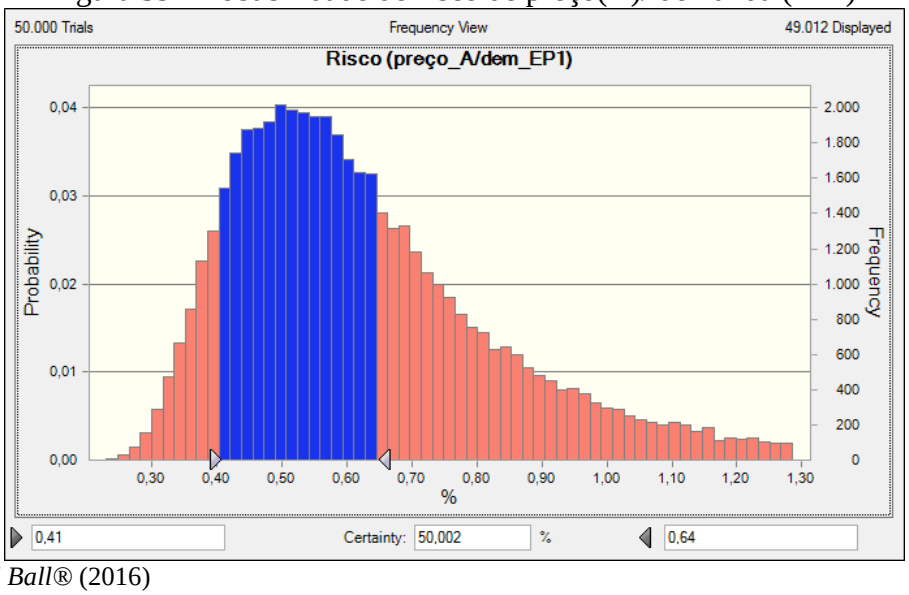
O risco de preço na Empresa A está associado ao risco de demanda da Empresa EP1. Assim, para calcular a probabilidade do risco de preço é preciso considerar a probabilidade do risco de demanda do elo EP1. Os parâmetros de probabilidade são apresentados na Tabela 36 e o comportamento da distribuição de probabilidade e apresentado na Figura 59.

Tabela 36- Probabilidade do risco de preço (A)/risco de demanda (EP1)

Parâmetros da distribuição triangular	$P_{(preço)}$	$P_{(preço/dem)}$	$P_{(dem)}$
Pessimista	0,15	0,05	0,01
Mais provável	0,20	0,07	0,03
Otimista	0,30	0,10	0,04

A Figura 59 mostra que a faixa de probabilidade mais provável de ocorrência do risco de preço (A)/risco de demanda (EP1), está compreendida entre 41% a 64%, o que é uma alta probabilidade de ocorrência e merece muita atenção para a Empresa A, pois pode trazer muita dificuldade à medida que pode representar necessidade de alteração no preço do gás e perda de clientes para outra matriz energética ou redução no consumo de gás por parte dos clientes.

Figura 59- Probabilidade do risco de preço(A)/ demanda (EP1)



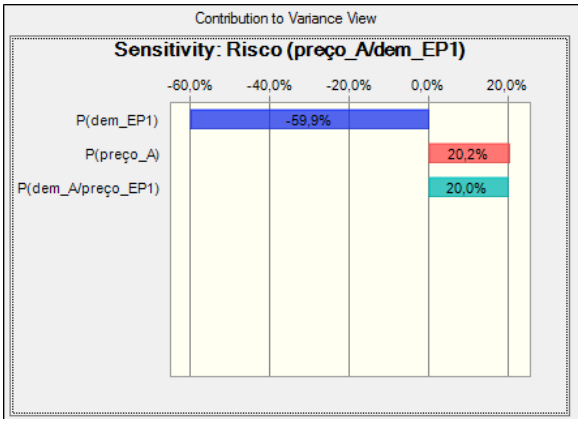
Fonte: *Crystal Ball*® (2016)

A fim de identificar o comportamento de influência no experimento simulado é importante fazer a análise de sensibilidade apresentada na Figura 60, que mostra que o fator com maior influência é a probabilidade do risco de demanda (EP1), com um fator de impacto de aproximadamente 60% e um grau de correlação de 0,75. Isto indica que a Empresa A para

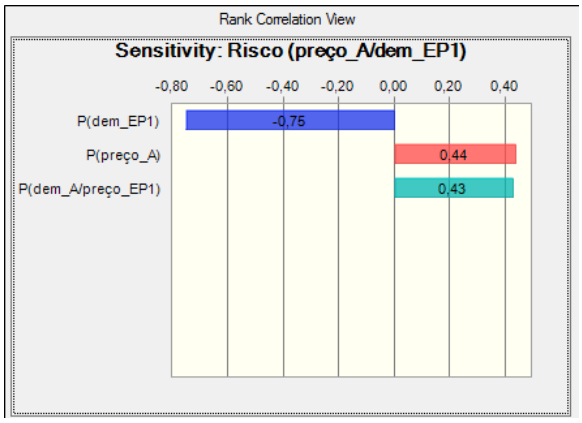
gerenciar e mitigar o risco de preço deve controlar cuidadosamente a ocorrência do risco de demanda(EP1), pois a elevada ocorrência deste risco tem forte influência na ocorrência do risco de preço na empresa A.

Figura 60- Análise de sensibilidade do risco de preço(A)/demanda (EP1)

(a) - Contribuição para variação



(b) - Correlação de classificação



Fonte: *Crystal Ball*® (2016)

Após a apresentação dos resultados das simulações e das discussões sobre a análise de sensibilidade a Tabela 37 sumariza as probabilidades médias encontradas por meio da Simulação Monte Carlo. A partir dessas probabilidades foi feito o cálculo da probabilidade agregada dos riscos por meio das Redes Bayesianas.

Tabela 37- Probabilidades médias dos riscos primários e secundários considerando a condicionalidade entre pares de riscos

Risco secundário	Probabilidade subjetiva informada pelos especialisas	Risco primário	Probabilidade simulada
Preço (A)	20%	demanda(EP1)	59%
Demanda(A)	75%	capacidade(EP1)	39%
		demanda(EP1)	9,5%
		operacional(EP1)	2,4%
Econ/financeiro (A)	10%	capacidade(EP1)	4%
		demanda(EP1)	1%
		operacional(EP1)	8%
Fornecimento(EP1)	5%	fornecimento(A)	8%
		demanda(A)	2%
		operacional(A)	0%

A Tabela 37 aponta que o risco de preço(A) teve uma probabilidade de 20% informada pelos especialistas. No entanto, a simulação realizada indicou que se ocorrer um risco de demanda(EP1), a probabilidade do risco de preço(A)/demanda(EP1) passa a ser de 59%.

O risco de demanda(A), segundo os especialistas, tem uma probabilidade mais provável de ocorrência desse risco é de 75%, considerando o contexto econômico atual.

Contudo, o risco de demanda(A) tem 39% de chance de ocorrer caso haja a ocorrência do risco de capacidade (EP1), 9,5% de ocorrer caso ocorra o risco de demanda(EP1) e 2,4% de ocorrer caso ocorra o risco operacional (EP1). Verifica-se então que existe uma forte relação entre a ocorrência do risco de demanda(A) e de capacidade(EP1).

O risco econômico/financeiro(A), segundo os especialistas, apresenta uma probabilidade mais provável de ocorrência de 10%. Contudo, a chance deste risco ocorrer tendo havido o risco de capacidade(EP1) é de 4%, de ocorrer tendo havido o risco de demanda(EP1) é de 1%, e o de ocorrer tendo ocorrido o risco operacional é de 8%.

Por fim, sobre o risco de fornecimento, segundo os especialistas, a faixa de probabilidade mais provável é de 5%. A simulação apontou que a chance de ter havido risco de fornecimento(A) é de 8% e de ter havido a ocorrência de risco de demanda(A) é de 2%.

Pode-se observar que os riscos mais críticos, com maiores níveis de probabilidade, têm sua origem na Empresa EP1 que passam a gerar riscos para a empresa distribuidora de gás (Empresa A), gerando principalmente riscos de demanda e de preço.

Isto é mais significativo, por ser a Empresa EP1 o principal cliente em consumo de gás do setor industrial. Por isso, as incertezas, vulnerabilidade e oscilações propagadas da EP1 para a Empresa A serem muito significativas, pois tem forte representatividade para a projeção da demanda pela empresa A, assim como forte impacto no desempenho financeiro da Empresa A, trazendo dificuldades financeiras e estratégicas.

Estes dados de probabilidade resultantes da simulação Monte Carlo representam a probabilidade dos riscos secundários calculados a partir dos riscos primários considerando a condicionalidade entre pares de riscos. No entanto, sabe-se que os riscos têm caráter mais amplo, assim, é importante observar o comportamento dos riscos em sua rede completa. Isto é possível de ser feito com a aplicação das Redes Bayesianas, utilizando para tal as evidências e probabilidade resultantes da simulação anteriormente realizada.

Assim, a partir desses dados de probabilidade média é possível extrapolar o cálculo da probabilidade desses riscos secundários visualizando toda a rede de risco, por meio das Redes Bayesianas, a fim de verificar o reflexo da propagação do risco na cadeia de suprimentos. Isto é apresentado na sequência.

4.5- Cálculo da probabilidade dos riscos secundários considerando a rede de riscos por meio das Redes Bayesianas

A Simulação Monte Carlo permitiu calcular a probabilidade média dos riscos secundários, considerando, as relações paritárias entre os riscos, obedecendo ao Teorema de

Bayes. No entanto, no contexto das cadeias de suprimentos a inter-relação dos riscos ocorre de maneira mais ampla e dinâmica, havendo relações em um maior número de riscos.

Por exemplo, verificou-se na no mapa de riscos que o risco de demanda(EP1) influencia o risco de demanda(A), o risco econômico/financeiro(A), como também o risco de preço(A). Assim, caso haja variações no risco de demanda(EP1) isto se propagará pelos riscos de demanda(A), o risco econômico/financeiro(A), como também o risco de preço(A) ao mesmo tempo. Assim, é preciso observar a inter-relação entre os riscos de maneira mais ampliada, e não apenas entre pares de riscos.

Desta forma, por existir um conjunto de relações maior entre estes riscos e, é importante que esta dinâmica mais abrangente seja também incorporada ao se observar a dependência entre os riscos da cadeia de suprimentos.

A partir desta percepção foi aplicado as Redes Bayesianas para que fosse possível calcular a probabilidade dos riscos, considerando toda a rede dos riscos, como foi identificado na topologia da rede dos riscos mapeada e ilustrada nas Figuras 39 e 40 (Seção 4.3.3).

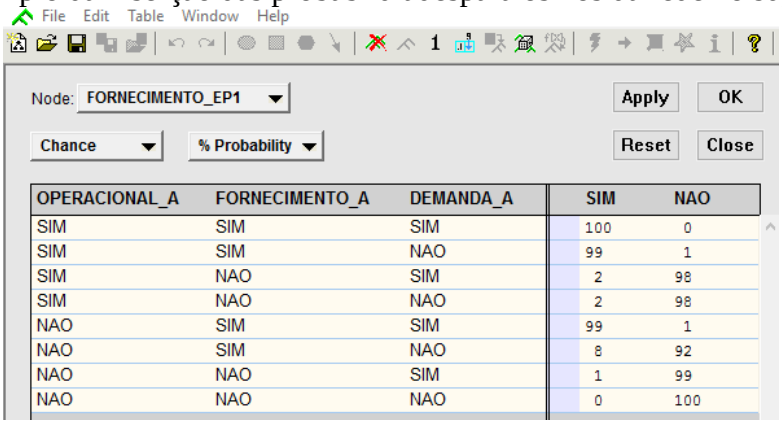
Os dados necessários para a aplicação da Rede Bayesiana foram coletados durante as entrevistas realizadas na fase de avaliação dos riscos. Para a aplicação das Redes Bayesianas foram necessários dados das probabilidades médias que foram resultantes das simulações realizadas, assim como de crenças de probabildiades informadas pelos especialistas.

Foi necessária a estrutura da rede de riscos e das crenças de probabilidades dos riscos. De posse do conjunto de informações foi feita a aplicação da Rede Bayesiana, por meio do *software* Netica®.

As probabilidades que são utilizadas nas Redes Bayesianas consideram os cenários SIM e NÃO, que significam a probabilidade de ocorrer o risco e a probabilidade de não ocorrer o risco, respectivamente. O somatório desses dois cenários de probabilidade devem somar 100%, que significa o total de possibilidade daquele risco, ocorrer e não ocorrer.

Um exemplo de como foram adicionadas as probabilidades é apresentado na Figura 61. Esta Figura apresenta a tela na qual foi adicionadas as probabilidades dos riscos. Verifica-se que para o estabelecimento da rede Bayesianas considera a combinação dos cenários SIM e NÃO, observando as relações existentes entre os riscos. Além disso, verifica-se que a soma das linhas (espectro de probabilidades para os dois cenários SIM e NÃO) deve somar 100%.

Figura 61- Exemplo da inserção das probabildiadespara os nós da rede no *software* Netica®



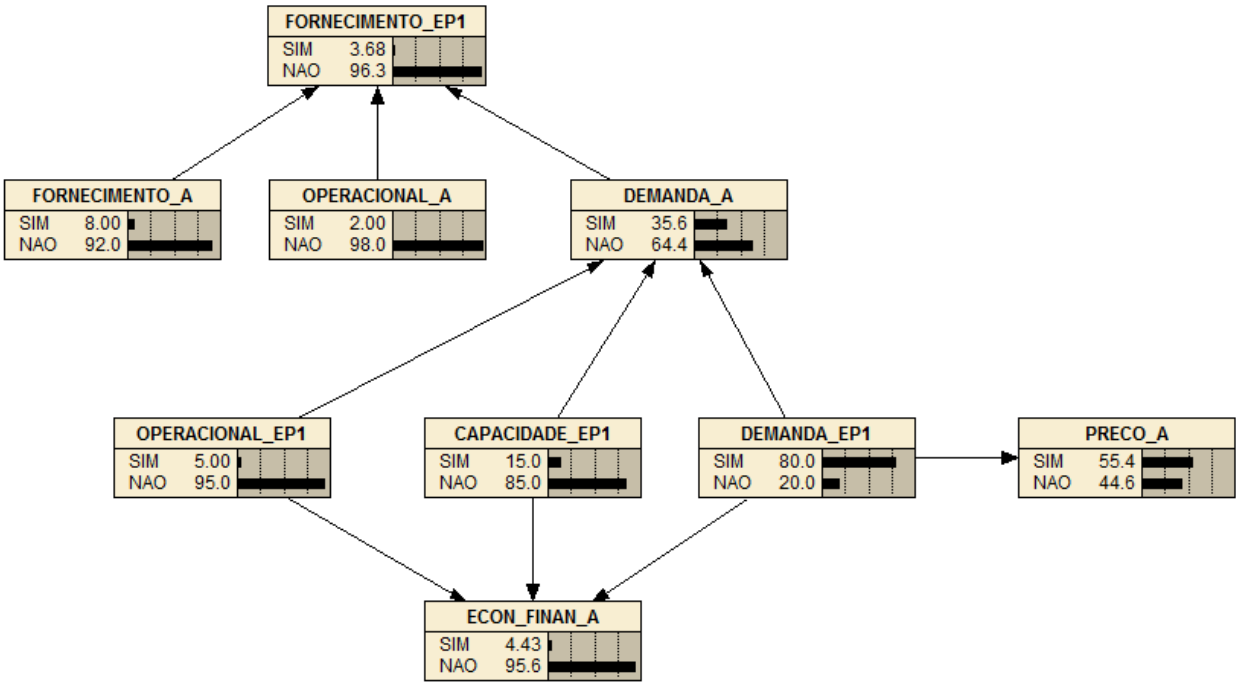
OPERACIONAL_A	FORNECIMENTO_A	DEMANDA_A	SIM	NAO
SIM	SIM	SIM	100	0
SIM	SIM	NAO	99	1
SIM	NAO	SIM	2	98
SIM	NAO	NAO	2	98
NAO	SIM	SIM	99	1
NAO	SIM	NAO	8	92
NAO	NAO	SIM	1	99
NAO	NAO	NAO	0	100

Fonte: *Netica*® (2017)

Após o desenho da rede e suas relações e da inserção dos dados de probabilidade para todos os nós da rede, fez-se a compilação dos dados, a fim de que se obtenha as probabilidades finais. O mapa com a rede dos riscos com o formato do *sofware* Netica® é apresentado na Figura 62. Nesta rede, ficam evidenciados todas as relações entre os riscos, assim como os dados de probabilidade para os cenários SIM e NÃO para toda rede.

Na rede apresentada na Figura 62, podem ser feitas as seguintes observações: 1- Os riscos são representados pelos nós; 2- os arcos unidirecionados representam as relações existentes entre os riscos, e por fim, 3- as caixas apresentam as crenças de probabilidades que contém as probabilidades para a ocorrência e não ocorrência dos riscos.

Figura 62- Mapa com a rede de riscos com as probabilidades finais pelo software Netica®



Fonte: *Netica*® (2017)

As probabilidades apresentadas na Figura 62 indicam que a probabilidade de ocorrer o risco de fornecimento é de 3,5%, o risco econ/financeiro é de 4,4%, o risco de demanda é de 35,5% e de preço é de 55,4%.

Esses valores representam a probabilidade agregada final para os riscos secundários. Esta probabilidade, portanto, pode ser considerada a probabilidade mais completa a ser considerada para a avaliação dos riscos. Estes valores de probabilidades agregadas para os riscos secundários são sumarizadas na Tabela 38, onde também são apresentados os impactos desses riscos, apoiando-se na informação passada pelos especialistas.

Tabela 38- Probabilidades agregadas dos riscos pelas Redes Bayesianas e impacto

RISCO SECUNDÁRIO	PROBABILIDADE CALCULADA POR REDES BAYESINAS		IMPACTO DOS RISCOS
	SIM	NÃO	
Preço (A)	55,4%	44,6%	SEVERO
Demanda(A)	35,6%	64,4%	SEVERO
Econ/financeiro (A)	4,4%	95,6%	ALTO
Fornecimento(EP1)	3,5%	96,5%	ALTO

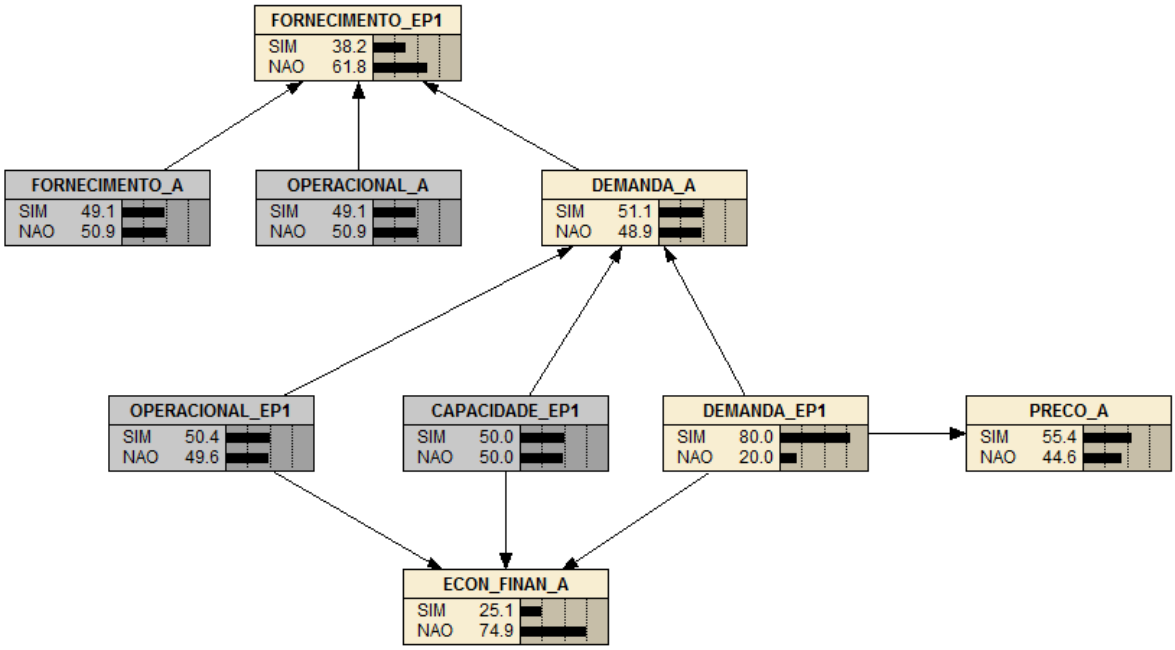
Verifica-se pelas probabilidades apresentadas na Tabela 38, que foi possível calcular uma probabilidade final para estes riscos, onde percebeu-se que o risco de Demanda(A) e de Preço(A) são os riscos que apresentam maior chance de ocorrer com probabilidades de 35,6% e 55,4% respectivamente.

Estes dados indicam a criticidade destes riscos na empresa A, ainda mais porque estes dois riscos foram considerados com impacto SEVERO pelos especialistas. Assim, a partir desta informação, é possível direcionar de maneira mais adequada as ações que possam mitigar estes dois riscos que se mostram os mais críticos na cadeia de suprimentos.

Além do cálculo das probabilidades dos riscos, as redes Bayesianas também permitem simular cenários para verificar o comportamento na probabilidade dos riscos caso haja mudanças nas probabilidades primárias iniciais.

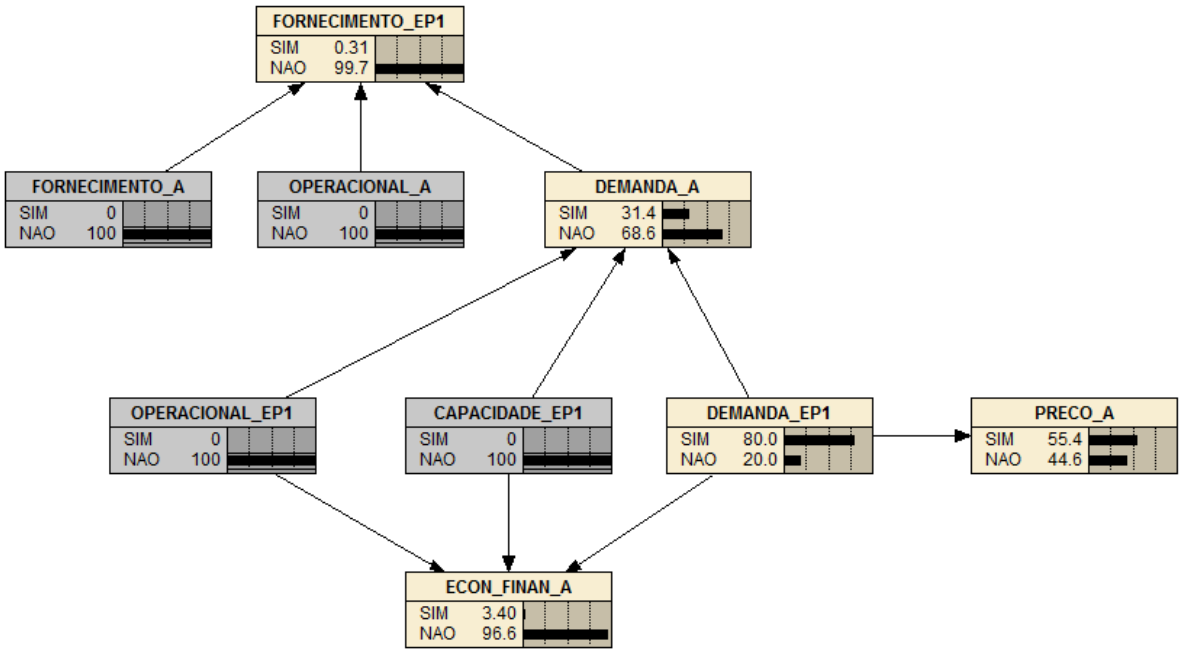
Nesse sentido, caso mudanças nas probabilidades dos riscos primários (fornecimento(A); operacional(A); operacional(EP1) e capacidade(EP1)) como isso afeta a probabilidade dos riscos de demanda (A), risco de preço (A), risco econ/financeiro(A) e riscos de fornecimento(EP1)? Isto pode ser visualizado na Figura 63 (considera um cenário pessimista, com maior probabilidade de SIM ocorrer os riscos) e na Figura 64 (considera um cenário mais otimista com a probabilidade 100% de NÃO ocorrer os riscos).

Figura 63- Mapa com a rede de riscos considerando um cenário mais pessimista



Fonte: *Netica*® (2017)

Figura 64- Mapa com a rede de riscos considerando um cenário mais otimista



Fonte: *Netica*® (2017)

Na Figura 63, nota-se que, havendo mudanças nas probabilidades dos riscos de fornecimento(A), operacional(A), operacional(EP1) e capacidade(EP1) e estes tenham a mesma probabilidade de ocorrer e não ocorrer (50%), verifica-se que os riscos econ/financeiro(A) passa a ter uma probabilidade de ocorrer de 25,1% , o risco de demanda(A) passa a ter uma probabilidade de 51,1% e o de fornecimento(EP1) passa a

38,2%. O risco de preço(A) não sofreu alteração pois só se relaciona com o risco de demada(EP1) que nesta simulação não teve alteração na probabilidade.

De forma semelhante, fazendo uma simulação considerando um cenário mais otimista (Figura 64), onde a probabilidade dos riscos de capacidade(EP1), operacional(EP1), operacional(A) e fornecimento(A) seja nula, e mantendo-se a probabilidade inalterada do risco de demanda(EP1), verifica-se que a probabilidade do risco econ/financeiro(A) passa a ser 3,4%, a probabilidade do risco de demanda(A) passa a ser 31,4% e a probabilidade do risco de fornecimento(EP1) passou a ser 0,31%.

Estas simulações apresentadas nas Figuras 63 e 64 só demonstram que as Redes Bayesianas também permitem simular cenários e projetar cenários futuros, a partir de mudanças implementadas no estado atual. Isto também auxilia na elaboração de planos de mitigação e na tomada de decisão, pois pode ser utilizada para direcionar ações de melhorias e pontos de atuação.

Conclui-se que as Redes Bayesianas permitem o cálculo agregado das probabilidades dos riscos secundários, obtendo-se as probabilidades dos riscos críticos com probabilidades de 55,4% para o risco de preço(A) e de 35,6% para o risco de demanda(A), ambos ocorrendo na Empresa A, mas originados com grande influência de riscos originados da Empresa EP1.

Por esses resultados, é possível direcionar a empresa no plano de mitigação, que deve considerar estes riscos os mais críticos, posto que são os riscos com maior probabilidade de ocorrência e grau de severidade. Desta forma, podem afetar de maneira significativa o desempenho operacional e financeiro das empresas e de toda cadeia de suprimentos. Por serem os riscos mais críticos merecem atenção imediata.

Para mitigar os riscos de demanda(A) e de preço(A) é preponderante que sejam mitigados os riscos de demanda(EP1), de capacidade(EP1) e operacional(EP1), pois estes tem relações diretas com os riscos mais críticos que ocorrem na Empresa A.

O plano de mitigação deve considerar alternativas que possam reduzir ou eliminar a probabilidade de ocorrência desses riscos, se possível. Caso contrário, deve buscar minimizar o impacto que estes riscos causam à cadeia, em um plano de contingência que visa aumentar a resiliência da cadeia.

Uma análise mais profunda dos resultados alcançados é apresentada na sequência, oportunidade onde as considerações finais sobre os resultados são realizadas.

CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo estão descritas a verificação do atingimento dos objetivos propostos, a resposta à questão da pesquisa formulada e as sugestões para continuidade do trabalho.

5.1- Verificação dos Objetivos e Conclusões do Trabalho

Os resultados alcançados ao final desta pesquisa mostram que na cadeia de suprimentos de gás canalizado do Estado da Paraíba foram identificados diversos riscos, que representam chance de perda ou mesmo perturbação para o bom funcionamento das empresas, colocando em perigo o desempenho operacional e financeiro de toda cadeia.

O recorte da cadeia de suprimento analisado nesta pesquisa é composto por dois elos, um denominado de Empresa A, responsável pela distribuição de gás canalizado no Estado da Paraíba, também considerado a empresa focal, e o outro, denominado de Empresa EP1. Este último é o principal consumidor de gás do segmento industrial, uma empresa do setor cerâmico de revestimento responsável pelo consumo de aproximadamente 50% de todo volume de gás utilizado pelo segmento industrial da Paraíba.

Verificou-se na Empresa A os seguintes riscos: estratégico, de processo, de demanda, de capacidade, operacional, de fornecimento, de estoque, de informação, de cliente, político, de propriedade intelectual, de preço e econômico/financeiro. Na Empresa EP1 foram identificados os riscos de mercado, fiscal, de demanda, de capacidade, operacional, de fornecimento, de estoque e de informação.

Após esta identificação procedeu-se a avaliação dos riscos, buscando incorporar neste processo a dependência e as inter-relações entre os riscos. Foram utilizados diferentes métodos e ferramentas como o ANP para priorizar os riscos considerando as relações de dependência entre osmesmos; a Simulação Monte Carlo para simular as probabilidades entre pares de riscos de maneira condicionada, e por fim, as Redes Bayesianas para calcular as probabilidades dos riscos de maneira agregada, considerando todas as relações do mapa da rede dos riscos prioritários entre os dois elos da cadeia de suprimentos estudada.

Inicialmente fez-se a hierarquização dos riscos, a fim de identificar os riscos mais prioritários levando em consideração as dependências entre estes. Utilizou-se a técnica do ANP aplicada por meio do *SuperDecisions*®. Na Empresa A o ANP apontou que os riscos mais críticos, obsevando o índice geral de priorização, foram o risco de demanda (8,99%), risco de fornecimento (8,69%), risco operacional (8,41%), risco estratégico (8,16%), risco de estoque (8,17%), risco de cliente (7,80%), risco de preço (7,75%), riscos de informação

(7,66%), riscos de processo (7,63%), riscos de Propriedade Intelectual (7,54%), risco político (6,99%), risco econ/financeiro (6,43%) e risco de capacidade (5,79%).

De forma análoga, o ANP apontou na Empresa EP1 a seguinte hierarquia: risco de capacidade (16,21%), seguido do risco operacional (15,94%), risco de demanda (13,32%), risco de fornecimento (12,70%), risco de estoque (12,70%), risco fiscal (10,97%), risco de mercado (9,73%) e por fim, risco de informação (8,30%).

A fim de facilitar a simulação adotou-se uma segmentação na hierarquia obtida por meio do ANP. Foram escolhidos os três primeiros riscos de cada elo para aplicar a Simulação Monte Carlo. Assim, foram simuladas as probabilidades dos riscos de demanda (8,99%), riscos de fornecimento (8,69%), risco operacional (8,41%) na Empresa A, e os riscos de capacidade (16,21%), operacional (15,94%) e risco de demanda (13,32%) na Empresa EP1.

Para aplicar a Simulação Monte Carlo foi necessário estabelecer as relações de condicionalidade entre pares de riscos, a fim que fosse possível utilizar o Teorema de Bayes para simular as probabilidades dos riscos por meio do *Crystal Ball*®.

Aplicando-se este teorema e assumindo a distribuição de probabilidade triangular, aplicou-se a Simulação Monte Carlo que permitiu o cálculo das probabilidades condicionadas entre os riscos verificando-se que as dependências existentes e apontadas pelos especialistas.

Como resultado desta fase, foram obtidas as probabilidades apresentadas na Tabela 39 que sumariza as probabilidades dos riscos condicionados, ou seja, a probabilidade de cada risco secundário priorítário condicionado ao risco primário.

Tabela 39- Probabilidades dos riscos secundários condicionados aos seus riscos primários

RISCO SECUNDÁRIO/RISCO PRIMÁRIOS	PROBABILIDADE SIMULADA ENTRE OS PARES DE RISCOS
Preço (A)/ demanda(EP1)	59%
Demanda(A)/ capacidade(EP1)	39%
Demanda(A)/demanda(EP1)	9,5%
Demanda(A)/ operacional(EP1)	2,4%
Econ/financeiro(A)/ capacidade(EP1)	4%
Econ/financeiro(A)/ demanda(EP1)	1%
Econ/financeiro(A)/ operacional(EP1)	8%
Fornecimento(EP1)/ fornecimento(A)	8%
Fornecimento(EP1)/demanda(A)	2%
Fornecimento(EP1)/ operacional(A)	0%

A partir das probabilidades entre pares de riscos foi aplicada as Redes Bayesianas para calcular a probabilidade agregada dos riscos, considerando todas as relações dos riscos de maneira conjunta, ou seja, toda a rede de riscos avaliados na cadeia.

Aplicando a Redes Bayesianas sobre a rede dos riscos em avaliação obteve-se que as probabilidades dos riscos finais são de 55,6% para o risco de preço(A); 35,6% para o risco de

demanda(A); 4,4% para o risco econ/financeiro(A), e por fim de 3,5% para o risco de fornecimento(EP1).

Estes resultados mostram a criticidade dos riscos de preço (A) e de demanda(A), pelo valor de probabilidade. Salienta-se que estes riscos não foram riscos considerados prioritários ao final do ANP, pois o ANP priorizou os riscos primários, e observou a força das relações entre os riscos. No entanto, a partir do momento em que foi obervado a condicionalidade dos riscos, ou seja, passou-se a analisar o risco origem, os riscos de preço (A) e de demanda(A) foram apontados como os mais críticos.

Esse é um importante resultado desta pesquisa, identificar os principais fatores que levam ao risco, de modo que as ações de mitigação sejam mais eficazes na eliminação do risco ou do impacto gerado por esse risco.

A sistemática proposta para gestão de riscos conseguiu incorporar a dependência e as inter-relações entre os riscos e os elos da cadeia de suprimentos, e isso foi inserido nesta sistemática no cálculo da probabilidade do risco. Isto demostra que o objetivo geral desta pesquisa foi atingido.

A pergunta problema que foi lançada na Capítulo 1 deste trabalho foi: **Como gerenciar os riscos considerando a interdependência em uma cadeia de suprimentos**? Os resultados alcançados descrevem a aplicação da sistemática para gestão de riscos na cadeia de suprimentos de gás canalizado no Estado da Paraíba, e indicam que a pergunta foi respondida à medida que foi possível incorporar a dependência na avaliação dos riscos, por meio do cálculo da probabilidade dos riscos dependentes.

A fim de facilitar a verificação do alcance dos objetivos propostos por esta pesquisa apresenta-se no Quadro 24 o local ao longo do trabalho onde os objetivos específicos foram descritos e, portanto alcançados.

Quadro 24- Quadro resumo com os objetivos e seu alcance na pesquisa

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DA PESQUISA	SEÇÃO QUE ATENDE O OBJETIVO	PÁGINAS ONDE O OBJETIVO É APRESENTADO
a) Identificar os riscos na cadeia de suprimentos de gás canalizado;	4.3	149-159
b) Priorizar os riscos mais críticos na cadeia de suprimentos segundo as relações de dependência;	4.4.1	160-166
c) Estimar a probabilidade de risco secundário a partir dos riscos primários de maneira condicionada;	4.4.4	168-190
d) Estimar a probabilidade de risco secundário considerando a rede dos riscos	4.5	190-195

Além disso, demonstrou-se que a sistemática tem aplicabilidade em um contexto real, mostrando-se eficaz para seu principal objetivo, qual seja ser uma sistemática que avalia os riscos considerando estes como elementos dependentes e com inter-relações na cadeia.

Desta forma, isto contribui para o preenchimento uma lacuna teórica que foi identificada durante o levantamento teórico, que é considerar as interdependências entre os riscos e as inter-relações existentes na cadeia de suprimentos, que tem sido negligenciada pela maioria dos modelos em gestão de riscos voltados para as cadeias de suprimentos.

Chama-se atenção ainda, à obtenção de resultados teóricos como o apresentado no Quadro 12 que sumariza as definições sobre as tipologias de riscos e que pode servir de referência em pesquisas futuras. Além disso, considera-se também que o método de pesquisa estabelecido nesta pesquisa é um importante resultado teórico, haja vista que, assumiu realizar a coleta de dados de maneira fragmentada, a fim de reduzir potenciais vieses principalmente na fase de identificação dos riscos. Este método pode também ser utilizado com modelo para pesquisas futuras no âmbito da gestão de riscos na cadeia de suprimentos.

Além disso, esta pesquisa ainda contribui para a discussão sobre a necessidade de incorporar medidas quantitativas para calcular os parâmetros do risco, notadamente para medir a probabilidade do risco. Sobre isto, o levantamento teórico apontou que há muita discussão sobre a natureza da probabilidade do risco, se ela pode ser considerada uma variável puramente qualitativa, quantitativa ou uma combinação destas.

Reconhecendo que a dimensão da probabilidade é importante para a avaliação dos riscos, pois é no cálculo da probabilidade a possibilidade de incorporar a dependência entre os riscos, a sistemática proposta também contribui com esta discussão, à medida que, apresenta um método de cálculo da probabilidade com viés quantitativo, por utilizar o método da simulação, diante de um cenário onde não há registros de dados históricos, apenas crenças de probabilidade subjetivas.

Por estes motivos, a sistemática de gestão de riscos proposta traz também como resultado esta contribuição teórica, por auxiliar na discussão sobre estas lacunas teóricas ainda existentes e que estão no cerne da problemática sobre a gestão e avaliação dos riscos nas cadeias de suprimentos.

No contexto dos resultados teóricos é possível citar as publicações que foram obtidas ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, como, Silva, Leite e Marins (2015); Silva, Leite e Marins (2016a); Silva, Leite e Marins (2016b) e Silva *et al.* (2017).

Além desses resultados teóricos, identificam-se alguns resultados práticos para as empresas envolvidas na pesquisa. Os resultados alcançados serviram de base para que as

empresas participantes pudessem elaborar um modelo de gestão de riscos para cadeia de suprimentos de gás do Estado da Paraíba.

A identificação dos riscos mais críticos segundo a dependência entre os riscos e de acordo com os valores mais significativos de probabilidade apontou a necessidade de visualizar além da empresa, avançando para os demais elos da cadeia de suprimento.

Este fato foi importante, pois se tem vivenciado na empresa distribuidora de gás uma realidade ainda não vivenciada até então. O cenário econômico do País atual, marcado por retração na economia associado à desaceleração da indústria da construção civil, afetou de maneira significativa a empresa distribuidora de gás, uma vez que seu principal cliente é do setor de cerâmica de revestimento, impelindo-a a buscar alternativas que pudessem absorver o impacto da diminuição abrupta do consumo de gás.

Desta forma, a pesquisa realizada mostrou-se oportuna para a empresa distribuidora de gás, pois demonstrou a existência de inter-relações entre os riscos da cadeia de suprimentos, assim como apontou quais riscos tinham maior chance de ocorrer, sendo, portanto, considerados os mais críticos, merecedores de maior atenção em um primeiro momento.

O caráter de oportunidade desta pesquisa para a empresa focal deve-se, sobretudo, ao momento vivenciado, no qual tem havido redução significativa no consumo de gás, notadamente no segmento industrial da Paraíba. Foi apresentado na Seção 1.2 desta pesquisa que, de 2012 a 2015, houve uma redução de aproximadamente 16% no consumo de gás no Estado, e apesar de uma pequena recuperação em 2016 de 2,5%, registrou-se que o consumo de gás no segmento industrial no ano de foi menor do que em 2015.

Percebe-se, assim, uma queda na demanda de gás, e este fato é de extrema importância para a empresa distribuidora de gás. A experiência dessa pesquisa demonstrou para as empresa que é necessário elaborar um plano de gestão de risco que considere estratégias para elevar a resiliência da cadeia e uma maior visibilidade da cadeia à jusante da cadeia.

Esta percepção foi tida já nos momentos em que foram aplicados os questionários para identificação e avaliação dos riscos. Pode-se perceber que a discussão gerada foi vista como um *insight* para os gestores, no sentido de ampliar a visão do negócio para além de seus processos administrativos, vendo com maior alcance os riscos que ocorrem na empresa, mas também os que acometem seus parceiros de negócios.

Além disso, os resultados alcançados é um primeiro retrato que deve ser ampliado para a cadeia de suprimentos de gás, fato que pode auxiliar na competitividade desta matéria-prima frente a outras matrizes energéticas, à medida que seja possível desenvolver estruturas que permitam esta cadeia ser estável, resiliente e flexível.

Sobre isso, é importante frisar que durante as primeiras entrevistas os gerentes enalteciam a segurança de longos contratos de fornecimento de gás junto a seus clientes industriais, por existir cláusulas de proteção contra fortes oscilações de consumo. Isto era visto como suficiente para lhes proteger do mercado e suas variações.

No entanto, ao final da pesquisa, pôde-se perceber uma mudança de postura em relação aos contratos e tentativa de maior aproximação com os clientes industriais. Esta mudança foi percebida pela flexibilização do contrato de fornecimento com a Empresa EP1, que teve seu contrato renegociado, adotando-se cláusulas mais flexíveis com uma margem de oscilação de consumo mais elástica e um prazo validade menor.

Sem adotar esta postura haveria uma perda de quase toda carteira de clientes industriais e isto denota, em certo grau, que a empresa distribuidora de gás percebeu que a flexibilidade e maior integração com os demais elos da cadeia, são fatores essenciais para que superar os atuais desafios de incerteza e vulnerabilidade.

Nesse sentido, a empresa distribuidora de gás teve de buscar flexibilidade também junto a seu principal fornecedor, a Petrobras, acionando judicialmente essa empresa.

Assim, mais uma vez foi oportuna a realização desta pesquisa, pois auxiliou a empresa, a enxergar a importância da flexibilidade para uma rápida resposta diante dos riscos de grande impacto e probabilidade.

Apesar, de se reconhecer a aplicabilidade e eficácia da sistemática de gestão de riscos proposta, verificou-se a existência de algumas limitações, que não põem em xeque os resultados alcançados, mas que precisam ser identificadas para que os resultados sejam contextualizados e avanços sejam direcionados para que estas limitações sejam vencidas.

Por este motivo, na sequência são apontadas as limitações que foram identificadas, e a partir delas, são sugeridos temas que podem ser assumidos trabalhos futuros a serem realizados sobre a gestão de riscos na cadeia de suprimentos.

5.2 - Limitações da pesquisa e sugestão para trabalhos futuros

Os resultados alcançados na pesquisa apontaram que é possível gerenciar os riscos na cadeia de suprimentos considerando a dependência entre os riscos, dado que os riscos estão inter-relacionados, havendo, desta forma, propagação dos riscos ao longo da cadeia de suprimentos.

No entanto, apesar de ter sido feita uma aplicação prática da sistemática proposta verificou-se algumas limitações que precisam ser vencidas em trabalhos futuros.

Inicialmente, verifica-se como a mais importante limitação desta pesquisa o fato de as probabilidades dos riscos primários terem cárater puramente subjetivo. Apesar de ter sido verificado no levantamento teórico que em aproximadamente 95% das pesquisas sobre avaliação de riscos consideraram a probabilidade por meio de julgamentos subjetivos de especialistas, reconhece-se que a adoção deste método para o levantamento dos dados de probabilidade mostra-se limitado, e portanto, merece que se busque levantar dados menos subjetivos sobre a probabilidade dos riscos, adotando mecanismos que façam o uso de dados históricos reais para o cálculo da frequência da ocorrência dos riscos.

Além disso, outra limitação identificada nesta pesquisa é o fato de ter sido considerado apenas relações unidirecionadas entre os riscos. No cenário mais realista das cadeias de suprimentos, ambiente de muita complexidade, esta consideração é uma limitação da realidade prática. Assim, apesar desta pesquisa avançar por considerar os riscos dependentes, esta dependência apresenta limitações, sendo necessário considerar em trabalhos futuros que esta dependência contemple relações multidirecionadas e dinâmicas, aprofundando o conceito de Redes Bayesianas.

Outra limitação identificada diz respeito ao fato de ter sido considerado que todos os riscos adotam uma mesma distribuição de probabilidade, a distribuição triangular. Na ausência de dados reais e na impossibilidade de verificar qual a distribuição de probabilidade que melhor se adequava ao comportamento dos dados reais, assumiu-se uma única distribuição de probabilidade para todos os riscos, a fim de que fosse possível aplicar a Simulação Monte Carlo. No entanto, fica como sugestão para trabalhos futuros mapear por meio de dados reais qual a distribuição de probabilidade mais adequada para cada tipo de risco, e a partir disso, executar a simulação a fim de calcular a probabilidade dos riscos. Considera-se que dessa forma, a probabilidade calculada será mais próxima da realidade encontrada *in loco*.

Observou-se ainda que outra limitação está na ausência das demais fases de gestão dos riscos, mitigação e monitoramento dos riscos, uma vez que a sistemática proposta apresenta ações de identificação e avaliação do risco, sem que seja direcionado às empresas participantes um plano de ação detalhado que indique quais ações devem ser empreendidas para mitigar os riscos críticos, nem qual a proposta de plano de monitoramento que deva ser seguido para que os riscos identificados e os riscos avaliados como críticos sejam adequadamente monitorados pela cadeia de suprimentos.

Por fim, outra limitação é o fato de ter sido realizado um recorte na cadeia em que se considerou apenas dois elos. Nesse sentido, os resultados alcançados consideram uma

realidade muito particular, mesmo sendo o elo cliente o mais representativo da cadeia de suprimentos estudada. Seria importante extrapolar esta pesquisa considerando os demais clientes do segmento industrial, a fim de verificar se este cenário de instabilidade e crise econômica também tem provocado riscos na empresa distribuidora de gás.

Diante destas limitações e diante dos resultados alcançados por esta pesquisa são apresentados temas gerais de trabalhos futuros que podem ser realizados a fim de que sejam feitos avanços na temática de gestão de riscos na cadeia e suprimentos, assim como sejam superadas as limitações encontradas nesta pesquisa.

1- Realizar a aplicação da mesma sistemática considerando dados quantitativos de frequência de ocorrência dos riscos a fim de vencer a limitação de utilizar dados de probabilidade meramente subjetivos;

2- Realizar a aplicação da mesma sistemática considerando outros elos à jusante, ampliando a investigação nas camadas dos clientes, de forma a ampliar a investigação no segmento industrial e verificar quais os riscos mais críticos que atingem a cadeia de suprimentos de gás no Estado da Paraíba.

3- Propor outra sistemática com este mesmo objetivo, avaliar os riscos na cadeia de suprimentos considerando a dependência entre os riscos, testando outras ferramentas que incorporem a dependência como por exemplo o DEMATEL, as árvores de falhas e de causas ou a Modelagem Interpretativa Estrutural, por exemplo, a fim de comparar a complexidade da ferramenta com os resultados alcançados;

4- Testar outras ferramentas de avaliação de riscos, como AHP, FMEA, Diagrama de causa e efeito, assim como outros métodos Multicritério de Apoio à Decisão como ELECTRE e PROMETHEE, por exemplo, de forma a comparar a hierarquização dos riscos, verificando entre outras coisas a necessidade em considerar a dependência como algo necessário a ser incorporado à avaliação do risco;

5- Incorporar a esta sistemática métodos que acrescentem a incerteza ao modelo, como Lógica *Fuzzy*, de modo a considerar a probabildiade subjetivo com algum grau de incerteza;

6- Avançar no conceito de Redes Bayesianas, considerando estruturas de rede e relacionamentos mais complexos, como por exemplo, considerar as relações entre os riscos multidirecionadas e dinâmicas;

7-Acrescentar à sistemática proposta as demais fases de gestão dos riscos, a mitigação e o monitoramento dos riscos, de forma a compor todo modelo de gestão necessário para que a cadeia de suprimentos possa gerenciar de maneira completa os riscos da cadeia;

8- Replicar esta sistemática em outros setores e segmentos a fim de obter um conjunto suficiente de resultados a partir dos quais se verifique a adequabilidade da sistemática a outros cenários e contextos.

9- Avançar nesta pesquisa incorporando indicadores quantitativos sobre o impacto dos riscos, a fim de que se obtenha a dimensão quantitativa do impacto do risco, como impacto financeiro relacionado ao risco, por exemplo.

REFERÊNCIAS

ABEGÁS- **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE GÁS CANALIZADO. 2016**. Disponível em <http://www.abegas.org.br/Site/?cat=2646> Acessado em 11 de Janeiro de 2017.

ABOLGHASEMI, M., KHODAKARAMI, V. e TEHRANIFARD, H. A New Approach for Supply Chain Risk Management: Mapping SCOR into Bayesian Network. **Journal of Industrial Engineering and Management**.Vol. 8, pp. 280-302. 2015.

ADHITYA, A., SRINIVASAN, R. e. KARIMI. A. I. Supply Chain Risk Identification Using aHAZOP-Based Approach. **AIChE Journal**, Vol 55, n 6. pp. 1447-1463. 2009.

AGUIAR, E. C., TORTATO, U. e GONÇALVES, M. A. Risks and risk management in supply chains: a synthesis of the literature. **Espacios**. Vol 33, n 8, pp. 3-22. 2012.

AGUS, A., HAJINOOR, M. S. Lean production supply chain management as driver towards enancing product quality and business performance: Case study of manufacturing companies in Malaysia **International Journal of Quality & Reliability Management.** Vol 29, n 1, pp. 92-121, 2012.

AHMED, A. *et al.*. A review of techniques for risk management in projects. **Benchmarking: An International Journal.** Vol 14, n 1, pp. 22-36. 2007.

ALOINI, D. *et al.*. Supply chain management: a review of implementation risks in the construction industry. **Business Process Management Journal**, Vol. 18, n 5, pp. 735 – 761. 2012.

AMUNDSON, J. *et al.*. Life-Cycle Risk Modeling:Alternate Methods Using Bayesian Belief Networks.**Proceedings of the 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems**. pp. 320 – 325. 2014.

ANDERSON, D. e NORMAN, A.. Managing Risk when Outsourcing Advanced Logistics. **12th International IPSERA Conference**, Abril, Budapest. 2003.

AQLAN, F. A softwareapplicationforrapidriskassessmentinintegratedsupplychains.**Expert Systems with applications**, Vol 43, pp- 109–116. 2016.

AQLAN, F. e LAM, S. A fuzzy based integrated framework for supply chain risk assessment. **International Journal Production Economics.** Vol 161, pp 54–63. 2015a.

AQLAN, F. e LAM, S. Supply chain risk modeling and mitigation. **International Journal of Production Research**, Vol 43, pp. 1-17. 2015b.

ARAÚJO, Carlos Alberto. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**. Porto Alegre, v. 12, n. 1, pp. 11-32, jan./jun. 2006.

ASBJORNSLETT, B. E. Assessing the Vulnerability of Supply Chains. In: ZSIDISIN, G. A.; RITCHIE, B. (Eds.). Supply Chain Risk: A Handbook of Assessment, Management, and performance. USA: **Springer**, capítulo 2. pp. 5-34, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 31000:2009:** Gestão de Riscos: princípios e diretrizes. Rio de Janeiro, 2009.

AUTRY, C. W. BOBBITT, M. Supply chain security orientation: conceptual development and a proposed framework**. The International Journal of Logistics Management,** Vol 19, n. 1, pp. 42 – 64. 2008.

AVEN, T. Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. **European Journal of Operational Research**, Vol 253, pp - 1–13. 2016.

BADURDEEN, F. *et al.*. Quantitative modeling and analysis of supply chain risks using Bayesian theory**. Journal of Manufacturing Technology Management**, vol 25, n 5,pp. 631 – 654. 2014

BANDALY, D. ,SATIR, A. E SHANKER, L. Impact of lead time variability in supply chain risk management. **Int.J.ProductionEconomics**, Vol 180, pp 88–100. 2016.

BANDALY, D. *et al.*. Supply chain risk management – I: Conceptualization, framework and planning process. **Risk Management**, 2012.

BANDALY, D. SATIR, A. e SHANKER, L. Integrated supply chain risk management via operational methods and financial instruments**. International Journal of Production Research**, Vol. 52, n 7, pp. 2007–2025. 2014.

BAYBUTT, P. A critique of the Hazard and Operability (HAZOP) study. **Journal of Loss Prevention in the Process Industrie**s 3, pp 52-58. 2015.

BEHRET, H.; OZTAYSI, B.; KAHRAMAN, C. A Fuzzy Inference System for Supply Chain Risk Management. **Advances in Intelligent and Soft Computing**. Vol 124. pp 429-438. 2011.

BERLE, O. *et al.*. Optimization, risk assessment and resilience in LNG transportation systems. **Supply Chain Management: An International Journal**, Vol 18, n 3, pp. 253–264. 2013.

BERTRAND, J. W. M. e FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 22, n. 2 pp. 241- 264. 2002.

BLACKHURST, J. *et al.*. An Empirically Derived Framework of Global Supply Resiliency. **Journal of Business Logistics**, vol 32, n 4: 374–391. 2011.

BLACKHURST, J. e SCHEIBE, K. P. e JOHNSON, D. J. Supplier risk assessment and monitoring for the automotive industry. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, Vol. 38, n 2 pp. 143 – 165. 2008.

BLOME, C. e SCHOENHERR, T. Supply chain risk management in financial crises—A multiple case-study approach. **Int. J.ProductionEconomics**. vol 134, n 1, pp. 43–57. 2011.

BLOS, Mauricio F. *et al.*. Supply chain risk management (SCRM): a case study on the automotive and electronic industries in Brazil. **Supply Chain Management: An International Journal** .Vol 14, n 4, 247–252. 2009.

BODE, C. e WAGNER, S. M. Structural drivers of upstream supply chain complexity and the frequency of supply chain disruptions. **Journal of Operations Management**, vol 36, n 1, pp 215–228. 2015.

BRADLEY, J. R. An improved method for managing catastrophic supply chain disruptions. **Business Horizons**, vol. 57, n 4, pp. 483–495, 2014.

CAGLIANO A.C*et al.*. An integrated approach to supply chain risk analysis. **Journal of Risk Research**, vol. 15, n. 7, pp. 817-840. 2012.

CAO, J. e SONG, W. Risk assessment of co-creating value with customers: A rough group analytic network process approach. **Expert Systems With Applications**, Vol 55, pp-145–156. 2016.

CAVINATO, J. L. Supply chain logistics risk: form the back room to the board room. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.34, n. 5, pp. 383-387, 2004.

CERYNO, P. S. *et al.*. Supply Chain Risk Management: A Content Analysis Approach. **International Journal of Industrial Engineering and Management** (IJIEM), Vol. 4 N 3, pp. 141-150. 2013.

CHATTERJEE, K; KAR, S. A hybrid MCDM approach for selection of financial institution in supply chain risk management. **IEEE International Conference on Fuzzy Systems**. pp 1-7, 2013.

CHEN, P., WU, M. A modified failure mode and effects analysis method for supplierselection problems in the supply chain risk environment: A case study. **Computers & Industrial Engineering.** Vol 66, n 1, pp. 634–642, 2013.

CHENG, S. K. e KAM, B. H.. A conceptual framework for analysing risk in supply networks. **Journal of Enterprise Information Management**, Vol. 21, n 4 pp. 345 – 360. 2008.

CHOPRA, S. e SODHI, M. S. Reducing the Risk of Supply Chain Disruptions. **MIT Sloan Management Review**. 2014. Disponível em <http://sloanreview.mit.edu/article/reducingtheriskofsupplychaindisruptions>. Acessado em 15 de Maio de 2015.

CHOPRA, S.; SODHI, M. S. Managing Risk to Avoid Supply-Chain Breakdown. **MIT Sloan Management Review,** v. 46, n. 1, p. 53-61, 2004.

CHRISTOPHER, M. e HOLWEG, M. "Supply Chain 2.0": managing supply chains in the era of turbulence. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**. Vol. 41 N. 1, pp. 63-82. 2011.

CHRISTOPHER, M. e LEE, H. Mitigating supply chain risk through improved confidence. **International Journal of Physical Distribution e Logistics Management**, Vol. 34 N° 5, 388-396. 2004.

CHRISTOPHER, M. *et al.*. Approaches to managing global sourcing risk. **Supply Chain Management: An International Journal**. Vol 16, n 2, 67–81. 2011.

CHRISTOPHER, M.; PECK, H. Building the resilient supply chain**. International Journal of Logistics Management**, v. 15, n. 2, p. 1 – 13, 2004.

CIGOLINI, R. e ROSSI, T. Managing operational risks along the oil supply chain. **Production Planning & Control tfe Management of Operations**. Vol 21,n 5. 2010.

COHEN, M. A e KUNREUTHER, H. Operations Risk Management: Overview of Paul Kleindorfer's Contribution Production and Operations Management. **Production and Operations Management Society**. Vol 16 , n 5, pp. 525–541, 2007.

COLICCHIA, C. e STROZZI, F. Supply chain risk management: a new methodology for a systematic literature review. **Supply Chain Management: An International Journal** Vol 17, n 4 , 403–418. 2012.

COUSINS, P. *et al.*, The role of risk in environment-related initiatives. **International Journal of Operations e Production Management.** Vol. 24 N. 6, p. 554-65. 2004.

COWELL, R. G. VERRALL, R. J. E YOON, Y. K. Modeling Operational Risk with Bayesian Networks. The Journal of Risk and Insurance, Vol. 74, No. 4, pp. 795-827. 2007.

CSCMP *– COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS*. Disponível em < http://cscmp.org/about-us/supply-chain-management-definitions> Acessado em 11 de novembro de 2013.

DANI, S. Predicting and Managing Supply Chain Risks. In: ZSIDISIN, G. A.; RITCHIE, B. (Eds.). Supply Chain Risk: A Handbook of Assessment, Management, and performance. USA: **Springer**, p. 53-66.2009.

DELERIS, L. A. e ERHUN, F. Risk management in supply networks using Monte Carlo simulation. **Winter Simulation Conference (WSC),** Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference, pp 1643 -1649. 2005.

DELERIS, L. A. e ERHUN, F. Risk management in supply networks using Monte Carlo simulation. **Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference. Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers**, Inc. pp. 643–1649. 2005.

DEMIRER, R., MAU, R. R. e SHENOY, C. Bayesian Networks: a decision tool to improve portfolio risk analysis. **Journal of Applied Finance**; Vol 16, n 2. pg. 106. 2006.

DIABAT , A.; GOVINDAN, K. e PANICKER, V. V. Supply chain risk management and its mitigation in a food industry. **International Journal of Production Research**. pp. 3039-3050. 2012.

ELANGOVAN, I. *et al.*. Development of futuristic supply chain risk management pilot strategies for achieving loss reduction in manufacturing organizations. **World Journal of Entrepreneurship, Management and Sustainable Development**, Vol. 6, Nos. 1/2, 2010.

ERGU, D. *et al.*. Analytic network process in risk assessment and decision analysis. **Computers & Operations Research**, vol 42, pp 58–74. 2014.

FAHIMNIA, B. *et al*.. Quantitative models for managing supply chain risks: A review. **European Journal of Operational Research**. pp 1- 15. 2015.

FAISAL, M. N, BANWET, D. K. e SHANKAR, R. Mapping supply chains on risk and customer sensitivity dimensions. **Industrial Management & Data Systems.** Vol. 106, n. 6, pp. 878-895. 2006.

FAISAL, M. N. e SHANKAR, D.K. B. R. Information risks management in supply chains: an assessment and mitigation framework. **Journal of Enterprise Information Management**, Vol. 20, n 6 pp. 677 – 699, 2007.

FAZLI, S, MAVI, R. K. e VOSOOGHIDIZAJI, M. Crude oil supply chain risk management with DEMATEL–ANP. **Operational Research Int J**. pp 1-28. 2015.

FIKSEL, J.; POLYVIOU, M; CROXTON, K. L. e PETTIT, T. J. From Risk to Resilience: Learning to Deal with Disruption. **MIT Sloan Management Review**. 2014. Disponível em <http://sloanreview.mit.edu/article/fromrisktoresiliencelearningtodealwithdisruption/> Acessado em 11 de fevereiro de 2015.

FINCH, P. Supply chain risk management. **Supply chain management: an International Journal**, v. 9, n.2, p. 183-196, 2004.

FORMAN, E, PENIWATI, K. Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. **European Journal. Operational Research**., Vol 108, n 1, pp. 165–169. 1998.

FREISE, M. e SEURING, S. Social and environmental risk management in supply chains: a survey in the clothing industry. **Logistics Research**. Vol 8, n 2, pp 1-12. 2015.

FUNO, K. A. *et al.*. Supply chain risk management: an exploratory research in Brazilian aerospace industry. **International Journal Value Chain Management**, Vol. 5, p. 265-280. 2011.

GANGULY. K. K.; GUIN,K. K. A fuzzy AHP approach for inbound supply risk assessment. **Benchmarking: An International Journal**, Vol. 20, n 1 pp. 129 – 146. 2013.

GAONKAR, R. e VISWANADHAM, N. A conceptual and analytical framework for the management of risks in supply chains", **Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Robotics and Automation**, April 26-May 1, Vol. 3, pp. 2699-704. 2004.

GAONKAR, R. S. e VISWANADHAM, N. Analytical Framework for the Management of Risk in Supply Chains. **IEEE Transactions on Automation Science and Engineering,** Vol. 4, n. 2, April 2007.

GARVEY, M. D, CARNOVALE, S. e YENIYURT, S. An analytical framework for supply network risk propagation: A Bayesian network approach. **European Journal of Operational Research**, Vol 243, pp 618–627. 2015.

GAUDENZI, B. Assessing Risks in Projects and Processes. In: ZSIDISIN, G. A.; RITCHIE, B. (Eds.). Supply Chain Risk: A Handbook of Assessment, Management, and performance. USA: **Springer**, p. 67-82. 2009.

GAUDENZI, B. e BORGHESI, A. Managing risks in the supply chain using the AHP method. **The International Journal of Logistics Management**, Vol. 17, n 1 pp. 114 – 136. 2006.

GHADGE, A. *et al.*. A systems approach for modeling supply chain risks. **Supply Chain Management: An International Journal**, 18/5. pp 523–538. 2013.

GHADGE, A., DANI, S. e KALAWSKY, R. Supply chain risk management: present and future scope. **The International Journal of Logistics Management**, Vol. 23 n.3 pp. 313 – 339. 2012.

GHADGE, A.,DANI,S. e KALAWSKY, R. Systems Thinking for Modeling Risk Propagation in Supply Networks**.5th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEE**, Singapore, pp. 1685-1689. 2011.

GIANNAKIS, M. e LOUIS, M. A multi-agent based framework for supply chain risk management. **Journal of Purchasing & Supply Management**, Vol 17, 23–31. 2011.

GILARDI, C. e GOTTI, M. Semi-Quantitative HAZOP Methodology Applied to Upstream Oil & Gas Activities. **CET- Chemical Engineering Transactions,** Vol. 31, 2013.

GIUNIPERO, L. C. e ELTANTAWY, R. A. Securing the upstream supply chain: a risk management Approach. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, Vol. 34, n 9 pp. 698 -713. 2004.

GOH, M., LIM, J. Y. S. e MENG, F. A stochastic model for risk management in global supply chain networks. **European Journal of Operational Research,** Vol 182, p.164–173. 2007.

GOVINDAN, K. e CHAUDHURI, A. Interrelationships of risks faced by third party logistics service providers: A DEMATEL based approach. **Transportation Research Part e Logistics and Transportation Review,** Vol 90, pp- 177–195. 2016.

GUERTLER, B. e SPINLER, S. When does operational risk cause supply chain enterprises to tip? A simulation of intra-organizational dynamics. **Omega.** In Press. 2015.

GUO, L. E KANG, J. An extended HAZOP analysis approach with dynamic fault tree. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, Vol 38, n 1 , pp 224-232. 2015.

HABERMANN, M., BLACKHURST, J. e METCALF, A. Y. Keep Your Friends Close? Supply Chain Design and Disruption Risk. **Decision Sciences.** Vol 46, n 3, pp 491-526. 2015.

HALLIKAS, J.; *et al.* Risk management processes in supplier networks**. International Journal of Production Economics,** Vol 90, p. 47 – 58. 2004.

HAN, M. e CHEN, J. Managing operational risk in supply chain**. IEEE International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing**, 4914-4917. 2007.

HARLAND, C., BRENCHLEYB, R. WALKER, H. Risk in supply networks. **Journal of Purchasing & Supply Management**, Vol 9, pp-51–62. 2003.

HAUSER, L.M. Risk adjusted supply chain management. **Supply Chain Management Review,** Vol. 7 n 6, p. 64-71. 2003.

HECKMANN, I; COMES, T e NICKEL, S. A critical review on supply chain risk – Definition, measure and modeling. **Omega.** Vol 52. pp 119–132. 2015.

HENDRICKS, K.B. e SINGHAL, V.R. An empirical analysis of the effects of supply chain disruption on long-run stock price performance and equity risk of the firm. **Production and Operations Management**, Vol. 14, n 1, pp. 35-52. 2005.

HO, W. *et al.*. Supply chain risk management: a literature review. **International Journal of Production Research**, Vol 53, n 16, pp 5031-5069. 2015.

JEREB, B., IVANUSA, T. e ROSI, B. Systemic Thinking and Requisite Holism in Mastering Logistics Risks: the Model for Identifying Risks in Organizations and Supply Chain. **Amfiteatru Economic**, Vol. 15, n 33, pp. 56-73.2013.

JIA, F. e RUTHERFORD, C. Mitigation of supply chain relational risk caused by cultural differences between China and the West. The **International Journal of Logistics Management.** Vol. 21, n 2, pp. 251-270. 2010.

JIN, S.; ZHUANG, J. e LIU, Z. Monte Carlo simulation-based supply chain disruption management for war games. **Proceedings of the Winter Simulation Conference, Baltimore, Maryland**, pp 2682-2693. 2010.

JONES, D. T.; WOMACK, J. P. **Enxergando o todo**: mapeando o fluxo de valor estendido. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004

JUTTNER, U. e MAKLAN, S. Supply chain resilience in the global financial crisis: an empirical study. **Supply Chain Management: An International Journal**, Vol 16, n 4, pp 246–259. 2011.

JÜTTNER, U. Supply chain risk management: understanding the business requirements from a practitioner perspective. **The International Journal of Logistics Management**, Vol. 16, n. 1, p. 120-141, 2005.

JÜTTNER, U.; PECK, H.; CHRISTOPHER, M. Supply chain risk management: outlining an agenda for future research. **International Journal of Logistics: Research & Applications**, v. 6, n. 4, p. 197-210, 2003.

JÜTTNER, U.; ZIEGENBEIN, A. Supply Chain Risk Management for Small. In: ZSIDISIN, G. A.; RITCHIE, B. (Eds.). Supply Chain Risk: A Handbook of Assessment, Management, and performance. USA: **Springer**, p. 199-217. 2009.

KAO, H., HUANG, C. e LI, H. Supply chain diagnostics with dynamic Bayesian networks. **Computers & Industrial Engineering** , Vol 49, pp 339–347. 2005.

KAYIS, B. e KARNINGSIH, P. D. A knowledge-based system tool for assisting manufacturing organizations in identifying supply chain risks. **Journal of Manufacturing Technology Management**. Vol. 23, n7,pp. 834-852. 2012.

KERN, D. *et al.*. Supply risk management: model development and empirical analysis. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**. Vol. 42, n. 1, pp. 60-82. 2012.

KHAN, O. CHRISTOPHER, M. e BURNES, B. The impact of product design on supply chain risk: a case study. **International Journal of Physical Distribution e Logistics Management.** Vol. 38, n 5, p. 412-432.2008.

KHAN, O. CHRISTOPHER, M. e CREAZZA. A. Aligning product design with the supply chain: a case study. Supply Chain Management: An Int Journal vol 17, n 3. 323–336, 2012.

KHAN, O. e BURNES, B. Risk and supply chain management: creating a research agenda. **The International Journal of Logistics Management** ,Vol. 18, n 2, 2007.

KUMAR, S. e HAVEY, T. Before and after disaster strikes: A relief supply chain decision support framework. **International Journal of Production** Economics. Vol 145, n2, pp. 613–629. 2013.

KUMAR, S. HIMES, J.K. e KRITZER, P. C. Risk assessment and operational approaches to managing risk in global supply chains. **Journal of Manufacturing Technology Management**,Vol. 25, n 6 pp.873 – 890. 2014.

KUMAR, S., BOICE, B. C, e SHEPHERD, M. J. Risk Assessment and Operational Approaches to Manage Risk in Global Supply Chains. **Transportation Journal**, Vol 52, n 3, Summer 2013, pp. 391-411. 2013.

LACERDA, R. T. D. O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Gestão e Produção**, Vol. 19, n. 1, pp. 59-78, 2012.

LAVASTRE, O. *et al.*. Supply chain risk management in French companies . **Decision Support Systems**, 52, 828–838. 2012.

LAVASTRE, O.; GUNASEKARAN, A. e SPALANZANI, A. Effect of firm characteristics, supplier relationships and techniques used on Supply Chain Risk Management (SCRM): an empirical investigation on French industrial firms. **International Journal of Production Research**, Vol 52, n 11, 3381-3403. 2014.

LEE, C. W. e ULFERTS, G. W. Managing Supply Chain Risks and Risk Mitigation Strategies. **North Korean Review**. Fall. Vol 1, n 1, pp. 34-44. 2011.

LI, S. e YU, J. Identification and evaluation of supply chain fault risk. **Application Research of Computers**. Vol 12, n 1. 2010.

LIN, Y, e ZHOU, L. The impacts of product design changes on supply chain risk: a case study. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**. Vol. 41 N. 2, pp. 162-186. 2011.

LINDHE, A. *et al.*. Fault tree analysis for integrated and probabilistic risk analysis of drinking water systems. **Water Research** , vol.43, pp-1641 – 1653. 2009.

LIU, L. *et al.*. Supply chain risk management in Chinese process industries. **IEEE Int. Conference on Wireless Communication, Networking and Mobile Computing Proceedings**, pp. 4923-4925. 2007.

LIU, L. *et al.*. The plight of the biomass power generation industry in China – A supply chain risk perspective. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol 49, pp 680–692. 2015.

LIU, S.; LIN, S. e HAYES, K. A. An agile and diversified supply chain: reducing operational risks", **Competitiveness Review**: An International Business Journal, Vol. 20 , n 3 pp. 222 – 234. 2010.

LOCKAMY, III A. Assessing disaster risks in supply chains. **Industrial Management & Data Systems**, Vol. 114, n 5 pp. 755 – 777. 2014.

LOCKAMY, III A. Benchmarking supplier risks using Bayesian networks, **Benchmarking: an International Journal**, Vol. 18, n. 3 pp. 409 – 427. 2011.

LOCKAMY, III A. e MCCORMACK, K. Modeling supplier risks using Bayesian networks. **Industrial Management & Data Systems**. Vol. 112, n 2, pp. 313-333. 2012.

LOCKAMY, III A. e MCCORMACK, K.. Analyzing risks in supply networks to facilitate outsourcing decisions, **International Journal of Production Research**, Vol 48, n 2, 593-611. 2010.

MACHADO, N. R. e FERREIRA, A. O. Método de Simulação Monte Carlo Em Planilha Excel. **Revista de Ciências Gerenciais**, Vol. 16, n 23, 2012.

MANUJ, I.; MENTZER, J. T. Global supply chain risk management strategies. **International Journal of Physical Distribution e Logistics Management,** Vol 38, n. 3, p. 192-223, 2008a.

MANUJ, I.; MENTZER, J. T. Global Supply Chain Risk Management. **Journal of Business Logistics**, Vol. 29, n 1, 2008b.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996.

MATOOK,S. LASCH, R. e TAMASCHKE,R. Supplier development with benchmarking as part of a comprehensive supplier risk management framework. **International Journal of Operations & Production Management.** Vol. 29, n 3, pp. 241-267. 2009.

MCCORMACK, K., ed. Measuring and Managing Risk. **Supply Chain Risk Management: Minimizing Disruptions in Global Sourcing**, ed. R. B. Handfield and K. McCormack. Auerbach Publications: New York. pp 65-91. 2007.

MCCORMACK, K.; BRONZO, M.; OLIVEIRA, M. P. V. de. Uma Abordagem probabilística para a avaliação de riscos em cadeias de suprimento. **Revista Produção Online**, Vol 10, n. 3, set., 2010.

MICHELI, G. J. L.; CAGNO, E. e ZORZINI, M. Supply risk management vs supplier selection to manage the supply risk in the EPC supply chain. **Management Research News**, Vol. 31, n. 11 pp. 846 – 866. 2008.

MITKOWSKI, P. T. e ZENKA-PODLASZEWSKAB. D. HAZOP Method in Identification of Risks in a CPFR Supply Chain. **CET- Chemical Engineering Transactions**. Vol 39. 2014.

MOGRE, R.; TALLURI, T. e D'AMICO, F. A Decision Framework to Mitigate Supply Chain Risks: an Application in the Offshore-Wind Industry. **IEEE Transactions on Engineering Management**. Vol 63, n 3, pp - 316-325. 2016.

MORABITO, R.; PUREZA, V. Modelagem e simulação. In: Paulo A. C. Miguel. (Org.). **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações.** 1ed.Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, v. 1, p. 165-194. 2010.

MUCHFIRODIN, M., GURITNO, A. D. e YULIANDO, H. Supply Chain Risk Management on Tobacco Commodity in Temanggung, Central Java (Case study at Farmers and Middlemen Level). **Agriculture and Agricultural Science Procedia** 3, pp 235 – 240. 2015.

NAGALI *et al.* Procurement Risk Management (PRM) at Hewlett-Packard. Company. **Interfaces.** Vol 38. pp. 51–60,2008.

NARASIMHAN. R. e TALLURI, S. Perspectives on risk management in supply chains. Editorial / **Journal of Operations Management**, Vol 27, pp. 114–118. 2009.

NASCIMENTO, L. P. A. *et al.*. Revisão de Literatura sobre a Aplicação do Método ANP ao Problema de Seleção de Fornecedores. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL – SBPO, 40, 2008, João Pessoa. **Anais**... João Pessoa, 2008.

NEPAL, B. e YADAV, O. P. Bayesian belief network based framework for sourcing risk analysis during supplier selection. **International Journal of Production Research**, 2015.

NORRMAN, A.; JANSSON, U. Ericsson‟s proactive supply chain risk management approach after a serious sub-supplier accident**. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, Vol. 34, n. 5, p. 434 – 456, 2004.

OEHMEN *et al.* System-oriented supply chain risk management. **Production Planning & Control: The Management of Operations**. Vol 20, n 4, p 343-361. 2009.

OJHA, D. e GOKHALE, R. A. Logistical business continuity planning-scale development and validation. **The International Journal of Logistics Management**. Vol. 20 n. 3, pp. 342-359. 2009.

OLSON, D. L. e WU, D. Risk management models for supply chain :a scenario analysis of outsourcing to China. **Supply Chain Management: An International Journal** . Vol 16, n 6, 401–408. 2011.

OLSON, D. L. e Wu, D. D. A review of enterprise risk management in supply chain. **Kybernetes.** Vol. 39, n 5, pp. 694-706. 2010.

OM Annual Report2015. **The 2015 FM Global Resilience Index Annual Report**. – Oxford Metrics, 2015.

OUABOUCH, L. e AMRI, M. Analyzing Supply Chain Risk Factors: A Probability-Impact Matrix Applied to Pharmaceutical Industry. **Journal of Logistics Management**, vol 2, n 2, pp. 35-40. 2013.

PAI, R. R. *et al.*. Methods toward Supply Chain Risk Analysis. **Proc. IEEE Int. Conf. Syst. Man Cybern**, vol. 5, pp. 4560–4565. 2003.

PAULISTA *et al*..Análise bibliométrica da gestão da qualidade: busca por títulos. **Revista Eletrônica Produção & Engenharia**, Vol 3, n. 1, p. 263-271. 2010.

PEIYING,, Y. JIAFA, T. e CHONGJUN, Y. A Case study of Global Supply Chain Risk Management. **IEEE Conference**, pp 1996 – 2000, 2012.

PETTIT, T. J.,FIKSEL, J. e CROXTON, K. L. Ensuring Supply Chain Resilience: Development of a Conceptual Framework. **Journal of Business Logistics**, Vol. 31, No. 1, 2010.

PFOHL, H. C.; GALLUS, P. e THOMAS, D. Interpretive structural modeling of supply chain risks. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management.** Vol. 41 No. 9, pp. 839-859. 2011.

PFOHL, H. C.; KÖHLER, H.; THOMAS, D. State of art in supply chain risk management research: empirical and conceptual findings and a roadmap for the implementation in practice. **Logistics research,** v. 2, p. 33-44, 2010.

PONOMAROV, S. Y. e HOLCOMB, M. C. Understanding the concept of supply chain resilience. **The International Journal of Logistics Management**, Vol. 20, n 1 pp. 124 – 143. 2009.

PRADHAN, K. e SRIKANTA, S. R. Analyzing the supply chain risk issues for an Indian manufacturing company. **Journal of Advances in Management Research**, Vol. 11, n 2. pp. 144 –162. 2014.

PRAKASH, S.*et al*.. Information Risks Modeling in e-business Supply Chain using AHP. **Proceedings of 2014 RAECS UIET Panjab University Chandigarh, 06 – 08, March**, 2014.

PUJAWAN, I. N. e GERALDIN, L. H. House of risk: a model for proactive supply chain risk management. **Business Process Management Journal** Vol. 15, n 6, pp. 953-967. 2009.

PUNNIYAMOORTHY, M.; THAMARAISELVAN, N.; MANIKANDAN,L. Assessment of supply chain risk: scale development and validation. **Benchmarking: An International Journal**, Vol. 20, n 1 pp. 79 – 105. 2013.

PURDY, G. ISO 31000:2009-Setting a New Standard for Risk Management. **Risk Analysis**. Vol. 30, n 6, 2010.

QAZI, A., QUIGLEY, J. e DICKSON, A. Supply Chain Risk Management: Systematic literature review and a conceptual framework for capturing interdependencies between risks. **Proceedings of the 2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**, Dubai, United Arab Emirates. 2015.

RADIVOJEVIĆ, G. e GAJOVIĆ, V. Supply chain risk modeling by AHP and Fuzzy AHP methods. **Journal of Risk Research**. Vol 17, n 3, pp. 337-352. 2013.

RAJESH, R. e RAVI, V. Modeling enablers of supply chain risk mitigation in electronic supply chains: A Grey–DEMATEL approach. **Computers & Industrial Engineering**, vol 87, pp 126–139. 2015.

RANGEL, D. A., OLIVEIRA, T. K. & LEITE, M. S. A. Supply chain risk classification: discussion and proposal. **International Journal of Production Research**. v 53, n 22, 2015.

RAO, K. D. *et al.*. Dynamic fault tree analysis using Monte Carlo simulation in probabilistic safety assessment. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 94, n. 4, p. 872-883, 2009.

RAO, S. e GOLDSBY, T. J. Supply chain risks: a review and typology. **The International Journal of Logistics Management.** Vol. 20, n 1, p. 97-123. 2009.

RITCHIE, B.; BRINDLEY, C. An Emergent Framework for Supply Chain Risk Management and Performance Measurement. **The Journal of the Operational Research Society**, Vol. 58, n 11, p. 1398-1411. 2007b.

RITCHIE, B.; BRINDLEY, C. Supply chain risk management and *performance*: A guiding framework for future development. **International Journal of Operations & Production Management,** Vol. 27, n. 3, p. 303-322, 2007a.

ROSSI, T. e CIGOLINI, R. Managing operational risks along the oil supply chain. **Production Planning & Control the Management of Operations**. Vol 21 n 5. Pp. 452-467. 2010.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal Services Sciences**, Vol. 1, n 1, 2008.

SAMVEDI , A.; JAIN, V. e CHAN, F. T. S. Quantifying risks in a supply chain through integration of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS. **International Journal of Production Research,** Vol 51, n 8, pp 2433-2442. 2013.

SCHMITT, A. J. e SINGH, M. Quantifying supply chain disruption risk using Monte Carlo and discrete event simulation. **Winter Simulation Conference (WSC),** Proceedings of the 2009. pp 1237-1248. 2009.

SCHOENHERR, T; TUMMALA, V.M.R. e HARRISON, T. P. Assessing supply chain risks with the analytic hierarchy process: Providing decision support for the off shoring decision by a US manufacturing company. **Journal of Purchasing & Supply Management**, vol 14, pp. 100–111. 2008.

SCHRODER, R.W. **Conceptualizing and managing risk networks. New insights for risk management.** In: S. Matorell; C. G. Soares and J. Barnett (Eds.), Safety, Reliability and Risk Analysis. Theory, Methods and Applications, volume 2, Taylor & Francis Group: London. , pp. 1097-1102. 2009.

SHERWIN, M. D.; MEDAL, H.; LAPP, S. A. Proactive cost-effective identification and mitigation of supply delay risks in a low volume high value supply chain using fault-tree analysis. **International Journal of Production Economics**, v. 175, p. 153–163, 2009

SHERWIN, M. D.; MEDAL. H. e. Lapp, S. A. Proactive cost-effective identification and mitigation of supply delay risks in a low volume high value supply chain using fault-tree analysis. **International Journal of Production Economics**. Vol 175, pp. 153–163. 2016.

SHIMIZU, T. *et al.*. Project managers for risk management: case for Japan", Benchmarking: An International Journal, Vol. 19 N 4/5 pp. 532 – 547. 2012.

SILVA, LIANE MÁRCIA FREITAS.; LEITE, M. S. A.; MARINS, F. A. S. Discussão teórica dos modelos de gestão de risco em cadeias de suprimento. In: **XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Producão- ENEGEP, 2015**, Fortaleza- Brasil. 2015.

SILVA, LIANE MÁRCIA FREITAS; LEITE, M. S. A. ; MARINS, F. A. S. Supply chain risk management: a literature review between 2000-2015. In: **XXII International Conference on Industrial Engineering and Operations Management- ICIEOM 2016**, San Sebastian-Espanha, p. 145-145. 2016a.

SILVA, LIANE MÁRCIA FREITAS; LEITE, M. S. A. ; MARINS, F. A. S. Theorical discussion on of the dependence of the risks in the supply chain and Types and trust: comparative framework. In: **ICPR 2016 International Conference on Production, 2016, Valparaiso.** Valparaiso- Chile, 2016b.

SILVA, LIANE MÁRCIA FREITAS; OLIVEIRA, A. C. R.; LEITE, M. S. A.; MARINS, F. A. S. Avaliação do risco na cadeia de suprimento: um estudo exploratório no setor alimentício. **Revista Produção Online**, Vol 17, n 1, pp 351-374. 2017.

SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. **Cadeia de suprimentos**: Projeto e gestão. 3ª edição, São Paulo: Bookman, 2010.

SINGHAL, P., AGARWAL, G. e MITTAL, M. L. Supply chain risk management: review, classification and future research directions. **Int. Journal of Business Science and Applied Management**, Volume 6, Issue 3, 2011.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3ª edição, São Paulo: Atlas, 2009.

SODHI, M. S. e TANG, C. Modeling supply-chain planning under demand uncertainty using stochastic programming: A survey motivated by asset–liability management. **International Journal Production Economics**. Vol 121, p. 728–738, 2009.

SODHI, M. S.; SON, B. e TANG, C. S. Researchers' Perspectives on Supply Chain Risk Management **Production and Operations Management**. Vol 21. n 1, pp. 1–13,2012.

SOEBANDRIJA, K. E. U. e HENDRYVAN. Enterprise Risk Management and Case Study: Supply Chain Management of PT. Kakada Pratama**. International Journal of Applied Engineering** Research. Vol 10, n 2, pp 2845-2854. 2015.

SOFYALIOGLU, C. e KARTAL, B. The selection of global supply chain risk management strategies by using fuzzy analytical hierarchy process a case from Turkey. 8th International Strategic Management Conference. **Procedia Social and Behavioral Sciences,** Vol58, pp. 1448 – 1457.2012.

SUN, J., MATSUI, M. e YIN, Y. Supplier risk management: An economic model of P-hart considered due-date and quality risks. **International Journal Production Economics,** 139, pp 58–64. 2012.

SWANN, C. D. e PRESTON, M. L. Twenty Five years of HAZOPs. **J. Loss /'rev. Process Ind**. Vol. 8. N 6. pp. 349-353, 1995.

TAKATA, S. e YAMANAKA, M. BOM based supply chain risk management. **CIRP Annals - Manufacturing Technology** Vol 62, pp. 479–482. 2013.

TANG C.X.W.; LAU, H.C.W. e HO, G.T.S. A conceptual fuzzy-genetic algorithm framework for assessing the potential risks in supply chain management. **International Journal of Risk Assessment and Management**. Vol 10, n 3, pp. 263-271. 2008.

TANG , C. e TOMLIN, B. The power of flexibility for mitigating supply chain risks**. International Journal Production Economics**, Vol 116, pp. 12–27. 2008.

TANG, C. S. Perspective in supply chain risk management. **International Journal of production economics**, Vol 103, p. 451-488, 2006.

TANG, O. e MUSA, S. N. Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management. **International Journal Production Economics**, Vol 133, pp 25–34. 2011.

THORPE, R., HOLT, R., MACPHERSON, A., e PITTAWAY, L. Using knowledge within small and medium-sized firms: A systematic review of the evidence. **International Journal of Management Reviews**, Vol 7, n 4, pp 257–281. 2005.

THUN, J. O. e HOENIG, D. An empirical analysis of supply chain risk management in the German automotive industry. **International Journal Production Economics.** vol 131. pp 242–249. 2011.

THUN, J; DRÜKE, M e HOENIG, D. Managing uncertainty – an empirical analysis of supply chain risk management in small and medium sized enterprises. **International Journal of Production Research**, Vol 49, n 18, pp. 5511-5525. 2011.

TOMAS, R. N. e ALCANTARA, R. L. C. Modelos para gestão de riscos em cadeias de suprimentos: revisão, análise e diretrizes para futuras pesquisas. **Gestão e Produção**, São Carlos, Vol 20, n. 3, pp. 695-712, 2013.

TRANFIELD, D., DENYER, D., e SMART, P. Towards a methodology for developing **Journal**. Vol 19, n 1, 46–63. 2014.

TRKMAN, P.; MCCORMACK, K. Supply chain risk in turbulent environments—A conceptual model for managing supply chain network risk. **Int. J. Production Economics,** Vol 119, pp. 247–258. 2009.

TUMMALA, R. e SCHOENHERR, T. Assessing and managing risks using the Supply Chain Risk Management Process (SCRMP). **Supply Chain Management**: An International Journal. Vol 16, n 6, pp 474–483. 2011.

TUNCEL, G. e ALPAN, G. Risk assessment and management for supply chain networks: a case study. **Computers in Industry**, Vol 61, n 1,pp 250–259.2010.

VANANY, I. e ZAILANI, S.. Urgency in managing the risks in Supply Chain Amongst **Indonesian Manufacturing Companies. International Business Management**. Vol 4, n 4: pp 199-208. 2010.

VANANY, I., ZAILANI, S. e PUJAWAN, N. Supply Chain Risk Management: Literature Review and Future Research. **International Journal of Information Systems and Supply Chain Management,** Vol 2, n1. 2009.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**.9ª Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

VILKO, J. P. P, HALLIKAS, J. M. Risk assessment in multi modal supply chains. **International Journal Production Economics**, vol 140, n 1, pp. 586–595. 2012.

VINODH, S., ARVIND, K.R., SOMANAATHAN, M. Application of value stream mapping in an Indian camshaft manufacturing organization, **Journal of Manufacturing Technology Management**, Vol. 21, n 7 pp. 888 – 900. 2010.

WANG, D.; YANG, Z.. Risk Management of global supply chain. **International Conference on automation and logistics**, Jinan, China, august 18-21, 2007.

WATERS, D. **Supply Chain Risk Management**: Vulnerability and Resilience in Logistics. Philadelphia: Kogan Page, 2007.

WEE, H. M.; WU, S. Lean supply chain and its effect on product cost and quality: a case study on Ford Motor Company. **Supply Chain Management: an International Journal**, Vol. 14, n. 5, p. 335-341, 2009.

WEN, L.e XI, Z. Supply Chain Risk Evaluation Based on Fuzzy Multi-Criteria Lattice-Order Decision-Making. **Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics**. Jinan, China, August, pp. 18 - 21, 2007.

WICHER, P. LENORT, R.; KRAUSOVA, E. Possible Applications of Resilience Concept in Metallurgical Supply Chains. **METAL** 2012: 21th International Conference on Metallurgy and Materials. Ostrava: TANGER, 2012.

WIELAND, A. e WALLENBURG, C. M. The influence of relational competencies on supply chain resilience: a relational view. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management,** Vol. 43, n 4 pp. 300 – 320. 2013.

WIELAND, A. e WALLENBURG, C. M. Dealing with supply chain risks linking risk management practices and strategies to performance. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management.** Vol. 42, n10, pp. 887-905. 2012.

WIELAND, A. Selecting the right supply chain based on risks. **Journal of Manufacturing Technology Management**, Vol. 24 , n 5 pp. 652 – 668. 2013.

WIENGARTEN, F. *et al.*. Risk, risk management practices, and the success of supply chain integration. **International Journal Production Economics**. In Press. 2015.

WILLIAMS, Z.;. LUEG, J. E. e LEMAY, S. A. Supply chain security: an overview and research agenda", **The International Journal of Logistics Management**, Vol. 19, n. 2 pp. 254 – 281. 2008.

WU, T.; BLACKHURST, J.; CHIDAMBARAM, V**. A model for inbound supply risk analysis. Computers in Industry,** Vol 57, n 1 pp. 350-365, 2006.

WU. D. e OLSON, D. L. Supply chain risk, simulation, and vendor selection. **International Journal Production Economics.** Vol114, n 1, pp. 646– 655. 2008.

XIA, D.; CHEN, B.A comprehensive decision-making model for risk management of supply chain. **Expert systems with applications**, Vol 38, pp 4957-4966, 2011.

XU, J. Managing the Risk of Supply Chain Disruption: Towards a Resilient Approach of Supply Chain Management. **ISECS**. International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management. 2008.

YANG, B. e YANG, Y. Postponement in supply chain risk management: a complexity perspective. **International Journal of Production Research**. Vol. 48, n 7, pp 1901–1912. 2010.

YANG,P.; TANG, J. e YAN,C. A case study of global supply chain risk management, **The Proceedings of the 24th Chinese Control and Decision Conference** (CCDC), pp. 1996-2000, 2012.

YU, Y., XIONG, W. e CAO, Y. A Conceptual Model of Supply Chain Risk Mitigation: The Role of Supply Chain Integration and Organizational Risk Propensity. **Journal of Coastal Research.** Research Special, n. 73, 2015.

ZENG, F.G. e ROGERS, J. Assessing Supply Chain Risk and Energy Efficiency Simultaneously via Network DEA. **Proceedings of PICMET '11: Technology Management in the Energy Smart World (PICMET).** pp. 1-7. 2011.

ZHANG, S.; CHAI, Y. The Decision Model of Assessing the Supply Chain Risk based on Intuitionistic Fuzzy Relations**. Seventh International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery**, Yantai, China. 10-12 de agosto, 2010.

ZHIQING, M. *et al.*. A Method of Fuzzy-Measures for Assessing the Supply Chain Risk. **The Sixth Wuhan International Conference on E-Business**, vol 5, n 1, pp. 2817-2821. 2007.

ZHU, B *et al.*. Generalized analytic network process. **European Journal of Operational Research.** Vol 244, pp. 277–288. 2015.

ZSIDISIN, G. A. Managerial Perceptions of Supply Risk**. The Journal of Supply Chain Management**, Winter. 2003.

ZSIDISIN, G. *et al.*. An institutional theory perspective of business continuity planning for purchasing and supply management. **International Journal of Production Research**. Vol. 43, n 16, pp. 3401–3420. 2005.

ZSIDISIN, G., PANELLI, A. e UPTON, R., Purchasing organization involvement in risk assessments, contingency plans, and risk management: an exploratory study. **Supply Chain Management: An International Journal**, Vol. 5 n 4, pp. 187-98. 2000.

APÊNDICE A – FORMULÁRIO PARA APLICAÇÃO DA PESQUISA COM ESPECIALISTAS

APRESENTAÇÃO	
A presente pesquisa de doutorado intitula-se "**Sistemática para gerenciar os riscos considerando a dependência na cadeia de suprimentos**", faz parte do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM) da Universidade Estadual Paulista, (UNESP), Campus de Guaratinguetá na linha de pesquisa Gestão e Otimização.	unesp

OBJETIVO DA PESQUISA
O objetivo da pesquisa é propor uma sistemática para gerenciar os riscos dependentes em uma cadeia de suprimentos de gás canalizado. De acordo com a revisão da literatura foi observado que os modelos de gestão de riscos das cadeias de suprimentos tratam os riscos como eventos independentes, apesar de reconhecer que as cadeias de suprimentos têm como uma de suas características as relações de interdependência entre os elos, da mesma forma que os riscos são reconhecidamente dependentes. Além disso, não se identificou pesquisas nessa temática no setor de energia e gás.

INFORMAÇÕES SOBRE O MODELO TEÓRICO PROPOSTO
O modelo teórico proposto para gerenciar os riscos considerando a dependência da cadeia de suprimentos do gás canalizado é composto por duas fases: a identificação e a avaliação do risco. Para identificação do risco será utilizado um questionário que se baseia nas classificações de risco encontradas na literatura. Posteriormente, na fase de avaliação do risco, será utilizado um questionário para priorização dos riscos, que permitirá a aplicação do*Analytic Network Process* (ANP), assim como será possível calcular a probabilidade dos riscos por meio de Simulação Monte Carlo e das Redes Bayesianas.

PARTICIPAÇÃO DOS ESPECIALISTAS NO DESENVOLVIMENTO DO MODELO
Para testar o modelo teórico se faz necessário a sua aplicabilidade em uma cadeia de suprimentos real. Para tal, a participação dos especialistas é de extrema importância. Os especialistas participarão por meio de entrevistas para identificar a ocorrência dos riscos, apontando as causas dos riscos, estimando uma crença de probabildiade dos riscos e apontando o grau de severidade dos distintos riscos. Os especialistas ainda participarão para promover a coleta de dados para a fase de avaliação do risco apontando o caminho do risco, a fim de que seja possível identificar o mapa de rede dos riscos avaliados.

INSTRUÇÕES DE PREENCHIMENTO DO QUESTIONÁRIO
Serão aplicados dois tipos de questionários, um voltado para a identificação dos riscos e outro para a avaliação do risco. No primeiro tipo de questionário, para cada questão o especialista deverá responder ao entrevistador sobre os fatores ambientais que correspondem às classes de riscos. A resposta pode ser SIM, NÃO e NÃO SEI. O entrevistador deve assinalar apenas uma dessas três opções co um "X". Além disso, há um espaço para que o especialista possa apontar quais causas do risco. Na sequência, se for marcada ao menos uma resposta SIM para a existência do risco, o especialista deve indicar se a frequência de ocorrência do risco em questão, apontando se esta é frequência é BAIXA, MÉDIA ou ALTA. Além disso, deve apontar quantitativamente uma crença de probabilidade relacionada ao risco. Por fim, o especialista da empresa deve responder qual o impacto do risco entre as cinco opções: SEVERO, ALTO, MÉDIO, PEQUENO ou NENHUM. Se para todos os fatores de riscos relacionados aos riscos a resposta for NÃO ou NÃO SEI, não são feitas perguntas sobre o impacto e a probabilidade do risco. Neste caso segue-se para as perguntas relacionadas ao próximo risco. Para a avaliação do risco, especificamente para priorização dos riscos será feita duas aplicação, uma para registrar segundo opinião do especialista de acordo com escala Saaty que varia de 0 para baixo grau de

importância a 9 que representa alto grau de importância entre os riscos. Após essa primeira aplicação, deve-se preencher outro questionário com a mesma Tabela a fim de observar o grau de dependência entre pares de riscos, considerando todos os riscos anteriormente identificados.

Em seguida estão apresentadas as questões a serem respondidas conforme estrutura do questionário proposto.

FORMULÁRIO PARA APLICAÇÃO DA PESQUISA EMPÍRICA

- **INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE A EMPRESA**

Localização (sede e filiais):
Na de fundação:
Número de funcionários:
Linhas de produtos:

- **INFORMAÇÕES SOBRE O ENTREVISTADO**

Nome:
Área na qual atua:
Cargo:
Tempo em que atua na empresa:

- **INFORMAÇÕES SOBRE A ENTREVISTA**

Data:
Início:
Término:

QUADRO 1- QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS

QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS _ESPECIALISTAS DA GERÊNCIA GERAL

EMPRESA:	FUNÇÃO:	DATA:

TIPOS DE RISCOS	FATORES DE RISCOS	Existe?			Causas do risco
		SIM	NÃO	NÃO SEI	
AMBIENTAL	1. Tempestades já afetaram a capacidade da empresa de atender seus clientes?				
	2. Deslizamentos ou soterramentos já afetaram a capacidade da empresa atender seus clientes?				
	3. Incêndios já afetarama capacidade da empresa de atender seus clientes?				
SEGURANÇA	1. A ocorrência de roubos já afetou negativamente a empresa?				
	2. A ocorrência de vandalismo já afetou negativamente a empresa?				
	3. Ameaças terroristas já afetaram o funcionamento da empresa?				
	4. Ocorrências de sabotagem (por concorrentes/funcionários) já afetaram negativamente a empresa?				
	5. A ocorrência de crimes envolvendo pessoas da empresa ou nas dependências da empresa já afetou negativamente a empresa?				
	6. A ocorrência de acidentes de trabalho envolvendo pessoas da empresa ou nas dependências da empresa já afetou negativamente a empresa?				
	6. Invasão de hackers nos sistemas de informação já afetou o funcionamento da empresa?				
POLÍTICO/ SOCIAL	1. Mudanças no cenário político nacional já afetaram a empresa?				
	2. Mudanças no cenário político estadual já afetaram a empresa?				
	3. Ações políticas como restrições de quotas ou sanções já afetaram negativamente à empresa?				
	4. Movimentos sociais como greves já afetaram a empresa?				
	5. Manifestações sociais como protestos ou manifestações política já afetaram a empresa?				
	6. Movimentos sociais como ações sindicais já afetaram a empresa?				
PROPRIEDADE INTELECTUAL	1. A empresa já enfrentou problemas por não conseguir inovar seus produtos?				
	2. A empresa já enfrentou problemas por não proteger as inovações desenvolvidas?				
	3. A empresa já enfrentou problemas por ter limitações financeiras destinados à pesquisa e desenvolvimento do produto?				
	4. A empresa já enfrentou problemas por ter segredos industriais revelados por concorrentes/terceiros/funcionários?				

PREÇO	1. Variações no preço das matérias primas utilizadas pela organização já afetaram sua competitividade?				
	2. Variações no preço do produto final ao cliente já afetaram a sua competitividade de negócio?				
	3. A prática de preços variados por segmentos de clientes afeta a competitividade da empresa?				
	4. A escassez da matéria-prima já ocasionou maior poder de barganha dos fornecedores em relação à empresa?				
REPUTAÇÃO	1. A empresa já enfrentou problemas de reputação se sua imagem junta a opinião pública?				
	2. Possíveis envolvimentos da empresa com problemas no descumprimento das legislações já afetaram a reputação da empresa?				
	3. Os clientes já deixaram de fazer negócio com a empresa por causa da falta de confiança em seu produto/serviço?				
	4. A má reputação de parceiros (fornecedores/clientes) já afetou a competitividade da empresa?				
	5. A empresa já enfrentou problemas que envolveram seu nome relacionado à improbidade administrativa?				
COMPORTAMENTAL	1. A empresa já enfrentou problemas por não compartilhar informações com seus fornecedores?				
	2. A empresa já enfrentou problemas por não compartilhar informações com seus clientes?				
LEGAL	1. O descumprimento da legislação/normas ambientais já prejudicou o negócio da empresa?				
	2. O não cumprimento de regulações trabalhistas já afetou o negócio da empresa?				
	3. O descumprimento das disposições das normas de segurança do trabalho já afetou a empresa?				
	4. Mudanças/descumprimento na legislação que rege contratos e licitações já afetou a empresa?				
	5. A organização já enfrentou problemas com litígios devido a ações resultantes de clientes ou fornecedores?				

QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS _GERÊNCIA INDUSTRIAL

Empresa:	**FUNÇÃO:**	**DATA:**

TIPOS DE RISCOS	**FATORES DE RISCOS**	**Existe?**			**Causas do risco**
		SIM	**NÃO**	**NÃO SEI**	
ESTRATÉGICO	1. O posicionamento estratégico da empresa já foi afetado negativamente pela ação dos concorrentes em diferenciar seus produtos?				
	2. O posicionamento estratégico da empresa já foi afetado negativamente pela não capacidade de diferenciação dos produtos da empresa?				
	3. O posicionamento estratégico da empresa já foi afetado negativamente pelo não conhecimento das habilidades dos concorrentes?				
	4. O posicionamento estratégico da empresa já foi afetado negativamente pelas mudanças de preços praticadas pelos concorrentes?				
	5. O posicionamento estratégico da empresa já foi afetado negativamente pela não capacidade de diferenciar o produto da empresa dos produtos concorrentes?				
MERCADO	1. Possíveis mudanças nas preferências dos clientes em relação a seus produtos já influenciaram a participação da empresa no mercado?				
	2. A adoção de estratégias como fusões e aquisições pelos concorrentes já influenciou a participação da empresa no mercado?				
	3. O surgimento de um novo produto inovador no mercado deste segmento já afetou a participação da empresa no mercado?				
PROCESSO/ CONTROLE	1. A falta de controle sobre seus processos já prejudicou de alguma forma a gestão da empresa?				
	2. A acurácia dos controles já prejudicou de alguma forma a gestão da empresa?				
	3. A demora na correção dos desvios dos processos já prejudicou de alguma forma a gestão da empresa?				
	4. A falta de controle dos processos dos parceiros de negócios (fornecedores/terceiros) já prejudicou de alguma forma a gestão da empresa?				
DEMANDA	1. Possíveis oscilações para mais no consumo de seus clientes já trouxeram dificuldades no atendimento dos clientes?				
	2. Possíveis oscilações para menos no consumo de seus clientes já trouxeram dificuldades no atendimento dos clientes?				
	3. A falta de previsão de demanda já trouxe dificuldades na elaboração do planejamento da empresa?				
	4. Erros na previsão de demanda já trouxeram dificuldades na elaboração do planejamento da empresa?				
CAPACIDADE/ RECURSO-	1. A limitação na capacidade (disponibilidade) dos recursos da empresa já limitou o atendimento dos clientes pela empresa?				
	2. A falta de redundância em algum sistema da empresa (funcionários/equipamentos) já impediu o atendimento dos clientes pela empresa?				
	3. A falta de redundância em algum sistema da empresa (funcionários/equipamentos) já limitou o atendimento dos clientes pela empresa?				
	4. A inflexibilidade em alterar a capacidade dos recursos da empresa já limitou o atendimento da demanda?				

OPERACIONAL	1. A empresa já interrompeu suas operações devido a falhas na manutenção?				
	2. A empresa já interrompeu suas operações devido a falhas humanas na operabilidade diária?				
	3. A empresa já interrompeu suas operações devido a falhas na programação das atividades?				
	4. A empresa já enfrentou problemas por não entregar seus produtos com a qualidade requerida?				
	5. A empresa já enfrentou problemas por não entregar seus produtos no tempo esperado pelo cliente?				
	6. A empresa já enfrentou problemas por não entregar seus produtos na quantidade esperada pelo cliente?				
	7. A empresa já enfrentou problemas por não seguir os procedimentos padrões para execução das operações do processo?				

QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS _GERÊNCIA FINANCEIRA

Empresa:	**FUNÇÃO:**	**DATA:**

TIPOS DE RISCOS	**FATORES DE RISCOS**	**Existe?**			**Causas do risco**
		SIM	**NÃO**	**NÃO SEI**	
ECONÔMICOS/FINANCEIROS	1. Mudanças na conjuntura econômica do país já afetaram de forma negativa as atividades da empresa?				
	2. Mudanças na conjuntura econômica mundial já afetaram de forma negativa as atividades da empresa?				
	3. A incerteza econômica do país ou mundial já afetou de forma negativa as atividades da empresa?				
	4. Problemas por não pagamento dos clientes já inviabilizou o fluxo de caixa da empresa?				
	5. Elevação de parâmetros econômicos como taxas de juros e/ou inflação afetam de forma negativa as atividades da empresa?				
	6. Restrições/dificuldades em ter acesso a crédito de terceiros já afetou de forma negativa as atividades da empresa?				
	7. Limitações financeiras já impediram a empresa em expandir seus negócios?				
DEPRECIAÇÃO DE ATIVOS	1. A depreciação do valor dos ativos já afetou o negócio da empresa?				
	2. Restrições de crédito já impactaram na melhoria/expansão dos ativos da empresa?				
	3. A necessidade de aumentar os ativos da empresa já afetou o negócio da empresa?				
FISCAL	1. Mudanças na legislação tributária já afetaram o negócio da empresa?				
	2. Penalidades referentes ao não cumprimento da legislação tributária já prejudicou o negócio da empresa?				
	3. Penalidades referentes ao não cumprimento da legislação tributária por parte dos parceiros da cadeia (clientes/fornecedores) já prejudicou o negócio da empresa?				
	4. A perda de isenções fiscais adquiridas pela empresa põe em risco o negócio da empresa?				
	5. O peso da carga tributária do (município/estado/país) inviabiliza a expansão do negócio da empresa?				

QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS _GERÊNCIA DE SUPRIMENTOS

Empresa:	**FUNÇÃO:**	**DATA:**

TIPOS DE RISCOS	**FATORES DE RISCOS**	**Existe?**			**Causas do risco**
		SIM	**NÃO**	**NÃO SEI**	
FORNECIMENTO	1. A empresa já prejudicou o atendimento aos clientes devido a problemas na quantidade de matéria-prima entregue pelos fornecedores?				
	2. A empresa já prejudicou o atendimento aos clientes devido a problemas no prazo de entregue das matérias-prima entregue pelos fornecedores?				
	3. A empresa já prejudicou o atendimento aos clientes devido a problemas na qualidade da matéria-prima entregue pelos fornecedores?				
	4. A falta de redundância de fornecimento já prejudicou o atendimento dos clientes?				
	5. A necessidade de mudança de fornecedores já prejudicou o atendimento dos clientes?				
	6. A saída inesperada de um fornecedor já pôs em risco o atendimento dos clientes?				
LOGÍSTICOS	1. Falhas na infraestrutura de transporte (rodovias/dutos/navios) já afetaram negativamente o recebimento das matérias primas?				
	2. Falhas na infraestrutura de transporte (rodovias/dutos/navios) já afetaram negativamente o atendimento dos clientes?				
	3. Falhas no sistema de entrega já afetaram negativamente o recebimento das matérias primas?				
	4. Falhas no sistema de entrega já afetaram negativamente o atendimento dos clientes?				
	5. A empresa já enfrentou problemas com a perda repentina dos serviços de terceiros envolvidos na entrega do produto aos clientes?				
ESTOQUE	1. A empresa já prejudicou o atendimento dos clientes por falta de itens em estoque?				
	2. A empresa já se prejudicou por perder por obsolescência insumos estocados?				
	3. Falhas no planejamento de estoques já fizeram a empresa enfrentar problemas para o dimensionamento de compra de matérias primas?				
	4. Falhas no planejamento de estoques já fizeram a empresa enfrentar problemas para o dimensionamento dos produtos para atender os clientes?				

QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS _GERÊNCIA DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Empresa:	**FUNÇÃO:**	**DATA:**

TIPOS DE RISCOS	**FATORES DE RISCOS**	**Existe?**			**Causas do risco**
		SIM	**NÃO**	**NÃO SEI**	
TECNOLÓGICO	1. A empresa já enfrentou problemas devido à obsolescência tecnológica de seus sistemas (informação/equipamentos)?				
	2. A empresa já enfrentou problemas devido ao fato de seus parceiros (fornecedores/clientes) possuírem maior avanço tecnológico?				
	3. A falta de compatibilidade nos sistemas de informação com os fornecedores/clientes já trouxe dificuldades de relacionamento da empresa com seus parceiros de negócios?				
INFORMAÇÃO	1.Ineficiência na infra-estrutura do seu sistema de informação já prejudicou o funcionamento da empresa?				
	2. A indisponibilidade no sistema de informação utilizado pela empresa já prejudicou o funcionamento da empresa?				
	3. A grau de usuabilidade do sistema de informação da empresa já prejudicou o funcionamento da empresa?				
	4. Atrasos nas informações necessárias para a gestão da empresa já prejudicou o funcionamento da empresa?				
	5. A acurácia das informações necessárias para a gestão da empresa já prejudicou o funcionamento da empresa?				

QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS _GERÊNCIA COMERCIAL

Empresa:	**FUNÇÃO:**	**DATA:**

TIPOS DE RISCOS	**FATORES DE RISCOS**	**Existe?**			**Causas do risco**
		SIM	**NÃO**	**NÃO SEI**	
CLIENTE	1. O comportamento variável do cliente na escolha pelo produto do concorrente já impactou a empresa?				
	2. O comportamento variável do cliente na escolha por produtos similares/substitutos já impactou a empresa?				
CULTURAL	1. A histórica aceitação de um produto da concorrência (prod simular) limita a atuação da empresa no mercado da região?				
	2. As características culturais dos funcionários da região limitam a atuação da empresa na região?				
	3. As características culturais dos clientes da região limitam a atuação da empresa na região?				
	4. As características culturais da dos gestores públicos (prefeito, governadores, promotores, p ex) da região limitam a atuação da empresa na região?				
DESIGN	1. A inflexibilidade no design do produto da empresa já representou dificuldades para a empresa?				
	2. A empresa já enfrentou dificuldades por ter limitações financeiras destinados ao desenvolvimento de design de seus produtos?				

QUADRO 2- QUESTIONÁRIO PARA LEVANTAR OS PARÂMETROS DO RISCO

Empresa:				**FUNÇÃO:**		**DATA:**
RISCO IDENTIFICADOS	**Probabilidade de ocorrência**			**Como este riscos se origina?**	**Qual o impacto do risco?**	**Consequências do risco?**
	Baixa	**Média**	**Alta**			
RISCO 1					A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum	
RISCO 2					A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum	
RISCO 3					A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum	
RISCO 4					A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum	
RISCO n					A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum	

QUADRO 3- QUESTIONÁRIO PARA DEFINIR O GRAU DE DEPENDÊNCIA ENTRE OS RISCOS

TIPOS DE RISCOS	AMBIENTAL	ESTRATÉGICO	PROCESSO/CONTROLE	DEMANDA	MERCADO	CAPACIDADE/RECURSO	SEGURANÇA	FORNECIMENTO	LOGÍSTICOS	ECONÔMS/FINANC	OPERACIONAL	POLÍTICO/SOCIAL	TECNOLÓGICO	SUSTENTABILIDADE	PROPRIEDADE INT. L	PREÇO	CLIENTE	DEPRECIAÇÃO DE ATIVOS	REPUTAÇÃO	FISCAL	LEGAL	INFORMAÇÃO	CULTURAL	ESTOQUE	DESIGN
AMBIENTAL	1																								
ESTRATÉGICO		1																							
PROCESSO/CONTROLE			1																						
DEMANDA				1																					
MERCADO					1																				
CAPACIDADE/RECURSO						1																			
SEGURANÇA							1																		
FORNECIMENTO								1																	
LOGÍSTICOS									1																
ECONÔMICOS/FINANCEIROS										1															
OPERACIONAL											1														
POLÍTICO/SOCIAL												1													
TECNOLÓGICO													1												
SUSTENTABILIDADE														1											
PROPRIEDADE INTELECTUAL															1										
PREÇO																1									
CLIENTE																	1								
DEPRECIAÇÃO DE ATIVOS																		1							
REPUTAÇÃO																			1						
FISCAL																				1					
LEGAL																					1				
INFORMAÇÃO																						1			
CULTURAL																							1		
ESTOQUE																								1	
DESIGN																									1

Quadro 4 – Escala para priorização dos riscos

LEGENDA ESCALA SAATY	
Intensidade de importância	**Definição**
1	Igual Importância
2	Fraca ou leve importância
3	Moderada importância
4	Mais moderado
5	Forte Importância
6	Mais forte Importância
7	Muito forte ou importância demonstrada
8	Muitíssimo forte
9	Extrema importância
1.1 à 1.9	Um decimal demonstra diferença

Quadro 5 – Escala definir dependência entre os riscos

ESCALA BINÁRIA 0 OU 1	
Há dependência?	**Definição**
0	Existe dependência entre as variáveis
1	Não existe dependência entre as variáveis

APÊNDICE B – PROTOCOLO DO ESTUDO DE CASO

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA	
Pesquisador	Liane Márcia Freitas e Silva (lianef@ct.ufpb.br)
Orientador	Fernando Augusto Silva Marins (fmarins@feg.unesp.br)
Agência de fomento	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)
Instituição	Universidade Estadual Paulista Departamento de Engenharia de Produção Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica Linha de Pesquisa Gestão e Otimização
Tipo de pesquisa	Doutorado
Título da pesquisa	Sistemática para gerenciar os riscos considerando a dependência na cadeia de suprimentos
Problema de pesquisa	Como gerenciar os riscos considerando a dependência entre eles em uma cadeia de suprimentos de gás canalizado?
Objetivo da pesquisa	Propor uma sistemática para gerenciar os riscos dependentes em uma cadeia de suprimentos do setor de distribuição de gás canalizado nos elos fornecedor e produtor.
Contribuições	- Proposição de sistemática teórica para avaliação de riscos considerando a dependência entre os riscos da cadeia - Mapeamento dos riscos na cadeia de suprimentos de gás canalizado

PREPARAÇÃO DA ENTREVISTA E PLANO PARA COLETA DE DADOS	
Conhecimento teórico	Aprofundar o conhecimento sobre o tema objeto de investigação, por meio da revisão da literatura, a fim de compreender sobre o fenômeno estudado, notadamente sobre as classificações de riscos, sobre os modelos de gestão de riscos da cadeia de suprimentos, sobre as ferramentas utilizadas para a avaliação dos riscos e sobre as categorias de análise que compõem o formulário para aplicação da pesquisa empírica.
Contato com as empresas	Estabelecer contato prévio com o elo focal da cadeia de suprimento, apresentar o projeto geral de pesquisa a fim de esclarecer a participação da empresa, as variáveis de pesquisa que serão coletadas, o perfil dos sujeitos de pesquisa, assim como verificar a disponibilidade em participar da pesquisa e o estabelecimento de cronograma para realização *in loco* na empresa.
Instrumentos de coleta de dados	A coleta de dados será realizada pela aplicação de questionários estruturados utilizando caneta e papel. O preenchimento dos questionários é feito pelo pesquisador, após a leitura da pergunta e suas opções de resposta, e receber a resposta verbal do entrevistado. Recebendo a resposta, o pesquisador preenche o questionário.
Empresas	Pretende-se aplicar a sistemática proposta em dois elos da cadeia de suprimentos de gás canalizado, a empresa focal responsável pela distribuição de gás canalizado, e o elo produtor composto pelas empresas do setor industrial que utilizam o gás canalizado como matriz energética em seus processos produtivos. Participarão da pesquisa como elos produtores 2 empresas do setor industrial de setores diversos. A seleção dessas 2 empresas do setor industrial vai levar em consideração representatividade da empresa em termos de ocnsumo de gás e disponibilidade em participarem da pesquisa a partir de contato prévio utilizando um canal de comunicação estabelecido por meio da empresa focal que fornece o gás canalizado.
Tempo para execução	Cerca de 120 dias, considerando 60 dias para a aplicação do questionário na empresa fornecedora de gás canalizado e 60 dias para a aplicação do

	questionário nas 4 empresas que são clientes industriais.
Entrevistados	Em cada empresa, pretende-se entrevistar 5 especialistas de nível gerencial nas áreas compatíveis às classes de riscos previamente categorizados, conforme pode ser visualizado nos questionários.
Sigilo de dados	Garantia do sigilo da identidade dos profissionais entrevistados, assim como quaisquer informações consideradas sigilosas pelas empresas participantes da pesquisa.
Coleta de dados	A coleta de dados dar-se-á pela aplicação dos questionários do tipo estruturado voltado para 5 tipos de gerências da empresa de modo que o especialista possa responder com a máxima propriedade sobre classes de riscos conforme a literatura indica. Os especialistas deverão responder as perguntas diretas do pesquisador, que é o responsável pelo preenchimento do questionário de pesquisa.
Divulgação dos resultados	Fornecer às empresas participantes da pesquisa os resultados do mapeamento de identificação dos riscos para cada empresa, assim como para toda cadeia de suprimentos, apontando ao final as probabilidades resultantes que a pesquisa apontou.

PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DE DADOS	
Tabulação dos dados empíricos	Os dados dos questionários deverão ser agrupados a fim de permitir convergir o grupo de respostas e identificar os riscos que acometem as empresas individuais assim como quais se replicam em toda cadeia de suprimentos de gás canalizado e suas reações de dependência entre os riscos do elo fornecedor para o elo produtor. Na sequência após o levantamento dos dados que compõem a identificação dos riscos, segue-se para a tabulação dos dados de modo a promover a avaliação dos riscos, o que inclui a priorização dos riscos segundo grau de dependência e cálculo da probabilidade do risco segundo probabilidade condicionada dos riscos.
Ferramentas para Tabulação dos dados	Inicialmente para a identificação dos riscos será utilizado o Excel para a tabulação dos dados, na sequência a tabulação dos dados da fase de avaliação dos riscos deverá utilizar o *SuperDecisions* para a priorização dos riscos, o *Crystal Ball* para a aplicação da simulação das probabilidades dos riscos e, por fim, a aplicação do *Netica*para o cálculo das probabilidades agregadas dos riscos.

ANEXO I – RELATÓRIOS DE SIMULAÇÃO OBTIDOS NO CRYSTAL BALL

1) Simulação para o risco Risco forn(EP1)/dem(EP1)

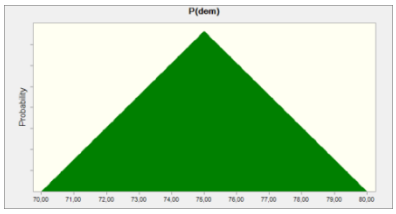
Crystal Ball Report – Full

Run preferences:	
Number of trials run	50.000
Confidence level	95,00%
Run statistics:	
Total running time (sec)	177,77
Trials/second (average)	281
Random numbers per sec	844
Forecasts	
Certainty level is 50,206%	
Entire range is from 0,00 to 0,00	
After 50.000 trials, the std. error of the mean is 0,00	

Statistics:	Forecast values
Trials	50.000
Base Case	---
Mean	0,00
Median	0,00
Mode	---
Standard Deviation	0,00
Variance	0,00
Skewness	0,4673
Kurtosis	2,85
Coeff. of Variability	0,3248
Minimum	0,00
Maximum	0,00
Range Width	0,00
Mean Std. Error	0,00

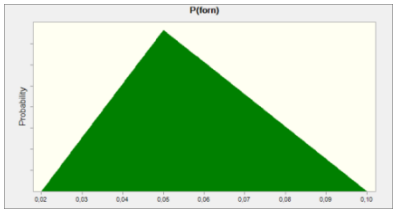
Triangular distribution with parameters:

Minimum	70,00
Likeliest	75,00
Maximum	80,00



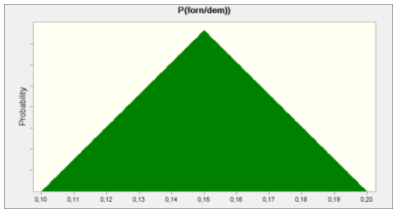
Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,02
Likeliest	0,05
Maximum	0,10



Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,10
Likeliest	0,15
Maximum	0,20



2) Simulação para o risco Risco forn(EP1)/forn(EP1)

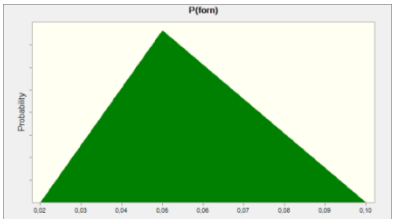
Crystal Ball Report – Full

Run preferences:	
Number of trials run	50.000
Confidence level	95,00%
Run statistics:	
Total running time (sec)	139,54
Trials/second (average)	358
Random numbers per sec	1.075
Forecasts	
Certainty level is 50,088%	
Entire range is from 0,01 to 0,33	
After 50.000 trials, the std. error of the mean is 0,00	

Statistics:	Forecast values
Trials	50.000
Base Case	---
Mean	0,08
Median	0,07
Mode	---
Standard Deviation	0,03
Variance	0,00
Skewness	1,11
Kurtosis	4,79
Coeff. of Variability	0,4431
Minimum	0,01
Maximum	0,33
Range Width	0,31
Mean Std. Error	0,00

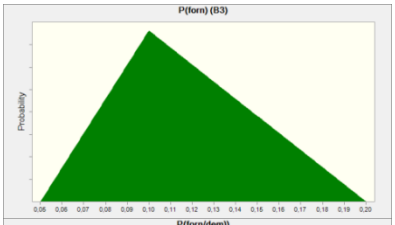
Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,02
Likeliest	0,05
Maximum	0,10



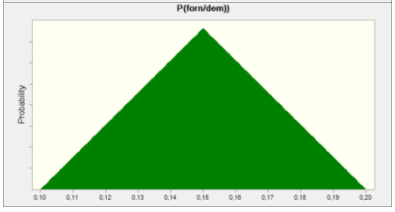
Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,05
Likeliest	0,10
Maximum	0,20



Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,10
Likeliest	0,15
Maximum	0,20



3) Simulação para o risco Risco forn(EP1)/forn(EP1)

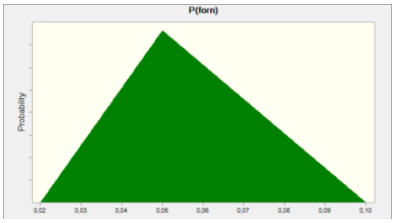
Crystal Ball Report – Full

Run preferences:	
Number of trials run	50.000
Confidence level	95,00%
Run statistics:	
Total running time (sec)	178,71
Trials/second (average)	280
Random numbers per sec	839
Forecasts	
Certainty level is 99,875%	
Entire range is from 0,00 to 0,05	
After 50.000 trials, the std. error of the mean is 0,00	

Statistics:	Forecast values
Trials	50.000
Base Case	---
Mean	0,02
Median	0,01
Mode	---
Standard Deviation	0,01
Variance	0,00
Skewness	0,8032
Kurtosis	3,72
Coeff. of Variability	0,3917
Minimum	0,00
Maximum	0,05
Range Width	0,05
Mean Std. Error	0,00

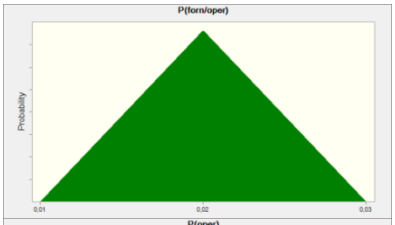
Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,02
Likeliest	0,05
Maximum	0,10



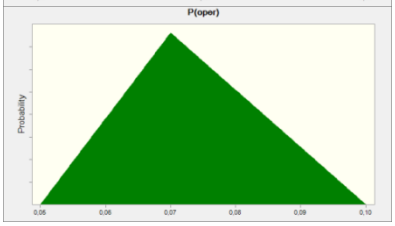
Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,01
Likeliest	0,02
Maximum	0,03



Triangular distribution with parameters:

Minimum	v
Likeliest	0,15
Maximum	0,20



4) Simulação para o risco Risco dem(A)/cap(EP1)

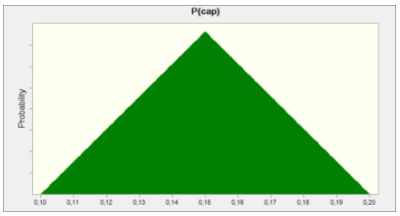
Crystal Ball Report – Full

Run preferences:	
Number of trials run	50.000
Confidence level	95,00%
Run statistics:	
Total running time (sec)	144,58
Trials/second (average)	346
Random numbers per sec	1.037
Forecasts	
Certainty level is 50,072%	
Certainty range is from 0,32 to 0,43	
Entire range is from 0,19 to 0,73	
After 50.000 trials, the std. error of the mean is 0,00	

Statistics:	Forecast values
Trials	50.000
Base Case	---
Mean	0,39
Median	0,38
Mode	---
Standard Deviation	0,08
Variance	0,01
Skewness	0,4815
Kurtosis	3,15
Coeff. of Variability	0,1977
Minimum	0,19
Maximum	0,73
Range Width	0,54
Mean Std. Error	0,00

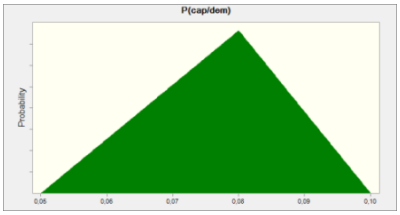
Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,10
Likeliest	0,15
Maximum	0,20



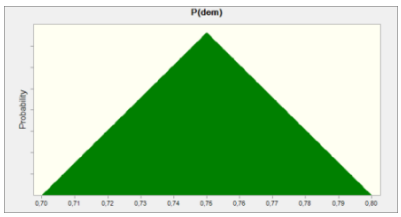
Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,05
Likeliest	0,08
Maximum	0,10



Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,70
Likeliest	0,75
Maximum	0,80



5) Simulação para o risco Risco dem(A)/dem(EP1)

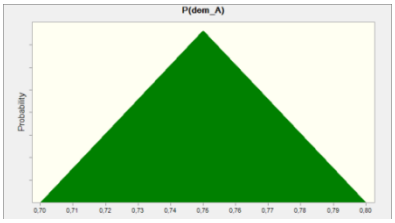
Crystal Ball Report – Full

Run preferences:	
Number of trials run	50.000
Confidence level	95,00%
Run statistics:	
Total running time (sec)	173,64
Trials/second (average)	288
Random numbers per sec	864
Forecasts	
Entire range is from 4,61 to 34,70	
After 50.000 trials, the std. error of the mean is 0,02	

Statistics:	Forecast values
Trials	50.000
Base Case	---
Mean	9,80
Median	8,75
Mode	---
Standard Deviation	3,54
Variance	12,56
Skewness	1,80
Kurtosis	7,12
Coeff. of Variability	0,3617
Minimum	4,61
Maximum	34,70
Range Width	30,10
Mean Std. Error	0,02

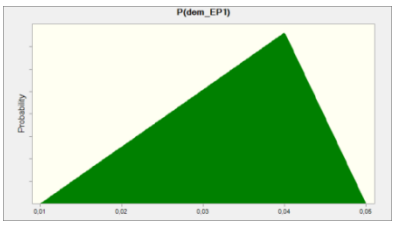
Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,70
Likeliest	0,75
Maximum	0,80



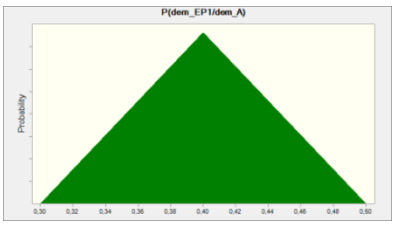
Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,01
Likeliest	0,04
Maximum	0,05



Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,30
Likeliest	0,40
Maximum	0,50



6) Simulação para o risco Risco dem(A)/oper(EP1)

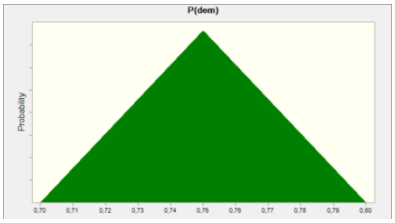
Crystal Ball Report – Full

Run preferences:	
Number of trials run	50.000
Confidence level	95,00%
Run statistics:	
Total running time (sec)	190,93
Trials/second (average)	262
Random numbers per sec	786
Forecasts	
Entire range is from 1,13 to 6,50	
After 50.000 trials, the std. error of the mean is 0,00	

Statistics:	Forecast values
Trials	50.000
Base Case	---
Mean	2,43
Median	2,28
Mode	---
Standard Deviation	0,70
Variance	0,48
Skewness	1,22
Kurtosis	4,82
Coeff. of Variability	0,2859
Minimum	1,13
Maximum	6,50
Range Width	5,37
Mean Std. Error	0,00

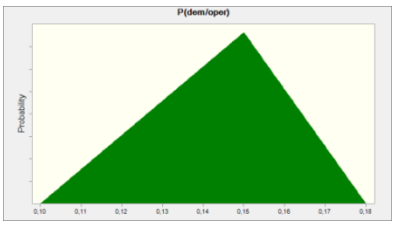
Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,70
Likeliest	0,75
Maximum	0,80



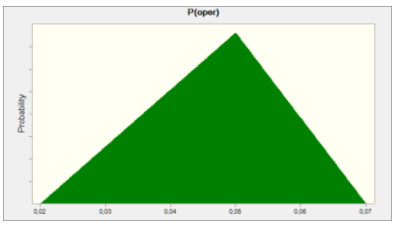
Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,10
Likeliest	0,15
Maximum	0,18



Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,02
Likeliest	0,05
Maximum	0,07



7) Simulação para o risco Risco econ/financeiro(A)/cap(EP1)

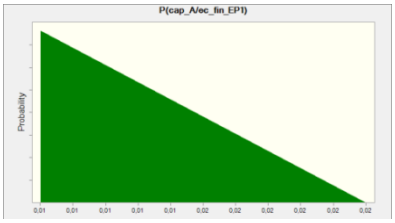
Crystal Ball Report – Full

Run preferences:	
Number of trials run	50.000
Confidence level	95,00%
Run statistics:	
Total running time (sec)	146,38
Trials/second (average)	342
Random numbers per sec	1.025
Forecasts	
Entire range is from 0,00 to 0,02	
After 50.000 trials, the std. error of the mean is 0,00	

Statistics:	Forecast values
Trials	50.000
Base Case	---
Mean	0,01
Median	0,01
Mode	---
Standard Deviation	0,00
Variance	0,00
Skewness	0,7158
Kurtosis	3,63
Coeff. of Variability	0,2825
Minimum	0,00
Maximum	0,02
Range Width	0,02
Mean Std. Error	0,00

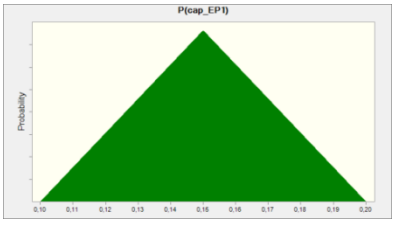
Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,01
Likeliest	0,01
Maximum	0,02



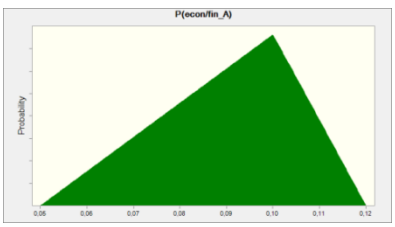
Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,10
Likeliest	0,15
Maximum	0,20



Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,05
Likeliest	0,10
Maximum	0,12



8) Simulação para o risco Risco econ/financeiro(A)/dem(EP1)

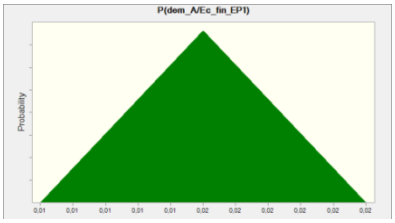
Crystal Ball Report – Full

Run preferences:	
Number of trials run	50.000
Confidence level	95,00%
Run statistics:	
Total running time (sec)	141,58
Trials/second (average)	353
Random numbers per sec	1.059
Forecasts	
Entire range is from 0,01 to 0,19	
After 50.000 trials, the std. error of the mean is 0,00	

Statistics:	Forecast values
Trials	50.000
Base Case	---
Mean	0,05
Median	0,04
Mode	---
Standard Deviation	0,02
Variance	0,00
Skewness	1,62
Kurtosis	6,99
Coeff. of Variability	0,3859
Minimum	0,01
Maximum	0,19
Range Width	0,18
Mean Std. Error	0,00

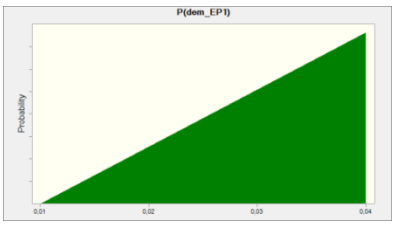
Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,01
Likeliest	0,02
Maximum	0,02



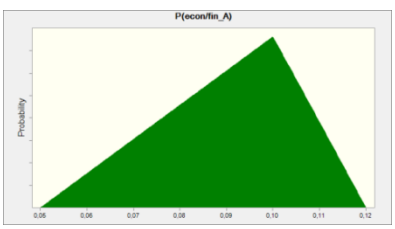
Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,01
Likeliest	0,04
Maximum	0,04



Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,05
Likeliest	0,10
Maximum	0,12



9) Simulação para o risco Risco econ/financeiro(A)/oper(EP1)

Crystal Ball Report – Full

Run preferences:

Number of trials run	50.000
Confidence level	95,00%

Run statistics:

Total running time (sec)	145,93
Trials/second (average)	343
Random numbers per sec	1.028

Forecasts

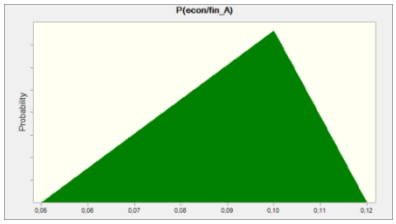
Entire range is from 0,03 to 0,29

After 50.000 trials, the std. error of the mean is 0,00

Statistics:	Forecast values
Trials	50.000
Base Case	---
Mean	0,10
Median	0,09
Mode	---
Standard Deviation	0,03
Variance	0,00
Skewness	1,13
Kurtosis	4,88
Coeff. of Variability	0,3411
Minimum	0,03
Maximum	0,29
Range Width	0,26
Mean Std. Error	0,00

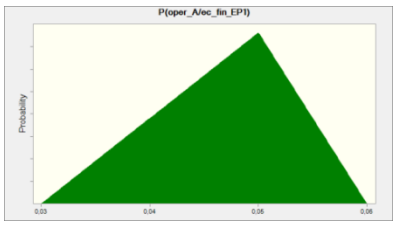
Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,05
Likeliest	0,10
Maximum	0,12



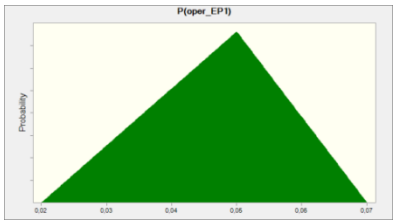
Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,03
Likeliest	0,05
Maximum	0,06



Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,02
Likeliest	0,05
Maximum	0,07



10) Simulação para o risco Risco preço(A)/dem(EP1)

Crystal Ball Report – Full

Run preferences:

Number of trials run	50.000
Confidence level	95,00%

Run statistics:

Total running time (sec)	111,53
Trials/second (average)	448
Random numbers per sec	1.345

Forecasts

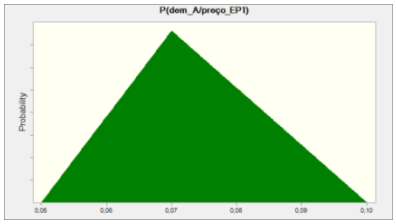
Entire range is from 0,23 to 2,39

After 50.000 trials, the std. error of the mean is 0,00

Statistics:	Forecast values
Trials	50.000
Base Case	---
Mean	0,64
Median	0,59
Mode	---
Standard Deviation	0,23
Variance	0,05
Skewness	1,47
Kurtosis	6,23
Coeff. of Variability	0,3615
Minimum	0,23
Maximum	2,39
Range Width	2,16
Mean Std. Error	0,00

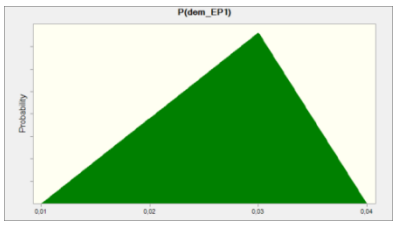
Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,05
Likeliest	0,07
Maximum	0,10



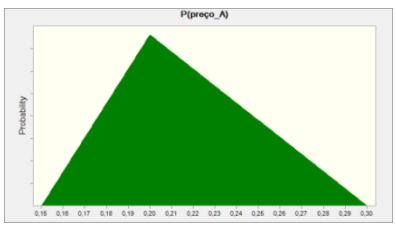
Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,01
Likeliest	0,03
Maximum	0,04



Triangular distribution with parameters:

Minimum	0,15
Likeliest	0,20
Maximum	0,30



ANEXO II – REFERÊNCIA DAS PUBLICAÇÕES REALIZADAS DURANTE A PESQUISA

1. SILVA, LIANE MÁRCIA FREITAS.; LEITE, M. S. A.; MARINS, F. A. S. Discussão teórica dos modelos de gestão de risco em cadeias de suprimento. In: **XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Producão- ENEGEP, 2015,** Fortaleza- Brasil. 2015.

2. SILVA, LIANE MÁRCIA FREITAS; LEITE, M. S. A. ; MARINS, F. A. S. Supply chain risk management: a literature review between 2000-2015. In: **XXII International Conference on Industrial Engineering and Operations Management- ICIEOM 2016**, San Sebastian- Espanha, p. 145-145. 2016.

3. SILVA, LIANE MÁRCIA FREITAS; LEITE, M. S. A. ; MARINS, F. A. S. Theorical discussion on of the dependence of the risks in the supply chain and Types and trust: comparative framework. In: **ICPR 2016 International Conference on Production, 2016, Valparaiso.** Valparaiso- Chile, 2016.

4. SILVA, LIANE MÁRCIA FREITAS; OLIVEIRA, A. C. R.; LEITE, M. S. A.; MARINS, F. A. S. Avaliação do risco na cadeia de suprimento: um estudo exploratório no setor alimentício. **Revista Produção Online,** Vol 17, n 1, pp 351-374. 2017.