

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**AVALIAÇÃO DOS RISCOS NO ELO FORNECEDOR E PRODUTOR DE UMA
CADEIA DE SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA DE GÁS NATURAL**

ANA CAMILA RODRIGUES DE OLIVEIRA

JOÃO PESSOA

2017

ANA CAMILA RODRIGUES DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DOS RISCOS NO ELO FORNECEDOR E PRODUTOR DE UMA
CADEIA DE SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA DO GÁS NATURAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof.^a Dra. Maria Silene Alexandre Leite

JOÃO PESSOA

2017

O48a Oliveira, Ana Camila Rodrigues de.
Avaliação dos riscos no elo fornecedor e produtor de uma
cadeia de suprimentos da indústria de gás natural / Ana Camila
Rodrigues de Oliveira. - João Pessoa, 2017.
170 f. : il. -

Orientadora: Maria Silene Alexandre Leite.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/ CT

1. Gás natural - Indústria. 2. Gestão de riscos. 3. Cadeia
de suprimentos. 4. SCRM. I. Título.

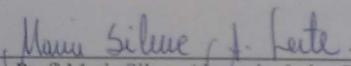
UFPB/BC

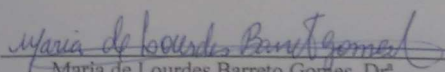
CDU: 351.824.11(043)

ANA CAMILA RODRIGUES DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DOS RISCOS NO ELO FORNECEDOR E PRODUTOR DE UMA
CADEIA DE SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA DO GÁS NATURAL**

BANCA EXAMINADORA


Profª Maria Silene Alexandre Leite, Drª.
Orientadora (UFPB)


Maria de Lourdes Barreto Gomes, Drª.
Examinadora Interna - UFPB

Fernando Augusto Silva Marins, Dr.
Examinador Externo – UNESP

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por tudo que me tem proporcionado. Por ter trilhado meus caminhos.

À minha mãe, por acreditar em mim em todos os momentos, por me incentivar e por confiar tanto em mim.

À todos os meus familiares, por todo o apoio durante essa jornada.

Ao CNPq, por ter financiado meus estudos.

À minha orientadora, pelos ensinamentos, pelo grande incentivo e pela paciência.

Aos membros da banca, por terem contribuído com meu trabalho.

À Liane Freitas, que me ajudou bastante no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos meus amigos do mestrado Kathyana Diniz, Francisca Alencar e Felipe Tomé, que me apoiaram nessa longa jornada.

Aos meus grandes amigos, Flora Marina, Diego Miranda, Vanessa Audrey, Denise Nobre e Tatyana Régis, pelos ensinamentos, pelas conversas, pelo apoio e pela paciência ao longo desses dois anos.

RESUMO

A gestão de riscos em cadeias de suprimentos (*SCRM – Supply chain risk management*) envolve identificar as fontes de riscos e buscar meios de prevenir ou reduzir o impacto negativo de um determinado evento. A SCRM é uma parte importante da gestão da cadeia de suprimentos, pois os riscos podem causar mudanças inesperadas no fluxo de materiais ao longo da cadeia, gerando prejuízos para as organizações. No entanto, embora a importância da gestão de riscos seja reconhecida pelos profissionais e pelos pesquisadores, ainda existem inúmeras dificuldades para realizar a avaliação dos riscos nas cadeias de suprimentos modernas. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa é avaliar os riscos no elo produtor e fornecedor de uma cadeia de suprimentos de gás canalizado. Para atingir tal objetivo, o trabalho segue uma abordagem quali-quantitativa que primeiramente define uma estrutura conceitual teórica, por meio de uma revisão sistemática da literatura. Em seguida, foram selecionados uma empresa focal, e os outros componentes, da cadeia que foi estudada. A partir disso, os riscos foram identificados nas empresas da cadeia e, na sequência, eles foram avaliados em termos de probabilidade de ocorrência e severidade. Utilizou-se o AHP para hierarquizar os riscos de acordo com sua importância, de acordo com a opinião de especialistas. Para os riscos críticos, simulou-se sua probabilidade de ocorrência em diferentes cenários com a Simulação Monte Carlo. E, para executar a simulação, empregou-se o Teorema de Bayes com a finalidade de compreender a probabilidade de ocorrência de um determinado tipo de risco na empresa focal, levando-se em consideração a ocorrência de outro tipo de risco em seu cliente mais relevante. De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que um determinado risco enfrentado por uma organização pode reverberar na cadeia de suprimentos, e gerar danos financeiros e de reputação para as empresas envolvidas. Além disso, percebeu-se também que é preciso investir em estratégias de mitigação para aqueles riscos que são prioritários com o objetivo de reduzir sua ocorrência e/ou seu impacto para as empresas.

Palavras-chave: riscos, cadeia de suprimentos, AHP.

ABSTRACT

The Supply chain risk management (SCRM) consists in identifying risk sources and seeking means for preventing or reducing the negative impact of a particular event. The SCRM is an important part of supply chain management, as risks can cause sudden changes within the materials flow thorough the chain, causing loss for organizations. Still, although professionals and scholars acknowledge the importance of risk management, countless difficulties remain when executing the evaluation of risks in modern supply chains. In this context, this study aims at evaluating the risks among the producer-supplier bond from a piped gas supply chain. To achieve this goal, this study follows a quali-quantitative approach, which initially defines a conceptual theoretical structure through a systematic literature review. Afterwards, elects a pivot company and establishes the other chain members that will be studied. From that, the risks were identified in the companies and, then, the risks were evaluated in terms of probability of occurrence and gravity. It has been used the analytic hierarchy process (AHP) for hierarchizing the risks according to their importance, conforming specialists' opinions. For the critical risks, it was used the Monte Carlo Simulation to simulate its probability of occurrence in different scenarios. To run this simulation, it was employed the Bayes Theorem with the purpose of understanding the probability of occurrence of a specific type of risk in the pivot company considering the existence of another type of risk in it's most relevant client. According to other results obtained, it was verified that a specific risk confronted by an organization could replicate thorough the supply chain and generate damage in both financial costs and reputation for the companies involved. Furthermore, evidences show that it is important to invest in mitigation strategies for those risks that are crucial in order to reduce its likelihood and/or its impact for companies.

Keywords: risks, supply chain, AHP.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Oferta total de energia primária em 2014	19
Figura 2: Número de artigos sobre gestão de riscos em cadeias de suprimentos.....	22
Figura 3: Vendas Nacionais, pelos produtores, de Gás Natural	26
Figura 4: Volume de Gás Natural Comercializado na Paraíba – por segmento	27
Figura 5: Parâmetros de risco	41
Figura 6: Diagrama de risco	53
Figura 7: Etapas para desenvolver um modelo de simulação.....	62
Figura 8: Exemplo de Estrutura Hierárquica.....	69
Figura 9: Diferenças entre uma hierarquia e uma rede.....	73
Figura 10: Tipos de componentes em uma rede	74
Figura 11: Supermatriz do ANP	75
Figura 12: Fluxograma para desenvolver o ANP	76
Figura 13: Modelo gráfico.....	78
Figura 14: Gráfico acíclico direcionado com quatro nós	78
Figura 15: Etapas FTA	82
Figura 16: Metodologia “nó de gravata”	82
Figura 17: Classificação da pesquisa.....	87
Figura 18: Condução do estudo de caso	88
Figura 19: Seleção do portfólio de artigos	91
Figura 20: Seleção de artigos para compor o portfólio final	93
Figura 21: Procedimento adotado para seleção do portfólio de artigos	94
Figura 22: Evolução da publicação de artigos identificados na revisão sistemática	95
Figura 23: Etapas metodológicas.....	96
Figura 24: Função Distribuição Triangular	103
Figura 25: Infraestrutura de Produção e Movimentação de Gás Natural - 2014.....	111
Figura 26: Segmentos de atuação da empresa focal	112
Figura 27: Etapas para realizar o AHP	123
Figura 28: Comparações par a par no <i>software</i> na forma de questionário (empresa focal) ...	128
Figura 29: Comparação par a par no software na forma gráfica (Cliente A)	129
Figura 30: Espaço para entrada de dados	129
Figura 31: Intervalo inteiro da simulação.....	134

Figura 32: Simulação para o intervalo entre 0,34 e 0,44.....	135
Figura 33: Análise de sensibilidade.....	136
Figura 34: Intervalo inteiro da simulação.....	139
Figura 35: Análise de sensibilidade.....	140
Figura 36: Riscos prioritários para a empresa focal	142
Figura 37: Riscos prioritários para a empresa Cliente.....	143
Figura 38: Relação de dependência vista entre os riscos prioritários.....	144

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Vantagens da utilização do gás natural	25
Quadro 2: Definições de cadeia de suprimentos	30
Quadro 3: Facilitadores e Barreiras para a Resiliência	36
Quadro 4: Definições de risco em cadeias de suprimentos	40
Quadro 5: Definições de Gestão de riscos em cadeias de suprimentos.....	43
Quadro 6: Etapas do processo de gestão de riscos	44
Quadro 7: Definição dos tipos de riscos.....	46
Quadro 8: Abordagens para realizar a identificação do risco.....	50
Quadro 9: Ferramentas utilizadas para avaliar os riscos nos artigos pesquisados.....	56
Quadro 10: Características da Simulação.....	64
Quadro 11: Aplicações das técnicas de simulação	67
Quadro 12: A Escala Fundamental.....	70
Quadro 13: Características do AHP.....	72
Quadro 14: Tipos de Componentes	73
Quadro 15: Características do ANP.....	75
Quadro 16: Características das Redes Bayesianas	80
Quadro 17: Características da árvore de falhas	83
Quadro 18: Condução do estudo de caso desta pesquisa.....	89
Quadro 19: Definição das palavras-chave de pesquisa	91
Quadro 20: Quantitativo de artigos identificados.....	92
Quadro 21: Artigos mais citados	94
Quadro 22: Questões para compreender o funcionamento da empresa focal.....	97
Quadro 23: Visitas realizadas à empresa focal.....	98
Quadro 24: Probabilidade de ocorrência do risco	100
Quadro 25: Escala para mensurar o impacto do risco	100
Quadro 26: Escala adotada para o impacto do risco.....	101
Quadro 27: Perfil dos especialistas que participaram das entrevistas	105
Quadro 28: Características das entrevistas e dos gestores entrevistados.....	106
Quadro 29: Características das entrevistas e dos gestores entrevistados.....	108
Quadro 30: Setores que consomem o gás natural na Paraíba.....	112
Quadro 31: Riscos identificados na empresa focal.....	116
Quadro 32: Riscos identificados na empresa A.....	119

Quadro 33: Riscos identificados na empresa B	120
Quadro 34: Impacto dos riscos na empresa focal	121
Quadro 35: Impacto dos riscos na Cliente A	122
Quadro 36: Razão de Consistência	130
Quadro 37: Parâmetros da simulação	134
Quadro 38: Estatísticas	135
Quadro 39: Correlação	137
Quadro 40: Parâmetros da simulação	138
Quadro 41: Estatísticas	139
Quadro 42: Correlação	141
Quadro 43: Atendimento aos objetivos	144

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Escala para avaliação da probabilidade do risco	53
Tabela 2: Escala para avaliação do impacto do risco	53
Tabela 3: Valores de ACI	71
Tabela 4: Matriz de comparação quadrada na empresa focal.....	125
Tabela 5: Matriz de comparação quadrada na Cliente A.....	126
Tabela 6: Matriz da empresa focal aglutinada.....	126
Tabela 7: Matriz da Cliente A aglutinada.....	127
Tabela 8: Índice global de prioridades para a empresa focal	130
Tabela 9: Índice global de prioridades para a Cliente A	131

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP – *Analytic Hierarchy Process*

ANP - *Analytic Network Process*

ANP - Agência Nacional do Petróleo

FMEA – *Failure Modes and Effects Analysis*

FMECA - *Failure mode, effects, and criticality analysis*

FTA - *Fault Tree Analysis*

HazOP - *Hazard and Operability Study*

IEA - *International Energy Agency*

JIT - *Just in time*

SC - *Supply Chain*

SCM - *Supply Chain Management*

SCRM - *Supply chain risk management*

SMC – Simulação Monte Carlo

SSD - Simulação Sistemas Dinâmicos

TI - Tecnologia da Informação

VMI – *Vendor Managed Inventory*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA	16
1.2 OBJETIVOS E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	20
1.3 JUSTIFICATIVA	20
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	27
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	29
2.1 CADEIA DE SUPRIMENTOS	29
2.2 GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS	31
2.3 A CADEIA DE SUPRIMENTOS RESILIENTE	33
2.4 GESTÃO DE RISCOS EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS.....	39
2.4.1 Etapas da Gestão de riscos em cadeia de suprimentos	45
2.4.1.1 Identificação do risco	45
2.4.1.2 Avaliação do risco	51
2.4.1.3 Mitigação do risco	57
2.4.1.4 Monitoramento do risco	59
2.4.2 Ferramentas para avaliação do risco.....	60
2.4.2.1 Simulação	60
2.4.2.2 AHP	68
2.4.2.3 ANP	72
2.4.2.4 Redes Bayesianas	77
2.4.2.5 Abordagem da Árvore de Falhas (Fault Tree Analysis - FTA).....	81
2.5 CONCLUSÕES FINAIS DO CAPÍTULO	84
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	86
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	86
3.2 O MÉTODO DA PESQUISA	87
3.3 DEFINIÇÃO DA ESTRUTURA CONCEITUAL TEÓRICA	89
3.4 ETAPAS METODOLÓGICAS.....	95
3.4.1 Revisão Sistemática da Literatura	96
3.4.2 Seleção da empresa focal e dos membros da cadeia	96
3.4.3 Elaboração do instrumento de pesquisa	99
3.4.4 Aplicação do teste piloto	104
3.4.5 Desenvolvimento do Estudo Empírico	105
3.4.5.1 Identificação dos riscos e mensuração do impacto	106

3.4.5.2	Priorização dos riscos.....	108
3.4.6	Descrição e Análise dos resultados	109
4	RESULTADOS	110
4.1	CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS	110
4.1.1	Caracterização da Empresa Focal.....	110
4.1.2	Caracterização da Empresa A.....	113
4.1.3	Caracterização da Empresa B	114
4.2	Identificação dos riscos	115
4.3	Impacto dos riscos	120
4.4	Priorização dos riscos	123
4.5	Probabilidade de ocorrência dos riscos	132
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	142
5.1	ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS E RESPSTAS ÀS QUESTÕES DE PESQUISA	142
5.2	CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA E PRÁTICA	144
5.3	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	145
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	147
	APÊNDICES	159

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo tem a finalidade de apresentar os conceitos relacionados ao tema deste trabalho, ressaltando a importância da gestão de riscos em cadeias de suprimentos no ambiente competitivo atual.

O capítulo está dividido da seguinte maneira: inicia-se com a definição do problema de pesquisa e, posteriormente, o objetivo geral, os objetivos específicos e a delimitação da pesquisa são definidos. Na sequência, apresenta-se a justificativa teórica e prática para a realização desta pesquisa. E, por último, a estrutura do trabalho é retratada.

1.1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA

Uma cadeia de suprimentos (*Supply Chain - SC*) pode ser compreendida como uma rede de organizações conectadas e interdependentes, trabalhando conjuntamente, em regime de cooperação mútua, para controlar, gerenciar e aperfeiçoar o fluxo de matérias-primas e informação dos fornecedores para os clientes (CHRISTOPHER, 2007).

O alinhamento entre todos os membros da cadeia de suprimentos é uma questão crítica para alcançar a vantagem competitiva, uma vez que não é apenas a empresa focal que compete no mercado, mas sim a cadeia de suprimentos inteira (GONZÁLEZ-LOUREIRO; DABIC; KIESSLING, 2015). Sendo assim, os diferentes membros que compõem a cadeia devem possuir objetivos comuns e reconhecer que trabalhar de forma colaborativa resulta em melhores resultados para as organizações.

A gestão da cadeia de suprimentos (*Supply Chain Management – SCM*) é conceituada como a gestão dos relacionamentos à montante e à jusante com fornecedores e clientes, com a finalidade de agregar mais valor ao cliente, a um custo menor para a cadeia de suprimentos como um todo (CHRISTOPHER, 2007). No que diz respeito à gestão desses diferentes relacionamentos, Lambert e Cooper (2000) enfatizam que devem ser selecionados apenas os mais relevantes para o sucesso da cadeia, uma vez que gerenciar todos os membros é uma tarefa complicada e exaustiva.

Por conseguinte, devido à natureza da gestão da cadeia de suprimentos, os desafios e problemas enfrentados por uma única empresa podem afetar também os outros membros da cadeia de suprimentos. Percebe-se, assim, que o relacionamento mais estreito entre as organizações cria também uma maior dependência, o que contribui para a propagação de perturbações na rede (LOCKAMY III; MCCORMACK, 2012; HALLIKAS *et al*, 2004).

Nessa perspectiva, a adoção de medidas com o objetivo de reduzir os custos também torna as cadeias modernas mais vulneráveis. Essas medidas incluem a adoção do JIT (*just-in-time*) e a adoção do estoque gerenciado pelo fornecedor (*Vendor Managed Inventory – VMI*), por exemplo (TANG, 2006b).

Nesse contexto, surgiu a gestão de riscos em cadeia de suprimentos (*SCRM – Supply chain risk management*) que envolve identificar as fontes de riscos e buscar meios de prevenir ou reduzir o impacto negativo de um determinado evento. Observa-se que a SCRM é uma parte importante da gestão da cadeia de suprimentos, pois os riscos podem causar mudanças inesperadas no fluxo de materiais ao longo da cadeia (AQLAN; LAM; 2015a).

Dessa forma, o objetivo principal da gestão de riscos é proteger os negócios de eventos adversos (COLICCHIA; STROZZI, 2012). Em outras palavras, a SCRM busca reduzir a frequência e o impacto dos riscos na cadeia de suprimentos.

Salienta-se que os riscos podem surgir a partir de falhas e incertezas nos processos empresariais, da integração com os outros membros da cadeia ou por fatores do ambiente externo, que podem influenciar nos resultados obtidos pela cadeia (GAONKAR; VISWANADHAM, 2007).

À vista disso, torna-se fundamental compreender e implementar a gestão de riscos nas cadeias de suprimentos modernas. As etapas que compõem o processo de gestão de riscos são: identificação dos riscos, avaliação dos riscos, mitigação dos riscos e monitoramento dos riscos (HO *et al*, 2015; BLOME; SCHOENHERR, 2011; TUNCEL; ALPAN, 2010; WAGNER; BODE, 2009; HALLIKAS *et al*, 2004). Isto é, o primeiro passo desse processo consiste em identificar as fontes potenciais de riscos que as organizações estão submetidas e, posteriormente, a avaliação dos riscos é realizada. Em seguida, é preciso selecionar estratégias de mitigação de riscos de forma adequada para assegurar a continuidade dos negócios sem prejuízos para a organização e, por último, todo o processo deve ser monitorado continuamente.

No entanto, a implementação da gestão de riscos é uma tarefa extremamente crítica e que exige conhecimento das funções de negócios, tendências de mercado e situação financeira e de infraestrutura da organização, bem como de toda a cadeia de suprimentos (SINGHAL; AGARWAL; MITTAL, 2011). Além disso, as organizações que compõem a cadeia de suprimentos são dinâmicas, dispersas e extremamente interligadas e, conseqüentemente, o desempenho de uma empresa afeta o desempenho da outra. Como resultado, o gerenciamento dos riscos torna-se cada vez mais complexo (COLICCHIA; DALLARI; MELACINI, 2010; ADHITYA; SRINIVASAN; KARIMI, 2007).

Consequentemente, a implementação de ações de gestão de riscos gera custos para as organizações e esses custos precisam ser avaliados pelos gestores. Sobre isso, Chopra e Sodhi (2014) argumentam que as soluções para reduzir o risco não significam muito quando não são avaliadas em relação ao seu impacto sobre a eficiência de custos.

Apesar da importância do tema, ainda existem lacunas que podem ser exploradas. Sodhi, Son e Tang (2012), por exemplo, citam a existência de três lacunas na área de gestão de riscos em cadeias de suprimentos, que são: a) a falta de um consenso claro sobre a definição de gestão de riscos em cadeias de suprimentos, b) falta de investigação a respeito do tempo de resposta à incidência de riscos em cadeias e c) a falta de pesquisa empírica na área de gestão de riscos.

Diversas lacunas também são encontradas nas diferentes etapas que compõem o processo de gestão de riscos. Quanto à etapa de identificação dos riscos, por exemplo, ainda não existe consenso na literatura a respeito de uma classificação. Para Kern *et al* (2012) esta etapa ainda é indefinida e precisa ser analisada de forma mais profunda, uma vez que influencia diretamente nas outras etapas do processo de gestão de riscos na cadeia de suprimentos.

Compreender as inter-relações entre os riscos que permeiam a cadeia de suprimentos também é extremamente importante (AQLAN; LAM, 2015a; FAZLI; MAVI; VOSOOGHIDIZAJI, 2015; PUNNIYAMOORTHY; THAMARAISELVAN; MANIKANDAN, 2013; TUMMALA; SCHOENHERR, 2011; PFOHL; GALLUS; THOMAS, 2011), pois um determinado risco pode surgir em decorrência de outro tipo de risco e, à vista disso, as organizações precisam perceber todas as fontes de risco que abrangem suas operações.

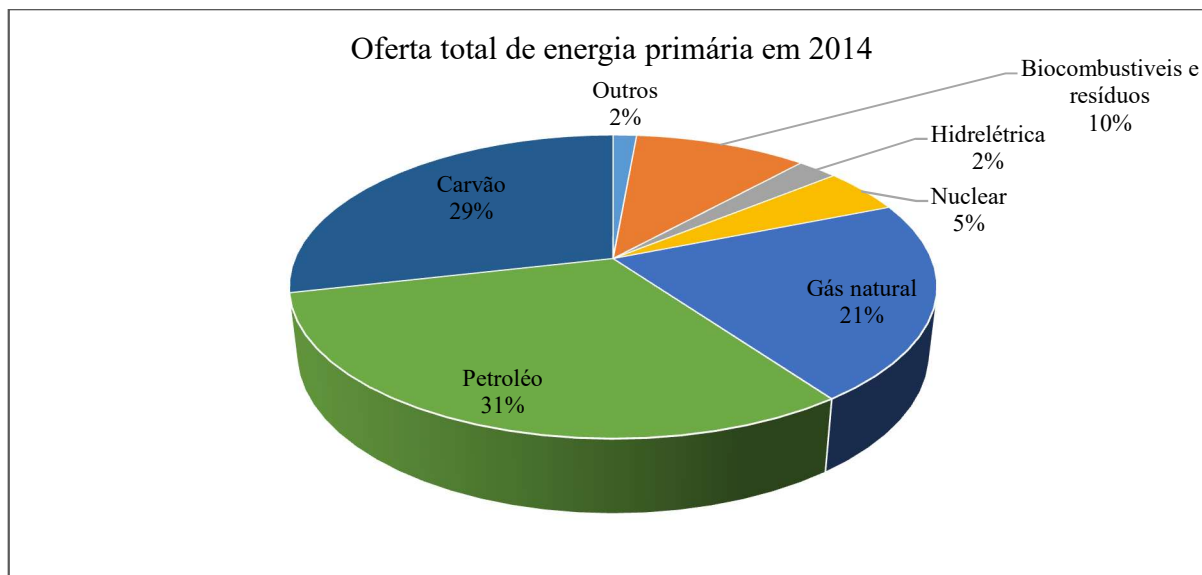
Em relação à etapa de avaliação dos riscos, Manuj e Mentzer (2008b) argumentam que as probabilidades e as consequências dos riscos precisam ser melhor estimadas. Um aspecto importante considerado por Kern *et al* (2012) é que os riscos evoluem ao longo do tempo e, sendo assim, a avaliação dos riscos precisa se adaptar e encontrar novas formas de ser realizada. Portanto, a avaliação dos riscos deve ser realizada de forma contínua pelas empresas com o objetivo de reduzir o impacto de eventos negativos e garantir a continuidade dos negócios.

Ho *et al* (2015) enfatizam que a maior parte dos estudos em gestão de riscos são realizados nas cadeias da indústria automobilística, da indústria de eletrônicos e da indústria aeroespacial. Sendo assim, avaliar os riscos presentes em um elo de uma cadeia de suprimentos da indústria de gás natural torna-se fundamental, uma vez que um novo perfil de riscos pode ser gerado para esse setor.

A indústria de gás natural possui um papel estratégico significativo como fonte de energia para o mundo devido ao seu menor impacto ambiental em comparação com as demais fontes fósseis (SANTOS, 2007). Além disso, o gás natural encontra-se na terceira posição na

matriz energética mundial, segundo dados publicados pela *International Energy Agency* (IEA) em 2016, conforme Figura 1.

Figura 1: Oferta total de energia primária em 2014



Fonte: *International Energy Agency* (2016)

Sobre o gás natural, Santos (2007) explica este é uma mistura de hidrocarbonetos leves que, em temperatura e a pressão atmosférica ambiente, permanece no estado gasoso. Além disso, encontra-se o gás natural em acumulações de rochas porosas no subsolo (terrestre ou marinho) e, frequentemente, encontra-se associado ao petróleo.

Furuoka (2016) ainda argumenta que existem três razões principais para considerar o gás natural como uma fonte de energia alternativa: a) o gás natural tende a produzir menos emissões de dióxido de carbono do que os outros combustíveis fósseis; b) o gás natural é uma fonte de energia menos controversa do que a energia nuclear e c) existe uma mudança na percepção relativa à disponibilidade do gás natural.

Diante do cenário apresentado, o presente trabalho procura responder a seguinte questão de pesquisa: **Como avaliar os riscos no elo fornecedor e produtor de uma cadeia de suprimentos da Indústria de Gás Natural?**

1.2 OBJETIVOS E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar os riscos no elo fornecedor e produtor de uma cadeia de suprimentos da indústria de Gás Natural. Como objetivos específicos têm-se, para a cadeia de suprimentos que é objeto do estudo:

- Mapear os riscos existentes no elo fornecedor e produtor com base em propostas de classificação existentes na literatura;
- Mensurar o impacto ocasionado pelos riscos encontrados no elo fornecedor e produtor analisado;
- Priorizar os riscos existentes no elo fornecedor e produtor selecionado;
- Calcular a probabilidade de ocorrência dos riscos prioritários na empresa focal levando em consideração as suas dependências.

Como delimitação, esta pesquisa refere-se ao estudo de um elo de uma cadeia de suprimentos da indústria do gás natural, sendo assim, os demais elos da cadeia não são objeto de estudo desta pesquisa.

1.3 JUSTIFICATIVA

Para alcançar a vantagem competitiva, as empresas passaram a adotar estratégias como a terceirização, as práticas enxutas e as parcerias globais (CARDOSO *et al*, 2015; GHADGE *et al*, 2013; SINGHAL; AGARWAL; MITTAL, 2011; PFOHL; KÖHLER; THOMAS, 2010; ADHITYA; SRINIVASAN; KARIMI, 2009; CHRISTOPHER, 2007; TANG, 2006b).

No entanto, essas estratégias tornam as empresas mais vulneráveis devido ao aumento da complexidade das cadeias de suprimentos, maior interação entre as diferentes organizações que constituem a cadeia de suprimentos, maior dependência entre os membros da cadeia e menor ciclo de vida dos produtos (CHRISTOPHER, 2007; LOCKAMY III; MCCORMACK, 2012; TANG; MUSA, 2011; CHOPRA; SODHI, 2014; PUNNIYAMOORTHY; THAMARAISELVAN; MANIKANDAN, 2013).

Pereira, Christopher e Silva (2014) constataram que a principal razão para o crescente número de interrupções nas cadeias de suprimentos é a complexidade das cadeias modernas, uma vez que existe um número elevado de interconexões entre as empresas. Além disso, essa

complexidade das cadeias possui influência direta sobre os riscos associados à sua gestão (PUNNIYAMOORTHY; THAMARAISELVAN; MANIKANDAN, 2013).

Nesse sentido, podem-se listar os seguintes fatores que elevam a complexidade e o risco nas cadeias: aumento da terceirização, aumento da demanda dos consumidores, dispersão geográfica da cadeia de suprimentos, acesso aos mercados em economias emergentes, eventos imprevisíveis (atos terroristas e desastres naturais), fábricas especializadas, distribuição centralizada, base de fornecedores reduzida, inovações tecnológicas, parcerias e outros tipos de relacionamentos próximos, enfoque na eficiência e não na eficácia (WIENGARTEN *et al*, 2016; CARDOSO *et al*, 2015; CERYNO; SCAVARDA; KLINGEBIEL, 2014; PFOHL; GALLUS; THOMAS, 2011; LAVASTRE; GUNASEKARAN; SPALANZANI, 2012; PETTIT; FIKSEL; CROXTON, 2010; COLICCHIA; DALLARI; MELACINI, 2010; PONOMAROV; HOLCOMB, 2009; TRKMAN; MCCORMACK, 2009; MANUJ; MENTZER, 2008a; GAONKAR; VISWANADHAM, 2007; CHRISTOPHER, 2007; NORRMAN; JANSSON, 2004; JÜTTNER; PECK; CHRISTOPHER, 2003).

Diante desse ambiente caracterizado pela complexidade, Christopher e Holweg (2011) adicionam que é preciso repensar em como as cadeias operam e, conseqüentemente, torna-se necessário criar cadeias de suprimentos que sejam adaptáveis às mudanças. Além disso, as cadeias precisam ter resiliência em seu interior, isto é, a organização deve possuir a capacidade de sobreviver, se adaptar e crescer face à mudança turbulenta (FIKSEL, 2006).

Tang e Musa (2011) afirmam que a gestão de riscos em cadeia de suprimentos (*Supply Chain Risk Management* - SCRM) se dá por meio da coordenação ou colaboração entre os membros da cadeia de suprimentos de modo a garantir o lucro, a capacidade e a continuidade de suas operações. A finalidade da SCRM é determinar, implementar e monitorar uma combinação ótima de medidas para evitar, adiar, reduzir ou transferir todos os riscos relevantes (WAGNER; BODE, 2009).

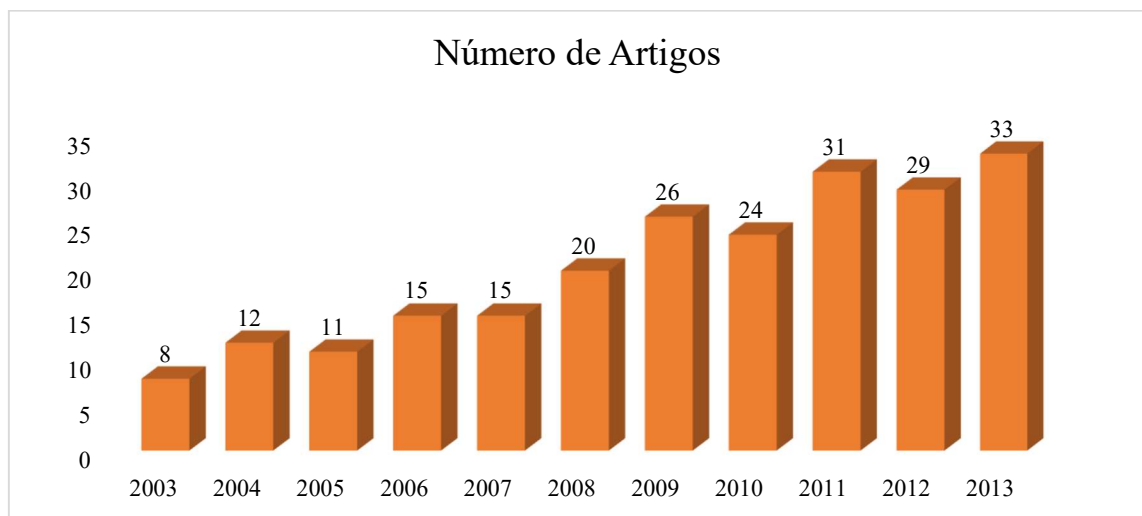
Para Colicchia e Strozzi (2012) e Wagner e Bode (2008), os aspectos de risco e gestão de riscos ganharam mais atenção no contexto da cadeia de suprimentos, tanto do ponto de vista dos profissionais como dos acadêmicos, devido ao grau de incerteza e complexidade que caracterizam as cadeias de suprimentos modernas. Assim, torna-se essencial compreender o significado do risco. Para Ghadge, Dani e Kalawsky (2012, p. 314) o risco pode ser definido como “uma exposição a um evento que provoca perturbações, afetando assim a gestão eficiente da rede”.

No que diz respeito aos estudos sobre gestão de riscos realizados em empresas brasileiras, Ceryno, Scavarda e Klingebiel (2014) destacam a falta de preparação dessas

organizações para realizar a identificação e a avaliação dos riscos, bem como selecionar estratégias de mitigação dos riscos de forma adequada. Ressalta-se que as empresas selecionadas nas pesquisas mencionadas estão expostas a riscos que podem interromper suas atividades por um longo período de tempo. À vista disso, torna-se fundamental que os gestores compreendam o objetivo e a importância da SCRM.

Outro estudo foi realizado por Ho *et al* (2015) com o objetivo de identificar os artigos de revistas internacionais relevantes que tratavam dos seguintes tópicos de gestão de riscos em cadeias de suprimentos: tipos de riscos, fatores de riscos, métodos de gerenciamento de riscos e identificação de lacunas de pesquisa no tema. A pesquisa foi realizada em diversas bases de dados, no período entre 2003 e 2013. Tal pesquisa resultou em 224 artigos de revistas relevantes dos quais 33 artigos foram publicados no ano de 2013, conforme ilustrado na Figura 2. Sendo assim, os autores mencionados concluíram que o interesse por esse tema é crescente, no entanto, ainda existem muitas lacunas de pesquisa que precisam ser preenchidas.

Figura 2: Número de artigos sobre gestão de riscos em cadeias de suprimentos



Fonte: Ho *et al* (2015)

Dessa forma, a relevância da SCRM está diretamente relacionada ao aumento da frequência e da gravidade de eventos adversos, desastres e crises. Além disso, eventos oriundos das próprias atividades da empresa podem gerar situações adversas, resultando em aumento dos custos, perdas financeiras, redução da qualidade do produto e/ou serviço oferecido e perda de reputação. Em outras palavras, a ocorrência desses diferentes eventos impacta diretamente no desempenho das cadeias de suprimentos e na sua competitividade.

Nesse sentido, Tang (2006a) relata que as interrupções em cadeias de suprimentos podem ter impacto negativo direto no desempenho financeiro das organizações. O autor cita o

caso da Ericsson, que perdeu 400 milhões de euros após um incêndio na fábrica do seu fornecedor de semicondutores no ano 2000.

Outro caso ocorreu em Taiwan em dezembro de 2006. Sobre isso, Tang e Musa (2011) relatam que um terremoto causou problemas nos cabos submarinos, desacelerando a internet e, como consequência, observou-se um tempo maior de espera dos contêineres no porto marítimo de Xangai na China, uma vez que todos os procedimentos necessitam de sistemas de informação.

Mizgier, Wagner e Jüttner (2015) citam também os eventos desastrosos que ocorreram no Japão em 2011 para demonstrar a vulnerabilidade das cadeias de suprimentos globais. Nesse contexto, Kumar e Havey (2013) relatam que nem os indivíduos nem as autoridades estavam preparadas para lidar com um desastre de tamanha magnitude, apesar de não ser imprevisível a ocorrência de um evento dessa natureza na região. Como consequência, empresas de alta tecnologia, de informática e da indústria automobilística ficaram expostas às perturbações de suas fontes de suprimentos, impactando assim, em suas operações.

Para manter a lucratividade, as cadeias de suprimentos devem ser capazes de responder rapidamente a eventos de riscos internos e externos e manter seus negócios eficientes e dinâmicos (AQLAN; LAM, 2015a). Dessa forma, à medida que os riscos nas cadeias de suprimentos aumentam, as organizações precisam desenvolver processos e capacidades logísticas que sejam capazes de fornecer uma resposta efetiva e eficiente, garantindo assim a continuidade dos negócios de acordo com o planejado (PONOMAROV; HOLCOMB, 2009).

Segundo Wu e Blackhurst (2006) é bastante difícil controlar a incerteza, contudo é possível estabelecer planos de contingência para gerenciá-la eficientemente. Pode-se dizer assim que as cadeias necessitam atuar de forma proativa, visto que é preciso proteger essas cadeias de rupturas sérias e custosas, no entanto, as soluções adotadas, em muitos casos, são aquelas mais óbvias e que minam os esforços para melhorar a eficiência em custos da cadeia de suprimentos (SODHI; CHOPRA, 2014).

Então, a gestão eficiente dos riscos pode fornecer valor aos diversos *stakeholders* de uma empresa (DANI, 2009), ou seja, pode-se melhorar o desempenho da cadeia como um todo com a implementação de um processo de gestão de riscos adequado. Sobre isso, Vanany, Zailani e Pujawan (2009) apontam que existem evidências de que as empresas que implementaram o SCRM foram capazes de atenuar os efeitos das interrupções em suas cadeias.

Entretanto, Nagali *et al* (2008) alertam que implementar a gestão de riscos não é uma tarefa simples e citam o caso da Hewlett-Packard (HP), que teve de superar diversos desafios

culturais para desenvolver e implementar um sistema de gestão de riscos para a gestão da cadeia de suprimentos.

Sendo assim, apesar de reconhecer a importância do tema abordado, muitos gestores ainda não utilizam de uma cultura de gestão de riscos. Pai *et al* (2003) ainda ressaltam que é preciso aplicar maior esforço para compreender os riscos nas indústrias e desenvolver estratégias para sustentar a robustez da cadeia de suprimentos contra qualquer interrupção potencial.

Sobre a etapa de avaliação dos riscos, Heckman, Comes e Nickel (2015) relatam que o risco é difícil de avaliar, monitorar, controlar e representar matematicamente nos modelos de decisão, no entanto, é preciso buscar formas de avaliar o risco de maneira mais adequada.

Percebe-se que os trabalhos encontrados na literatura utilizam diferentes técnicas, tanto de caráter qualitativo quanto de caráter quantitativo, para estimar a probabilidade de ocorrência dos eventos de risco e a sua respectiva severidade. Dentre essas ferramentas, pode-se citar: a simulação (DELERIS; ERHUN, 2005; SCHMITT; SINGH, 2009; VILKO; HALLIKAS, 2012; FENG, 2012; BERLE; NORSTAD; ASBJØRNSLETT, 2013; SCHUH; SCHENK; SERVOS, 2015), a análise de árvore de falhas e de eventos (CIGOLINI E ROSSI, 2010), AHP/ANP (WU; BLACKHURST; CHIDAMBARAM, 2006; GAUDENZI; BORGHESI, 2006; SCHOENHERR; TUMMALA; HARRISON, 2008; XIA; CHEN, 2011; FUNO *et al*, 2011; RADIVOJEVIĆ; GAJOVIĆ, 2014), mínimos quadrados parciais (KERN *et al*, 2012), redes Bayesianas (LOCKAMY III; MCCORMACK, 2010; AMUNDSON *et al*, 2014; GARVEY; CARNOVALE; YENIYURT, 2015; FAZLI; MAVI; VOSOOGHIDIZAJI, 2015; MUCHFIRODIN; GURITNO; YULIANDO, 2015) e FMEA/FMECA (PUJAWAN; GERALDIN, 2009; TUNCEL; ALPAN, 2010; BRADLEY, 2014; LAVASTRE; GUNASEKARAN; SPALANZANI, 2014).

Sobre a utilização dessas ferramentas, Qazi, Quigley e Dickson (2015) identificaram, por meio de uma revisão sistemática da literatura, que a maior parte dos artigos que tratam sobre a gestão de riscos no contexto da cadeia de suprimentos é baseada em metodologias qualitativas e, dessa forma, existe a necessidade de realizar novas pesquisas com técnicas quantitativas e híbridas.

Corroborando com essa visão, Ho *et al* (2015) ainda adicionam que, apesar do número crescente de pesquisas em gestão de riscos em cadeias de suprimentos, a maior parte delas é de natureza teórica. Consequentemente, existe a necessidade de validar empiricamente os modelos e métodos propostos.

Dessa forma, esta pesquisa mostra-se relevante por tratar de um tema ainda repleto de lacunas que podem ser exploradas. Primeiro, trata-se de uma pesquisa empírica e, além disso, a pesquisa utilizou o método AHP, a simulação Monte Carlo e o Teorema de Bayes para avaliar os riscos no elo de uma cadeia da indústria de gás natural, visto que existe grande dificuldade em efetuar a avaliação dos riscos devido à complexidade e à falta de um consenso a respeito do tema.

Sobre o gás natural, Abreu (2003) ainda explica que as vantagens de o utilizar são subdivididas nas seguintes categorias: vantagens macroeconômicas, vantagens ambientais e vantagens diretas para o usuário, conforme Quadro 1.

Quadro 1: Vantagens da utilização do gás natural

Vantagens macroeconômicas	• Diversificação da matriz energética;
	• Disponibilidade ampla, crescente e dispensa;
	• Fontes de importação regional;
	• Desafogo dos sistemas de transporte rodo-ferro-hidroviário;
	• Atração de capitais externos de risco;
	• Melhoria do rendimento energético;
	• Maior competitividade das indústrias;
	• Geração de energia elétrica junto aos centros de consumo.
Vantagens ambientais	• Baixíssima presença de contaminantes;
	• Combustão mais limpa;
	• Não emissão de particulados (cinzas);
	• Não exige tratamento dos gases de combustão;
	• Rápida dispersão de vazamentos;
Vantagens diretas para o usuário	• Emprego em veículos automotivos.
	• Fácil adaptação das instalações existentes;
	• Não investimento em armazenamento e menor uso de espaço;
	• Menor corrosão dos equipamentos e menor custo de manutenção;
	• Menor custo das instalações;
	• Combustão facilmente regulável;
	• Elevado rendimento energético;
	• Admite grande variação do fluxo;
	• Pagamento após o consumo;
	• Menos prêmios de seguro;
	• Custo bastante competitivo com outras alternativas.

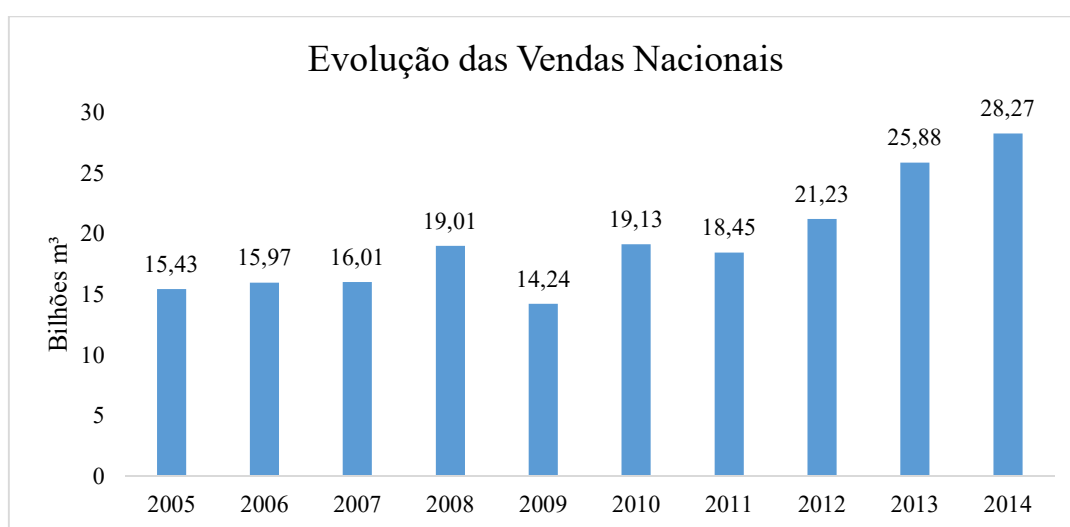
Fonte: Abreu (2003)

De acordo com anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis (2015), disponibilizado pela Agência Nacional do Petróleo (ANP), o ranking global de maiores produtores de gás natural compreende, em primeiro lugar, os Estados Unidos com 728,3 bilhões de m³ (21% do total mundial) e, em segundo lugar, a Rússia, com 578,7 bilhões de m³ (16,7% do total mundial). O Brasil se situou na 31^a posição no ranking mundial de produtores de gás natural, com produção de 20 bilhões de m³.

O mesmo anuário ainda apresenta que, no ano de 2014, o Brasil registrou alta de 6,3%, totalizando 39,6 bilhões de m³, e ocupou a 24ª posição no ranking de maiores consumidores de gás natural. E, dentre as regiões Brasileiras, a Sudeste é a maior consumidora de gás natural no país, responsável por 62,8% de todo o volume comercializado.

Nesse contexto, a Figura 3 destaca o crescimento significativo das Vendas Nacionais, pelos produtores, de Gás Natural no período de 2005 a 2014. Pode-se perceber que o aumento é de mais de 10 bilhões de m³ de gás natural em um período menor que dez anos.

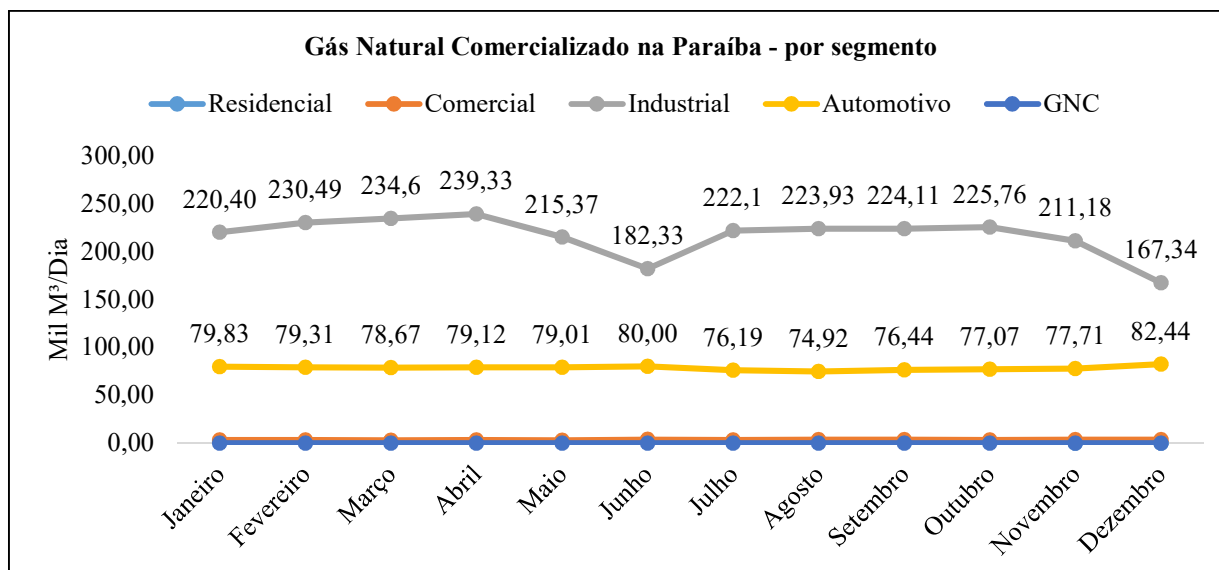
Figura 3: Vendas Nacionais, pelos produtores, de Gás Natural



Fonte: Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2015)

No que diz respeito ao Estado da Paraíba, a Figura 4 apresenta os dados de consumo de gás referentes ao ano de 2015 subdivididos por segmento de consumo. Percebe-se assim que o segmento industrial consome cerca de 70% do total de gás natural comercializado no Estado do Paraíba, enquanto que o segmento residencial, comercial e GNC possuem pouca participação no total de gás comercializado. Sendo assim, a relevância do segmento Industrial é notável e, por isto, a pesquisa será realizada neste segmento específico.

Figura 4: Volume de Gás Natural Comercializado na Paraíba – por segmento



Fonte: Dados fornecidos pela concessionária de gás natural na Paraíba (2017)

No entanto, a utilização do gás natural possui também seus riscos e, dessa forma, torna-se essencial identificá-los e avaliá-los. Sendo assim, percebe-se que o tema abordado é do interesse dos gestores das organizações, pois o risco está diretamente associado com perdas financeiras e de reputação.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em mais quatro capítulos. O segundo capítulo apresenta o aporte teórico utilizado neste trabalho e divide-se em: conceitos de cadeia de suprimentos e de gestão da cadeia de suprimentos, a cadeia de suprimentos resiliente e gestão de riscos em cadeias de suprimentos, que, por sua vez, é subdividido em: etapas da gestão de riscos e as diferentes ferramentas utilizadas para realizar a avaliação dos riscos.

O terceiro capítulo apresenta os procedimentos metodológicos e está dividido nas seguintes partes: a primeira parte diz respeito à classificação da pesquisa, a segunda discursa sobre o método estudo de caso, a terceira disserta sobre a estrutura conceitual teórica adotada e, por último, a quarta parte trata das etapas metodológicas seguidas neste trabalho.

O quarto capítulo expõe os resultados alcançados com a pesquisa e subdivide-se em: caracterização da empresa focal selecionada e de suas principais clientes industriais estudadas, identificação dos riscos nas organizações, impacto dos riscos identificados inicialmente,

priorização dos riscos que são mais críticos para as empresas envolvidas na pesquisa e, por último, mensuração da probabilidade de ocorrência dos riscos.

O quinto capítulo apresenta as considerações finais do estudo, ressaltando também as limitações encontradas no desenvolvimento da pesquisa, as contribuições teóricas e práticas visualizadas a partir deste estudo e as sugestões para o desenvolvimento de pesquisas futuras. Na sequência estão as referências bibliográficas utilizadas e os Apêndices elaborados para esta pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os principais aspectos teóricos relacionados ao tema desta pesquisa. Inicialmente, os principais conceitos são apresentados, abrangendo assim as definições de cadeia de suprimentos e gestão da cadeia de suprimentos.

Em seguida, o capítulo expõe os aspectos principais de uma cadeia de suprimentos resiliente. Por último, apresenta-se a origem da gestão de riscos em cadeias de suprimentos, a sua importância no cenário competitivo atual, bem como as etapas do processo de gestão de riscos. Ressalta-se que o foco deste trabalho reside nas duas primeiras etapas do processo de gestão de riscos e, sendo assim, os diferentes tipos de riscos existentes na literatura são apresentados, bem como as principais ferramentas para identificar e avaliar os riscos nas cadeias de suprimentos.

2.1 CADEIA DE SUPRIMENTOS

As relações estabelecidas entre fornecedores e compradores são consideradas antigas, entretanto, Blanchard (2010) constata que a ideia moderna de cadeia de suprimentos é bastante recente, pois baseia-se nos conceitos de colaboração e comprometimento entre os membros da cadeia.

Corroborando com essa visão, Christopher (2007) complementa que o relacionamento entre fornecedor e comprador deve fundamentar-se na parceria, visto que cada vez mais empresas descobrem as vantagens de buscar relacionamentos de longo prazo e mutuamente benéficos com os fornecedores. Portanto, o conceito de cadeia de suprimentos enfatiza a importância do relacionamento com fornecedores e clientes.

Nesse contexto, o Quadro 2 apresenta as diversas definições encontradas na literatura para cadeia de suprimentos. Pode-se observar que os conceitos destacam que uma cadeia de suprimentos considera todas as entidades envolvidas desde a extração da matéria-prima até que um determinado produto/serviço alcance o consumidor final. Observa-se também que, dentre as definições expostas, apenas as fornecidas por Corominas (2013) e por Corominas *et al* (2015) enfatizam as questões relacionadas à recuperação ou reutilização de materiais.

Quadro 2: Definições de cadeia de suprimentos

Definição	Autor
Uma cadeia de suprimentos engloba todos os estágios envolvidos, direta ou indiretamente, no atendimento de um pedido a um determinado cliente. A cadeia de suprimentos não inclui apenas fabricantes e fornecedores, mas também transportadoras, depósitos, varejistas e os próprios clientes.	Chopra e Meindl (2003)
Uma cadeia de suprimentos é uma rede de conexões de materiais, informações e processos de serviços com características de abastecimento, transformação e demanda.	Chen e Paulraj (2004)
Uma cadeia de suprimentos é uma rede de organizações conectadas e interdependentes, trabalhando conjuntamente, em regime de cooperação mútua, para controlar, gerenciar e aperfeiçoar o fluxo de matérias-primas e informação dos fornecedores para os clientes.	Christopher (2007)
Uma cadeia de suprimentos pode ser entendida como todas as entidades e atividades necessárias para entregar produtos finais aos clientes finais – englobando aquisição, transporte, armazenamento, conversão, embalagem, etc.	Adhitya, Srinivasan e Karimi (2009)
Uma cadeia de suprimentos é uma rede de companhias autônomas, ou semiautônomas, que são efetivamente responsáveis pela obtenção, produção e liberação de um determinado produto e/ou serviço ao cliente final.	Pires (2009)
A cadeia de suprimentos (também chamada de rede logística) consiste em fornecedores, centros de produção, depósitos, centros de distribuição, varejistas, além das matérias-primas, estoques de produtos em processo e produtos acabados que se deslocam entre as instalações.	Simchi-Levi, Kaminsky e Simchi-Levi (2010)
Uma cadeia de suprimentos representa uma rede coordenada de organizações interagindo para fornecer um produto ou serviço a um consumidor final.	Lockamy III e McCormack (2012)
Uma cadeia de suprimentos é uma rede de entidades que colaboram a fim de obter, entregar e talvez recuperar um produto ou um conjunto de produtos.	Corominas (2013)
Uma cadeia de suprimentos compreende uma série de atividades e organizações através do qual materiais e informações movimentam-se até o cliente final.	Vilko, Ritala e Edelmänn (2014)
A cadeia de suprimentos é uma rede cujos nós são entidades que cooperam para fornecer produtos ou serviços aos clientes e, quando apropriado, para recuperar, tratar e reutilizar esses produtos totalmente ou parcialmente.	Corominas <i>et al</i> (2015)

Fonte: Elaboração própria (2017)

Buscando competir no mercado atual, as organizações passaram a empenhar seus esforços na formação de cadeias globais para usufruir de oportunidades como a redução de custos, devido ao acesso à mão de obra e matéria prima com valor mais baixo, uma vez que os diferentes componentes e materiais podem ser fornecidos por empresas localizadas em qualquer lugar do mundo.

Essa globalização das cadeias de suprimentos aumentou a sua complexidade e, sobre isso, Ghadge *et al* (2013) argumentam que a complexidade na cadeia pode ser compreendida como uma condição que as acometem em função da associação de inúmeras entidades inter-relacionadas e interdependentes em um sistema de cadeia utilizando processos interconectados.

Como consequência, o foco deixou de ser apenas a empresa focal e deve ser adotada uma perspectiva de todo o sistema com a finalidade de aumentar o valor para todos os membros da cadeia e efetivamente lidar com a complexidade dessas redes modernas (COLICCHIA; STROZZI, 2012).

Sendo assim, todas as organizações que compõem a cadeia de suprimentos são responsáveis pela criação de valor e, portanto, todos os membros da cadeia tentam oferecer aos clientes produtos confiáveis, de alta qualidade, no momento oportuno e com baixo custo (ABOLGHASEMI; KHODAKARAMI; TEHRANIFARD, 2015).

2.2 GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Define-se SCM como a integração dos processos de negócios desde o usuário final até os fornecedores originais (primários) que providenciam produtos, serviços e informações que adicionam valor para os clientes e *stakeholders* (LAMBERT; COOPER; PAGH, 1998; PIRES, 2009).

Lambert e Cooper (2000) enfatizam que gerenciar a cadeia de suprimentos desde o ponto de origem é uma tarefa extremamente árdua devido aos múltiplos relacionamentos existentes em uma cadeia.

É possível encontrar na literatura diversas outras definições para a gestão da cadeia de suprimentos. Nesse sentido, Stock e Boyer (2009) realizaram uma revisão de 173 conceitos sobre esse tema para estabelecer um conceito mais abrangente e que pudesse ser adotado como um consenso para a literatura. Sendo assim, Stock e Boyer (2009, p. 706) definem SCM como:

A gestão de uma rede de relacionamentos dentro da firma e entre organizações interdependentes e unidades de negócios consistindo em fornecedores de materiais, compras, instalações de produção, logística, marketing e sistemas relacionados que facilitam o fluxo direto e reverso de materiais, serviços, finanças e informações do fornecedor original para o consumidor final com os benefícios de agregação de valor, maximizando a lucratividade através de ganhos de eficiência e alcançar a satisfação do cliente.

Gimenez e Ventura (2005) argumentam que a efetiva gestão da cadeia de suprimentos requer coordenação, cooperação, colaboração e integração entre as diversas organizações que compõem a cadeia.

Nesse contexto, Wiengarten *et al* (2016) relatam que a integração dos processos com fornecedores e clientes permite que as organizações aprimorem seus mecanismos de troca de informações, o que leva à melhoria no fluxo de materiais ao longo da cadeia de suprimentos. Além disso, Durowoju, Chan e Wang (2012) enfatizam que a tecnologia da informação (TI) tem sido utilizada amplamente para maximizar a eficiência e efetividade das operações e, dessa forma, a TI pode ser considerada como um veículo para integração interna e externa.

Kim (2006) ainda aponta que o objetivo da cadeia de suprimentos é aumentar o desempenho competitivo de uma rede através da integração das áreas funcionais de uma organização e através da efetiva conexão entre essas diferentes áreas com as operações externas com fornecedores, consumidores e outros membros da rede. No entanto, tal integração pode resultar em vulnerabilidades na cadeia de suprimentos como um todo, uma vez que passa a existir maior dependência entre as organizações que compõem a cadeia de suprimentos.

Como resultado da implementação da gestão da cadeia de suprimentos, as organizações buscam alcançar diversos benefícios, tais como: redução do nível de estoques, melhor serviço de entrega, melhoria na qualidade do produto, melhoria também no serviço prestado ao cliente e ciclos mais curtos de desenvolvimento de produto (COROMINAS, 2013; STOCK; BOYER, 2009; FAWCETT; MAGNAN; MCCARTER, 2008). De forma geral, Stock e Boyer (2009) citam que os benefícios incluem a satisfação do consumidor, a criação de valor e a eficiência.

Apesar da possibilidade de atingir os benefícios mencionados anteriormente, as organizações enfrentam dificuldades para estabelecer parcerias de longo prazo devido a fatores como a aversão à mudança, a falta de confiança, a ausência de disponibilidade para colaborar e a cultura organizacional existente (FAWCETT; MAGNAN; MCCARTER, 2008).

Diante dessas dificuldades, Sweeney, Grant e Mangan (2015) buscaram identificar os elementos constituintes da gestão da cadeia. Como resultado, os autores apontam os seguintes elementos essenciais:

- Definição de objetivos da gestão da cadeia de suprimentos (em relação ao atendimento ao cliente e aos resultados financeiros). Sendo assim, os principais objetivos, da perspectiva da SCM são: atender ou exceder os níveis de serviço ao cliente nos mercados e otimizar o custo total da cadeia de suprimentos;
- A filosofia da gestão da cadeia de suprimentos: Deve fundamentar-se na configuração da cadeia de suprimentos de forma integrada;
- A gestão dos fluxos da cadeia de suprimentos (fluxo de material, financeiro e informação): Os diferentes fluxos devem ser gerenciados e integrados de forma holística ao longo da cadeia;
- Os relacionamentos da cadeia de suprimentos (com relação específica a sua criação e gestão): Deve ressaltar a importância dos relacionamentos estabelecidos na cadeia inteira.

Entretanto, Christopher e Holweg (2011) enfatizam que as ideias e práticas da gestão da cadeia de suprimentos, citadas anteriormente, surgiram em um período de relativa estabilidade,

ou seja, o ambiente não era considerado turbulento e, por isso, as cadeias foram projetadas para buscar a eficiência. Como resultado, essas cadeias não possuem a capacidade de se adaptar rapidamente às mudanças no mercado e às condições do ambiente.

Entretanto, o ambiente atual é muito mais turbulento, sendo assim, é preciso desenvolver formas de lidar com a turbulência na cadeia de suprimentos através da mudança de paradigma da busca tradicional por eficiência para a criação de estruturas de cadeias de suprimentos mais adaptáveis.

Dessa forma, a busca por bons resultados no curto prazo e por redução constante dos custos para competir no mercado são características de uma cadeia de suprimentos eficiente, que visualiza a turbulência apenas como uma ameaça. Diferentemente, a cadeia de suprimentos adaptável visualiza a turbulência como inevitável devido ao cenário competitivo atual e, por isso, as cadeias devem desenvolver novas habilidades e utilizar ferramentas distintas para aumentar a sua flexibilidade (CHRISTOPHER; HOLWEG, 2011).

Pode-se dizer que as cadeias de suprimentos modernas são consideradas eficientes em ambientes estáveis, no entanto, são vulneráveis aos diversos tipos de riscos existentes no ambiente turbulento atual.

Por conseguinte, percebe-se que as cadeias de suprimentos envolvem muitas oportunidades de obter benefícios, no entanto, elas também envolvem incertezas e riscos que os gestores precisam enfrentar (FAZLI; MAVI; VOSOOGHIDIZAJI, 2015).

Em suma, diante do cenário atual, a gestão da cadeia de suprimentos exige uma abordagem muito mais proativa, estratégica e corporativa, interagindo com outras organizações em toda a cadeia de suprimentos com a finalidade de alcançar a vantagem competitiva sustentável por meio de estratégias mais ágeis, eficientes, resilientes e focadas nos clientes (ZSIDISIN; RITCHIE, 2009).

2.3 A CADEIA DE SUPRIMENTOS RESILIENTE

Com a crescente ênfase na globalização e na terceirização de processos empresariais, há um esforço maior para compreender e lidar com as vulnerabilidades da cadeia de suprimentos (GOH; LIM; MENG, 2007). A vulnerabilidade é um conceito que pode ser utilizado para caracterizar a falta de robustez ou resiliência na cadeia de suprimentos (ASBJØRNSLETT, 2009). Nesse contexto, Pereira, Christopher e Silva (2014) alertam que para reduzir a vulnerabilidade, é preciso aumentar a flexibilidade das cadeias.

O fenômeno da resiliência na cadeia de suprimentos surgiu na literatura no início dos anos 2000 após a ocorrência de grandes perturbações, como os ataques terroristas de 11 de setembro, uma vez que causaram um enorme impacto na economia global (HOHENSTEIN *et al*, 2015).

Dessa maneira, é preciso compreender o conceito de resiliência, enfatizado pelos autores da área de gestão de riscos, pois este não pode ser confundido com robustez ou responsividade, entretanto, ainda não existe na literatura um consenso a respeito da definição de resiliência (KAMALAHMADI; PARAST, 2016; HOHENSTEIN *et al*, 2015; AMBULKAR; BLACKHURST; GRAWE, 2015; BLACKHURST; DUNN; CRAIGHEAD, 2011; PONOMAROV; HOLCOMB, 2009).

A resiliência pode ser entendida como a capacidade de um sistema retornar ao seu estado original ou mover-se para um novo estado mais desejável, após sofrer alguma ruptura (CHRISTOPHER; PECK, 2004). No entanto, Ponomarov e Holcomb (2009) enfatizam que a resiliência é mais que apenas uma recuperação e isto implica em um certo nível de flexibilidade e habilidade para adaptar-se às influências negativas e positivas do ambiente em que as organizações estão inseridas. Além disso, os autores mencionam que a resiliência é também considerada como uma fonte distintiva de vantagem competitiva sustentável.

A partir da compreensão que a resiliência é um conceito multidimensional e multidisciplinar, Ponomarov e Holcomb (2009) conceituam a resiliência na cadeia de suprimentos como a capacidade de adaptação da cadeia para se preparar para eventos inesperados, responder e se recuperar de perturbações, mantendo assim a continuidade de suas operações em um nível desejado.

Blackhurst, Dunn e Craighead (2011) definem a resiliência como a habilidade de uma organização de se recuperar de uma ruptura na cadeia de suprimentos rapidamente.

De outra maneira, Jüttner e Maklan (2011) estabelecem que a resiliência é a habilidade que algumas cadeias de suprimentos possuem de se recuperar de eventos de riscos inevitáveis de forma mais eficaz do que outras cadeias.

Brandon-Jones *et al* (2014) conceituam a resiliência como a capacidade de uma cadeia de suprimentos de retornar ao seu desempenho normal de operação, dentro de um período de tempo aceitável, depois da ocorrência de uma perturbação.

Ainda sobre a definição de resiliência, Ambulkar, Blackhurst e Grawe (2015) a conceituam como a capacidade da organização de permanecer alerta, de se adaptar e responder rapidamente às mudanças trazidas por uma ruptura na cadeia de suprimentos.

Levando em consideração as definições apresentadas, a resiliência deve ser considerada como uma exploração proativa, estruturada e integrada dos recursos dentro da cadeia de suprimentos para lidar com eventos imprevistos (COLICCHIA; STROZZI, 2012), entretanto, Jüttner e Maklan (2011) argumentam que a resiliência se fundamenta na suposição de que nem todos os eventos de risco potenciais podem ser evitados. Entre esses eventos, pode-se citar, por exemplo, o furacão Katrina (2005) e o terremoto no Japão (2011).

A resiliência é um dos elementos fundamentais da gestão de riscos em cadeias de suprimentos. Os inúmeros relacionamentos existentes em uma cadeia de suprimentos e o alto grau de interconexão entre as diversas organizações permitem que um determinado evento de risco se propague rapidamente ao longo da cadeia.

Consequentemente, a velocidade e o sucesso com que uma determinada organização se recupera de uma perturbação dependem diretamente das escolhas que seus gestores efetuam. Nesse contexto, pode-se citar o caso da Nokia e da Ericsson diante da ocorrência de um incêndio em um de seus fornecedores essenciais. A Nokia realizou uma série de intervenções imediatas para minimizar os efeitos desse evento, enquanto que a Ericsson adotou uma posição de “esperar para ver” (HECKMAN; COMES; NICKEL, 2015; MACDONALD; CORSI, 2013).

Como resultado, a Ericsson sofreu profundamente com o impacto desse evento inesperado, ao passo que a Nokia foi capaz de adquirir fornecedores de *backup* e capacidades de produção alternativas. Pode-se dizer assim que a Nokia foi capaz de se recuperar de forma rápida e eficiente devido à postura adotada (HECKMAN; COMES; NICKEL, 2015; MACDONALD; CORSI, 2013).

À vista disso, pode-se dizer que as cadeias de suprimentos resilientes são capazes de fornecer uma resposta eficiente após a ocorrência de um determinado evento perturbador (PONOMAROV; HOLCOMB, 2009). Dessa forma, a resiliência permite que as organizações sejam capazes de continuar entregando seus produtos e/ou serviços aos consumidores finais (AMBULKAR; BLACKHURST; GRAWE, 2015).

No entanto, a dificuldade das organizações reside no processo de desenvolvimento da resiliência. Nesse contexto, Ambulkar, Blackhurst e Grawe (2015) argumentam que existem poucas pesquisas que buscam compreender os fatores que auxiliam as organizações a desenvolver a resiliência.

De forma abrangente, Pereira, Christopher e Silva (2014) enumeram os principais fatores facilitadores e as principais barreiras para criar a resiliência na cadeia de suprimentos, conforme disposto no Quadro 3.

Quadro 3: Facilitadores e Barreiras para a Resiliência

Facilitadores	Barreiras
Flexibilidade	Complexidade
Redundância	Fraqueza Financeira
Visibilidade	Falta de Capacidade
Agilidade	Falta de colaboração
Colaboração	Falta de coordenação e controle
Integração	Falta de informação
Compartilhamento de informações	Falta de Integração
Força financeira	Falta de Flexibilidade
Coordenação e Controle	Falta de Conhecimento
Confiança	Falta de Visibilidade
Projeto da Cadeia de Suprimentos	Falta de Confiança
Gestão de riscos	Longos <i>lead times</i>
Conhecimento da empresa	Longas distâncias
Alinhamento	
Velocidade e Aceleração	

Fonte: Pereira, Christopher e Silva (2014)

Corroborando com essa realidade, Hohenstein *et al* (2015) destacam que os elementos críticos para desenvolver a resiliência na cadeia de suprimentos são: flexibilidade, redundância, colaboração, visibilidade, agilidade e fornecimento múltiplo, no entanto, não existe ainda na literatura um consenso a respeito desses elementos.

Kamalahmadi e Parast (2016) ainda consideram que existem outros aspectos importantes que colaboram para o desenvolvimento da resiliência, sendo eles:

- Dinamicidade, que enfatiza a habilidade da empresa de responder às mudanças;
- Dependência nos indivíduos;
- Possuir conhecimento sobre o ambiente e as tendências de mudança deste ambiente;
- Sobrevivência, adaptação e capacidade responsiva;
- Flexibilidade e capacidade de inovação.

Percebe-se assim que as organizações devem possuir determinadas capacidades organizacionais e, além disso, devem possuir recursos que permitam enfrentar situações inesperadas.

Diante do exposto, pode-se dizer que o desafio atual é gerenciar e mitigar os riscos por meio da criação de cadeias de suprimentos mais resilientes, no entanto, Cardoso *et al* (2015) ressaltam que é preciso equilibrar os custos de adquirir as capacidades operacionais necessárias

para lidar com as rupturas com os níveis aceitáveis de resiliência. Corroborando com essa realidade, Christopher e Holweg (2011) enfatizam que a resiliência causa custo adicional, assim como um maior custo de coordenação.

Outro conceito importante na literatura é a responsividade, que está relacionada com a capacidade de atender às necessidades dos clientes rapidamente a mudanças na demanda em termos de volume e *mix* de produtos (CARDOSO *et al*, 2015). E a robustez é a capacidade da cadeia de suprimentos de manter a eficácia para todas as situações futuras plausíveis (KLIBI; MARTEL; GUITOUNI, 2010; CARDOSO *et al*, 2015). Em síntese, sistemas robustos têm a habilidade de resistir, enquanto que os sistemas resilientes possuem a habilidade de se adaptar (WIELAND, 2013; ASBJØRNSLETT, 2009).

Sobre a cadeia de suprimentos resiliente, Kamalahmadi e Parast (2016) explicam que os princípios propostos por Christopher e Peck (2004) são bastante utilizados na literatura, uma vez que são considerados como base para o entendimento da resiliência na cadeia de suprimentos.

Assim, os princípios propostos por Christopher e Peck (2004) são:

a) A reengenharia da cadeia de suprimentos

As cadeias de suprimentos são projetadas para alcançar a otimização dos custos e/ou a satisfação do cliente e, dessa forma, a busca pela resiliência não é considerada como um dos objetivos primários na concepção das cadeias de suprimentos. À medida que as cadeias estão mais propensas aos riscos, esse paradigma precisa ser modificado, isto é, deve-se refletir também sobre a busca pela resiliência (CHRISTOPHER; PECK, 2004).

Os fatores que devem ser considerados para a reengenharia da cadeia são: i) a compreensão da cadeia de suprimentos, ou seja, é necessário compreender a rede que conecta os membros da cadeia; ii) a estratégia para a base de fornecimento e iii) projetar princípios para a resiliência na cadeia de suprimentos por meio da seleção de estratégias que mantenham diferentes opções abertas e também realizando uma análise baseada no *trade-off* eficiência-redundância.

Kamalahmadi e Parast (2016) relatam que as práticas de flexibilidade e redundância são discutidas amplamente na literatura e são associadas ao fenômeno da resiliência. Nesse contexto, Pereira, Christopher e Silva (2014) argumentam que a falta de flexibilidade é considerada uma das principais barreiras para a criação da resiliência na cadeia, pois dificulta o fluxo de fabricação e de entrega dos produtos.

Outra forma de alcançar a resiliência é por meio da criação de redundância ao longo da cadeia como ter múltiplos fornecedores, estoques de segurança e estabelecer planos de

continuidade do fornecimento, por exemplo (KAMALAHMADI; PARAST, 2016; HOHENSTEIN *et al*, 2015).

b) A colaboração na cadeia de suprimentos

Um alto nível de colaboração na cadeia de suprimentos pode auxiliar significativamente a mitigar os riscos e, além disso, a troca de informações entre os diferentes membros da cadeia pode auxiliar a reduzir a incerteza (CHRISTOPHER; PECK, 2004).

No entanto, a prática de compartilhar informações entre os diferentes membros que compõem a cadeia é pouco aplicada, resultando assim em pouca visibilidade tanto a montante quanto a jusante da cadeia. A dificuldade para compartilhar informações relaciona-se com a falta de confiança entre as organizações.

c) A agilidade

A agilidade pode ser definida como a habilidade de responder rapidamente às mudanças inesperadas na demanda e no suprimento e considera-se que a chave para a resposta ágil é a presença de parceiros ágeis tanto a montante quanto a jusante da empresa focal (CHRISTOPHER; PECK, 2004).

Os dois elementos básicos da agilidade são: a visibilidade e a velocidade. A visibilidade permite, por exemplo, visualizar os estoques ao longo da cadeia, as condições de demanda e suprimento, o cronograma de produção e de compras. Enquanto que a velocidade está relacionada com a rapidez que a cadeia pode reagir às mudanças na demanda. Jüttner e Maklan (2011) explicam que a velocidade em um evento de risco determina a perda que ocorre por unidade de tempo. E os três fundamentos básicos da velocidade são: processos simplificados, redução dos tempos de entrada e redução dos tempos das atividades que não agregam valor.

d) A criação de uma cultura de gestão de riscos

Essa cultura deve estender-se além das fronteiras do risco corporativo e da gestão da continuidade dos negócios, resultando na gestão da continuidade da cadeia de suprimentos. Para isso, deve existir o envolvimento e o comprometimento dos líderes da organização (CHRISTOPHER; PECK, 2004).

Corroborando com esse ponto de vista, Kamalahmadi e Parast (2016) adicionam que, por meio de uma revisão da literatura, foi possível identificar que a liderança e a inovação são os aspectos da cultura organizacional que são relacionados à resiliência e, portanto, devem ser considerados pelas organizações modernas que possuem como objetivo crescer e prosperar no mercado competitivo.

Em síntese, para alcançar a resiliência ao longo da cadeia de suprimentos é preciso empreender ações tanto no âmbito interno da organização como de toda a rede envolvida.

2.4 GESTÃO DE RISCOS EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS

As cadeias de suprimentos modernas estão mais sujeitas às vulnerabilidades e riscos devido a diversos fatores, tais como: a globalização, aumento da complexidade e da competitividade e a ocorrência de eventos de risco internos e externos (AQLAN; LAM, 2015a). Sendo assim, as organizações precisam empenhar esforços para compreender e lidar com essas vulnerabilidades que permeiam a cadeia de suprimentos.

Sobre a complexidade na cadeia de suprimentos, Bode e Wagner (2015) argumentam que existe um consenso geral de que as cadeias se tornaram cada vez mais complexas nas últimas décadas e caracteriza essa complexidade como um fenômeno multifacetado e multidimensional.

Na literatura, os termos risco e incerteza são usados frequentemente de forma intercambiável, no entanto, esses termos não possuem significados iguais (VILKO; RITALA; EDELMANN, 2014; COLICCHIA; STROZZI, 2012; DANI, 2009; MANUJ; MENTZER, 2008a; RITCHIE; BRINDLEY, 2007). A diferença básica entre esses dois termos é que o risco é algo mensurável, enquanto que a incerteza não é quantificável e as probabilidades dos possíveis resultados não são conhecidas (CÔRREA, 2010; DANI, 2009). Ressalta-se ainda que as empresas devem levar em consideração os riscos de todos os membros que compõem a cadeia a fim de garantir a continuidade de suas operações.

No que diz respeito à incerteza, Trkman e McCormack (2009) explicam que as fontes de incerteza podem ser separadas em duas categorias: incerteza endógena e incerteza exógena. No que concerne à incerteza endógena, os autores explicam que essa fonte de incerteza é interna à cadeia de suprimentos e que pode levar a mudanças nos relacionamentos entre a empresa focal e seus fornecedores. Sendo assim, os autores mencionados argumentam que a incerteza endógena pode ser minimizada por meio de um relacionamento proativo com os fornecedores (utilizando o compartilhamento de informações, desenvolvimento do relacionamento e outros).

Enquanto que a fonte de incerteza exógena é externa à cadeia e pode ser dividida em: eventos discretos (ataques terroristas, doenças contagiosas, desastres naturais) e riscos contínuos (taxa de inflação e alterações dos índices de preços ao consumidor). De forma geral, esta fonte de incerteza não pode ser reduzida, no entanto, uma estrutura apropriada da cadeia de suprimentos pode habilitar a resiliência (TRKMAN; MCCORMACK, 2009).

No que se refere ao risco, é possível verificar que existem diversas definições para esse termo no contexto da cadeia de suprimentos, conforme descrito no Quadro 4. Observa-se que a maior parte das definições apresentadas tratam o risco como um evento negativo que pode trazer

consequências para as operações da cadeia como um todo. Entretanto, Pfohl, Kohler e Thomas (2010) argumentam que o risco pode oferecer oportunidades e benefícios para a organização, ou seja, o risco nem sempre pode ser considerado como algo negativo.

Quadro 4: Definições de risco em cadeias de suprimentos

Definição	Autor
A variação potencial de resultados que influenciam no decréscimo de valor agregado em qualquer célula de atividade em uma cadeia.	Bogataj e Bogataj (2007)
O risco pode ser entendido como um desvio negativo em relação ao valor esperado de uma determinada medida de desempenho, resultando em consequências indesejáveis para a empresa focal.	Wagner e Bode (2008)
Risco é definido como o potencial impacto negativo que pode surgir de uma situação adversa. Essa situação adversa é a interrupção das operações da cadeia de suprimentos.	Adhitya, Srinivasan e Karimi (2009)
Risco em redes de suprimento está associado à possibilidade de um evento indesejado ocorrer e seu consequente impacto na consecução do objetivo amplo da gestão de redes de suprimentos, que é o de conciliar suprimento e demanda.	Corrêa (2010)
O risco na cadeia de suprimento é definido como um evento que afeta negativamente as operações da cadeia de suprimentos e, conseqüentemente, afeta também o seu desempenho esperado, tais como: níveis de serviço e capacidade de resposta, assim como o custo.	Tummala e Schoenherr (2011)
Risco na cadeia de suprimentos refere-se aos riscos relacionados a interrupções nos diferentes fluxos dentro da rede (bens, informações e financeiro), bem como as redes sociais e institucionais e pode afetar negativamente o alcance dos objetivos de uma empresa e da sua cadeia de suprimentos inteira. O risco ainda pode afetar o consumidor final em termos de custo, tempo e qualidade.	Pfohl, Gallus e Thomas (2011)
Risco na cadeia de suprimentos pode ser definido como uma exposição a um evento que provoca perturbações, afetando assim a gestão eficiente da rede.	Ghadge, Dani e Kalawsky (2012)
O risco é a probabilidade de um evento adverso e inesperado ocorrer, gerando diretamente ou indiretamente uma interrupção na cadeia de suprimentos.	Garvey, Carnovale e Yenyurt (2015)
É um evento que pode causar interrupção no fluxo das atividades dentro da cadeia de suprimentos.	Qazi, Quigley e Dickson (2015)
A probabilidade e o impacto de eventos de nível micro e macro inesperados ou condições que adversamente influenciam em qualquer parte da cadeia de suprimentos levando a falhas ou irregularidades nos níveis operacionais, táticos e estratégicos.	Ho <i>et al</i> (2015)
O risco é definido como a probabilidade de ocorrência de um evento de risco multiplicado pelo impacto desse evento de risco na cadeia de suprimentos.	Aqlan e Lam (2015b)

Fonte: Elaboração própria (2017)

Observa-se que o risco é expresso por meio de duas dimensões: probabilidade de ocorrência e severidade. Logo, a gestão de riscos tem como objetivo reduzir uma dessas dimensões ou ambas para níveis aceitáveis (ADHITYA; SRINIVASAN; KARIMI, 2009).

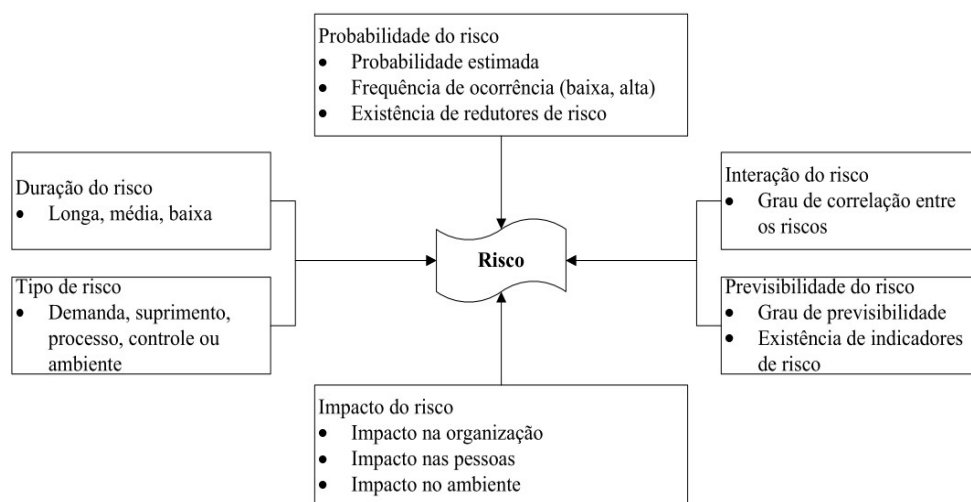
No entanto, Manuj e Mentzer (2008a) afirmam que é preciso considerar também outros dois parâmetros de risco: a velocidade e a frequência, pois, em conjunto, esses dois parâmetros determinam as perdas que ocorrem por unidade de tempo. A velocidade do risco pode ser dividida na taxa em que o evento de risco que conduz à perda ocorre, na taxa em que as perdas ocorrem e na rapidez com que o evento de risco é descoberto. Enquanto que a frequência é entendida como uma medida de quantas vezes um mesmo tipo de evento de risco acontece.

Corroborando com esse ponto de vista, Aqlan e Lam (2015a) argumentam que é realmente necessário considerar outros parâmetros do risco além da probabilidade de ocorrência e da severidade. Nesse sentido, os autores mencionados propõem os seguintes parâmetros: probabilidade de ocorrência, impacto do risco, interações de risco, frequência de ocorrência, duração do risco, tipo de risco e previsibilidade do risco, conforme ilustra a Figura 5.

Badurdeen *et al* (2014) afirmam que os riscos raramente agem de forma independente e, dessa forma, as organizações e suas respectivas cadeias são afetadas pelos efeitos interdependentes dos riscos.

Dessa forma, percebe-se que é fundamental realizar uma análise do risco de forma profunda. Além disso, compreender as diferentes interações entre os diversos riscos existentes em um determinado ambiente empresarial é essencial no cenário competitivo atual, uma vez que a existência de um determinado evento de risco pode levar à ocorrência de outro ou influenciar nos resultados de outros riscos. Como exemplo, pode-se citar a falência um fornecedor, pois esse acontecimento gera um evento de risco para suas empresas clientes (MANUJ; MENTZER, 2008a).

Figura 5: Parâmetros de risco



Fonte: Adaptado de Aqlan e Lam (2015a)

Nesse contexto, a importância de realizar estudos sobre os riscos nas cadeias de suprimentos relaciona-se com os efeitos negativos que eles podem ter sobre a realização dos objetivos de uma empresa e de toda a cadeia de suprimentos, influenciando no valor entregue ao cliente final (PFOHL; KÖHLER; THOMAS, 2010), sendo assim, os gestores das

organizações devem reconhecer que a forma como os riscos são gerenciados está diretamente relacionada com os resultados que são obtidos. Apesar da importância do tema, poucos estudos investigam a relação entre o risco na cadeia de suprimentos e o seu desempenho (COLICCHIA; STROZZI, 2012; WAGNER; BODE, 2008).

Waters (2007) afirma que o risco ocorre porque existe alguma incerteza sobre o futuro. Corroborando com essa opinião, Manuj e Mentzer (2008a) argumentam que o risco é o resultado esperado de um evento incerto, ou seja, eventos incertos levam à existência dos riscos. Sendo assim, o risco pode ser compreendido como função do nível de incerteza e do impacto de um evento adverso (SINHA; WHITMAN; MALZAHN, 2004).

Para Gaonkar e Viswanadham (2007), a origem dos riscos nas cadeias de suprimentos está relacionada à variação nos diferentes fluxos ao longo da cadeia (informações, materiais e produtos).

Como resultado, a ocorrência de diferentes riscos em uma determinada organização pode gerar diversas consequências, tais como: perda de vendas, aumento dos custos, perdas financeiras, redução da qualidade do produto, perdas sociais, ameaça à vida e à segurança dos clientes, imagem corporativa negativa e atrasos na entrega dos clientes (CERYNO; SCAVARDA; KLINGEBIEL, 2014). À vista disso, é essencial estabelecer mecanismos para prevenir-se contra os imprevistos, garantindo assim que as organizações sejam capazes de sobreviver e prosperar no mercado competitivo.

Após compreender o conceito de risco e suas consequências potenciais para as cadeias de suprimentos, apresenta-se a definição de gestão de riscos em cadeias de suprimentos (*Supply Chain Risk Management* – SCRM). Não há um consenso sobre a definição da gestão de riscos em cadeias de suprimentos, sendo assim, o Quadro 5 apresenta alguns conceitos propostos pelos autores da área.

A gestão de riscos em cadeias de suprimentos é uma área relativamente nova de pesquisa que tem causado interesse nos pesquisadores, uma vez que pode auxiliar a melhorar o desempenho da cadeia como um todo (FAZLI; MAVI; VOSOOGHIDIZAJI, 2015).

Quadro 5: Definições de Gestão de riscos em cadeias de suprimentos

Definição	Autor
A gestão de riscos em cadeias de suprimentos tem o objetivo de identificar as fontes potenciais de risco na cadeia de suprimentos e implementar as ações apropriadas para evitar ou conter a vulnerabilidade da cadeia.	Jüttner, Peck e Christopher (2003)
A gestão de riscos em cadeias de suprimentos é, em colaboração com os parceiros da cadeia de suprimentos, aplicar ferramentas de gestão de riscos para lidar com os riscos e incertezas causadas por atividades ou recursos da logística.	Norrman e Jansson (2004)
É a identificação e o gerenciamento dos riscos internos e externos à cadeia de suprimentos através de uma abordagem combinada entre os membros da cadeia para reduzir a vulnerabilidade como um todo.	Goh, Lim e Meng (2007)
A gestão de riscos em cadeias de suprimentos é uma abordagem colaborativa e estrutura do gerenciamento de riscos, incorporado nos processos de planejamento e controle da cadeia, para lidar com os riscos que possam afetar adversamente o alcance dos objetivos da cadeia.	Pfohl, Kohler e Thomas (2010)
A gestão de riscos em cadeia de suprimentos se dá através da coordenação ou colaboração entre os membros da cadeia de suprimentos de modo a garantir o lucro, capacidade e continuidade de suas operações.	Tang e Musa (2011)
A gestão de riscos em cadeias de suprimentos envolve identificar as fontes potenciais de risco e implementar ações adequadas para evitar ou conter a vulnerabilidade.	Vilko e Hallikas (2012)
É o gerenciamento do risco que implica nos horizontes estratégicos e operacionais para avaliação de curto e longo prazo. Refere-se ao risco que pode modificar os fluxos de informações, materiais e produtos entre os membros da cadeia de suprimentos.	Lavastre, Gunasekaran e Spalanzani (2012)
A gestão de riscos em cadeias de suprimentos é uma área multidisciplinar que se fundamenta na gestão da cadeia de suprimentos, na gestão de riscos corporativos, na continuidade dos negócios e no gerenciamento de crises.	Fahimnia <i>et al</i> (2015)
A gestão de riscos em cadeias de suprimentos possui como objetivo desenvolver abordagens para identificar, avaliar e analisar as áreas de vulnerabilidade e de risco nas cadeias.	Fazli, Mavi e Vosooghizaji (2015)
Um esforço de colaboração inter-organizacional utilizando metodologias quantitativas e qualitativas de gestão de riscos para identificar, avaliar, mitigar e monitorar os eventos ou condições de nível macro e micro inesperados, que podem afetar adversamente qualquer parte de uma cadeia de suprimentos.	Ho <i>et al</i> (2015)
Uma abordagem para identificar, avaliar, mitigar e monitorar as rupturas potenciais na cadeia de suprimentos de forma a reduzir o impacto negativo dessas rupturas nas operações da cadeia.	Aqlan e Lam (2015a)

Fonte: Elaboração própria (2017)

Em suma, o objetivo da gestão de riscos em cadeias de suprimentos é reduzir o impacto do risco e controlá-lo (ABOLGHASEMI; KHODAKARAMI; TEHRANIFARD, 2015). Para isto, a SCRM deve ser compreendida como uma filosofia implantada na empresa e na cadeia de suprimentos e, para tal, é preciso passar por algumas etapas (PFOHL; KÖHLER; THOMAS, 2010), onde cada etapa é considerada interativa e interdependente (MANUIJ; MENTZER, 2008b).

É possível verificar que os diferentes autores propõem etapas distintas para o processo de gestão de riscos em cadeias de suprimentos, conforme descrito no Quadro 6. Sobre isso, Mullai (2009) argumenta que os fatores que influenciam na definição dessas diferentes etapas pelos autores da área são: a) diferentes percepções, atitudes e valores no que diz respeito aos

riscos em diferentes contextos (políticos, econômicos e sociais); b) diferentes necessidades e especificações dos diversos setores industriais e também as características de cada país ou região.

Quadro 6: Etapas do processo de gestão de riscos

Etapas do processo de gestão de riscos em cadeias de suprimentos	Autor
Identificação dos riscos, avaliação dos riscos, seleção da estratégia de gestão de riscos adequada, implementação da estratégia de gestão de riscos e, por último, mitigação dos riscos em cadeias de suprimentos.	Manuj e Mentzer (2008b)
Identificação do risco, análise das consequências, estimação do risco, avaliação do risco, mitigação do risco e, por último, o monitoramento do risco.	Adhitya, Srinivasan e Karimi (2009)
O processo de gestão de riscos é dividido em: a) Identificação do risco e modelagem; b) análise do risco, avaliação e impacto; c) gerenciamento do risco; d) monitoramento do risco e avaliação; e) organização e aprendizado incluindo transferência de conhecimento.	Zsidisin e Ritchie (2009)
O processo de gestão de riscos é dividido em: a) identificação de processos e recursos sujeitos a risco; b) identificação dos principais riscos; c) avaliação da probabilidade de ocorrência associada aos principais riscos; d) identificação das consequências da ocorrência associada aos novos riscos; e) Avaliação dos níveis de vulnerabilidade e f) definição de ações prioritizadas para redução e transferência de riscos.	Corrêa (2010)
O processo de gestão de riscos é dividido em três fases: a) Fase 1: Identificação, medição e avaliação do risco, b) Fase 2: Avaliação, mitigação e planos de contingência e c) Fase 3: Controle e monitoramento dos riscos.	Tummala e Schoenherr (2011)
Identificação do risco, avaliação do risco, mitigação do risco e responsividade para os incidentes de risco. A etapa de responsividade para os incidentes de risco é subdividida em responsividade para: a) riscos operacionais (eventos de risco frequentes decorrentes da incerteza inerente de oferta e demanda e b) riscos catastróficos (causados pela natureza ou desastres provocados pelo homem).	Sodhi, Son e Tang (2012)
Identificação do risco, avaliação do risco, decisões de gestão do risco e implementação e monitoramento do risco.	Hachicha e Elmsalmi (2014)
Identificação dos riscos, avaliação dos riscos, mitigação dos riscos e monitoramento dos riscos.	Ho <i>et al</i> (2015)

Fonte: Elaboração própria (2017)

De forma geral, a primeira etapa do processo de gestão de riscos em cadeias de suprimentos consiste em identificar as fontes potenciais de riscos que as empresas estão expostas e depois avaliá-las, em termos de probabilidade de ocorrência e severidade. Posteriormente, são formuladas estratégias de mitigação para os riscos relevantes e, por último, os riscos devem ser monitorados continuamente (HO *et al*, 2015; TUNCEL; ALPAN, 2010; HALLIKAS *et al*, 2004).

Destaca-se que o foco deve ser buscar uma visão de um processo de gestão integrada de risco (KERN *et al*, 2012) e, dessa forma, as etapas de identificação, avaliação e mitigação do risco só podem ser bem-sucedidas quando são estreitamente relacionadas.

Salienta-se ainda que falta na literatura existente uma visão sistêmica sobre a gestão de riscos na cadeia de suprimentos (KERN *et al*; GHADGE; DANI; KALAWSKY, 2012), uma

vez que a maior parte dos estudos trata apenas de etapas isoladas do processo de gestão de riscos.

2.4.1 Etapas da Gestão de riscos em cadeia de suprimentos

Nesta seção apresenta-se, com maior profundidade, as etapas do processo de gestão de riscos em cadeias de suprimentos, a saber: identificação, avaliação, mitigação e monitoramento dos riscos. Além disso, as ferramentas normalmente utilizadas em cada uma dessas etapas são relatadas.

2.4.1.1 Identificação do risco

É o primeiro passo para entender as fontes de riscos (tanto internas quanto externas) que as cadeias de suprimentos estão submetidas (HO *et al*, 2015; ADHITYA; SRINIVASAN; KARIMI, 2009). A partir da identificação dos riscos, um gestor torna-se consciente sobre os eventos ou fenômenos que causam incerteza, sendo assim, o principal foco desta etapa do processo de gestão de riscos é reconhecer as incertezas futuras para que uma organização seja capaz de gerenciar os cenários de forma proativa (HALLIKAS *et al*, 2004).

Shi (2004) argumenta que para identificar os riscos de forma eficaz, uma classificação de riscos é bastante útil, uma vez que permitirá que uma determinada organização reconheça os riscos que está submetida. Corroborando com essa realidade, Aqlan (2016) reconhece que é fundamental compreender as diferentes categorias de riscos existentes e, consequentemente, os eventos e condições que originam esses riscos.

Nesse contexto, existem diversos autores na literatura que classificam os riscos de forma distinta e, sendo assim, torna-se necessário compreender melhor como os riscos podem ser classificados. Assim, utiliza-se neste trabalho uma adaptação da classificação de Silva (2015), que foi feita a partir de uma revisão da literatura de diversos autores, conforme disposto no Quadro 7.

Quadro 7: Definição dos tipos de riscos

TIPO DE RISCO	CONCEITO	AUTOR
Risco ambiental	Fontes de risco ambientais compreendem quaisquer incertezas externas causadas por perturbação originada por um evento natural (tsunami, tempestade, incêndio, terremoto) e que pode afetar a cadeia de suprimentos como um todo.	Jüttner, Peck e Christopher (2003), Zsidisin <i>et al.</i> (2000), Hallikas <i>et al.</i> (2004), Christopher e Peck (2004), Zsidisin (2003), Jüttner (2005), Matook, Lasch e Tamaschke (2009), Rao e Goldsby (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 (2008b)
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 <i>et al.</i> (2004), Jüttner (2005), Manuj e Mentzer (2008b), 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)
Risco de capacidade/recurso	Fontes de risco de capacidade/recurso compreendem quaisquer incertezas internas decorrentes da perturbação causada pela não previsão de recurso suficiente, incluindo envio do fornecedor.	Hallikas <i>et al.</i> (2004), Manuj e Mentzer (2008b), Matook, Lasch e Tamaschke, (2009), Tummala e Schoenherr (2011)
Risco de segurança	Fontes de risco de segurança compreendem quaisquer incertezas externas decorrentes de falta de segurança em sistemas de informação, infraestrutura, violações, roubo, crime, sabotagem, vandalismo e ameaça terrorista.	Manuj e Mentzer (2008b), Ojha e Gokhale (2009)
Risco de fornecimento	Fontes de risco de fornecimento compreendem quaisquer incertezas externas causadas pelas interrupções no fornecimento pela não confiabilidade dos fornecedores. Incluem a confiabilidade dos fornecedores, a disponibilidade da matéria-prima, o <i>lead time</i> de fornecimento e problemas na entrega dos suprimentos. Afeta negativamente o fluxo	Harland, Brenchley e Walker (2003), Manuj e Mentzer (2008b), Tang e Tomlin (2008), Christopher, Mena, Khan e Yurt (2011), Tummala e Schoenherr (2011), Ghadge, Dani e Kalawsky (2012), Punniyamoorthy, Thamaraiselvan

	de entrada dos recursos impedindo as operações. De outra forma, refere-se a eventos adversos a montante da cadeia.	Manikandan (2013); Peiying, Jiafa e Chongjun (2012); Ho <i>et al</i> (2015)
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 que 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); Lockamy III e McCormack (2010)
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, 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 <i>et al</i> (2011), Peiying, Jiafa e Chongjun (2012)
Risco industrial/operacional/ de manufatura	Fontes de risco operacionais compreendem quaisquer incertezas internas causadas por perturbações 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. De forma resumida, refere-se a eventos adversos ou situações dentro das firmas que afetam sua habilidade interna para produzir bens e serviços, com qualidade e lucratividade.	Harland, Brenchley e Walker (2003), Han e Chen (2007); Manuj e Mentzer (2008b), Ojha e Gokhale (2009), Matook, Lasch e Tamaschke, (2009), Lockamy III e McCormack (2010), Tummala e Schoenherr (2011), Punniyamoorthy, Thamaraiselvan Manikandan (2013), Peiying, Jiafa e Chongjun (2012); Ho <i>et al</i> (2015)
Risco organizacional	Fontes de risco organizacional compreendem quaisquer incertezas	Jüttner, Peck e Christopher (2003); Rao e Goldsby (2009)

	internas que ocorram da própria interação entre as empresas da cadeia de suprimentos.	
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), Manuj e Mentzer (2008b);Funo <i>et al</i> (2011)
Risco social	Fontes de risco sociais compreendem quaisquer incertezas externas decorrentes da cadeia de suprimentos, tais como perturbação causada por incertezas sociais (ataques terroristas, greves, surto de doenças).	Juttner. (2005), Tang e Tomlin (2008), Funo <i>et al</i> (2011)
Risco tecnológico	Fontes de risco tecnológico compreendem quaisquer incertezas 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 <i>et al.</i> (2000), Chopra and Sodhi (2004), Trkman e McCormack (2009), Matook, Lasch e Tamaschke, (2009), Funo <i>et al</i> (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 inovações, ações de P&D e segredos industriais em função do uso de <i>outsourcing</i> .	Sodhi e Tang (2009)
Risco de preço	Fontes de risco de preço compreendem quaisquer incertezas internas decorrentes de variações no preço (matéria-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)
Risco de depreciação de ativos	Fontes de risco de depreciação de ativos compreendem quaisquer incertezas externas decorrentes 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,	Harland, Brenchley e Walker (2003)

	afetando assim o valor dela como um todo.	
Risco fiscal	Surge através de mudanças na tributação.	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 <i>et al.</i> (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 comportamental	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)
Risco de Infraestrutura	Compreende os seguintes fatores: tecnologia de informação, transporte e sistemas financeiros. Qualquer interrupção nestes sistemas pode levar a sérios problemas na cadeia de suprimentos.	Ho <i>et al</i> (2015)
Risco de Transporte	Caracterizado por greves portuárias, entregas atrasadas, custos elevados de transporte. Relaciona-se diretamente com o modo de transporte selecionado.	Tummala e Schoenherr (2011)

Fonte: Adaptado de Silva (2015)

Saliente-se que nem todos os riscos são fáceis de identificar e, portanto, deve-se selecionar um método estruturado para identificação do risco (ADHITYA; SRINIVASAN; KARIMI, 2009), pois uma má identificação do risco leva a uma avaliação falha do risco que, por sua vez, implica em selecionar uma estratégia de mitigação do risco inadequada, ou seja, a

etapa de identificação dos riscos influencia diretamente nas próximas fases do processo de gestão de riscos em cadeias de suprimentos. Hallikas *et al* (2004) citam que interrupções, falhas de qualidade e oscilações nas entregas são sinais de riscos em sistemas de produção.

Nesse contexto, Tummala e Schoenherr (2011) argumentam que as seguintes abordagens podem auxiliar na identificação de riscos potenciais na cadeia de suprimentos: mapeamento da cadeia de suprimentos, *Checklists*, análise da árvore de eventos, análise da árvore de falhas, análise do tipo e efeito da falha (FMEA), diagrama de causa e efeito.

Sobre a análise da árvore de falhas e análise da árvore de eventos, Norrman e Jansson (2004) explicam que ambas são diagramas lógicos que representam a sequência de falhas que podem se propagar ao longo de um sistema complexo.

No entanto, diversos autores indicam ainda outras abordagens para essa etapa de identificação dos riscos. Adhitya, Srinivasan e Karimi (2009), por exemplo, apontam o método HazOP (*Hazard and Operability Study*), pois é uma abordagem amplamente utilizada, estruturada e versátil.

Posteriormente, Tuncel e Alpan (2010) utilizaram o FMECA como uma ferramenta para identificar e avaliar os riscos inerentes na cadeia de suprimentos estudada. Essas diferentes abordagens para realizar a identificação do risco são apresentadas no Quadro 8.

Quadro 8: Abordagens para realizar a identificação do risco

Abordagens utilizadas para identificar o risco	Descrição
Mapeamento da cadeia de suprimentos	A cadeia de suprimentos e seus fluxos de bens, informações e financeiro são representados visualmente, desde fornecedores até os clientes. Uma vez que todos os detalhes da cadeia tenham sido mapeados, os riscos potenciais podem ser identificados.
<i>Checklist</i>	Listas de verificação são formas para registrar quantas vezes uma falha foi atribuída a um evento específico. Poderia ser utilizada, por exemplo, para registrar atrasos nas entregas de fornecedores, que podem servir como informações para avaliar sua confiabilidade. São simples de usar e geralmente evoluem ao longo do tempo através de contribuições de vários especialistas e experiências coletivas.
Análise da árvore de falhas	Examina todos os possíveis eventos que antecederam o evento crítico e um diagrama gráfico mostra como o sistema pode falhar.
Análise da árvore de eventos	É um diagrama lógico que foca nos eventos que podem ocorrer após a existência de um evento crítico. Além disso, identifica e quantifica os possíveis resultados seguintes.
Análise do tipo e efeito da falha (FMEA)	É uma ferramenta para identificar, analisar e priorizar as falhas potenciais. É uma ferramenta proativa, uma vez que é utilizada para prever e eliminar modos de falha potenciais em um sistema antes dessas falhas ocorrerem. Pode-se realizar uma análise na cadeia de suprimentos com o auxílio do FMEA para identificar e avaliar o que pode dar errado, assim como as consequências potenciais.
Análise dos Efeitos e criticidades dos Modos de Falha (FMECA)	FMECA é uma extensão do FMEA. As entradas nessa abordagem são: planos, diagramas, probabilidades e frequências baseadas no conhecimento histórico.

	Como resultado, FMECA fornece uma lista dos riscos mais críticos, bem como algumas ações de mitigação. FMECA é um processo para avaliar e classificar os riscos de acordo com a sua severidade e determinar seus efeitos, com a intenção de atacar primeiro aqueles riscos mais importantes.
Diagrama de causa e efeito	Envolve a análise de brainstorming e exploração de todas as relações entre as possíveis causas e eventos de falha. Uma vez que uma falha é identificada, esses diagramas podem ser utilizados para descobrir a verdadeira causa do incidente. São utilizados para problemas determinísticos em um domínio muito específico.
HazOP	Um estudo HazOP é uma análise estruturada de um sistema, processo ou operação realizada por uma equipe multidisciplinar. O estudo é feito usando um conjunto de palavras-guia em combinação com os parâmetros do sistema para encontrar desvios.

Fonte: Lavastre, Gunasekaran e Spalanzani (2014); Lavastre, Gunasekaran e Spalanzani (2012); Colicchia e Strozzi (2012); Tummla e Schoenherr (2011); Tuncel e Alpan (2010); Adhitya, Srinivasan e Karimi (2009); Ahmed, Kayis e Amornsawadwatana (2007); Norrman e Jansson (2004)

Observa-se, assim, que a identificação do risco pode ser realizada por meio de abordagens distintas e a seleção de uma abordagem adequada depende diretamente das características da cadeia de suprimentos estudada.

Em seguida, apresenta-se a etapa de avaliação dos riscos, ressaltando os principais métodos empregados na literatura.

2.4.1.2 Avaliação do risco

Nesta etapa do processo de gestão de riscos, duas dimensões precisam ser consideradas: frequência/probabilidade e severidade/consequência (AQLAN; LAM, 2015a; GARVEY; CARNOVALE; YENIYURT, 2015; HECKMAN; COMES; NICKEL, 2015; QAZI, QUIGLEY; DICKSON, 2015; VILKO; RITALA; EDELMANN, 2014; ELZARKA, 2013; PETTIT; FIKSEL; CROXTON, 2010; ADHITYA; SRINIVASAN; KARIMI, 2009; DANI, 2009).

Dessa forma, o risco pode ser expresso da seguinte forma:

$$Risco = Probabilidade \cdot Severidade \quad (1)$$

Ou seja, a magnitude do risco pode ser entendida como o produto da probabilidade de ocorrência do risco e da sua severidade. Para alcançar um efetivo gerenciamento dos riscos, é preciso quantificá-los, no entanto, o risco é parâmetro intangível e, portanto, é difícil estimá-lo (SAMVEDI; JAIN; CHAN, 2013). Nessa perspectiva, diferentes metodologias são empregadas com o intuito de estimar tanto a probabilidade de ocorrência do risco quanto sua severidade.

O termo “probabilidade” refere-se ao estudo da aleatoriedade e da incerteza (DEVORE, 2006). No contexto da gestão de riscos na cadeia de suprimentos, o termo “probabilidade”

indica a chance de um evento de risco ocorrer (AHMED; KAYIS; AMORNSAWADWATANA, 2007) e para estimá-la, deve-se considerar todos os fatores que contribuem para os eventos de risco, sendo assim, dados históricos e conhecimento dos especialistas podem ser usados para estimar essas probabilidades e, outras técnicas, como simulação e modelagem podem ser empregadas (AQLAN; LAM, 2015a).

Embora o uso de dados históricos seja recomendado para compreender o comportamento da distribuição de probabilidade de risco, esses dados são inexistentes ou incompletos em muitas organizações. Dessa forma, quando não há dados suficientes para utilizar um método quantitativo, pode-se aplicar o método Delphi, que é uma técnica que permite que as pessoas alcancem um consenso sobre um determinado tema de interesse, ou grupos de especialistas (TUMMALA; SCHOENHERR, 2011; MANUJ; MENTZER, 2008b).

Manuj e Mentzer (2008b) alertam para o fato que, em cadeias globais, alguns eventos de risco podem não se repetir muitas vezes para fornecer decisões baseadas em probabilidades como o surto SARS (Síndrome Respiratória Aguda Grave). Em contrapartida, variações de *lead time* são capazes de fornecer informações históricas suficientes para obter boas estimativas de *lead times*.

A severidade ou impacto do risco representa o resultado gerado pelo evento de risco (AHMED; KAYIS; AMORNSAWADWATANA, 2007) e pode ser estimado utilizando dados históricos, conhecimento dos especialistas e/ou técnicas de simulação (AQLAN; LAM, 2015a).

Portanto, podem ser utilizadas ferramentas qualitativas, quantitativas e, inclusive, híbridas nessa etapa do processo de gestão de riscos.

Nesse contexto, as técnicas qualitativas são utilizadas especialmente para análise dos riscos na cadeia de suprimentos devido à falta de informações sobre os riscos (AQLAM; LAM, 2015b). Essas técnicas são simples e incluem, por exemplo, análise de causa e efeito e FMEA (Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos), no entanto, essas técnicas são utilizadas com maior frequência para identificar e analisar os riscos.

Hallikas *et al* (2004) ainda esclarecem que a avaliação dos riscos pode ser feita por meio de escalas, onde a probabilidade e o impacto do risco são avaliados, conforme disposto nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1: Escala para avaliação da probabilidade do risco

Ranking	Estimação	Descrição
1	Muito improvável	Evento muito raro
2	Improvável	Existe evidência indireta do evento
3	Moderado	Existe evidência direta do evento
4	Provável	Existe evidência direta forte do evento
5	Muito provável	Evento ocorre frequentemente

Fonte: Hallikas *et al* (2004)

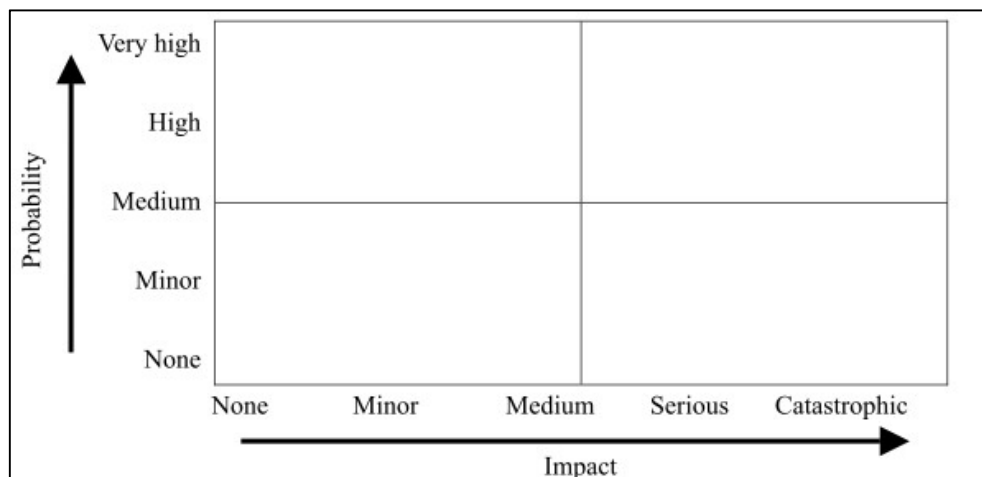
Tabela 2: Escala para avaliação do impacto do risco

Ranking	Estimação	Descrição
1	Nenhum impacto	Insignificante em termos de toda empresa
2	Pouco impacto	Pequenas perdas
3	Impacto médio	Causa dificuldades de curto prazo
4	Impacto sério	Causa dificuldades de longo prazo
5	Impacto catastrófico	Descontinuidade dos negócios

Fonte: Hallikas *et al* (2004)

Com as informações obtidas sobre a probabilidade e o impacto do risco, é possível construir um diagrama de risco (BLACKHURST; SCHEIBE; JOHNSON, 2008; HALLIKAS *et al*, 2004), conforme ilustrado na Figura 6. O diagrama de risco permite uma visualização geral dos riscos, onde aqueles que são considerados mais importantes são mais visíveis e, além disso, o diagrama indica também se os riscos podem ser minimizados a partir da redução da probabilidade e de suas consequências.

Figura 6: Diagrama de risco



Fonte: Blackhurst, Scheibe e Johnson (2008)

Percebe-se que um determinado evento de risco pode possuir alta probabilidade de ocorrência e baixo impacto, porém, outro determinado evento de risco pode possuir alta probabilidade de ocorrência e alto impacto e, nessa perspectiva, as organizações devem ser capazes de avaliar quais são os riscos com potencial de gerar consequências graves e onerosas para a cadeia inteira.

As técnicas quantitativas dividem-se em: modelos de simulação e modelos analíticos. Os modelos analíticos de otimização são utilizados para analisar as rupturas e selecionar estratégias de mitigação (AQLAM; LAM, 2015b).

No que diz respeito às técnicas de simulação, elas são utilizadas para lidar com a natureza estocástica das cadeias de suprimentos (AQLAM; LAM, 2015b). Observa-se que existe uma tendência crescente no uso de técnicas de simulação para o projeto da cadeia de suprimento, gerenciamento e análise de risco devido à sua flexibilidade de modelagem (AQLAM; LAM, 2015b).

Corroborando com esse ponto de vista, Olson e Wu (2011) argumentam que a análise estatística e a simulação são apropriadas para lidar com o risco na cadeia de suprimentos devido à incerteza envolvida. Dentre as técnicas de simulação, pode-se listar as seguintes: simulação a eventos discretos (CHENG; DURAN, 2004; SCHMITT; SINGH, 2009; DUROWOJU; CHAN; WANG, 2012), simulação Monte Carlo (DELERIS; ERHUN, 2005; SCHMITT; SINGH, 2009; VILKO; HALLIKAS, 2012; BERLE; NORSTAD; ASBJØRNSLETT, 2013), simulação de redes de petri (KHILWANI; TIWARI; SABUNCUOGLU, 2011; TUNCEL; ALPAN, 2010) e sistemas dinâmicos (FENG, 2012; KUMAR; NIGMATULLIN, 2011; GUERTLER; SPINLER, 2015; SCHUH; SCHENK; SERVOS, 2015).

Por último, as técnicas híbridas incorporam técnicas qualitativas e quantitativas. Devido à incerteza dos riscos em cadeias de suprimentos e à falta de dados, os modelos híbridos são efetivos para análise do risco, avaliação e desenvolvimento de estratégias de mitigação. As ferramentas mais utilizadas são: AHP e lógica Fuzzy (AQLAM; LAM, 2015b).

No que diz respeito ao método AHP, Radivojević e Gajović (2014) argumentam que ele permite que um problema complexo seja estruturado na forma de uma hierarquia simples e um grande número de fatores qualitativos e quantitativos podem ser avaliados de uma maneira sistemática.

Ainda sobre o AHP, Aqlam (2016) cita que diversos autores desenvolveram modelos quantitativos baseados no AHP. Wu, Blackhurst e Chidambaram (2006), por exemplo, introduziram o AHP com o intuito de auxiliar os gestores no processo de avaliação dos riscos.

Outra ferramenta amplamente utilizada para avaliar os riscos é a lógica *Fuzzy* e as ferramentas baseadas na lógica *Fuzzy*, pois permitem a inclusão de incertezas e informações imperfeitas nos modelos de tomada de decisão (AZADEGAN *et al*, 2011) e, por isto, esta ferramenta tem sido incorporada em vários modelos de riscos operacionais para solucionar problemas envolvendo incerteza (GARVEY; CARNOVALE; YENIYURT, 2015).

Tang, Lau e Ho (2008), por exemplo, aplicaram um algoritmo *Fuzzy* genérico para melhorar o uso de estratégias logísticas com a finalidade de reduzir os riscos potenciais que poderiam ser gerados em uma cadeia de suprimentos.

Além das técnicas citadas anteriormente, Pai *et al* (2003) e Olson e Wu (2011) afirmam que as redes Bayesianas, baseadas no teorema de Bayes, têm sido visualizadas como uma ferramenta poderosa para lidar com a incerteza. Estudos como os de Garvey, Carnovale e Yenyurt (2015), Lockamy III e McCormack (2012) e Lockamy III e McCormack (2010) utilizaram as redes de Bayes no contexto da gestão de riscos em cadeias de suprimentos.

Para reduzir a incerteza, Aqlan (2016) ainda menciona que os princípios da gestão do conhecimento podem ser utilizados, no entanto, enfatiza o uso da lógica *Fuzzy* e da teoria de probabilidade para tal finalidade.

Por fim, observe-se que existem divergências na literatura a respeito das classificações dos diferentes métodos utilizados. Sobre os métodos quantitativos, por exemplo, Ho *et al* (2015) argumentam que esses métodos podem ser subdivididos em: quantitativos analíticos (Programação Matemática, simulação, AHP, ANP, Redes Bayesianas, etc.) ou quantitativos empíricos (análise fatorial exploratória, modelagem de equações estruturais, etc.). Os mesmos autores ainda afirmam que as ferramentas quantitativas analíticas são mais utilizadas para a etapa de avaliação dos riscos nas cadeias de suprimentos.

Dessa forma, percebe-se ainda que a lógica *Fuzzy*, o AHP e o ANP são enquadrados tanto como métodos quantitativos quanto como métodos híbridos, conforme mencionado (AQLAM; LAM, 2015b, HO *et al*, 2015).

O Quadro 9 resume as principais ferramentas utilizadas na etapa de avaliação dos riscos nas cadeias de suprimentos. Percebe-se assim que alguns autores utilizam mais de uma ferramenta para avaliar os riscos (KUMAR; HAVEY, 2013; KUMAR; NIGMATULLIN, 2011; TUNCEL; ALPAN, 2010), uma vez que esta etapa do processo de gestão de riscos é bastante complexa. Por outro lado, outros autores utilizam ferramentas puramente qualitativas para estimar a probabilidade de ocorrência de um determinado risco e sua respectiva severidade (PRADHAN; ROUTROY, 2014; BRADLEY, 2014; LAVASTRE; GUNASEKARAN;

SPALANZANI, 2014; OUABOUCH; AMRI, 2013; THUN; HOENIG, 2011; PUJAWAN; GERALDIN, 2009; BLACKHURST; SCHEIBE; JOHNSON, 2008; HALLIKAS *et al*, 2004).

Dentre as ferramentas quantitativas, verifica-se que a simulação é bastante utilizada para avaliar e modelar o risco na cadeia de suprimentos, uma vez que fornece um ambiente de laboratório para testar as respostas da cadeia aos diferentes fatores (KULL; CLOSS, 2008).

No que diz respeito às ferramentas híbridas, utiliza-se o AHP, o ANP e a lógica *Fuzzy*. Essas técnicas têm sido empregadas, pois permitem transformar julgamentos subjetivos em medidas objetivas, enfatizando a importância da experiência e do conhecimento das pessoas envolvidas.

Quadro 9: Ferramentas utilizadas para avaliar os riscos nos artigos pesquisados

FERRAMENTAS									
Autores	Qualitativas			Quantitativas				Híbridas	
	FMEA/FMECA	Matriz de Impacto e Probabilidade	Análise de causa e efeito	Simulação	Redes Bayesianas	Árvore de Falhas	Mínimos quadrados parciais	AHP	ANP
Cheng e Duran (2004)				X					
Hallikas <i>et al</i> (2004)		X							
Deleris e Erhun (2005)				X					
Wu, Blackhurst e Chidambaram (2006)								X	
Gaudenzi e Borghesi (2006)								X	
Blackhurst, Scheibe e Johnson (2008)		X							
Tang, Lau e Ho (2008)									X
Schoenherr, Tummala e Harrison (2008)								X	
Pujawan e Geraldin (2009)	X								
Schmitt e Singh (2009)				X					
Tuncel e Alpan (2010)	X			X					
Cigolini e Rossi (2010)						X			
Lockamy III e McCormack (2010)					X				
Xia e Chen (2011)									X
Kumar e Nigmatullin (2011)			X	X					
Khilwani, Tiwari e Sabuncuoglu (2011)				X					
Thun e Hoenig (2011)		X							
Azadegan <i>et al</i> (2011)									X
Funo <i>et al</i> (2011)								X	
Schmitt e Singh (2012)				X					
Durowoju, Chan e Wang (2012)				X					
Lockamy III e McCormack (2012)					X				

Vilko e Hallikas (2012)				X						
Feng (2012)				X						
Kernet <i>et al</i> (2012)							X			
Kumar e Havey (2013)	X					X				
Ouabouch e Amri (2013)		X								
Berle, Norstad e Asbjørnslett (2013)				X						
Lockamy III (2014)					X					
Radivojević e Gajović (2014)								X		
Pradhan e Routroy (2014)	X									
Amundson <i>et al</i> (2014)					X					
Bradley (2014)	X									
Lavastre, Gunasekaran e Spalanzani (2014)	X									
Garvey, Carnovale e Yenyurt (2015)					X					
Aqlam e Lam (2015a)						X				
Guertler e Spinler (2015)				X						
Fazli, Mavi e Vosooghizaji (2015)									X	
Muchfirodin, Guritno e Yuliando (2015)									X	
Schuh, Schenk e Servos (2015)				X						
Aqlam e Lam (2015a)						X				

Fonte: Elaboração própria (2017)

Vale ressaltar que para avaliar o risco no contexto da cadeia de suprimentos, as empresas não devem concentrar seus esforços apenas nos riscos diretos de suas próprias operações, mas também nos riscos que são causados por outros membros da cadeia de suprimentos (PUNNIYAMOORTHY; THAMARAISELVAN; MANIKANDAN, 2013).

Essa constatação é importante, pois uma determinada falha em um estágio da cadeia de suprimentos pode refletir no próximo estágio da cadeia. Além disso, as organizações precisam criar uma cultura de gestão de riscos e encontrar novas formas de melhor analisar esses riscos, visto que novos riscos estão evoluindo ao longo do tempo (KERN *et al*, 2012).

A próxima etapa do processo de gestão de riscos em cadeias de suprimentos compreende a seleção adequada de estratégias de mitigação do risco.

2.4.1.3 Mitigação do risco

Estratégias de mitigação do risco na cadeia de suprimentos são ações com a finalidade de diminuir as incertezas identificadas a partir de várias fontes de riscos rastreadas inicialmente (CERYNO; SCAVARDA; KLINGEBIEL, 2014).

Para Kern *et al* (2012), as atividades de mitigação só funcionam bem quando a avaliação dos riscos é realizada de forma minuciosa porque todas as atividades de mitigação dependem

fortemente do entendimento da etapa anterior (avaliação do risco). Dessa forma, os dados coletados nas etapas anteriores do processo de gestão de riscos são utilizados para estabelecer as medidas adequadas. Isso inclui estratégias clássicas de mitigação (antes do evento de risco) e planos de contingência (após a ocorrência do evento de risco), como apontado por Kern *et al* (2012).

Então, essa etapa do processo tem o objetivo de reduzir a probabilidade de ocorrência de um determinado risco e reduzir o impacto potencial do risco (SODHI; SON; TANG, 2012).

Um aspecto que deve ser levado em consideração nessa etapa é o custo de implementar as ações de mitigação. Nessa perspectiva, Tummala e Schoenherr (2011) afirmam que não é viável desenvolver estratégias de mitigação para todos os riscos identificados devido aos custos envolvidos. Tang (2006a) acrescenta que muitas empresas encontram dificuldades para justificar os custos envolvidos nas estratégias de mitigação, visto que determinados eventos podem não ocorrer.

Para Aqlam e Lam (2015b), as estratégias de mitigação dos riscos em cadeias de suprimentos são:

- a) Evitar o risco - O risco pode ser evitado por meio da eliminação de suas causas raízes e/ou consequências. É uma estratégia adequada quando existe alta probabilidade de ocorrência do risco e alto impacto do risco, sendo assim, estes riscos são críticos e podem interromper as operações da cadeia;
- b) Reduzir o risco - Significa que o risco pode ser reduzido, mas não eliminado. Essa estratégia é adequada quando o risco tem alta probabilidade de ocorrência e baixo impacto, sendo assim, estes riscos são aqueles operacionais e do dia-a-dia. Algumas técnicas para redução do risco são: redundância, maior quantidade de testes de qualidade, ferramentas melhores e outras;
- c) Transferir o risco - O risco é transferido para outra parte. É adequado quando o risco tem baixa probabilidade de ocorrência, no entanto, possui alto impacto, tais como: desastres naturais e ataques terroristas. Métodos comuns incluem: seguro e contratos;
- d) Aceitar o risco - É uma estratégia adequada quando existe baixa probabilidade de ocorrência do risco e alto impacto, uma vez que o custo de evitar/reduzir/transferir o risco é muito alto quando comparado ao impacto esperado. Os planos de contingência devem ser desenvolvidos para lidar com esse tipo de risco;
- e) Ignorar o risco - Os riscos são ignorados e não são identificados nem estudados. As organizações assumem os riscos quando estes possuem baixa probabilidade de ocorrência e baixo impacto, no entanto, ignorar um risco pode representar um risco;

- f) Explorar o risco - É o oposto de evitar. Considera-se que o impacto do risco é positivo.

De outra forma, Kumar, Himes e Kritzer (2014) fundamentam-se no diagrama de risco para determinar quais as estratégias de mitigação do risco são mais adequadas levando em consideração as duas dimensões do risco: probabilidade de ocorrência e severidade do risco.

Dessa forma, o modelo proposto por esses autores tem como objetivo auxiliar as organizações a selecionar uma estratégia de mitigação do risco mais adequada. Pode-se dizer que o risco deve ser tratado, de forma prioritária, se este for capaz de causar danos graves à organização, no entanto, se as consequências do risco são leves, os gestores não precisam empenhar recursos e esforços de forma imediata para mitigar o risco.

As estratégias apresentadas por Kumar, Himes e Kritzer (2014) são: agir agora, planejar agora, agir depois, planejar para agir depois e não fazer nada. A estratégia de não fazer nada é recomendada apenas quando as consequências de uma interrupção ou ruptura são leves, sendo assim, não é necessário investir recursos para mitigar este tipo de ruptura. A estratégia de agir agora é recomendável quando existe alta probabilidade de ocorrência da ruptura e suas consequências são consideradas severas ou moderadas e, dessa forma, o investimento realizado nas ações necessárias são justificadas.

Por outro lado, a estratégia de planejar agora e agir depois é sugerida em situações em que tanto a probabilidade de ocorrência quanto a severidade da ruptura é considerada de moderada a alta. Então, é preciso realizar o planejamento necessário, porém a ação não é iniciada de imediato. E, por último, quando a probabilidade de ocorrência das rupturas é baixa, no entanto, as consequências são consideradas severas, sugere-se a estratégia de planejar para agir depois.

Na sequência, apresenta-se a última etapa do processo de gestão de riscos em cadeias de suprimentos: o monitoramento do risco.

2.4.1.4 Monitoramento do risco

É a última etapa do processo de gestão de riscos em cadeias de suprimentos e é nesta etapa que o sistema deve ser monitorado continuamente para detectar os riscos no momento adequado (TUNCEL; ALPAN, 2010; ADHITYA; SRINIVASAN; KARIMI, 2009).

Entretanto, Ho *et al* (2015) alertam que esta etapa do processo tem sido pouco estudada, quando comparada com as outras etapas, a saber: identificação, avaliação e mitigação do risco.

Corroborando com essa visão, Blackhurst, Scheibe e Johnson (2008) argumentam que esta etapa do processo de gestão de riscos recebeu pouca atenção dos pesquisadores e, conseqüentemente, a literatura pouco enfatiza as ferramentas necessárias para o monitoramento do risco ao longo do tempo.

Kern *et al* (2012) enfatizam que as atividades de melhoria contínua são os instrumentos para aprender com os erros anteriores e apoiará as atividades de identificação dos riscos para encontrar novos riscos relevantes de forma eficiente.

Sendo assim, na próxima seção, as principais ferramentas utilizadas para realizar a avaliação do risco de natureza quantitativa e/ou híbrida são apresentadas, visto que o objetivo deste trabalho é avaliar os riscos em um elo de uma cadeia de suprimentos a partir de uma perspectiva quantitativa e/ou híbrida.

2.4.2 Ferramentas para avaliação do risco

As ferramentas para avaliação do risco podem ser agrupadas nas seguintes categorias: natureza qualitativa, natureza quantitativa ou híbrida (AQLAN; LAM; 2015b).

As técnicas qualitativas incluem: análise de causa e efeito e FMEA, por exemplo. Já as técnicas quantitativas compreendem: as diferentes técnicas de simulação existentes, as Redes Bayesianas, a árvore de falhas e os mínimos quadrados parciais. E, por último, as técnicas híbridas incluem: o AHP, o ANP e a lógica Fuzzy (AQLAM; LAM, 2015b).

2.4.2.1 Simulação

Segundo Andrade (2008, p. 123) a simulação de um sistema é “a operação de um modelo que representa esse sistema, geralmente em computadores, respeitando-se todas as regras e condições reais a que o sistema está submetido”.

Os avanços recentes em metodologias de simulação, a disponibilidade de *software* e o desenvolvimento técnico tem tornado a simulação uma das técnicas mais aceitas e utilizadas em análises de sistemas (RUBINSTEIN; KROESE, 2011).

Nesse contexto, Rubinstein e Kroese (2011) apontam que a simulação pode gerar bons resultados nas seguintes situações:

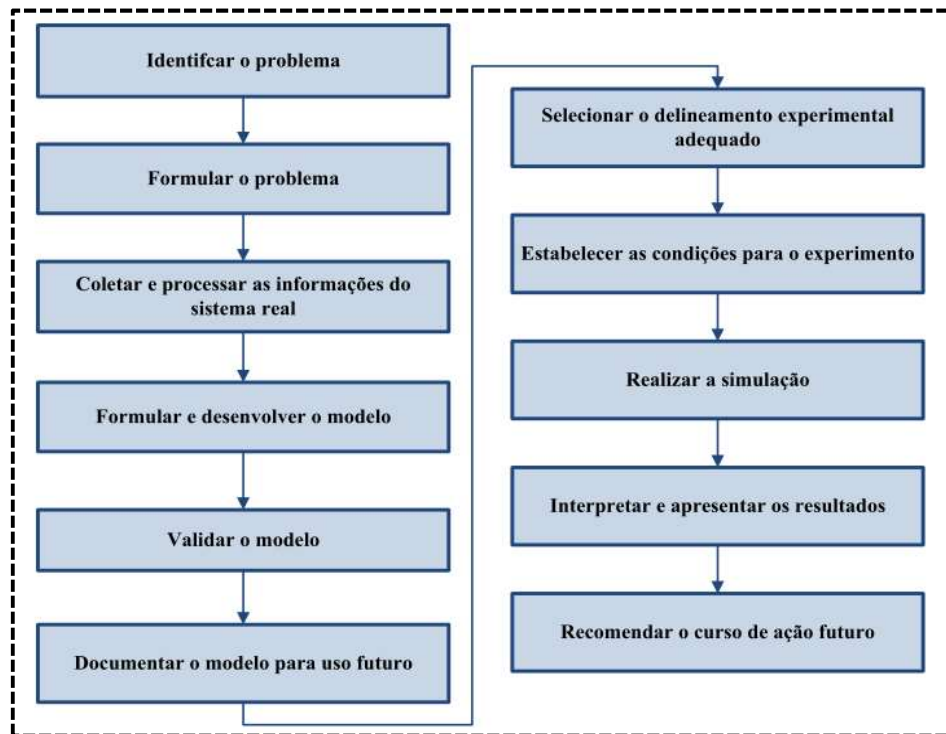
- Quando for impossível ou muito custoso obter informações sobre um determinado processo do mundo real;

- Quando a complexidade dos sistemas analisados for muito elevada e, sendo assim, estes sistemas não conseguem ser descritos em termos de um conjunto de equações matemáticas simples. Por exemplo, é praticamente impossível descrever a operação de uma empresa em termos de equações simples;
- Mesmo que um modelo matemático possa ser formulado para descrever o sistema de interesse, pode não ser possível obter uma solução para o modelo através de técnicas analíticas;
- Pode ser impossível ou muito custoso validar experimentos para os modelos matemáticos que descrevem o sistema. Nesse caso, a simulação pode ser utilizada para testar hipóteses alternativas.

Quanto à aplicabilidade, a simulação é usada frequentemente para realizar análises de risco em processos financeiros, imitando repetidamente a evolução das transações envolvidas para gerar um perfil de possíveis resultados, por exemplo (HILLIER; LIEBERMAN, 2013). Complementando essa afirmativa, Maria (1997) enfatiza que a simulação é utilizada antes da alteração de um sistema existente ou quando um novo sistema é construído, com o objetivo de reduzir as chances de falhas, eliminar os gargalos imprevistos, evitar a utilização demasiada de recursos e para otimizar o desempenho do sistema.

À vista disso, torna-se fundamental utilizar um computador para simular uma determinada operação de um processo inteiro ou sistema. Para desenvolver o modelo de simulação é necessário efetuar uma sequência de passos e a quantidade de passos depende diretamente da complexidade do sistema ou processo estudado. Nesse contexto, Maria (1997) propõe 11 etapas para desenvolver um modelo de simulação, conforme descrito na Figura 7. A seguir, cada etapa também é explicada de forma detalhada, conforme proposto por Maria (1997).

Figura 7: Etapas para desenvolver um modelo de simulação



Fonte: Maria (1997)

Para desenvolver um modelo de simulação, deve-se, inicialmente, enumerar os problemas existentes no sistema e, em seguida, é possível formular o problema. Nessa etapa de formulação do problema, deve-se selecionar as fronteiras do sistema, definir o objetivo do estudo e as questões específicas que serão analisadas, definir também as medidas de desempenho, identificar as configurações de interesse e formular as hipóteses sobre o desempenho do sistema. Em síntese, os problemas devem ser formulados da forma mais precisa possível.

Posteriormente, inicia-se a coleta de dados, ou seja, a etapa de coletar e processar as informações do sistema real. As atividades nesta etapa incluem: coletar dados sobre as especificações do sistema, as variáveis de entrada e o desempenho do sistema existente, selecionar uma distribuição de probabilidade para cada variável de entrada estocástica e estimar os parâmetros correspondentes.

Em seguida, é possível formular e desenvolver o modelo, onde esquemas e diagramas de rede do sistema são desenvolvidos e, na sequência, os modelos conceituais são traduzidos para o formato aceitável pelos *softwares* de simulação.

A próxima etapa consiste em validar o modelo, onde é preciso comparar o desempenho do modelo sob condições conhecidas com o desempenho do sistema real, realizar testes de

inferência estatística e permitir que especialistas analisem o modelo e avaliar a confiança do modelo. Em seguida, deve-se documentar o modelo para uso futuro, isto é, documentar os objetivos, pressupostos e variáveis de entrada de forma detalhada.

Em seguida, inicia-se a seleção do delineamento experimental adequado. Nesta etapa as medidas de desempenho são selecionadas, as variáveis de entrada que possam influenciá-las e também os níveis de cada variável de entrada. Depois, as condições para o experimento são estabelecidas e, dessa forma, determina-se se o sistema é estacionário ou não e as condições apropriadas são selecionadas.

A etapa seguinte consiste em realizar a simulação. Em seguida, os resultados são interpretados e apresentados. Deve-se construir os gráficos com os resultados obtidos e documentar os resultados e conclusões.

Por último, recomenda-se o curso de ação futuro, onde é possível incluir outros experimentos para aumentar a precisão e reduzir a tendência dos estimadores e também realizar análises de sensibilidade.

Assim, um modelo de sistema é construído para refletir um processo real com parâmetros e restrições de projeto (AHMED; KAYIS; AMORNSAWADWATANA, 2007).

Aqlan e Lam (2016) relatam que os modelos de simulação podem ser utilizados com o intuito de quantificar os riscos e seus respectivos impactos e, além disso, ainda permitem realizar testes de diferentes cenários sob os efeitos dos riscos.

Corroborando com essa visão, Qazi, Quigley e Dickson (2015) destacam que a simulação tem sido utilizada amplamente pelos pesquisadores para modelar os riscos nas cadeias de suprimentos, pois fornece uma abordagem sistemática para compreender o impacto dos fatores em diferentes cenários.

Ainda sobre a simulação, Manuj, Mentzer e Bowers (2009) consideram que o tamanho e a complexidade das cadeias de suprimentos, sua natureza estocástica e as diversas inter-relações existentes entre os componentes do sistema tornam a simulação uma abordagem apropriada para investigar e compreender esses sistemas.

De forma resumida, o Quadro 10 apresenta as principais características da simulação.

Quadro 10: Características da Simulação

Características	Descrição
Conceito	• É a operação de um modelo que representa esse sistema, geralmente em computadores, respeitando-se todas as regras e condições reais a que o sistema está submetido.
Objetivo	• Refletir um processo real com parâmetros e restrições de projeto.
Procedimentos gerais	• Identificar o problema; • Formular o problema; • Coletar e processar as informações do sistema real; • Formular e desenvolver o modelo; • Validar o modelo; • Documentar o modelo para uso futuro; • Selecionar o delineamento experimental adequado; • Estabelecer as condições para o experimento; • Realizar a simulação; • Interpretar e apresentar os resultados; • Recomendar o curso de ação futuro.
Aplicações	• Pode ser empregada para quantificar os riscos e seus respectivos impactos; • Para testar diferentes cenários;

Fonte: Elaboração própria (2017)

Existem diferentes técnicas de simulação aplicadas para análise de riscos em cadeias de suprimentos, tais como: a simulação Monte Carlo, a Simulação de redes de Petri, a simulação de sistemas dinâmicos e a simulação a eventos discretos.

No que diz respeito à simulação Monte Carlo (SMC), Andrade (2008, p. 128) a define como “um processo de operação de modelos estatísticos de modo a lidar experimentalmente com variáveis descritas por funções probabilísticas”.

O termo “Monte Carlo” foi introduzido por Von Neumann e Ulam, durante a segunda guerra mundial, como uma palavra-código para o trabalho secreto realizado em Los Alamos e, posteriormente, o método foi aplicado em problemas relacionados com a bomba atômica (RUBINSTEIN; KROESE, 2011).

Para Rubinstein e Kroese (2011) esta técnica é a mais poderosa e amplamente utilizada para analisar problemas complexos. Já Christopher e Holweg (2011) argumentam que a SMC é utilizada quando é inviável ou impossível calcular um resultado exato com um algoritmo determinista.

Nesse contexto, entende-se que a SMC utiliza variáveis aleatórias para realizar a simulação, onde o resultado não será igual para cada recálculo (MACHADO; FERREIRA, 2012).

Uma característica relevante desta técnica é a geração de cenários e também a modelagem das variáveis de entrada através do uso de funções de distribuição de probabilidade apropriadas ao problema em análise (MACHADO; FERREIRA, 2012).

Nesse contexto, pode-se afirmar que a SMC, na sua forma mais simples, é um gerador de número aleatório que é útil para realizar previsões, estimações e análises de risco (MUN, 2006), uma vez que considera as incertezas do ambiente e é bastante efetiva quando existem probabilidades envolvidas (OLSON; WU, 2011).

A vantagem da SMC, no contexto da cadeia de suprimentos, refere-se à possibilidade de realizar milhares de simulações, permitindo assim entender melhor o impacto da variabilidade do sistema. Além disso, o uso desta técnica de simulação permite que diferentes soluções para a cadeia de suprimentos sejam avaliadas.

Sendo assim, a vantagem proporcionada pela SMC é identificar cenários extremos, visto que as distribuições permitem a atribuição de uma ampla gama de valores para uma única variável. Portanto, este método permite avaliar melhor os diferentes valores possíveis e suas probabilidades relativas (COLICCHIA; DALLARI; MELACINI, 2010).

A segunda técnica de simulação mencionada compreende as redes de Petri (*Petri net* - PN). Sobre essa técnica, Wang (2007) argumenta que uma PN combina uma teoria matemática bem definida com uma representação gráfica do comportamento dinâmico de sistemas, onde a parte matemática permite modelar e analisar o comportamento de sistemas, enquanto que a parte gráfica permite a visualização das mudanças de estado do sistema modelado.

O conceito da Rede de Petri foi introduzido por Carl Adam Petri em sua tese de doutorado na Faculdade de Matemática e Física da Universidade de Darmstadt, Alemanha no ano de 1962.

Quanto à aplicabilidade, as PN podem ser empregadas em diversas situações devido à sua generalidade inerente, tais como: sistemas de manufatura, desenvolvimento de *software* e sistemas administrativos, uma vez que possuem grande flexibilidade e alto poder de abstração, possibilitando introduzir e adaptar elementos gráficos e/ou matemáticos com a finalidade de aproximar usuários de sistemas mais específicos (DE PÁDUA *et al*, 2004).

De outra forma, Tuncel e Alpan (2010) argumentam que as PN, como ferramenta gráfica e matemática, fornecem um ambiente uniforme para modelagem e análise de sistemas determinísticos ou estocásticos. Os modelos baseados em PN podem ser construídos como unidades modulares e a vantagem desta técnica é que o modelo resultante pode ser diretamente simulado sem a necessidade de traduzi-lo para um modelo de simulação comercial.

Murata (1989) alerta que se o modelo for muito geral, a análise não será boa o suficiente. Assim, a maior fraqueza das PN é a complexidade do problema, ou seja, para modelos grandes e complexos ou até mesmo quando o sistema é de tamanho modesto, a análise torna-se muito

difícil ou até impossível e, conseqüentemente, torna-se necessário adicionar modificações ou restrições para uma aplicação particular (DONG; CHEN, 2001; MURATA, 1989).

A terceira técnica compreende a simulação de sistemas dinâmicos (SSD), que é uma técnica que surgiu a partir da teoria de sistemas. Tal teoria foi desenvolvida no início dos anos 1950 por pesquisadores, que inicialmente promoveram o pensamento de sistemas interagindo e estavam entre os primeiros a considerar a ideia da complexidade do sistema (GUERTLER; SPINLER, 2015).

A SSD é utilizada para descrever, modelar e simular sistemas dinâmicos, tais como: as operações de empresas industriais ou de serviços (GRÖBLER; THUN; MILLING, 2008). Além disso, esta técnica de simulação preocupa-se primordialmente com o comportamento do sistema ao longo do tempo sob várias condições (LANGROODI; AMIRI, 2016).

A SSD também é empregada para melhorar a compreensão de sistemas complexos e seu comportamento por meio da análise e simulação do sistema observado (SCHUH; SCHENK; SERVOS, 2015). Além disso, esta técnica lida com as interações entre diferentes componentes do sistema. Sobre isso, Guertler e Spinler (2015) argumentam que essas interações são expressas por equações matemáticas.

Olson e Wu (2010) e Tako e Robinson (2012) explicam que a simulação de sistemas dinâmicos tem sido utilizada amplamente, principalmente no que diz respeito ao efeito chicote (*bullwhip effect*).

Por fim, Ozbayrak, Papadopoulou e Akgun (2007) argumentam que a capacidade de compreender a rede como um todo, analisando as interações entre os diferentes componentes do sistema integrado torna o método de sistemas dinâmicos apropriado para modelar as cadeias de suprimentos.

Por último, a simulação a eventos discretos (SED) tem sido amplamente utilizada para análise de sistemas logísticos e de cadeia de suprimentos, pois oferece flexibilidade para compreender o comportamento do sistema quando parâmetros e políticas são modificadas (MANUJ; MENTZER; BOWERS, 2009; TAKO; ROBINSON, 2012).

Em um modelo de SED, as mudanças de estado ocorrem em pontos discretos de tempo, enquanto que na simulação de sistemas dinâmicos, por exemplo, as mudanças de estado ocorrem de forma contínua ao longo do tempo (TAKO; ROBINSON, 2012; BANKS *et al*, 2005; CHENG; DURAN, 2004).

Além disso, as entidades (objetos, pessoas) são representadas individualmente. E os modelos são geralmente de natureza estocástica, em que a aleatoriedade é gerada por meio da utilização de distribuições estatísticas (TAKO; ROBINSON, 2012).

Para Mensah, Merkuryev e Manak (2015) a SED torna possível estudar, analisar e compreender os processos da cadeia de suprimentos de um sistema existente. Além disso, os autores argumentam que os modelos podem ser desenvolvidos especialmente nas zonas de interesse, onde as incertezas são elevadas e, sendo assim, o impacto dessas incertezas pode ser estudado e compreendido com a finalidade de minimizar os riscos.

Tako e Robinson (2012) explicam que as questões modeladas com mais frequência utilizando a SED no contexto da logística e da gestão da cadeia de suprimentos são: desempenho do sistema, gestão de estoques e planejamento e programação da produção.

Diante das características apresentadas de cada técnica de simulação, torna-se fundamental compreender como as diversas pesquisas aplicam essas técnicas no contexto da cadeia de suprimentos, conforme explicado no Quadro 11.

Quadro 11: Aplicações das técnicas de simulação

Técnica de simulação	Autor(es)	Aplicação
Simulação Monte Carlo (SMC)	• Deleris e Erhun (2005)	• Utilizaram uma ferramenta baseada na simulação Monte Carlo para avaliar a incerteza em cadeias de suprimentos, onde o principal objetivo foi obter a função de densidade de probabilidade das perdas.
	• Schmitt e Singh (2009)	• Aplicaram a simulação de evento discreto e a simulação Monte Carlo (@Risk) para capturar o comportamento do sistema e modelar o risco de ruptura. Os autores argumentam que a combinação dessas duas abordagens permitiu avaliar o risco de ruptura na cadeia inteira. A simulação Monte Carlo, especificamente, permitiu a criação de um perfil de risco para cada nó ou arco da cadeia de suprimentos.
	• Vilko e Hallikas (2012)	• Utilizaram a SMC como base para investigar a relação entre os eventos de risco e suas implicações em termos de atraso. Os autores mencionam que após realizar a identificação dos riscos e a avaliação semi-quantitativa, os especialistas analisaram o impacto dos riscos em termos do atraso, que foi modelado em forma de uma distribuição triangular.
	• Berle, Norstad e Asbjørnslett (2013)	• Utilizaram a SMC para simular a natureza estocástica das rupturas, fornecendo uma quantificação da capacidade do sistema para movimentar as mercadorias.
Simulação de Sistemas Dinâmicos	• Feng (2012)	• Empregaram a simulação para modelar o compartilhamento de informações no contexto da gestão da cadeia de suprimentos.
	• Kumar e Nigmatullin (2011)	• Desenvolveram um modelo de sistemas dinâmicos para estudar o comportamento e os relacionamentos em uma cadeia de suprimentos. Além disso, o modelo também foi utilizado para determinar o impacto da variabilidade da demanda e do <i>lead-time</i> no desempenho da cadeia de suprimentos. Os autores mencionam que o modelo proposto facilita a identificação e o estudo de componentes críticos da cadeia de suprimentos, permitindo a criação de uma rede mais eficiente.
	• Guertler e Spinler (2015)	• Construíram um modelo de sistema dinâmico para capturar a dinâmica intra-organizaacional entre os riscos de tal organização e, em seguida, simular a ocorrência do risco de suprimento.

	• Schuh, Schenk e Servos (2015)	• Construíram um modelo de simulação de sistema dinâmico com a finalidade de representar a complexidade e dinâmica atual das cadeias de suprimentos de manufatura.
Simulação evento discreto	• Cheng e Duran (2004)	• Implementaram uma SED no Arena, que é um pacote comercial de simulação de evento discreto muito utilizado.
	• Schmitt e Singh (2009)	• Utilizaram a SED para modelar o fluxo de material e as interações na rede.
	• Durowoju, Chan e Wang (2012)	• Para investigar o impacto de cada fonte de perturbação no desempenho da cadeia.
Petri Nets	• Khilwani, Tiwari e Sabuncuoglu (2011)	• Introduzem uma abordagem híbrida das redes de Petri (<i>Hybrid Petri net</i> - HPN) para lidar com a incerteza na cadeia de suprimentos de forma eficaz e efetiva, afirmando que essa nova abordagem é utilizada para representar os diferentes fluxos (material, informação e financeiro) ao longo da cadeia de forma integrada.
	• Tuncel e Alpan (2010)	• Utilizaram a simulação de redes de Petri para observar as relações de causa e efeito entre os eventos de risco, especialmente os efeitos dos fatores de risco nas medidas de desempenho em diversos cenários. Os autores concluíram que o modelo desenvolvido fornece um ambiente eficiente para definir as incertezas do sistema e avaliar o valor agregado das ações de mitigação de riscos.

Fonte: Elaboração própria (2017)

2.4.2.2 AHP

O AHP (*Analytic Hierarchy Process*) foi desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 1970 com a finalidade de melhorar o processo de tomada de decisão.

A análise para desmembrar um problema em seus componentes constituintes com a finalidade de estudar seu comportamento tem sido a principal ferramenta de investigação científica para testar hipóteses e resolver problemas (SAATY; VARGAS, 2006).

Nesse contexto, Saaty (2006) explica que uma das formas de analisar as influências causais e os seus efeitos é por meio de uma abordagem holística em que todos os fatores e critérios envolvidos são definidos com antecedência em uma hierarquia ou em um sistema de rede que permite dependências.

Saaty (1990) argumenta que o AHP é uma abordagem de decisão multicritério em que os fatores são arranjados em uma estrutura hierárquica.

Sendo assim, o AHP realiza comparações par a par para mensurar a importância relativa de elementos em cada nível da hierarquia e avalia as alternativas no nível mais baixo da hierarquia, com a finalidade de tomar a melhor decisão entre várias alternativas (SIPAHI; TIMOR, 2010). Além disso, esta ferramenta é capaz de fornecer aos tomadores de decisão uma forma de transformar os julgamentos subjetivos em medidas objetivas.

Por conseguinte, o AHP é amplamente utilizado para apoio à tomada de decisões em situações complexas e com múltiplos critérios e, para utilizá-lo, é necessário estabelecer uma estrutura hierárquica para representar um problema (SAATY, 2006).

Saaty (2008) define as seguintes etapas para desenvolver o AHP:

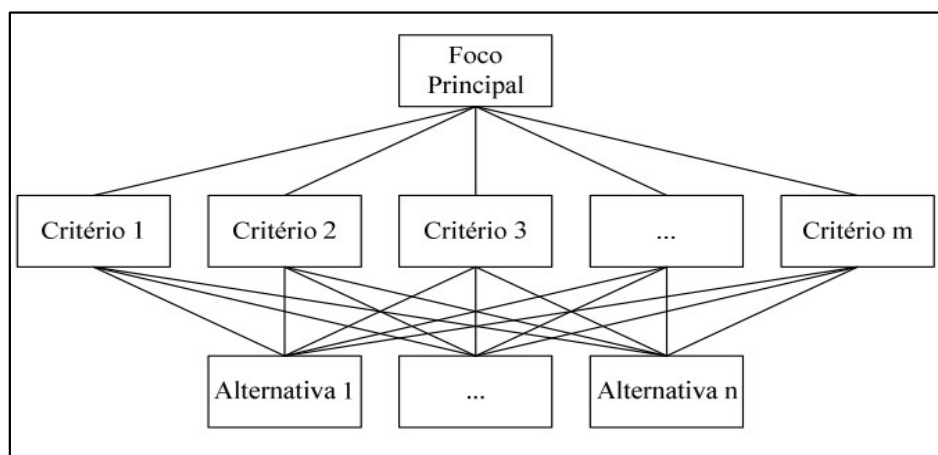
- i. Definir o problema e determinar o tipo de conhecimento procurado;
- ii. Estruturar o problema seguindo uma estrutura hierárquica, conforme ilustrado na Figura 8;
- iii. Construir um conjunto de comparações par a par;
- iv. Estabelecer o índice global de prioridades.

Ressalta-se que para construir uma hierarquia, deve-se: incluir os detalhes relevantes para representar o problema, considerar o ambiente ao redor do problema, identificar as questões ou atributos que contribuem para solucionar o problema e identificar os participantes associados com o problema (SAATY, 1990).

No entanto, salienta-se que uma hierarquia deve ser complexa o suficiente para captar a situação, mas pequena e ágil para ser sensível às mudanças (SAATY, 1987).

Nessa perspectiva, a Figura 8 apresenta um exemplo de estrutura hierárquica, onde o existe o foco principal, os critérios que serão analisados e, no terceiro nível, as alternativas.

Figura 8: Exemplo de Estrutura Hierárquica



Fonte: Adaptado de Saaty e Vargas (2006)

Em seguida, as comparações par a par são efetuadas e, para isto, utiliza-se a escala fundamental, conforme descrito no Quadro 12, que representa as intensidades dos julgamentos.

Quadro 12: A Escala Fundamental

Intensidade	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)

Uma das vantagens de utilizar o AHP é a capacidade de mensurar a consistência dos julgamentos. Sobre isso, Medeiros Júnior (2007, p. 126) explica que “a consistência é um indicador da coerência nos julgamentos e a sua medição na matriz de comparações é um elemento bastante importante, e indica o quão cuidadosamente foram dadas as respostas à matriz”.

Assim, o índice de consistência IC pode ser obtido utilizando-se:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Sendo λ_{max} o maior autovalor.

E a taxa de consistência corresponde a:

$$CR = \frac{IC}{ACI} \quad (3)$$

Sendo que ACI corresponde a um índice de consistência aleatória, conforme ilustrado na Tabela 3.

Tabela 3: Valores de ACI

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CA	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Saaty (1987)

Dessa forma, Saaty (1990) considera que o valor da taxa de consistência (CR) não deve ser superior a 0,10.

Saaty (2008) destaca que o AHP foi utilizado em diversos problemas reais, entre eles: a) na Xerox para alocar cerca de 1 bilhão de dólares aos projetos de pesquisa e b) em 1999, a Ford utilizou o AHP para estabelecer as prioridades para os critérios que melhoram a satisfação do cliente.

Sipahi e Timor (2010) argumentam que o AHP é empregado principalmente na indústria de transformação, na gestão ambiental e na agricultura. No entanto, os autores mencionados ainda explicam que este método é utilizado também na indústria de energia, de transporte, de construção e da saúde. Outras aplicações incluem: educação, logística, telecomunicações, marketing e outros.

No contexto da cadeia de suprimentos, este método tem sido utilizado amplamente no problema de seleção de fornecedores (GARVEY; CARNOVALE; YENIYURT, 2015).

No que diz respeito à aplicação do AHP na gestão de riscos em cadeias de suprimentos, os estudos de Gaudenzi e Borghesi (2006), Wu, Blackhurst e Chidambaram (2006), Schoenherr, Tummla e Harrison (2008) e Funo *et al* (2011) empregaram este método para avaliar os riscos nas cadeias.

Nessa perspectiva, Gaudenzi e Borghesi (2006) apresentam um modelo para avaliar os riscos na cadeia com base no AHP. Os autores argumentam que o AHP auxilia os gestores a priorizar os objetivos da cadeia de suprimentos, a identificar os indicadores de risco e avaliar o impacto potencial dos eventos e os relacionamentos de causa e efeito ao longo da cadeia.

Sendo assim, percebe-se que este método é extensivamente aplicado em diversas situações que envolvem tomada de decisão com múltiplos critérios. Sobre isso, Dai e Blackhurst, (2012) afirmam que este método pode ser utilizado para reconciliar diferenças em julgamentos e percepções gerenciais e solucionar melhor os *trade-offs* encontrados.

Diante do exposto, o Quadro 13 sintetiza as principais características do AHP.

Quadro 13: Características do AHP

Características	Descrição
Conceito	É uma abordagem de decisão multicritério em que os fatores são arranjados em uma estrutura hierárquica.
Objetivo	O AHP realiza comparações par a par para mensurar a importância relativa de elementos em cada nível da hierarquia e avalia as alternativas no nível mais baixo da hierarquia, com a finalidade de tomar a melhor decisão entre várias alternativas.
Procedimentos gerais	- Definir o problema e determinar o tipo de conhecimento procurado; - Estruturar o problema seguindo uma estrutura hierárquica; - Construir um conjunto de comparações par a par; - Estabelecer o índice global de prioridades.
Aplicações	Amplamente utilizado nos diversos setores.

Fonte: Elaboração própria (2017)

2.4.2.3 ANP

O método ANP (*Analytic Network Process*) também foi desenvolvido por Thomas L. Saaty e é considerado como uma generalização do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

O ANP é uma ferramenta essencial para articular o entendimento a respeito de um problema de decisão (SAATY, 2004), uma vez que permite identificar as relações de dependência existentes em um determinado problema.

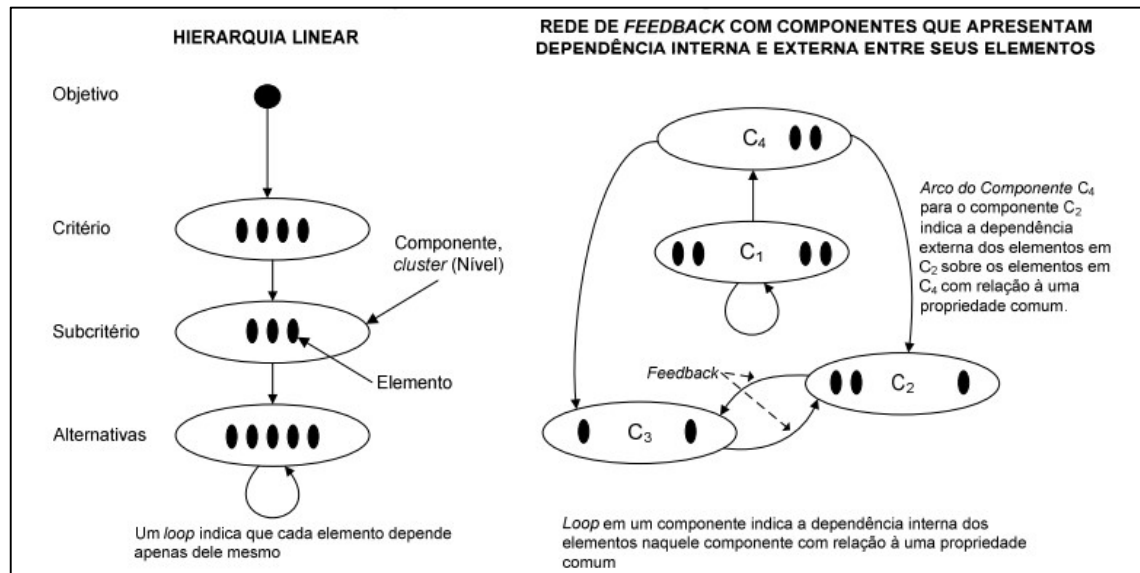
Para Nascimento *et al* (2008), dentre os métodos de apoio multicritério à decisão (AMD) existentes, o método ANP destaca-se por possuir características que proporcionam soluções realísticas.

Nessa perspectiva, as diferenças entre o método AHP e o método ANP precisam ser compreendidas. A Figura 9 apresenta essas diferenças e, dessa forma, percebe-se que o AHP é uma estrutura linear de cima para baixo com nenhum *feedback* dos níveis inferiores para os níveis mais elevados, no entanto, existe um *loop* no nível inferior que indica que cada alternativa nesse nível apenas depende de si mesmo e, assim, os elementos são considerados independentes uns dos outros (SAATY, 2004).

Entretanto, Saaty (2006) explica que muitos problemas não podem ser estruturados de forma hierárquica na prática porque eles envolvem a interação e dependência de elementos dos níveis superiores com elementos dos níveis inferiores. Sendo assim, conforme figura 9, um *loop* em um componente representa a dependência interna dos elementos naquele componente com relação a uma propriedade comum.

Nessa perspectiva, Zhu *et al* (2015) afirmam que a vantagem de empregar o método ANP consiste em lidar com dependências e *feedback*, sendo assim um método bastante útil em muitas aplicações práticas.

Figura 9: Diferenças entre uma hierarquia e uma rede



Fonte: Adaptado de Saaty (2004)

Logo, o método ANP possui como característica principal a decomposição de um problema em uma estrutura de rede, sem relações hierárquicas entre seus elementos (NASCIMENTO *et al*, 2008).

Em geral, uma rede consiste de componentes e de elementos desses componentes. No entanto, na criação de estruturas para representar problemas podem existir partes maiores que os componentes, que devem ser considerados. Assim, pode-se ter um sistema, que é composto por subsistemas, onde cada subsistema é composto por componentes, e cada componente é composto por elementos (SAATY, 2006).

Existem três tipos de componentes, a saber: componente de origem, componente intermediário e componente de mais baixo nível (SAATY, 2006), conforme disposto no Quadro 14 e na Figura 10.

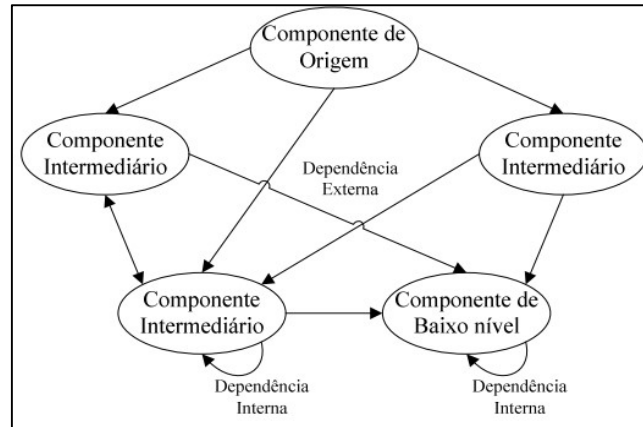
Quadro 14: Tipos de Componentes

Tipo de componente	Descrição
Componente de origem	Influencia qualquer outro cluster, mas não sofre influência.
Componente intermediário	Podem sofrer influência de outro cluster e transmiti-la para outro.
Componente de mais baixo nível	Apenas sofre influência de outro cluster.

Fonte: Saaty (2006) e Nascimento *et al* (2008)

A Figura 10 apresenta as relações de dependência entre os diferentes tipos de componentes existentes em uma rede.

Figura 10: Tipos de componentes em uma rede



Fonte: Adaptado de Saaty (2006)

Fazli, Mavi e Vosooghizaji (2015) argumentam que o desenvolvimento do ANP é dividido em três etapas:

- Construção do modelo e estrutura do problema - Todos os elementos que afetam a decisão devem ser determinados e agrupados em *clusters*. Em seguida, o problema da rede de decisão deve ser mapeado de forma clara e decomposto em componentes. Em outras palavras, o problema de decisão é construído para apresentar uma representação clara do problema e separá-lo de uma estrutura de relações de rede;
- Comparação par a par - As interações entre os elementos devem ser avaliadas utilizando comparações par a par. Esta etapa pode ser realizada por meio de questionamentos a especialistas de uma série de comparações, que consistem em comparações de *clusters*, de elementos e de alternativas. Assim, o valor de importância relativa de cada componente pode ser determinado utilizando uma escala de 1 (para representar a mesma importância) até 9 (para representar extrema importância), conforme disposto no Quadro 12;
- Desenvolvimento algébrico - É feito por meio da construção das matrizes através da utilização dos resultados obtidos nas etapas anteriores. A supermatriz do ANP é apresentada na Figura 11.

Figura 11: Supermatriz do ANP

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} w_{i1}^{(j_1)} & w_{i1}^{(j_2)} & \dots & w_{i1}^{(j_{n_j})} \\ w_{i2}^{(j_1)} & w_{i2}^{(j_2)} & \dots & w_{i2}^{(j_{n_j})} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{in_i}^{(j_1)} & w_{in_i}^{(j_2)} & \dots & w_{in_i}^{(j_{n_j})} \end{bmatrix}$$

Fonte: Saaty (2006)

De forma mais detalhada, a Figura 12 apresenta os procedimentos propostos por Nascimento *et al* (2008) para a realização do ANP.

Quanto à aplicação do ANP, Sipahi e Timor (2010) argumentam que este método tem sido muito utilizado, na última década, especialmente no estudo do risco e da incerteza.

O estudo realizado por Fazli, Mavi e Vosooghizaji (2015) demonstra como os diferentes riscos e as diversas estratégias de gestão de riscos podem ser avaliadas através do ANP. Primeiro, os autores utilizaram o DEMATEL para detectar e construir a complexa rede de relacionamento entre as dimensões/critérios. Posteriormente, o ANP foi empregado com a finalidade de identificar as relações de dependência e *feedback* entre os critérios e decidir os pesos relativos das estratégias de mitigação do risco.

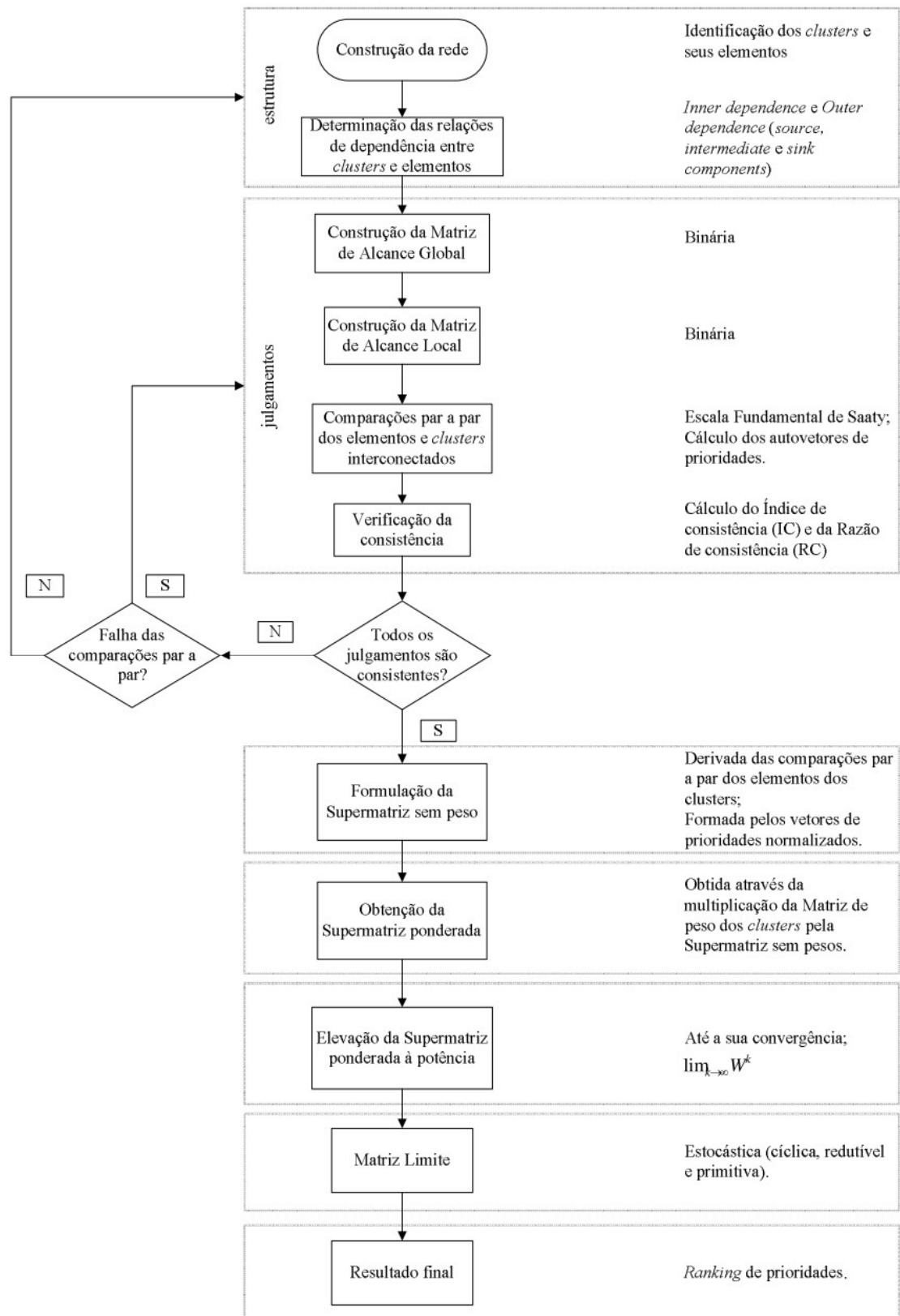
Diante da revisão apresentada sobre o ANP, o Quadro 15 resume as principais características desse método.

Quadro 15: Características do ANP

Características	Descrição
Conceito	É uma ferramenta muito utilizada para articular o entendimento a respeito de um problema de decisão.
Objetivo	- Possui como finalidade selecionar as melhores alternativas possíveis, utilizando diferentes critérios de avaliação par a par; - Diferencia-se do AHP por lidar com dependências e <i>feedback</i>;
Procedimentos gerais	- Construção do modelo e estrutura do problema; - Comparação par a par; - Desenvolvimento algébrico.
Aplicações	Tem sido muito utilizado, na última década, especialmente no estudo do risco e da incerteza.

Fonte: Elaboração própria (2016)

Figura 12: Fluxograma para desenvolver o ANP



Fonte: Nascimento *et al* (2008, p. 1015)

2.4.2.4 Redes Bayesianas

Uma rede Bayesiana é um grafo acíclico dirigido que codifica relações probabilísticas entre os nós de interesse em um problema (PAI *et al*, 2003). A teoria Bayesiana centra-se na ideia de que temos uma crença em determinados eventos dado nosso conhecimento prévio sobre eles e, caso outros eventos ocorram, existe a possibilidade de que essas crenças iniciais desse mesmo evento sejam modificadas (GARVEY; CARNOVALE; YENIYURT, 2015). Grande parte da teoria bayesiana fundamenta-se na noção de probabilidade condicional.

Uma rede bayesiana consiste em duas partes: a) a primeira parte compreende a estrutura gráfica qualitativa dos relacionamentos no modelo; b) enquanto que a segunda parte se refere à estrutura quantitativa representada pelas distribuições de probabilidade para cada variável na rede (DEMIRER; MAU; SHENOY, 2006; SHENOY; SHENOY, 2000).

Dito de outra forma, as redes Bayesianas consistem em: a) da parte subjetiva, que consiste nas relações causais determinadas por algoritmos ou por opinião de especialistas e b) da parte objetiva, que compreende as distribuições de probabilidades condicionais (GARVEY; CARNOVALE; YENIYURT, 2015).

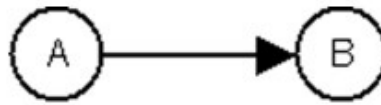
De acordo com Demirer, Mau e Shenoy (2006), para construir uma rede bayesiana, três etapas são necessárias:

- Deve-se construir a representação gráfica;
- Deve-se especificar os relacionamentos numéricos entre as variáveis;
- Realizar as inferências pertinentes ou decisões baseadas em novas evidências, onde uma evidência é entendida como qualquer informação que pode modificar a distribuição de probabilidade em uma rede.

No que diz respeito à estrutura gráfica, as redes bayesianas são uma classe especial de modelo gráfico que podem ser usadas para modelar dependências causais entre variáveis aleatórias. Os modelos gráficos, por sua vez, são uma combinação de teoria da probabilidade e teoria do grafo que, recentemente, tornou-se bastante popular para modelar interações complexas entre variáveis aleatórias (COWELL; VERRALL; YOON, 2007).

Para exemplificar um modelo gráfico, tem-se na Figura 13, em que A e B são nós e representam as variáveis aleatórias A e B. O arco de A para B modela uma relação causal entre A e B. Isso significa que se ocorrer uma determinada modificação no que se sabe sobre A, ocorre, consequentemente, uma alteração no que se sabe sobre B.

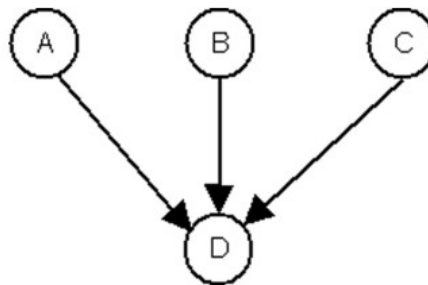
Figura 13: Modelo gráfico



Fonte: Cowell, Verrall e Yoon (2007)

Outro exemplo de modelo gráfico é ilustrado na Figura 14, no entanto, percebe-se que a variável D é dependente das variáveis aleatórias A, B e C. Isso implica dizer que qualquer modificação no conhecimento existente sobre A, B e C também pode alterar o que se sabe sobre D.

Figura 14: Gráfico acíclico direcionado com quatro nós



Fonte: Cowell, Verrall e Yoon (2007)

No que tange a segunda etapa para construção de uma rede bayesiana, deve-se considerar cada nó da rede como uma variável que pode ser descrita como um valor constante, a distribuição de probabilidade, ou como função de outras variáveis. Assim, o foco deve ser determinar a distribuição de probabilidade dos nós relevantes (DEMIRER; MAU; SHENOY, 2006).

Sendo assim, as principais formas para determinar a distribuição de probabilidade dos nós são: informações históricas ou por meio dos julgamentos subjetivos de probabilidade, uma vez que nem sempre as informações necessárias estão disponíveis. Outra forma possível de determinar as entradas numéricas de uma rede é por meio da simulação.

A terceira etapa consiste em utilizar o julgamento de especialistas nas variáveis para atualizar as probabilidades. Dessa forma, as probabilidades precisam ser reavaliadas à medida que informações adicionais se tornam disponíveis e isto pode ser feito através da consideração que o resultado gerado é um elemento de um dado evento (MONTGOMERY; RUNGER, 2003).

Lockamy III (2014) e Lockamy III e McCormack (2010) explicam que o Teorema de Bayes pode ser expresso da seguinte maneira:

$$P(H|E, c) = \frac{P(H|c) \cdot P(E|H, c)}{P(E|c)} \quad (4)$$

A equação representa a probabilidade de ocorrência da Hipótese H depois de considerar o efeito da evidência E, baseado na experiência c.

- O termo $P(H|c)$ é a probabilidade de ocorrência da Hipótese H considerando as evidências passadas de c;
- $P(H|E, c)$ é a probabilidade de ocorrência da hipótese H considerando as evidências de E e c;
- $P(E|c)$ é a probabilidade de ocorrência de E considerando as experiências passadas apenas de c;
- $P(E|H, c)$ é a probabilidade de ocorrência da hipótese E considerando as evidências de H e c;

Dessa forma, as redes bayesianas têm a capacidade de realizar inferências, por exemplo, sejam os eventos A e B, onde B é dependente do evento A; as redes Bayesianas têm a capacidade de inferir a probabilidade do evento B dado que o evento A ocorreu e vice-versa.

Quanto à aplicação, as redes Bayesianas têm sido utilizadas em uma variedade de situações que necessitam de alta confiabilidade, tais como: diagnósticos médicos e sistemas de rastreamento de armas (PAI *et al*, 2003). Essas redes são especialmente úteis quando as informações sobre situações do passado e/ou do presente são vagas, ambíguas, incompletas, conflitantes e incertas (LOCKAMY III; MCCORMACK, 2010; DEMIRER; MAU; SHENOY, 2006).

Além disso, as redes bayesianas têm sido utilizadas em diferentes situações de apoio à decisão que combinam informações qualitativas e quantitativas (DEMIRER; MAU; SHENOY, 2006). Em síntese, o teorema de Bayes dá uma metodologia para combinar crenças subjetivas e as evidências disponíveis.

Quando as redes Bayesianas foram introduzidas, a tarefa de atribuir as distribuições de probabilidade de forma manual consumia muito tempo, porém, devido aos avanços tecnológicos e ao desenvolvimento de técnicas heurísticas, o desenvolvimento, o entendimento e a utilização das redes de Bayes aumentou consideravelmente e elas têm sido aplicadas para

conduzir diagnósticos, em estudos de otimização de custos e análise de flexibilidade das cadeias de suprimentos (LOCKAMY III; MCCORMACK, 2012).

No entanto, apesar dos avanços tecnológicos, poucos estudos tentaram adaptar o modelo de redes de Bayes para o contexto de gestão de riscos em cadeias de suprimentos (GARVEY; CARNOVALE; YENIYURT, 2015). Um dos primeiros trabalhos que propôs a utilização das redes Bayesianas para modelar o risco e a incerteza em cadeias de suprimentos foi o de Pai *et al* (2003). Posteriormente, outros autores também utilizaram as redes de Bayes com esse intuito (GARVEY; CARNOVALE; YENIYURT, 2015; LOCKAMY III; MCCORMACK, 2012; LOCKAMY III; MCCORMACK, 2010; CHEN; XIA; WANG, 2010).

Lockamy III e McCormack (2012), por exemplo, apresentam uma metodologia para modelar e avaliar os perfis de riscos em cadeias de suprimentos por meio das redes Bayesianas. Os autores mencionam que a limitação desta técnica para modelar os riscos em cadeias de suprimentos relaciona-se com a correta identificação dos eventos de riscos e das categorias de riscos que podem impactar a cadeia de suprimentos como um todo.

Em outro estudo realizado por Lockamy III e McCormack (2010), as redes de Bayes foram empregadas para analisar as probabilidades de risco de fornecedores externos e o seu impacto em termos de receitas para a organização. A metodologia apresentada por esses autores auxilia nas decisões de terceirização, uma vez que cria perfis de risco para cada fornecedor.

Lockamy III (2014) adiciona que as redes bayesianas podem ser utilizadas efetivamente pelos gestores para auxiliar na tomada de decisão em relação aos seus fornecedores atuais e potenciais.

O Quadro 16 apresenta as principais características das Redes Bayesianas, abrangendo seu conceito, o objeto, os procedimentos gerais e as possíveis aplicações.

Quadro 16: Características das Redes Bayesianas

Características	Descrição
Conceito	É um grafo acíclico dirigido que codifica relações probabilísticas entre os nós de interesse em um problema.
Objetivo	Modelar dependências causais entre variáveis aleatórias.
Procedimentos gerais	- Deve-se construir a representação gráfica; - Deve-se especificar os relacionamentos numéricos entre as variáveis; - Realizar as inferências pertinentes ou decisões baseadas em novas evidências.
Aplicações	- São especialmente úteis quando as informações sobre situações do passado e/ou do presente são vagas, ambíguas, incompletas, conflitantes e incertas; - Variedade de situações que necessitam de alta confiabilidade; - Utilizadas em diferentes situações de apoio à decisão que combinam informações qualitativas e quantitativas;

Fonte: Elaboração própria (2017)

2.4.2.5 Abordagem da Árvore de Falhas (*Fault Tree Analysis - FTA*)

É uma técnica que permite identificar os riscos ligando os eventos finais aos eventos de riscos através de conectores lógicos. A análise da árvore de falhas pode ser aplicada em sistemas complexos e, além disso, é uma técnica útil para analisar as diferentes formas que uma determinada falha pode ocorrer e sua respectiva probabilidade de ocorrência (SHERWINA; MEDALA; LAPPB, 2016; CIGOLINI; ROSSI, 2010).

Desde a sua criação, a análise de árvore de falhas tornou-se uma forma de compreender os riscos e as falhas associadas com os sistemas complexos, no entanto, a aplicação no contexto da cadeia de suprimentos ainda é escassa (SHERWINA; MEDALA; LAPPB, 2016).

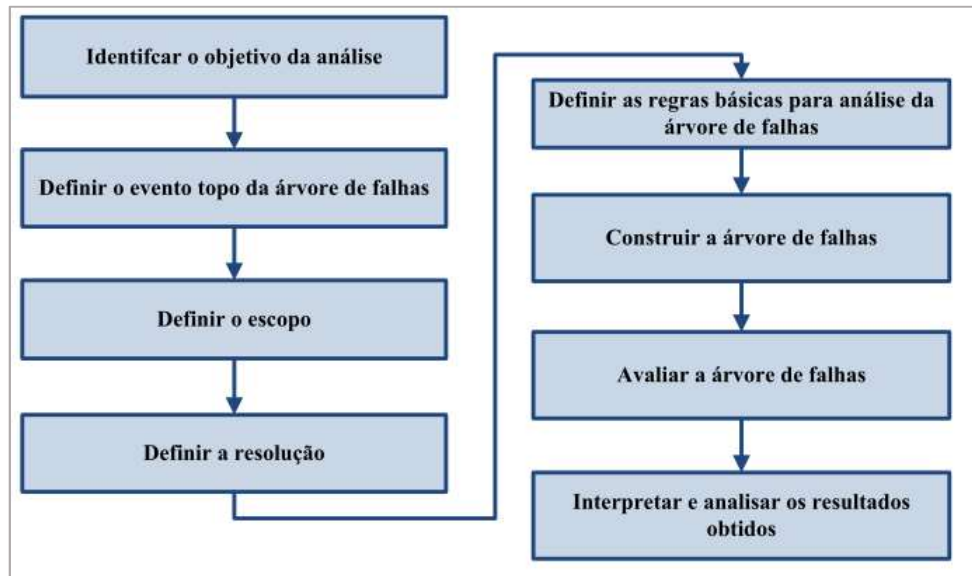
Rao *et al* (2009) explicam que a FTA é uma representação gráfica de várias combinações de falhas básicas que levam à ocorrência de um evento topo indesejável. Corroborando com essa opinião, Lindhe *et al.* (2009) relatam que a análise da árvore de falhas é uma ferramenta de estimação do risco com a habilidade de modelar as interações entre os eventos.

A metodologia fundamenta-se nas seguintes premissas (RAO *et al*, 2009):

- Os eventos são eventos binários;
- Os eventos são estatisticamente independentes;
- Os relacionamentos entre os eventos são representados por meio da lógica booleana (AND/OR).

Kapur e Pecht (2014) argumentam que é necessário executar oito etapas para alcançar uma boa análise utilizando a árvore de falhas, conforme descrito na Figura 15. De forma geral, percebe-se que a análise da árvore de falhas se inicia com a formulação do problema e, em seguida, deve-se construir a árvore, avaliá-la e, por último, interpretar os resultados obtidos.

Figura 15: Etapas FTA

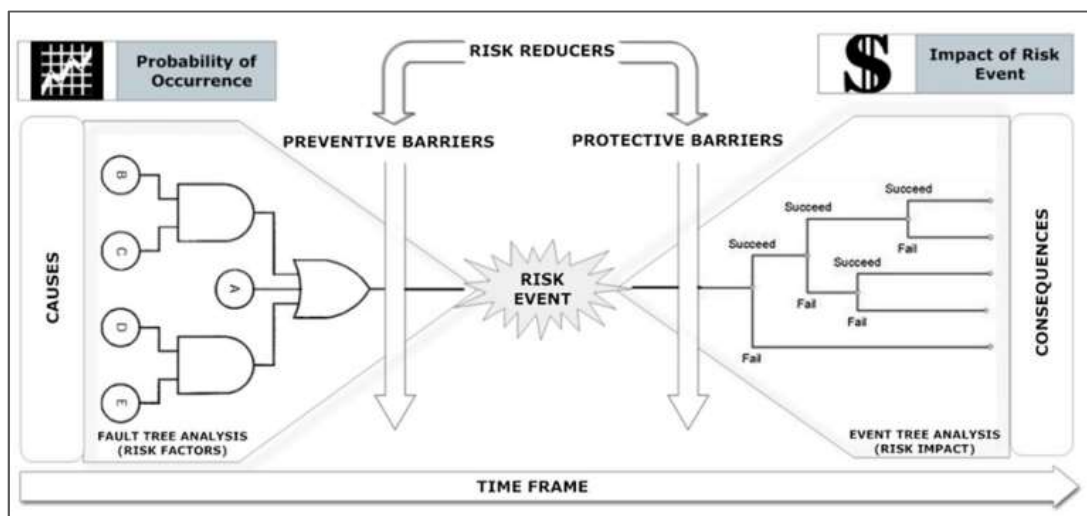


Fonte: Kapur e Pecht (2014)

De outra forma, pode-se dizer que a análise é composta de duas etapas: a etapa qualitativa, que se refere à expressão lógica do evento topo, e a etapa quantitativa, na qual as probabilidades são atribuídas aos eventos de falha dos componentes básicos e, em seguida, a probabilidade de ocorrência do evento topo é calculada (RAO *et al*, 2009).

Aqlam e Lam (2015a) apresentam um método chamado “nó de gravata”, que combina análise da árvore de falhas com a análise da árvore de eventos para calcular a probabilidade e o impacto do risco, conforme ilustrado na Figura 16.

Figura 16: Metodologia “nó de gravata”



Fonte: Aqlam e Lam (2015a)

Os mesmos autores mencionam que, baseado no tipo de relacionamento entre os fatores de risco (Ou ou E), as equações utilizadas para agregar os parâmetros de risco são do tipo:

$$\text{- Para a regra E, } P_k(t) = \prod_{i=1}^N p_i(t) \quad (5)$$

$$\text{- Para a regra Ou, } P_k(t) = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - p_i(t)) \quad (6)$$

- sendo $P_k(t)$ é a probabilidade de ocorrência do evento de risco k durante o horizonte de tempo t ; $P_i(t)$ é a probabilidade de ocorrência do fator de risco I , onde N é o número de fatores de risco associados com o evento de risco k .

Para calcular o impacto do evento de risco K , utiliza-se:

$$L_k(t) = \frac{\sum_{i=1}^N p_i(t) \times l_i(t)}{\sum_{i=1}^N p_i(t)} \quad (7)$$

- sendo $L_k(t)$ o impacto do evento de risco K combinado durante o horizonte de tempo t ; $l_i(t)$ o impacto individual do evento de risco I durante o horizonte de tempo t .

As características da análise da árvore de falhas são apresentadas no Quadro 17.

Quadro 17: Características da árvore de falhas

Características	Descrição
Conceito	É uma representação gráfica de várias combinações de falhas básicas que levam à ocorrência de um evento topo indesejável.
Objetivo	Compreender os riscos e as falhas associadas com os sistemas complexos;
Procedimentos gerais	- Identificar o objetivo da análise; - Definir o evento topo da árvore de falhas; - Definir o escopo; - Definir a resolução; - Definir as regras básicas para análise da árvore de falhas; - Construir a árvore de falhas; - Avaliar a árvore de falhas; - Interpretar e analisar os resultados obtidos.
Aplicações	É utilizada para analisar as diferentes formas que uma determinada falha pode ocorrer e sua respectiva probabilidade de ocorrência.

Fonte: Elaboração própria (2017)

2.5 CONCLUSÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste Capítulo foram discutidos, na Seção 2.1, os principais conceitos de cadeia de suprimentos, bem como as razões que tornam atraente a adoção deste tipo de arranjo empresarial. Em seguida, na Seção 2.2, os conceitos e os princípios da gestão da cadeia de suprimentos foram expostos, ressaltando que as práticas de gestão da cadeia precisam também considerar a turbulência presente no ambiente competitivo atual, uma vez que as cadeias modernas precisam possuir a capacidade de se adaptar às mudanças do ambiente.

Na Seção 2.3 foram abordados os aspectos relacionados com a cadeia de suprimentos resiliente, expondo os conceitos encontrados na literatura, apesar de ainda não existir um consenso. A resiliência é considerada um dos elementos essenciais da gestão de riscos em cadeias de suprimentos e, dessa forma, também é preciso compreender como é possível criar uma cadeia resiliente. Sendo assim, também foram levantados, nesta seção, os principais fatores facilitadores e as principais barreiras para criar a resiliência na cadeia, embora poucos estudos tratem desses aspectos. E, por último, os princípios da cadeia de suprimentos resiliente foram expostos.

A Seção 2.4 apresentou a gestão de riscos em cadeias de suprimentos, enfatizando as diferenças existentes entre os termos “risco” e “incerteza”, uma vez que são utilizados frequentemente de forma intercambiável. Além disso, esta seção também tratou dos conceitos da gestão de riscos na cadeia, dos parâmetros que devem ser considerados para analisar o risco e das consequências da ocorrência do risco.

Diante da necessidade de explicar, de forma detalhada, as etapas da gestão de riscos em cadeias de suprimentos, a Seção 2.4.1 discutiu as principais características e ferramentas utilizadas na etapa de identificação dos riscos, ressaltando que é preciso compreender os diversos tipos de riscos existentes na literatura, pois uma má identificação gera, conseqüentemente, falhas em todo processo de gestão de riscos. A seção ainda apresentou os aspectos relacionados à avaliação do risco e, em seguida, as estratégias existentes para mitigar os riscos foram expostas. Por último, a etapa de monitoramento dos riscos foi retratada.

Considerando a necessidade de avaliar os riscos nas cadeias utilizando-se de ferramentas quantitativas e/ou híbridas, as principais ferramentas utilizadas para alcançar este objetivo foram expostas, sendo elas: simulação e as principais técnicas de simulação utilizadas no contexto da gestão de riscos em cadeias de suprimentos, ANP, diferenciando-a do AHP, redes bayesianas e a abordagem da árvore de falhas. Ainda foram apontados os estudos que utilizaram estas ferramentas com a finalidade de compreender melhor as suas características.

Posteriormente, apresentou-se uma discussão sobre as ferramentas empregadas na etapa de avaliação dos riscos, ressaltando os seguintes aspectos de cada ferramenta abordada: conceito, objetivo, etapas e aplicações. Esses aspectos foram apontados com a finalidade de indicar, em seguida, as abordagens adequadas para alcançar o objetivo proposto neste trabalho.

À vista disso, o método AHP foi selecionado para hierarquizar os riscos, uma vez que essa ferramenta é capaz de realizar uma comparação par a par entre os critérios. Em seguida, a simulação Monte Carlo foi empregada para calcular a probabilidade de ocorrência dos riscos prioritários levando em consideração suas dependências, uma vez que os dados necessários nem sempre estão disponíveis nas organizações analisadas e, além disso, verificou-se que os modelos podem ser desenvolvidos e utilizados facilmente.

Salienta-se que para executar a simulação, utilizou-se o Teorema de Bayes, uma vez que tal teorema fundamenta-se na noção de probabilidade condicional. Esse teorema foi utilizado para compreender a probabilidade de ocorrência de um determinado tipo de risco na empresa focal levando em consideração a ocorrência de outro risco em sua cliente mais relevante.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo tem a finalidade de explicar os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa e divide-se em quatro subseções: classificação da pesquisa, o método estudo de caso, definição da estrutura conceitual e etapas metodológicas utilizadas.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Existem diversas formas de classificar uma pesquisa. Quanto à natureza, Turrioni e Mello (2012) classificam uma pesquisa em básica ou aplicada. Quanto à forma de abordagem do problema, uma pesquisa pode ser classificada em quantitativa, qualitativa ou combinada (TURRIONI; MELLO, 2012). Quanto aos objetivos, uma pesquisa pode ser classificada em: exploratória, descritiva e explicativa (GIL, 2002). Quanto ao método de pesquisa, utilizou-se a tipologia desenvolvida por Filippini (1997) e reapresentada por Nakano (2010), que se divide em: Levantamento tipo *survey*, Estudo de caso, Modelagem, Simulação, Estudo de campo, Experimento e Teórico/conceitual.

Sendo assim, quanto à natureza, esta pesquisa é classificada como aplicada, pois tem o objetivo de ser utilizada para solucionar problemas do contexto real.

Quanto à forma de abordagem do problema, esta pesquisa pode ser classificada como qualitativa e quantitativa, ou seja, a abordagem combinada. Essa abordagem combinada possibilita um entendimento melhor dos problemas de pesquisa que cada uma das abordagens permitiria isoladamente (MARTINS, 2010). Sendo assim, primeiramente, a abordagem qualitativa é utilizada para coletar as informações iniciais necessárias a respeito da cadeia de suprimentos estudada. Em seguida, a abordagem quantitativa é utilizada para avaliar os riscos, uma vez que a pesquisa também busca calcular a probabilidade de ocorrência dos riscos prioritários identificados.

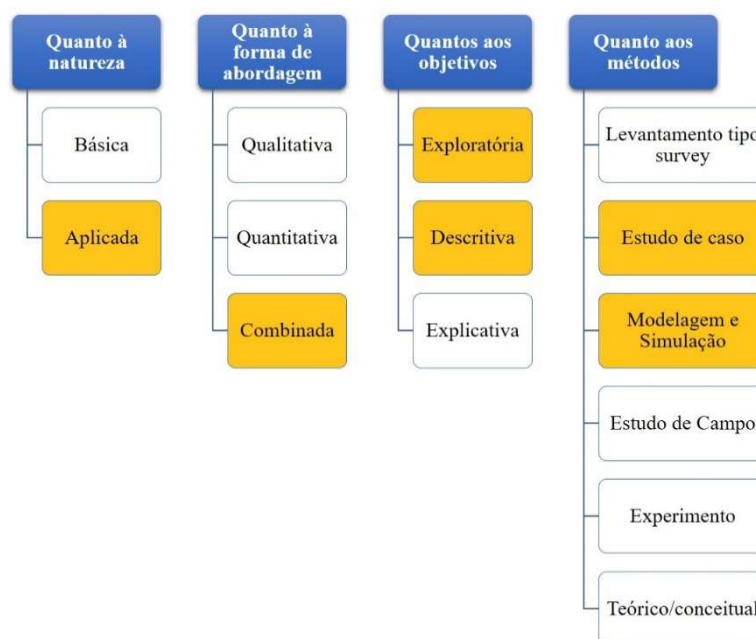
Quanto aos objetivos, esta pesquisa é classificada como exploratória. A pesquisa exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito (GIL, 2002). E também pode ser classificada como descritiva, uma vez que procura descrever quais os riscos que afetam o elo da cadeia de suprimentos estudado.

Yin (2014) explica que o estudo de caso é apropriado quando se deseja analisar em profundidade um determinado fenômeno dentro do contexto da vida real. Nessa perspectiva, este trabalho realiza uma análise aprofundada de um elo de uma cadeia de suprimentos, buscando identificar quais os riscos que a empresa focal e um membro de sua cadeia estão

expostos e, em seguida, avaliá-los. Dessa forma, quanto ao método, esta pesquisa é caracterizada como um estudo de caso, em sua parte qualitativa. Por outro lado, a parte quantitativa da pesquisa é classificada como modelagem e simulação.

A Figura 17 sintetiza o enquadramento metodológico adotado, estando destacadas a classificação desta pesquisa.

Figura 17: Classificação da pesquisa



Fonte: Elaboração própria (2017)

A seguir, aborda-se o método selecionado para esta pesquisa com a finalidade de fornecer maior aprofundamento.

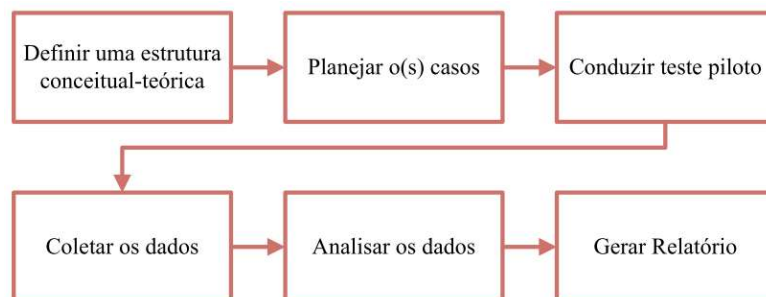
3.2 O MÉTODO DA PESQUISA

Quanto aos métodos, a pesquisa é classificada como estudo de caso, em sua parte qualitativa, pois envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento (TURRIONI; MELLO, 2012). Por outro lado, a pesquisa também é classificada como modelagem e simulação em sua parte quantitativa.

Cauchick Miguel e Sousa (2012) explicam que, apesar da sua versatilidade, o método de estudo de caso é especialmente apropriado e poderoso para investigações exploratórias e de construção de teoria. Além disso, o mesmo autor indica que o trabalho deve ser conduzido com o rigor metodológico necessário para que se justifique como pesquisa. Dessa forma, a Figura

18 apresenta a sequência de etapas propostas por Cauchick Miguel e Sousa (2012) para a condução de um estudo de caso e, em seguida, apresenta-se um detalhamento de cada etapa proposta pelos autores mencionados.

Figura 18: Condução do estudo de caso



Fonte: Cauchick Miguel e Sousa (2012)

A primeira etapa na condução de um estudo de caso consiste em definir um referencial conceitual teórico para o trabalho, de forma a fazer um mapeamento da literatura sobre o assunto. Esse referencial teórico também serve para delimitar as fronteiras do que será investigado, proporcionar o suporte teórico para a pesquisa e também apresentar o estado da arte sobre o tema pesquisado.

A segunda etapa consiste em planejar o(s) caso(s) e uma das primeiras tarefas nessa etapa consiste na escolha do(s) caso(s), em termos de número e tipo. Em seguida, é preciso definir os instrumentos e métodos para a coleta de dados. Logo após, um protocolo para coleta de dados deve ser desenvolvido, conforme apresentado no Apêndice G.

A terceira etapa consiste em realizar um teste-piloto antes de iniciar a coleta de dados. Sobre isso, Yin (2001) ainda argumenta que o estudo de caso piloto auxilia os pesquisadores na hora de aprimorar os planos para coleta de dados.

A quarta etapa na condução do estudo de caso é a coleta de dados. Os dados devem ser coletados utilizando os instrumentos definidos no planejamento. Salienta-se que a coleta de dados é concluída apenas quando os dados obtidos são suficientes para solucionar a questão de pesquisa proposta. A quinta etapa fundamenta-se na análise dos dados, que deve produzir uma narrativa geral do caso, no entanto, deve-se incluir apenas o que é fundamental.

Por último, deve-se construir o relatório da pesquisa, que é o resumo do conjunto de atividades realizadas anteriormente. Ressalta-se ainda que um estudo de caso deve estar pautado na confiabilidade e validade.

O Quadro 18 descreve a condução do estudo de caso desta pesquisa de acordo com as etapas mencionadas anteriormente.

Quadro 18: Condução do estudo de caso desta pesquisa

Etapa	Descrição
Definir uma estrutura conceitual-teórica	Mapeamento da literatura sobre a gestão de riscos em cadeias de suprimentos (foco para as etapas de identificação dos riscos e avaliação dos riscos em cadeias de suprimentos).
Planejar o(s) casos	Foi selecionada uma empresa focal e outro membro de sua cadeia de suprimentos para realizar o estudo proposto. Entrevistas semiestruturadas e análise de documentos foram utilizados para entender melhor o funcionamento da empresa focal. Esse instrumento de pesquisa possui como finalidade avaliar os riscos no elo fornecedor e produtor de uma cadeia de suprimentos da indústria de gás natural.
Conduzir o teste piloto	Com o objetivo de verificar a consistência do instrumento de pesquisa construído, um estudo de caso piloto foi conduzido e, em seguida, os ajustes necessários foram realizados.
Coletar dados	Os dados foram coletados na empresa focal selecionada e em outros membros da sua cadeia.
Analisar os dados	Os dados coletados foram analisados e, em seguida, foi possível identificar quais os riscos que permeiam o elo da cadeia de suprimentos investigado. Posteriormente, o impacto ocasionado por esses riscos foram estimados. Em seguida, os riscos mais relevantes foram priorizados. E, por último, a probabilidade de ocorrência dos riscos prioritários foi calculada.
Gerar relatório	E, por último, os resultados da pesquisa foram expostos.

Fonte: Elaboração própria (2017)

No que diz respeito ao uso da modelagem e simulação nesta pesquisa, Aqlan e Lam (2016) relatam que os modelos de simulação podem ser utilizados com o intuito de quantificar os riscos e seus respectivos impactos e, além disso, ainda permitem realizar testes de diferentes cenários sob os efeitos dos riscos.

A próxima seção apresenta os procedimentos adotados para construir a estrutura conceitual teórica desta pesquisa.

3.3 DEFINIÇÃO DA ESTRUTURA CONCEITUAL TEÓRICA

Segundo Lacerda, Ensslin e Ensslin (2012), os procedimentos para a revisão teórica podem ser divididos em três etapas: a) investigação preliminar, b) seleção dos artigos que comporão o portfólio para a pesquisa e c) Análise bibliométrica do portfólio de artigos para o referencial teórico em questão. No entanto, considera-se nessa seção apenas as duas primeiras etapas, visto que o objetivo é realizar uma revisão sistemática da literatura a respeito do tema de pesquisa estudado.

Segundo Colicchia e Strozzi (2012), a revisão sistemática da literatura fornece uma abordagem útil para identificar temas e selecionar palavras-chave para executar uma primeira escolha das contribuições mais relevantes no campo.

Investigação Preliminar: esta etapa divide-se em: cronologia da pesquisa, base de dados e palavras-chave.

A pesquisa foi realizada nos meses de outubro e novembro de 2015 e foram considerados os últimos dez anos, ou seja, de 2005 a 2015. O objetivo foi identificar a evolução das pesquisas sobre o tema abordado, entretanto, estudos realizados em períodos anteriores e que são considerados relevantes também foram incorporados à pesquisa.

A base de dados utilizada para efetuar a pesquisa foi a *Web of Science* (ou ISI). O motivo para escolher essa fonte de dados, especificamente, foi pela sua relevância e abrangência. Segundo Lacerda, Ensslin e Ensslin (2012) essa base dá origem ao JCR (*Journal Citation Report*), ou seja, ao fator de impacto dos periódicos.

Assim, pode-se constatar que essa base é de grande importância no contexto científico. Ressalta-se ainda que todas as pesquisas foram feitas por meio do “*firefox* UFPB”, disponibilizado pela Universidade Federal da Paraíba.

O tema de pesquisa selecionado foi gestão de riscos em cadeias de suprimentos. Em seguida, as palavras-chave foram definidas de acordo com o objetivo do trabalho e, posteriormente, foram testadas para assegurar que os melhores resultados seriam obtidos. Esta pesquisa tem como objetivo avaliar os riscos no elo fornecedor e produtor de uma cadeia de suprimentos, ou seja, duas etapas do processo de gestão de riscos serão efetuadas.

Logo, torna-se essencial selecionar palavras-chave que abordem esses aspectos, tais como: “*risk assessment*”, “*risk evaluation*”, “*risk identification*”, “*resilience*”, “*risk analysis*”, “*risk management*”, “*supply chain*”, “*vulnerability*”, “*sources of risk*”, “*risk*” e “*supply chain risk management*”. Sendo assim, combinações dessas palavras-chave foram feitas para identificar os artigos relevantes que tratam do tema em questão, conforme descrito no Quadro 19.

Quadro 19: Definição das palavras-chave de pesquisa

Pesquisas	Termos utilizados
Pesquisa 1	"supply chain risk management"
Pesquisa 2	"supply chain" AND "risk management"
Pesquisa 3	"supply chain" AND "Risk Identification"
Pesquisa 4	"supply chain" AND "risk Assessment"
Pesquisa 5	"supply chain" AND "resilience"
Pesquisa 6	"supply chain management" AND "risk"
Pesquisa 7	"supply chain risk" AND "vulnerability"
Pesquisa 8	"risk management" AND "supply chain risk"
Pesquisa 9	"supply chain" AND "sources of risk"
Pesquisa 10	"supply chain" AND "risk analysis"

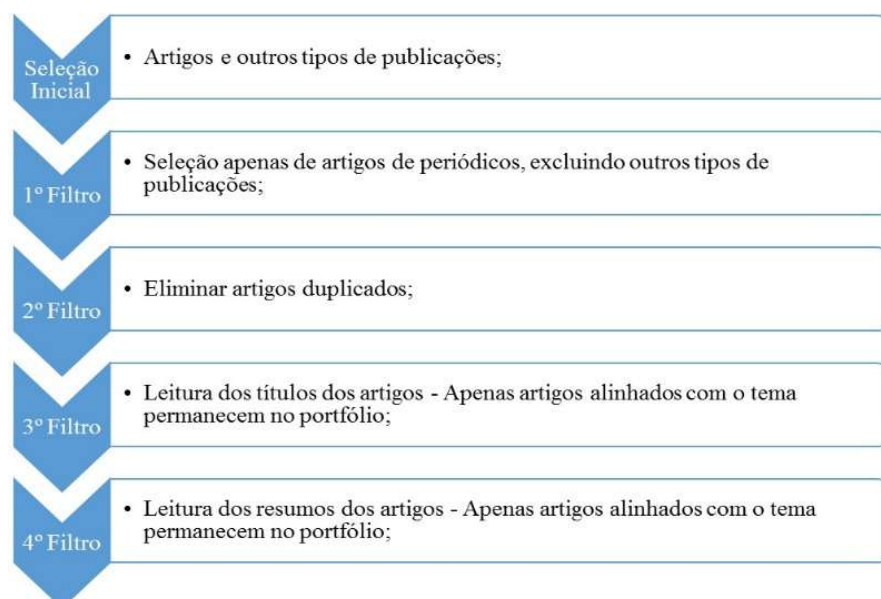
Fonte: Elaboração própria (2017)

Utilizou-se 10 combinações para ampliar a pesquisa e capturar os artigos relevantes sobre o tema abordado. No entanto, alguns termos foram excluídos da pesquisa, entre eles destaca-se “*risk evaluation*”, pois se percebeu que os artigos resultantes eram similares quando a palavra-chave utilizada era “*risk assessment*”. Logo, para evitar duplicação demasiada de artigos, esse mesmo procedimento foi utilizado para outros termos.

Em seguida, inicia-se o processo de filtragem de artigos com a finalidade de obter o material necessário para a revisão sistemática.

Seleção de artigos: Esta etapa consiste em selecionar os artigos relevantes que irão compor o portfólio para a construção do referencial teórico da pesquisa. Essa seleção consistirá, inicialmente, de uma sequência de filtros, conforme ilustrado na Figura 19.

Figura 19: Seleção do portfólio de artigos



Fonte: Elaboração própria (2017)

A seguir, cada etapa realizada para filtrar os artigos será explicada com detalhes. Primeiro, a seleção inicial de publicações sobre o tema abordado na pesquisa consistiu em 1.184 publicações. No entanto, o objetivo é selecionar apenas artigos de periódicos, ou seja, artigos de conferências, livros e outros tipos de publicações foram excluídos da pesquisa. Após esse primeiro filtro, 640 artigos restaram, conforme disposto no Quadro 20. Vale ressaltar que o termo “*topic*” refere-se a uma busca no título, nas palavras-chave e no resumo dos artigos. O aplicativo *EndNote* foi utilizado para auxiliar no processo de filtragem de artigos, uma vez que o quantitativo inicial foi elevado.

Conforme dito anteriormente, a pesquisa foi efetuada na base de dados *Web of Science*. Sendo assim, o segundo filtro agora consiste em verificar a existência de duplicação de artigos devido à utilização de múltiplas combinações de palavras-chave. Logo, 241 artigos foram eliminados nesse procedimento, resultando assim em 399 artigos.

Quadro 20: Quantitativo de artigos identificados

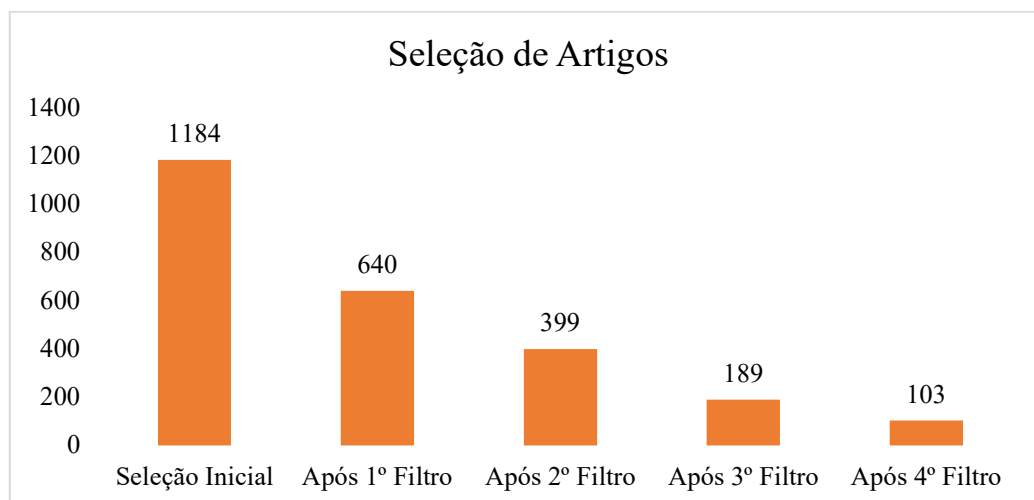
Base utilizada	Termo	Onde?	Resultado
<i>Web of Science</i>	"supply chain risk management"	Tópico	141
	"supply chain" and "risk management"	Título e Tópico	244
	"supply chain" and "Risk Identification"	Título e Tópico	11
	"supply chain" and "risk Assessment"	Título e Tópico	41
	"supply chain" and "resilience"	Título e Tópico	70
	"supply chain management" and "risk"	Título e Tópico	41
	"supply chain risk" and “vulnerability”	Título e Tópico	11
	"risk management" and "supply chain risk"	Título e Tópico	55
	"supply chain" and "sources of risk"	Título e Tópico	3
	"supply chain" and "risk analysis"	Título e Tópico	23
TOTAL			640

Fonte: Elaboração própria (2017)

Em seguida, buscou-se verificar o alinhamento do título do artigo ao tema de pesquisa escolhido. Logo, os artigos que não tratavam de aspectos relacionados à gestão de riscos em cadeias de suprimentos foram descartados. Nesse procedimento, 210 foram excluídos, ou seja, após o terceiro filtro de artigos, o portfólio passou a ser de 189 artigos.

Em seguida, com o objetivo de obter um portfólio de artigos ainda mais alinhado com o tema de pesquisa em questão, os resumos dos 189 artigos restantes foram lidos e 86 artigos foram excluídos, pois não estavam alinhados com a pesquisa. Portanto, 103 artigos passaram a compor o portfólio de artigos. A Figura 20 apresenta o resultado alcançado na seleção de artigos após cada filtro realizado.

Figura 20: Seleção de artigos para compor o portfólio final



Fonte: Elaboração própria (2017)

Por último, buscou-se analisar o portfólio de artigos conforme seu reconhecimento científico. Para isso, utilizou-se a ferramenta *Google Scholar* para verificar a quantidade de citações. Essas citações foram ordenadas de forma decrescente e, em seguida, estabeleceu-se um ponto de corte para os artigos mais citados. Segundo Lacerda, Ensslin e Ensslin (2012), se a pesquisa selecionar a minoria dos artigos mais citados, esses representam a maioria do reconhecimento científico presente no conjunto atual de artigos.

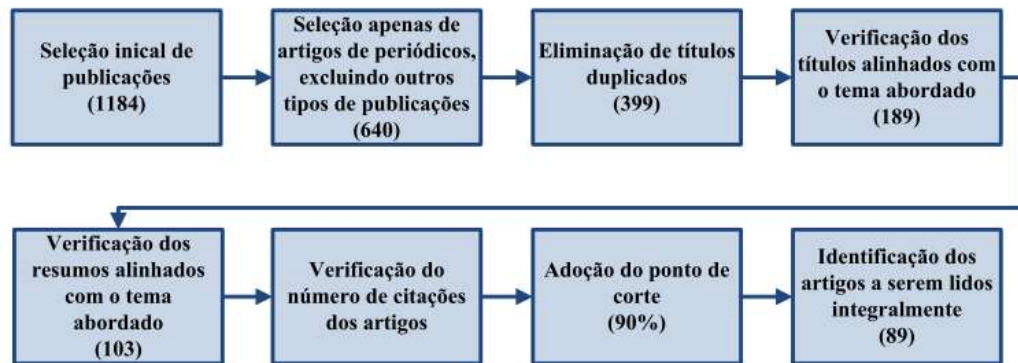
Somando todas as citações dos 103 artigos selecionados, obtêm-se o número de 9.244 citações. O ponto de corte estabelecido foi de 90%, por escolha do pesquisador. Sendo assim, esse ponto de corte retornou 47 artigos de revistas internacionais, que passam a compor o grupo de “artigos mais citados”. Porém, os outros 56 artigos do grupo dos artigos “menos citados” ainda vão passar por outro processo de análise, que consiste em duas etapas distintas, conforme será explicado a seguir.

Primeiro, os artigos “menos citados” que foram publicados há menos de 2 anos foram incorporados ao portfólio de artigos, visto que ainda não puderam ser bem citados. Tal processo retornou 37 artigos que foram publicados em 2015, 2014 e 2013. A segunda etapa consistiu em analisar os artigos publicados há mais de 2 anos e investigar se esses são de autoria de algum pesquisador já presente no grupo dos artigos “mais citados”. Sendo assim, foi possível verificar que 5 artigos eram de autores presentes no grupo dos “mais citados” e, consequentemente, retornaram ao portfólio final de artigos. Portanto, o portfólio final de artigos, que devem ser lidos integralmente, passou a ser de 89 artigos.

A Figura 21 sintetiza os passos seguidos para selecionar os artigos que vão ser utilizados para construir o referencial teórico desta pesquisa. Salienta-se ainda que outros artigos, além

daqueles encontrados por meio da revisão sistemática da literatura realizada, poderão ser utilizados nesta pesquisa, conforme a necessidade.

Figura 21: Procedimento adotado para seleção do portfólio de artigos



Fonte: Elaboração própria, com base em Lacerda, Ensslin e Ensslin (2012)

O Quadro 21 apresenta os cinco artigos mais citados no portfólio final de artigos selecionados. Salienta-se ainda que os periódicos com maior número de artigos selecionados foram: o *International Journal of Production Economics* (15), *International Journal of Production Research* (10) e *Supply Chain Management – An International Journal* (9).

Quadro 21: Artigos mais citados

Título	Autor(es)	Ano	Periódico	Citações
<i>Perspectives in supply chain risk management</i>	Tang, C.	2006	<i>International Journal of Production Economics</i>	616
<i>The severity of supply chain disruptions: Design characteristics and mitigation capabilities</i>	Craighead et al	2007	<i>Decision Sciences</i>	521
<i>Global supply chain risk management strategies</i>	Manuj e Mentzer	2008	<i>International Journal of Physical Distribution & Logistics Management</i>	465
<i>Global supply chain risk management</i>	Manuj e Mentzer	2008	<i>Journal of Business Logistics</i>	379
<i>The power of flexibility for mitigating supply chain risks</i>	Tang e Tomlin	2008	<i>International Journal of Production Economics</i>	358

Fonte: Elaboração própria (2017)

Observa-se que alguns artigos resultantes da revisão sistemática tratam do processo de gestão de riscos de forma sistêmica, enquanto que outros artigos tratam apenas de etapas isoladas da gestão de riscos, isto é, a identificação e a avaliação do risco, por exemplo. Ainda se nota que uma parte dos artigos discursa a respeito dos diferentes tipos de riscos e da natureza dos riscos no contexto das cadeias de suprimentos. Por fim, foi possível identificar que 54% dos artigos são teóricos.

Por último, os 89 artigos foram separados de acordo com o seu respectivo ano de publicação, conforme mostrado na Figura 22. Observa-se assim que o número de publicações sobre aspectos da gestão de riscos em cadeias de suprimentos vem aumentando consideravelmente ao longo dos anos.

Figura 22: Evolução da publicação de artigos identificados na revisão sistemática



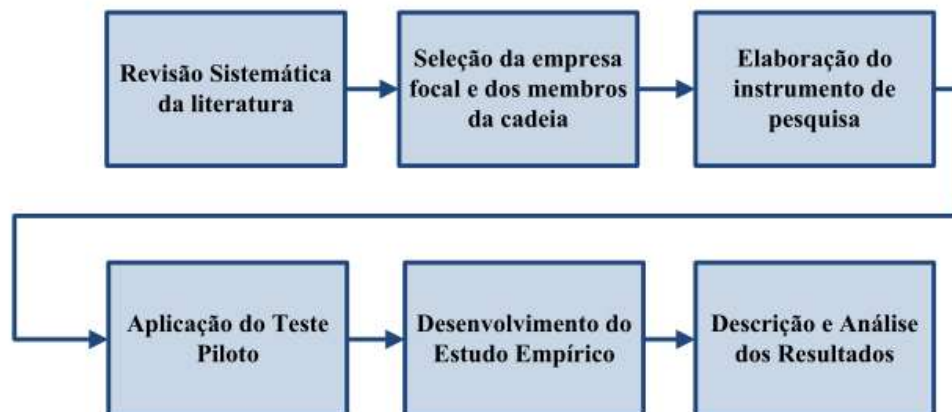
Fonte: Elaboração própria (2017)

A seguir, as etapas metodológicas adotadas para a realização desta pesquisa são descritas.

3.4 ETAPAS METODOLÓGICAS

As etapas metodológicas necessárias para alcançar o objetivo deste trabalho são apresentadas na Figura 23. Em seguida, explica-se cada etapa de forma detalhada.

Figura 23: Etapas metodológicas



Fonte: Elaboração própria (2017)

3.4.1 Revisão Sistemática da Literatura

Para a etapa de revisão da literatura, os procedimentos adotados já foram descritos na Seção 3.3 (Definição da estrutura conceitual teórica). Ressalta-se que esta etapa é de extrema importância, pois foi onde o pesquisador compreendeu melhor a respeito dos principais assuntos da pesquisa.

3.4.2 Seleção da empresa focal e dos membros da cadeia

Esta etapa consiste em selecionar uma empresa focal compatível com o objetivo proposto neste trabalho e, em seguida, selecionar também membros de sua cadeia.

Inicialmente, entrevistas semiestruturadas foram efetuadas em uma empresa responsável pela distribuição de gás canalizado no Estado da Paraíba, conforme descrito no Quadro 22, com a finalidade de compreender o funcionamento da organização selecionada. Além disso, foram realizadas visitas à empresa focal, conforme disposto no Quadro 23, e análises de documentos para compreender melhor o funcionamento dos diferentes processos de negócios da empresa focal.

Quadro 22: Questões para compreender o funcionamento da empresa focal

Aspectos para questionamento	Perguntas
Funcionamento da empresa	Tempo de Funcionamento
	História da empresa
	Número de funcionários
Segmento de atuação	Principais produtos
	Identificar os principais processos de negócios
Mapeamento da cadeia de suprimentos	Identificar os principais fornecedores da organização
	Número de fornecedores
	Identificar os principais clientes da organização
	Número de clientes
Membro a ser estudado	Tempo de relacionamento
	Trata-se de um fornecedor ou de um cliente?
	Identificar relevância desse membro para a empresa focal (em termos de faturamento)
	Qual a localização desse membro da cadeia?
	Existe interesse desse membro de participar da pesquisa proposta?

Fonte: Elaboração própria (2017)

Conforme Quadro 23, a primeira visita à empresa focal foi realizada no dia 24 de fevereiro de 2016 com o gerente do setor industrial e automotivo e durou cerca de 1 hora. Nessa visita, o gerente explicou o modo de funcionamento da organização e, de forma mais específica, apresentou seu setor. Em seguida, foi possível explicar o objetivo desta pesquisa e quais dados seriam necessários para o seu desenvolvimento. Por fim, o gerente encaminhou, por e-mail, os contratos praticados com seus clientes industriais, possibilitando assim que a pesquisadora compreendesse melhor o relacionamento existente entre a empresa focal e seus clientes.

A segunda visita ocorreu no dia 19 de abril de 2016 com o diretor-técnico comercial e seu assessor e durou cerca de 2 horas. Nesse momento, as informações sobre a pesquisa foram apresentadas, bem como os resultados que a pesquisa busca alcançar. Para entregar tal resultado, também foi solicitada a participação de diversos gerentes da organização e, por último, os dados de consumo do gás canalizado no Estado da Paraíba foram requisitados.

A última visita realizada à empresa focal, antes da aplicação do instrumento de pesquisa, ocorreu no dia 6 de junho de 2016 com o diretor-técnico comercial e seu assessor e durou cerca de 1 hora e 30 minutos. A finalidade dessa visita foi apresentar o cronograma da pesquisa, detalhando assim quais os dias que os questionários seriam aplicados e com quais gerentes. Em seguida, explicou-se a necessidade de participação dos clientes industriais na pesquisa,

buscando selecionar aqueles de maior relevância para o sucesso da empresa e da cadeia de suprimentos como um todo.

Quadro 23: Visitas realizadas à empresa focal

Data	Participantes da empresa focal	Duração da vista	Objetivo
24 de fevereiro de 2016	Gerente do setor industrial e automotivo	1 hora	Compreender o funcionamento da empresa focal e solicitar os contratos praticados com os clientes industriais da organização.
19 de abril de 2016	Diretor-técnico comercial	2 horas	Apresentar os objetivos da pesquisa, solicitar os dados de consumo do gás natural no Estado da Paraíba e solicitar intermediação para aplicar o instrumento de pesquisa com os gerentes da empresa focal.
	Assessor do Diretor-técnico comercial		
06 de junho de 2016	Diretor-técnico comercial	1 hora e 30 minutos	Apresentar o cronograma da pesquisa, a forma de execução e selecionar os clientes industriais relevantes para participar da pesquisa.
	Assessor do Diretor-técnico comercial		

Fonte: Elaboração própria (2017)

Diante das visitas realizadas à empresa focal, tornou-se possível selecionar os membros da cadeia relevantes para a pesquisa. Segundo o diretor-técnico comercial e seus gerentes, a empresa possuía maior interesse em estudar os riscos em seus clientes industriais, uma vez que seu fornecedor é a Petrobrás, inviabilizando assim o estudo à montante da cadeia.

À vista disso, foram selecionados os clientes A e B, pois consomem juntos cerca de 60% do volume total consumido na empresa focal, somando todos os segmentos existentes. Sendo assim, esses dois clientes possuem uma representatividade elevada no faturamento total da empresa focal, levando em consideração todos os segmentos em que ela atua. Além disso, os representantes da empresa focal envolvidos na pesquisa mostraram interesse em estudar esses dois clientes, especificamente, devido à importância que estes possuem para o sucesso da organização. A empresa focal ainda fez toda a intermediação necessária para realizar a pesquisa com seus clientes industriais.

Nesse contexto, as empresas A e B foram selecionadas, pertencentes respectivamente ao setor cerâmico e ao setor têxtil. A pesquisa à jusante da cadeia mostra-se relevante, uma vez que existem mais pesquisas à montante da cadeia de suprimentos do que à jusante da cadeia (WU *et al.*, 2013).

3.4.3 Elaboração do instrumento de pesquisa

O instrumento de pesquisa foi elaborado com base na revisão da literatura realizada, conforme descrito na Seção 3.3. Dessa forma, os questionários, apresentados nos apêndices A, B, C, D, E e F foram construídos com a finalidade de alcançar o objetivo desta pesquisa, que é avaliar os riscos no elo fornecedor e produtor de uma cadeia de suprimentos da indústria de Gás Natural.

Nesse sentido, para alcançar os objetivos específicos propostos, a pesquisa divide-se em dois momentos: 1 – identificação dos riscos nas organizações estudadas e 2 – avaliação dos riscos identificados, em termos de probabilidade de ocorrência e impacto.

Sendo assim, para realizar a identificação dos riscos, que é proposto no objetivo específico I, os diferentes tipos de riscos encontrados na literatura foram fragmentados em fatores de riscos, com a finalidade de obter um questionário mais robusto e de fácil entendimento pelos respondentes selecionados. Esses fatores de riscos foram estruturados com base nos artigos dos seguintes autores: 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).

Acredita-se que melhores resultados podem ser obtidos quando os questionamentos são realizados para aqueles que são especialistas em um determinado assunto e, por isso, os questionários foram divididos de acordo com cada gerência. Como exemplo, pode-se citar os riscos econômicos/financeiros, pois os indivíduos pertencentes à gerência de finanças possuem maior habilidade para responder questionamentos sobre esse tema específico.

Na etapa de avaliação do risco buscou-se mensurar duas dimensões: a probabilidade de ocorrência e o impacto do risco, atendendo assim ao objetivo específico II e IV. Para isso, faz-se necessário utilizar ferramentas que sejam capazes de auxiliar no cálculo dessas duas dimensões. Com base na revisão da literatura realizada, selecionou-se a simulação Monte Carlo para simular as probabilidades de ocorrência dos riscos prioritários.

As entradas para utilização das ferramentas mencionadas estão incorporadas nos questionários presentes nos apêndices deste trabalho. Para mensurar a probabilidade de ocorrência, existe um campo para que o respondente informe essa probabilidade para aqueles riscos que foram identificados na organização, conforme Quadro 24.

Quadro 24: Probabilidade de ocorrência do risco

Probabilidade de ocorrência			Qual o impacto do risco?
Mínima	Média	Máxima	
			A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum

Fonte: Elaboração própria (2017)

Essa probabilidade pode ser considerada mínima, média ou máxima, de acordo com a opinião dos especialistas. Sobre a utilização da opinião dos especialistas, Radivojević e Gajović (2014) explicam que os riscos geralmente são avaliados com base na intuição, experiência, conhecimento ou consequências.

Corroborando com os autores mencionados, também utilizaram a opinião de especialistas para avaliar os riscos nas cadeias de suprimentos: Aqlan (2016), Aqlan e Lam (2015), Fazli, Mavi e Vosooghizaji (2015), Muchfirodin, Guritno e Yuliando (2015), Amundson *et al* (2014), Bradley (2014), Lavastre, Gunasekaran e Spalanzani (2014), Wu *et al* (2013), Kern *et al* (2012), Lockamy III e McCormack (2012), Vilko e Hallikas (2012), Blome e Schoenherr (2011), Olson e Wu (2011), Tummala e Schoenherr (2011), Thun e Hoenig (2011), Manuj, Mentzer e Bowers (2009), Wu, Backhurst e Chidambaram (2006).

De forma geral, percebeu-se que poucas pesquisas (WU *et al*, 2013; GHADGE *et al*, 2012; SCHMITT; SINGH, 2012; HAN; CHEN, 2007) utilizam registros históricos para realizar a avaliação dos riscos, uma vez que esses dados nem sempre estão disponíveis.

Já o impacto do risco foi mensurado de forma qualitativa, conforme Quadro 25. Os gestores responderam se um determinado risco era capaz de gerar um impacto severo, alto, médio, pequeno ou nenhum para os negócios da organização.

Quadro 25: Escala para mensurar o impacto do risco

Qual o impacto do risco?	
a)	Severo
b)	Alto
c)	Médio
d)	Pequeno
e)	Nenhum

Fonte: Elaboração própria (2017)

A etapa seguinte consiste em priorizar os riscos de acordo com sua importância. Para isso, utilizou-se o AHP, que é um método bastante usado para hierarquizar critérios.

No que diz respeito aos respondentes, os indivíduos pertencentes ao nível gerencial foram envolvidos devido à característica da pesquisa desenvolvida. Entende-se que esses indivíduos possuem conhecimento suficiente sobre os riscos envolvidos na organização.

Apresenta-se, na sequência, as ferramentas utilizadas na pesquisa.

3.4.3.1 AHP

Para realizar a priorização dos riscos utilizou-se o método AHP, objetivando definir quais são os riscos que afetam mais no desempenho da cadeia como um todo.

Para alcançar o resultado almejado, os gestores compararam a importância de um risco em relação a outro tipo de risco. Ou seja, qual o risco mais importante e quão forte ele é, utilizando uma escala de 1 a 9, conforme disposto no Quadro 26.

Quadro 26: Escala adotada para o impacto do risco

Intensidade	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: Adaptador de Saaty (2008)

Verifica-se que esta ferramenta é adequada, uma vez que já foram realizados diferentes estudos que a utilizam para avaliar os riscos em cadeias de suprimentos. Entre tais estudos, pode-se citar: Wu, Blackhurst e Chidambaram (2006), Gaudenzi e Borghesi (2006), Schoenherr, Tummala e Harrison (2008), Funo *et al* (2011) e Radivojević e Gajović (2014).

Ressalta-se que todas as comparações devem ser checadas para assegurar a consistência e a coerência da avaliação realizada. Conforme mencionado na Seção 2.4.2, Saaty (1990) enfatiza que o valor da taxa de consistência não deve ser superior a 0,10.

3.4.3.2 Simulação Monte Carlo

A utilização da simulação Monte Carlo tem o objetivo de gerar as probabilidades dos riscos, levando em consideração os julgamentos dos especialistas presentes nas organizações pesquisadas, uma vez que os dados históricos nem sempre estão disponíveis. Além disso, a simulação mostra-se adequada para o estudo em questão, pois permite estudar algumas variáveis presentes no ambiente analisado e verificar seus efeitos em todo o sistema.

O uso da simulação Monte Carlo justifica-se uma vez que esta já foi utilizada em diversos estudos com a finalidade de avaliar os riscos em cadeias de suprimentos. Dentre esses estudos, destacam-se os realizados por Deleris e Erhun (2005), Crnkovic, Tayi e Ballou (2008), Schmitt e Singh (2009) e Vilko e Hallikas (2012).

Vilko e Hallikas (2012), por exemplo, utilizaram esta técnica como base para investigar a relação entre os eventos de risco e suas implicações em termos de atraso. Berle, Norstad e Asbjørnslett (2013) empregaram a SMC para simular a natureza estocástica das rupturas, fornecendo uma quantificação da capacidade do sistema para movimentar as mercadorias. Schmitt e Singh (2009), por sua vez, aplicaram SMC para capturar o comportamento do sistema e modelar o risco de ruptura.

Nesse contexto, fica evidente que as pesquisas mencionadas não utilizaram a SMC para estimar as probabilidades de ocorrência dos riscos mais críticos da empresa focal levando em consideração suas dependências. Portanto, esta pesquisa também tem como finalidade preencher essa lacuna de pesquisa. Para executar a simulação, utilizou-se o Teorema de Bayes, conforme demonstra equação 8, para compreender a probabilidade de ocorrência de um determinado tipo de risco na empresa focal levando em consideração a ocorrência de outro risco em sua cliente mais relevante.

Grande parte de tal teorema fundamenta-se na noção de probabilidade condicional. Além disso, a simulação em si é uma ferramenta importante, pois permite também realizar testes em cenários diferentes.

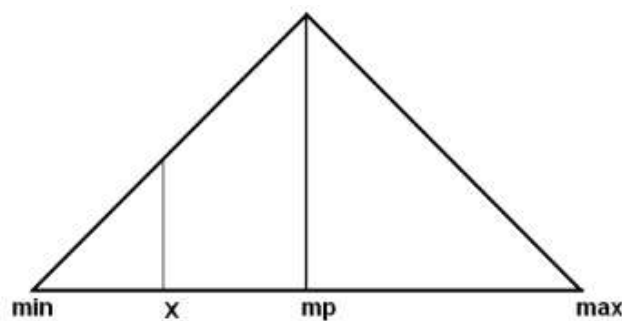
$$P(H|E, c) = \frac{P(H|c) \cdot P(E|H, c)}{P(E|c)} \quad (8)$$

A equação 8 representa a probabilidade de ocorrência da Hipótese H depois de considerar o efeito da evidência E, baseado na experiência c.

- O termo $P(H|c)$ é a probabilidade de ocorrência da Hipótese H considerando as evidências passadas de c;
- $P(H|E, c)$ é a probabilidade de ocorrência da hipótese H considerando as evidências de E e c;
- $P(E|c)$ é a probabilidade de ocorrência de E considerando as experiências passadas apenas de c;
- $P(E|H, c)$ é a probabilidade de ocorrência da hipótese E considerando as evidências de H e c;

Vale ressaltar que nesta pesquisa os riscos existentes na cadeia de suprimentos seguem uma distribuição de probabilidade próxima da distribuição triangular, conforme ilustrado na Figura 24.

Figura 24: Função Distribuição Triangular



Fonte: Machado e Ferreira (2012)

Sendo *Min* – valor mínimo assumido pela função; *Mp* – valor mais provável da ocorrência; *Max* – valor máximo assumido pela função

Sobre essa distribuição, Maria (1997) relata que é utilizada, especialmente, quando não existem dados disponíveis. Nesse contexto, Chou (2011) e Colicchia, Dallari e Melacini (2010) enfatizam que, na prática, os parâmetros da distribuição triangular podem ser coletados com maior facilidade do que os das outras distribuições de probabilidade, uma vez que as informações são coletadas a partir de estimativas fornecidas pelos próprios gestores das organizações. Para alcançar os resultados almejados com a simulação Monte Carlo, o uso do *Excel* com o suplemento *Crystal Ball* foi aplicado.

3.4.4 Aplicação do teste piloto

O teste piloto foi aplicado em três organizações localizadas no Estado da Paraíba pertencentes aos setores de alimentos e cerâmico com a finalidade de identificar os riscos e avaliá-los em termos de probabilidade de ocorrência e impacto. Ou seja, o objetivo nesta etapa da pesquisa foi testar o questionário elaborado, presente nos Apêndices.

Sobre isso, Yin (2014) explica que o estudo de caso piloto auxilia os pesquisadores na hora de aprimorar os planos para a coleta de dados tanto em relação ao conteúdo dos dados quanto aos procedimentos que devem ser seguidos.

Assim, dentre os objetivos de realizar esse teste, destacam-se: a) A necessidade de verificar o grau de compreensão dos respondentes sobre os questionamentos efetuados, examinando assim se as perguntas são muito complexas, ambíguas ou se possuem uma linguagem inacessível; b) verificar se as respostas obtidas eram suficientes para alcançar os objetivos propostos nesta pesquisa e c) verificar a necessidade de realizar ajustes nos questionários.

Os questionários foram respondidos por cinco indivíduos, conforme Quadro 27. Observou-se que os respondentes possuem um grau de instrução satisfatório e isso facilitou bastante o entendimento dos questionamentos e no tipo de resposta recebida.

Como resultado, percebeu-se que o questionário deveria passar por alguns ajustes no que diz respeito aos questionamentos realizados. A primeira versão do questionário possuía um campo em que o respondente deveria informar se a empresa possuía registros das informações sobre os riscos.

Quadro 27: Perfil dos especialistas que participaram das entrevistas

Empresa	Nº de especialistas entrevistados	Função	Tempo de atuação na empresa	Formação
A	2	Gerente de Qualidade	14 anos	Engenheira de Alimentos
		Gerente de Produção	12 anos	Administrador
B	2	Diretor Industrial	30 anos	Contador
		Gerente de Qualidade	7 anos	Engenheiro de Alimentos
C	1	Gerente Geral	3 anos	Engenheiro Mecânico

Fonte: Elaboração própria (2017)

Depois da aplicação do teste piloto, optou-se por retirar esse campo, uma vez que foi possível perceber que os registros só eram mantidos para os riscos internos à empresa. Dessa forma, aqueles riscos que não podem ser controlados pela organização não possuem registros sobre sua ocorrência e impacto gerado, como, por exemplo, o risco ambiental.

Outra oportunidade de melhoria visualizada diz respeito à probabilidade de ocorrência dada pelos especialistas. Observou-se extrema dificuldade dos respondentes para opinar sobre a probabilidade de ocorrência do risco de forma quantitativa. Isso ocorre, muitas vezes, porque o respondente não possui amplo conhecimento a respeito daquele risco, dificultando que este opine sobre uma probabilidade. Ou ainda devido à falta de registros sobre um determinado evento de risco.

À vista disso, optou-se por direcionar os questionários de acordo com a gerência do respondente, facilitando assim que ele tenha condições de fornecer uma probabilidade de ocorrência de forma quantitativa por conhecer bem os processos existentes em sua gerência. E, além disso, buscou-se também questionar sobre a “frequência” que aquele determinado evento de risco ocorreu, ou seja, o respondente pode informar quantas vezes o evento aconteceu em um período de tempo.

3.4.5 Desenvolvimento do Estudo Empírico

Esta etapa compreende a aplicação dos questionários na empresa focal e em seus clientes industriais selecionados para participar da pesquisa.

3.4.5.1 Identificação dos riscos e mensuração do impacto

Para identificar os riscos e mensurar o impacto dos riscos na empresa focal e em seus clientes industriais relevantes, os questionários foram aplicados e gestores distintos foram envolvidos na pesquisa, conforme Quadro 28.

Inicialmente, os questionários foram aplicados na empresa focal no dia 18 de julho de 2016 com quatro gestores distintos, a saber: o gerente industrial e automotivo, a gerente de suprimentos, o gerente de tecnologia da informação e o gerente de marketing. Cada gestor foi entrevistado individualmente e forneceu as respostas necessárias para o questionário que corresponde a sua especialidade.

Quadro 28: Características das entrevistas e dos gestores entrevistados

Empresa	Data	Participantes da empresa focal	Tempo de atuação na empresa	Formação	Duração da vista
Empresa Focal	18 de julho de 2016	Gerente Industrial e Automotivo	8 anos	Engenheiro mecânico	3 horas
		Gerente de Suprimentos	8 anos	Contador	
		Gerente de Tecnologia da Informação	4 anos	Ciências da Computação	
		Gerente de Marketing	5 anos	Administrador	
	21 de julho de 2016	Diretor-técnico comercial	10 anos	Engenheiro civil	1 hora e 20 minutos
	28 de julho de 2016	Gerente Financeiro	9 anos	Administrador	1 hora
Cliente A	31 de agosto de 2016	Gerente Geral	30 anos	Economista	1 hora e 45 minutos
		Gerente da tecnologia da informação	8 anos	Ciências da computação	25 minutos
		Gerente de Produção	30 anos	Ensino Médio Completo	1 hora e 15 minutos
	01 de setembro de 2016	Gerente de Comercial	15 anos	Administrador	30 minutos
	27 de outubro de 2016	Gerente Industrial	2 anos e 6 meses	Engenheiro químico	1 hora
Cliente B	16 de setembro de 2016	Gerente de Controladoria	19 anos	Ciências Contábeis	3 horas
		Gerente de Suprimentos	16 anos	Engenheiro mecânico	
		Diretor	30 anos	Engenheiro civil	
		Gerente de Divisão Tecnologia	18 anos	Economista	
		Gerente de logística	19 anos	Engenharia civil	

Fonte: Elaboração própria (2017)

Dando prosseguimento à pesquisa, no dia 21 de julho do mesmo ano, o diretor-técnico comercial foi selecionado para responder o questionário presente no Apêndice A, uma vez que este indivíduo possui amplo conhecimento sobre o negócio da empresa focal.

Por último, o gerente financeiro foi entrevistado no dia 28 de julho de 2016 e expôs os riscos que a organização enfrenta em termos econômicos/financeiros.

A aplicação dos questionários na empresa A, cliente da empresa focal, ocorreu no dia 31 de agosto de 2016 e envolveu três profissionais, a saber: o gerente geral, o gerente de tecnologia da informação e o gerente de produção. O gerente comercial foi entrevistado no dia 1 de setembro de 2016. Desses profissionais, apenas o gerente de produção não possui ensino superior, no entanto, ele possui cerca de 30 anos de experiência na organização.

A entrevista com o gerente geral durou cerca de uma hora e quarenta e cinco minutos e o amplo conhecimento que esse profissional possui permitiu que ele respondesse acerca dos seguintes tipos de riscos: ambiental, segurança, político, propriedade intelectual, preço, reputação, comportamental, legal, estratégico, mercado, econômico, cliente, cultural, design depreciação de ativos e fiscal.

Já o gerente de produção foi capaz de fornecer respostas para o risco de processo/controle, demanda, capacidade/recurso e operacional. Além disso, esse profissional explicou os detalhes relevantes do processo de produção de revestimentos cerâmicos e as melhorias adotadas pela empresa ao longo dos anos para aperfeiçoar a produção.

Na sequência, o gerente de tecnologia da informação respondeu o questionário presente no Apêndice E, que trata dos riscos inerentes a essa gerência. E, o gerente comercial, por sua vez, respondeu o questionário presente no Apêndice D deste trabalho.

Para finalizar a etapa de identificação dos riscos na Cliente A, o gerente industrial da unidade de porcelanato foi entrevistado. Esse profissional identificou os riscos inerentes à sua gerência.

Por último, os questionários foram aplicados na Empresa B no dia 16 de setembro de 2016 e envolveu quatro gerentes, a saber: o diretor, o gerente de controladoria, o gerente de suprimentos, o gerente de divisão da tecnologia e o gerente de logística. As entrevistas duraram cerca de três horas com todos os profissionais envolvidos e com a presença do diretor da empresa, que também foi capaz de fornecer informações valiosas sobre os diferentes riscos na organização.

Dessa forma, concluiu-se a etapa de identificação dos riscos na empresa focal e em seus clientes industriais.

Vale ressaltar que cada respondente identificou os riscos presentes em sua gerência e também forneceu a resposta para o impacto gerado por cada risco identificado.

3.4.5.2 Priorização dos riscos

Para priorizar os riscos na empresa focal e em seus clientes industriais relevantes, os questionários foram aplicados e gestores distintos foram envolvidos na pesquisa, conforme Quadro 29.

No dia 30 de setembro de 2016, o gerente de tecnologia da informação e o gerente industrial e automotivo da empresa focal foram entrevistados com o objetivo de coletar as respostas da matriz de priorização dos riscos presente no Apêndice H. O objetivo dessa matriz é hierarquizar os riscos, mostrando quais são aqueles mais importantes para a organização, de acordo com os próprios gestores.

Quadro 29: Características das entrevistas e dos gestores entrevistados

Empresa	Data	Participantes da empresa focal	Tempo de atuação na empresa	Formação	Duração da vista
Empresa Focal	30 de setembro de 2016	Gerente de Tecnologia da Informação	4 anos	Ciências da Computação	1 hora
		Gerente Industrial e Automotivo	8 anos	Engenheiro mecânico	1 hora
	03 de outubro de 2016	Gerente Industrial e Automotivo	8 anos	Engenheiro mecânico	1 hora
		Gerente de Suprimentos	8 anos	Contador	1 hora
		Gerente Financeiro	9 anos	Administrador	
	04 de outubro de 2016	Diretor-técnico comercial	10 anos	Engenheiro civil	1 hora
	06 de outubro de 2016	Diretor-técnico comercial	10 anos	Engenheiro civil	2 horas
Cliente A	13 de outubro de 2016	Gerente Geral	30 anos	Economista	20 minutos
	27 de outubro de 2016	Gerente Geral	30 anos	Economista	1 hora e 30 minutos

Fonte: Elaboração própria (2017)

De forma análoga, outras visitas foram feitas à empresa focal para entrevistar outros gestores com a finalidade de coletar as respostas para a matriz de priorização. Tais visitas ocorreram nos dias 3, 4 e 6 de outubro de 2016 e incluíram o gerente industrial e automotivo, o

gerente de suprimentos, o gerente do financeiro e o diretor técnico-comercial, conforme Quadro 29.

Na empresa Cliente A, a primeira visita foi realizada no dia 13 de outubro de 2016 com o gerente geral com a finalidade de apresentar a matriz, presente no Apêndice I, e explicar o procedimento para a coleta de dados. Além disso, foi solicitada a participação de outros gestores da organização nessa etapa da pesquisa.

No dia 27 de outubro de 2016 foi feita uma nova visita à empresa cliente A para concluir a etapa de avaliação de riscos. O gerente geral foi novamente entrevistado e forneceu os julgamentos necessários para a efetiva utilização do método AHP.

Por fim, salienta-se que o Cliente B da empresa focal não participou da etapa de priorização dos riscos, uma vez que na etapa de identificação dos riscos, apenas um tipo de risco foi identificado, inviabilizando assim o prosseguimento da pesquisa nessa empresa especificamente.

3.4.6 Descrição e Análise dos resultados

Esta etapa consistiu em analisar os resultados que foram obtidos com a aplicação dos questionários e obter as conclusões pertinentes. Isto é, os riscos identificados tanto na empresa focal como em seus clientes industriais foram listados e, em seguida, foram priorizados com o auxílio do método AHP. Por último, esses riscos foram avaliados, em termos de probabilidade de ocorrência e impacto.

4 RESULTADOS

Nesta seção são expostos os resultados alcançados desta pesquisa. Nesse sentido, esse capítulo foi dividido nas seguintes partes: caracterização da Empresa Focal, Caracterização da Empresa A, Caracterização da Empresa B, Identificação dos riscos na empresa focal e em seus clientes selecionados para estudo, impacto dos riscos, priorização dos riscos com o AHP e probabilidade de ocorrência dos riscos com a Simulação Monte Carlo.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS

Esta seção apresenta a caracterização das empresas selecionadas para esta pesquisa, a saber: a empresa focal, a empresa A e a empresa B.

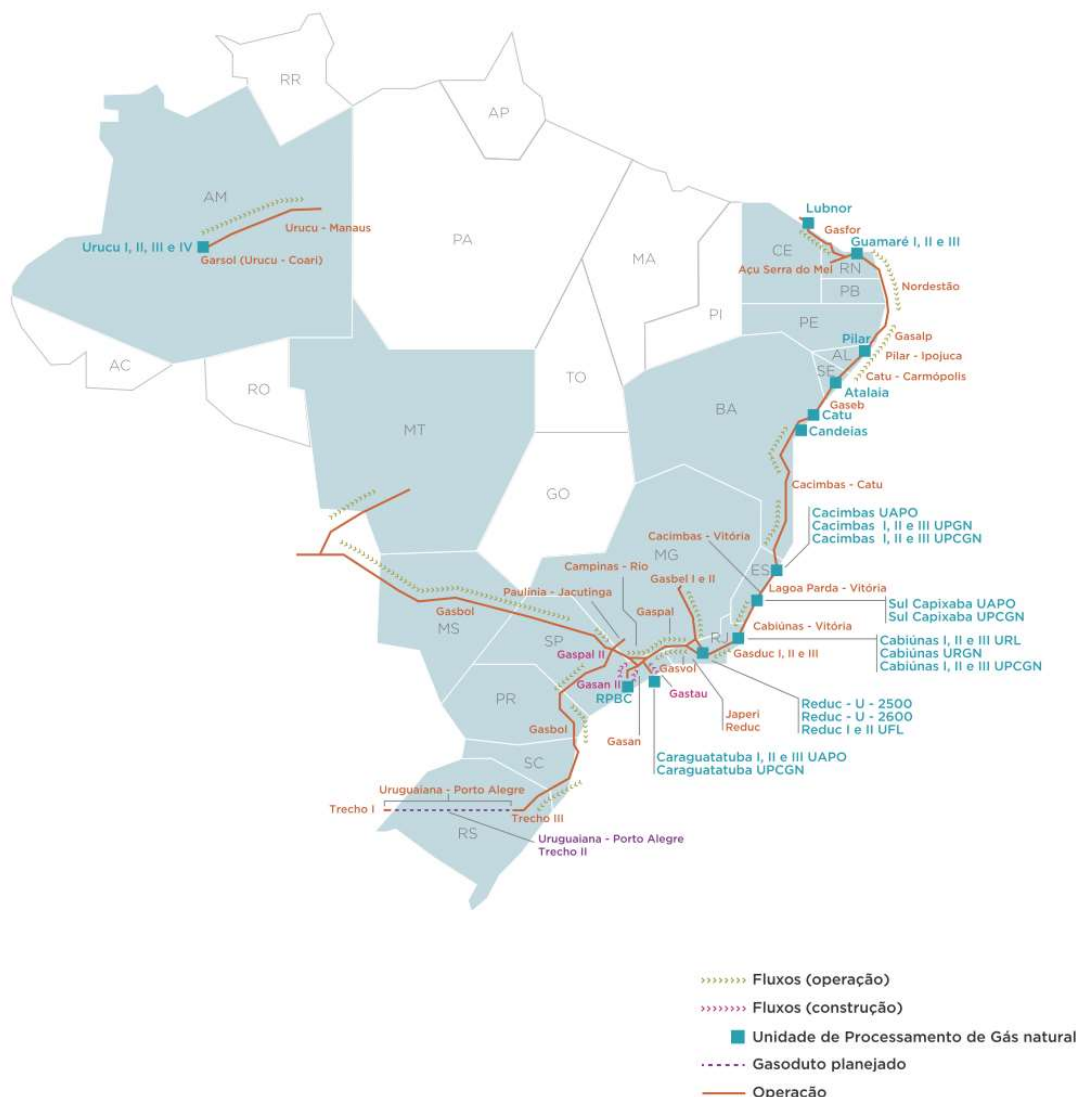
4.1.1 Caracterização da Empresa Focal

A empresa focal foi fundada no dia 25 de outubro de 1994 sob a forma de economia mista. O início de suas atividades ocorreu em 1995, quando a empresa passou a se dedicar à exploração exclusiva da atividade de distribuição de gás canalizado no Estado da Paraíba.

A Petrobras é a companhia que explora e transporta o gás natural no Brasil, de forma isolada ou em conjunto com a iniciativa privada (como é o caso do gasoduto Bolívia/Brasil). No que diz respeito à distribuição desse gás natural, o país possui empresas, das quais a maioria conta com a participação da Petrobras no capital acionário, como é o caso da empresa focal em estudo.

Nesse contexto, torna-se fundamental compreender como ocorre a movimentação de gás natural. Segundo o Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2015), existem 110 dutos para movimentação de gás natural, conforme Figura 25. O gasoduto Nordeste I (Guamaré-Cabo) iniciou suas operações no ano de 1986 e atende os Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco.

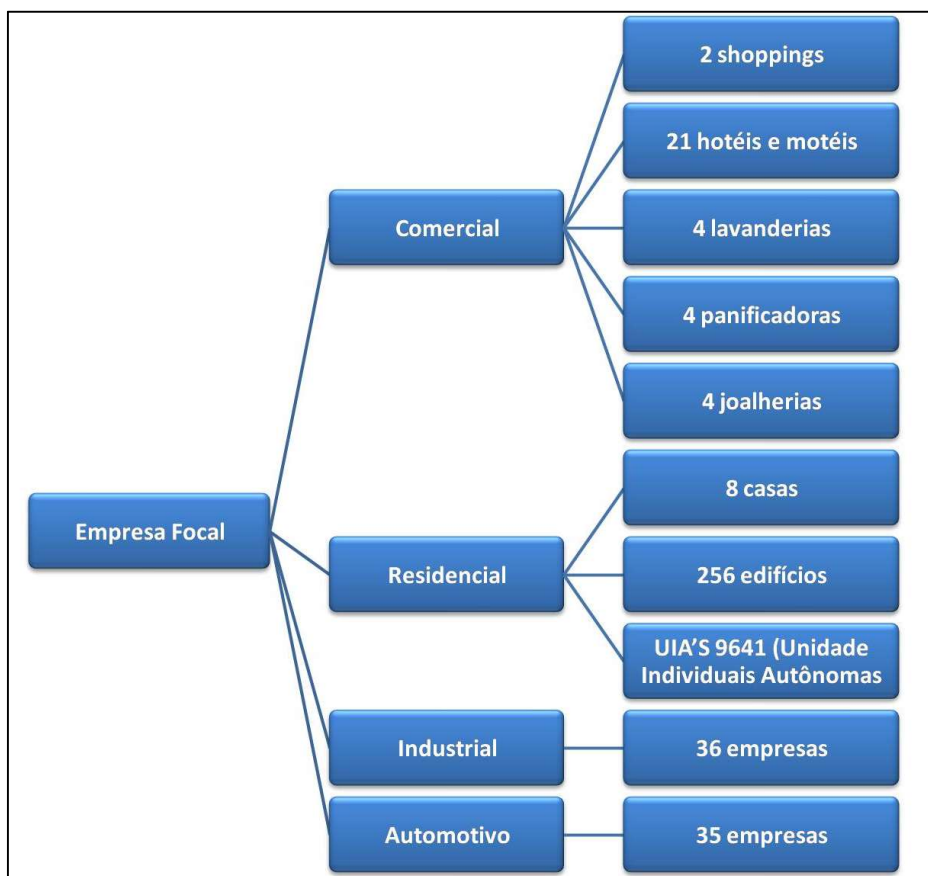
Figura 25: Infraestrutura de Produção e Movimentação de Gás Natural - 2014



Fonte: Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2015)

O gás natural é um energético bastante versátil e pode ser utilizado nas mais diversas aplicações, desde a geração de energia elétrica até na produção de calor e vapor. Nesse contexto, a empresa focal aplica o gás natural nos seguintes segmentos: residencial, comercial, industrial e automotivo. A Figura 26 apresenta cada segmento com a quantidade de estabelecimentos que a empresa fornece o gás natural atualmente.

Figura 26: Segmentos de atuação da empresa focal



Fonte: Elaboração própria (2017)

Destaca-se que, em termos de volume de gás natural consumido, o segmento industrial consome a maior parte desse volume total, destacando a importância desse segmento. O Quadro 30 apresenta os setores que consomem o gás natural no Estado da Paraíba. Observa-se que o setor de bebidas e alimentos possui maior número de empresas, no entanto, este setor não possui a maior representatividade em termos de volume de gás natural consumido.

Quadro 30: Setores que consomem o gás natural na Paraíba

Setor	Número de Clientes
Bebidas e Alimentos	8
Metais	5
Têxtil	5
Cerâmica Branca	5
Calçados	3
Químico / Petroquímico	1
Papel e Celulose	1
Demais Setores	8

Fonte: Empresa focal (2017)

Nesse sentido, a empresa focal mostrou interesse em estudar seus dois principais clientes, que são: o Cliente A e o Cliente B, pertencentes ao setor cerâmico e ao setor têxtil respectivamente. Esses dois clientes, em conjunto, consomem cerca de 60% do volume de gás natural pertencente à empresa focal, sendo assim, os mais relevantes.

Vale ressaltar que a empresa focal está investindo na expansão de alguns de seus segmentos, destacando-se os investimentos no segmento comercial e no residencial. Além disso, ela possui um projeto de interiorização, onde as redes de gasodutos deverão ser levadas para cidades do interior da Paraíba.

4.1.2 Caracterização da Empresa A

A empresa A pertence ao setor de revestimentos cerâmicos e está no mercado desde o ano de 1984. Possui cinco unidades, sendo três localizadas no Estado da Paraíba, uma no Estado do Rio Grande do Norte e mais uma no Estado de Santa Catarina, em Criciúma.

Nesta pesquisa, as unidades localizadas no Estado da Paraíba foram estudadas, ou seja, um total de três unidades.

No que diz respeito ao processo de produção dos revestimentos cerâmicos, têm-se a argila como uma das principais matérias-primas. Existem também alguns materiais que, quando misturados com a argila, produzem o que se chama de massas ou pastas cerâmicas. A essa massa podem ser adicionados os seguintes materiais: quartzo, feldspato, caulim, talco, dolomita, carbonato de cálcio e bentonita, por exemplo.

Sobre essas matérias-primas, a empresa A possui uma equipe de geologia e possui minas próprias para extração das matérias-primas necessárias para a preparação da massa cerâmica. Vale salientar que pertence à organização aproximadamente 99% das minas que fornecem esses materiais naturais. Os outros fornecedores são localizados nos seguintes Estados: Rio Grande do Norte, Pernambuco e Paraíba, reduzindo assim os problemas logísticos pela proximidade dos fornecedores.

De forma geral, o processo de produção de revestimentos cerâmicos compreende as seguintes etapas: a) preparação da matéria-prima e da massa, b) formação das peças, c) tratamento térmico e d) acabamento.

Nesse sentido, as matérias-primas precisam ser de boa qualidade para evitar que qualquer imperfeição ocorra durante o processo de produção. Outro ponto crítico durante o processo é o tratamento térmico, pois os fornos devem funcionar todos os dias do ano sem

interrupções e utilizam como combustível o gás natural. No entanto, em momentos de falta de energia, é onde ocorre a maior perda indesejável de produção, uma vez que a temperatura dos fornos cai e precisam ser reaquecidos em seguida.

No que diz respeito ao relacionamento da Empresa A com a empresa focal, as cinco unidades do grupo consomem cerca de 230.000 m³ de gás natural por dia, mostrando assim que é um dos principais clientes da empresa focal.

A organização aponta que suas matérias-primas mais custosas são o gás natural, a energia elétrica, o esmalte e a embalagem, no entanto, apenas o gás natural é responsável por aproximadamente 12% do custo do produto acabado, sendo assim a matéria-prima mais cara e, por causa disso, a empresa já substituiu o uso do gás natural por coque em um setor apenas e foi capaz de economizar cerca de 40.000 m³ de gás natural por dia.

4.1.3 Caracterização da Empresa B

A empresa B foi fundada no ano de 1967 em Montes Claros e tem como objeto social a produção e a comercialização de fios e tecidos em geral, importação e exportação. Ao longo dos anos, a empresa vem aumentando a sua atuação no mercado Brasileiro, sendo atualmente líder nacional na produção de artigos cama, mesa e banho.

A empresa possui diversas unidades distribuídas nas seguintes cidades Brasileiras: Belo Horizonte, Blumenau, Campina Grande, João Pessoa, Macaíba, Montes Claros, Natal e São Paulo. Além disso, a empresa ainda possui uma unidade no exterior (na Argentina).

A pesquisa foi desenvolvida na unidade localizada na cidade de João Pessoa, que é responsável pela fabricação de toalhas de banho. A organização possui cerca de 1700 funcionários e funciona em três turnos. Além disso, a capacidade instalada é de 2500 toneladas de toalhas aproximadamente.

Os fornecedores da empresa estão divididos de acordo com o tipo de matéria-prima. Por exemplo, os fornecedores de algodão estão localizados na Bahia e no Mato Grosso do Sul, enquanto os de fibra de poliéster tem origem nos Estados de Pernambuco e São Paulo. Ressalta-se ainda que apenas os fios especiais são adquiridos de terceiros.

A crise econômica vivenciada no Brasil refletiu fortemente nos negócios da organização, pois um alto percentual da produção era destinada à exportação, no entanto, com

a variação do câmbio, a empresa passou a adequar suas estratégias e a reduzir o volume de produção destinado à exportação.

A empresa focal fornece gás para esta organização desde 1998. Quanto à importância do gás natural para o Cliente B, percebe-se que esta fonte de energia é essencial para seu funcionamento, pois o gás é utilizado para gerar vapor nas caldeiras e para alimentar diretamente os queimadores.

É importante também ressaltar que a participação do gás natural no custo total do produto final é de cerca de 7%. Sendo assim, a organização busca sempre negociar o preço do gás natural fornecido com a finalidade de se manter competitiva no mercado.

Vale salientar que nunca houve uma interrupção no fornecimento do gás natural, no entanto, caso isso acontecesse, traria transtornos com severas consequências para a organização.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS

Os riscos identificados na empresa focal estão expostos no Quadro 31. Percebe-se que foram identificados 13 tipos de riscos dentre todos os listados nos questionários aplicados. Vale salientar que a organização também foi afetada pela crise econômica fortemente, resultando na pior fase da história da empresa em termos de inadimplência e também de menor consumo de gás natural por parte de seus clientes, deixando a empresa exposta aos riscos tanto internos como externos.

A empresa foi afetada diretamente pelas mudanças que ocorreram na conjuntura econômica tanto do país como do mundo, caracterizando assim o risco econômico/financeiro. Além disso, a elevação de parâmetros econômicos também afeta o gás natural, uma vez que este é uma *commodity*.

Quadro 31: Riscos identificados na empresa focal

Tipo de Risco	Fatores de Riscos
Estratégico	Mudanças de preços praticadas pelos concorrentes
Processo/Controle	Falta de controle dos processos dos parceiros de negócios
Demanda	Menor consumo pelos clientes
	Falta de previsão de demanda
	Erros na previsão de demanda
Capacidade/Recurso	Falta de redundância de algum recurso
Operacional	Não seguir os procedimentos padrões para execução das operações
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 por obsolescência de insumos estocados
	Falhas no planejamento de estoques
Informação	Indisponibilidade no sistema de informação
	Atrasos nas informações
Cliente	Escolha por produtos similares/substitutos
Político	Mudanças no ambiente político nacional
Propriedade Intelectual	Limitações financeiras destinados à P&D
Preço	Variações no preço das matérias primas
	Variações no preço do produto final ao cliente
Econômicos/Financeiros	Mudanças na conjuntura econômica do país
	Mudanças na conjuntura econômica mundial
	A incerteza econômica do país ou mundial
	Elevação de parâmetros econômicos como taxas de juros e/ou inflação

Fonte: Elaboração própria (2017)

No que diz respeito ao risco de fornecimento, percebeu-se que alguns procedimentos da empresa sofrem atrasos recorrentes devido ao longo período de tempo necessário para realizar um processo licitatório. À vista disso, a compra de materiais considerados rotineiros passou a ser descentralizada com a finalidade de fornecer maior rapidez ao processo de compra, no entanto, as compras de alto valor são recebidas por três funcionários específicos da organização, uma vez que esses materiais não podem ser recebidos com defeitos. Apesar disso, a empresa já passou por dificuldades por receber matérias-primas fora da quantidade e fora da qualidade desejada.

Quanto ao risco de estoque, percebeu-se que a empresa possui itens obsoletos devido às mudanças tecnológicas constantes do setor. Além disso, alguns processos que antes eram feitos

internamente passaram a ser efetuados por terceiros e, dessa forma, os materiais utilizados nesse processo permaneceram em estoque.

O risco de informação existente está associado à indisponibilidade no sistema de informação, que é fornecido por uma empresa localizada no Estado de Pernambuco, e nos atrasos nas informações. Os problemas existentes nesse sistema são: a falta de flexibilidade e a sua interface, que torna seu uso complexo para alguns funcionários. 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 está relacionado com a existência de produtos similares ou substitutos ao gás natural. Sobre isso, inclusive, a Empresa A, que é uma das principais clientes da empresa focal, foi capaz de substituir o gás natural por coque em um setor da empresa, resultando assim em economia com essa nova fonte energética. À vista disso, a empresa focal reconhece que está exposta ao risco de outros clientes realizarem esse mesmo tipo de substituição do gás natural por uma matriz energética mais econômica, tais como: biomassa ou coque de petróleo.

Nesse sentido, a organização também enfrenta os riscos estratégicos devido às mudanças de preços praticadas pelos concorrentes e, por isso, a empresa pratica 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.

Sendo assim, verifica-se também a existência do risco de preço, pois existem variações no preço do produto final ao cliente. Além disso, a variação de preço do gás natural praticada pelo fornecedor da empresa focal impacta também no preço que é repassado aos clientes, isto é, o risco é repassado para os outros membros da cadeia de suprimentos.

Ainda sobre a tarifa do gás natural, ressalta-se que qualquer alteração nessa tarifa deve ser informada à agência reguladora e a empresa focal precisa fazer uma audiência pública para que seus clientes entendam os motivos pela qual a tarifa está sendo alterada.

Outro fator que afeta a empresa é a mudança realizada nas regulações pertinentes ao gás natural efetuada pelos políticos, indicando assim a existência do risco político.

O risco de demanda é caracterizado pela redução no consumo de gás natural pelos clientes, principalmente, durante a crise econômica. Além disso, 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.

Outro risco identificado foi o de capacidade, caracterizado pela falta de redundância de algum recurso na organização. Ou seja, em alguns momentos, verificou-se que a falta de um determinado equipamento prejudicou o atendimento de clientes da empresa, no entanto, os gestores consideram que isso não ocorre com frequência nem traz impacto significativo à organização.

O risco operacional está associado ao não cumprimento das disposições existentes nos procedimentos padrão para execução das operações.

E quanto ao risco de propriedade intelectual, percebeu-se sua existência uma vez que a empresa reduziu consideravelmente o investimento destinado à pesquisa e desenvolvimento por causa da escassez de recursos financeiros.

De maneira geral, verificou-se que a empresa focal está exposta a riscos tanto internos como externos. E que a situação econômica do país e as decisões políticas são capazes de afetar fortemente o seu negócio, uma vez que a empresa é de economia mista e que o gás natural é uma *commodity*.

Percebe-se também que os riscos internos são mais controláveis pela empresa e, para esses, a organização dispõe de registros em seu sistema de informação, enquanto que os riscos externos à empresa possuem poucos registros. Por exemplo, a organização é capaz de informar quantas falhas ocorreram no fornecimento devido à falta de qualidade dos produtos entregues.

Os riscos identificados na empresa Cliente A estão expostos no Quadro 32. Percebe-se que foram identificados 8 tipos de riscos dentre todos os listados nos questionários aplicados.

Diante das entrevistas efetuadas com os gestores da empresa A, verificou-se que a organização é referência no setor de revestimentos cerâmicos, tendo assim uma marca bastante consolidada no mercado, ou seja, seus clientes são bastante fiéis à marca.

Uma empresa de revestimentos cerâmicos necessita de diferentes máquinas e equipamentos em seu processo de produção e, à medida que a tecnologia avança, essas empresas precisam se adequar para manter sua competitividade no mercado. À vista disso, o risco de mercado foi identificado, pois uma nova empresa com maquinário tecnológico mais avançado pode lançar um produto inovador que seja atrativo para os clientes do setor.

Quadro 32: Riscos identificados na empresa A

Tipo de Risco	Fatores de Riscos
Fiscal	A perda de isenções fiscais adquiridas pela empresa
Mercado	O surgimento de um novo produto inovador no mercado
Demanda	Oscilações para mais no consumo de seus clientes
Capacidade	Limitação na capacidade dos recursos da empresa já prejudicou o atendimento dos clientes
Operacional	Falhas na manutenção
	Falhas humanas
	A empresa não conseguiu entregar seus produtos no tempo esperado pelo cliente
Fornecimento	Problemas na qualidade da matéria-prima
Estoque	O atendimento dos clientes por falta de itens em estoque
Informação	Indisponibilidade no sistema de informação
	Grau de usabilidade do sistema de informação

Fonte: Elaboração própria (2017)

Além disso, as máquinas presentes no processo produtivo possuem uma capacidade máxima e, sendo assim, a empresa já passou por momentos em que a demanda era maior do que a sua capacidade, caracterizando assim o risco de demanda. De forma análoga, o risco de capacidade foi identificado devido à limitação existente na capacidade dos recursos da empresa, afetando no atendimento de seus clientes. Sendo assim, percebe-se que o risco de demanda e de capacidade estão relacionados.

Salienta-se que a organização já enfrentou momentos em que precisou desativar algumas de suas linhas de produção devido a uma queda em sua demanda, principalmente nos momentos de crise econômica.

Nesse contexto, a empresa também procura manter produtos em estoque para assegurar que seus clientes vão ser atendidos dentro do prazo estabelecido e na quantidade solicitada. No entanto, nos momentos em que a demanda é muito alta, esse estoque não é capaz de atender todos os seus clientes e, por isso, verifica-se a existência do risco de estoque.

Outro risco encontrado na organização é o risco operacional, pois existem registros de ocorrências de falhas humanas no processo de produção e de falhas de manutenção, que resultam em perda financeira para empresa.

Um fator que afeta profundamente a empresa é a qualidade das matérias-primas recebidas, caracterizando assim o risco de fornecimento. Isso ocorre porque uma matéria-prima de qualidade inadequada pode gerar defeitos no produto durante seu processo de fabricação, gerando imperfeições visíveis aos clientes. À vista disso, a empresa possui atualmente cerca de 99% das jazidas que fornecem matérias-primas naturais para seu processo de produção e, além

disso, os outros fornecedores são localizados em Estados próximos, minimizando a ocorrência de atrasos devido às distâncias percorridas.

Quanto ao risco de informação, este é caracterizado por causa das indisponibilidades que ocorrem no sistema de informação utilizado na empresa e também pela dificuldade que alguns funcionários apresentam em usar esse sistema.

E, por último, a empresa apresenta também o risco fiscal, uma vez que a ocorrência de perdas de isenções fiscais adquiridas pela empresa impactou no desenvolvimento de seu negócio.

Por último, o Quadro 33 apresenta o único risco identificado na empresa B, que foi o risco econômico/financeiro. Diante desse cenário, optou-se por não prosseguir com a empresa B na pesquisa, uma vez que nem a dimensão “impacto” nem a dimensão “probabilidade de ocorrência” podem ser avaliadas.

Quadro 33: Riscos identificados na empresa B

Tipo de Risco	Fatores de Riscos
Econômicos/Financeiros	Mudanças na conjuntura econômica do país
	Mudanças na conjuntura econômica mundial
	A incerteza econômica do país ou mundial
	Elevação de parâmetros econômicos como taxas de juros e/ou inflação

Fonte: Elaboração própria (2017)

4.3 IMPACTO DOS RISCOS

O Quadro 34 apresenta o impacto dos riscos identificados na empresa focal. Tal impacto foi mensurado de forma qualitativa e, sendo assim, os gestores responderam se um determinado risco era capaz de gerar um impacto severo, alto, médio, pequeno ou nenhum para os negócios da organização.

Percebeu-se que o risco estratégico, demanda, informação e preço impactam de forma severa nos negócios da empresa.

Quadro 34: Impacto dos riscos na empresa focal

Tipo de Risco	Impacto
Estratégico	Severo
Demanda	Severo
Informação	Severo
Preço	Severo
Propriedade Intelectual	Alta
Econômicos/Financeiros	Médio
Político	Médio
Processo/Controle	Pequeno
Capacidade/Recurso	Pequeno
Operacional	Pequeno
Estoque	Pequeno
Cliente	Pequeno
Fornecimento	Nenhum

Fonte: Elaboração própria (2017)

O risco estratégico possui um impacto severo, uma vez que a mudança de preços praticada pelos concorrentes pode provocar uma mudança na utilização da matriz energética, isto é, um determinado cliente pode deixar de utilizar o gás natural para utilizar outra fonte energética, como a biomassa, por exemplo.

O risco de demanda também possui um impacto severo porque caso um determinado cliente reduza seu consumo de gás natural, a empresa focal sofre quedas em seu faturamento e, dependendo do cliente, essa queda pode ser bastante significativa. No momento atual de crise econômica, as empresas reduziram seu volume de produção, o que reduz também a demanda pelo gás natural.

O risco de informação ocorre nos momentos em que há indisponibilidade no sistema de informação da empresa, provocando atrasos em seus procedimentos internos. O impacto foi considerado severo porque esses atrasos podem gerar informações não realistas e perturbar os negócios da empresa.

E o risco de preço é extremamente importante, pois uma variação do preço do gás natural impacta fortemente os negócios da empresa. Isso ocorre porque um aumento no preço dessa matéria-prima vai precisar ser repassado por toda cadeia de suprimentos, incluindo os clientes da empresa focal, que a partir disso podem procurar por outras matrizes energéticas mais econômicas.

O risco de propriedade intelectual possui um impacto alto, uma vez que a empresa já enfrentou momentos que precisou limitar os recursos destinados à P&D.

O risco econômico/financeiro e o risco político possuem impacto médio. No que diz respeito ao risco político, pôde-se observar que as mudanças no ambiente político nacional impactam a organização, no entanto, esse impacto não é tão significativo. De forma análoga, o

risco econômico/financeiro impacta nos negócios da empresa por causa das mudanças na conjuntura econômica do país e do mundo.

O risco de processo/controle, capacidade/recurso, operacional, estoque e cliente impactam pouco nos negócios da organização. Os gestores consideraram que uma parte desses riscos está no âmbito de controle da empresa, como o risco de processo, capacidade, operacional e estoque. No entanto, o risco de cliente, que é caracterizado pela vontade do cliente de escolher um produto para substituir o gás natural não é controlável, mas as ações que a empresa desenvolve para mostrar aos clientes as vantagens na utilização do gás natural reduzem o impacto desse risco.

Por último, o risco de fornecimento não impacta de forma alguma nos negócios da empresa, uma vez que, apesar de ocorrer, as falhas nos suprimentos de materiais de consumo não são graves.

O Quadro 35 apresenta o impacto dos riscos identificados na Cliente A. Verificou-se que o risco que causa maior impacto na organização é o de capacidade porque é preciso que as máquinas e equipamentos existentes sejam capazes de atender todos os pedidos dos clientes, no entanto, em momentos de alta demanda, a organização não foi capaz de atender a todos os pedidos, gerando insatisfação em seus clientes. Além disso, a empresa deixou também de aumentar sua receita por causa dessa limitação na capacidade de seus recursos. À vista disso, a empresa também está implantando uma nova unidade no Estado do Rio Grande do Norte com uma capacidade de produção superior a todas as outras unidades.

Quadro 35: Impacto dos riscos na Cliente A

Tipo de Risco	Impacto
Capacidade	Alta
Operacional	Médio
Fornecimento	Médio
Mercado	Médio
Estoque	Pequeno
Informação	Pequeno
Fiscal	Pequeno
Demanda	Nenhum

Fonte: Elaboração própria (2017)

O risco operacional, de fornecimento e de mercado são capazes de causar um impacto médio nos negócios da empresa. No que diz respeito ao risco operacional, tanto as falhas na manutenção quanto as falhas humanas já geraram problemas que impactaram no atendimento do cliente.

O risco de mercado gera um impacto médio porque um determinado produto inovador de um concorrente já foi capaz de conquistar uma fatia de mercado da empresa A no passado, gerando prejuízos e necessidade de atualizar seu processo de produção. Nesse contexto, verificou-se também que o setor cerâmico é bastante dinâmico no que diz respeito às novas tecnologias.

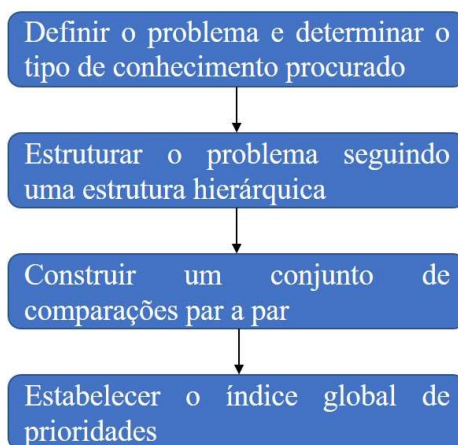
Já o risco de fornecimento possui um impacto médio porque o recebimento de matéria-prima com defeitos é grave para a organização, pois esses defeitos podem aparecer no produto acabado, gerando insatisfação dos clientes.

Os riscos que possuem um impacto pequeno são: o risco de estoque, de informação e fiscal. E, por último, o risco de demanda gera nenhum impacto para a empresa, uma vez que os gestores entendem que a organização apenas perde uma oportunidade de ampliar seus negócios.

4.4 PRIORIZAÇÃO DOS RISCOS

Esta etapa da pesquisa tem como finalidade determinar quais são os riscos prioritários para as organizações analisadas. A verificação da importância dos critérios com o auxílio do AHP está dividida segundo as etapas propostas por Saaty (2008), conforme demonstra Figura 27.

Figura 27: Etapas para realizar o AHP



Fonte: Saaty (2008)

Por último, ainda se deve verificar a razão de consistência, que deve ser menor que 0,10.

Primeiramente, busca-se determinar quais são os riscos mais críticos para as organizações selecionadas para o estudo. Em seguida, o problema foi estruturado de forma

hierárquica, os critérios são os próprios riscos identificados na seção 4.2. Ou seja, os critérios utilizados para a empresa focal são os seguintes riscos: Estratégico, processo, demanda, capacidade, operacional, fornecimento, estoque, informação, cliente, político, propriedade intelectual, preço e econômico/financeiro. Enquanto que para a empresa Cliente A, os critérios são os riscos: fiscal, mercado, demanda, capacidade, operacional, fornecimento, estoque e informação.

Em seguida, esses riscos foram comparados par a par, com a finalidade de definir qual dos critérios (riscos) é mais importante e quanto mais importante. Tais riscos foram organizados em forma de matriz quadrada com o auxílio do Excel para que os gestores envolvidos na pesquisa pudessem comparar a importância de um risco com outro tipo de risco.

Salienta-se que a comparação em ordem inversa recebe o valor recíproco. A Tabela 4 apresenta essa matriz para a empresa focal estudada, onde 13 tipos de riscos foram identificados. De forma análoga, a Tabela 5 apresenta a matriz para a Cliente A, onde foram identificados 8 tipos de riscos.

Forman e Peniwati (1998) argumentam que existem várias formas de agregar informações quando mais de um indivíduo participa em um processo de decisão. Sendo assim, após a coleta de todas as respostas necessárias, os valores na matriz foram aglutinados a partir de uma média geométrica. A Tabela 6 e a Tabela 7 apresentam as matrizes aglutinadas das empresas estudadas.

A média geométrica é representada por $\sqrt[n]{\prod_{i=1}^n a_i}$.

De uma maneira geral, a média geométrica para o (A_{ij}) satisfaz a exigência de reciprocidade. Isso significa que uma comparação recíproca precisa ser diretamente inversa à comparação inicial, ou seja, se A é 2 vezes preferível do que B, então B é $\frac{1}{2}$ mais preferível do que A. Sendo assim, o grupo respondente se torna um novo "indivíduo" e se comporta como um só. E esses valores são válidos como entrada para o *software* de análise, que nesse caso é *Super Decisions*. Esse *software* é utilizado para auxiliar em tomadas de decisões.

Tabela 4: Matriz de comparação quadrada na empresa focal

Riscos	Estratégico	Processo	Demanda	Capacidade	Operacional	Fornecimento	Estoque	Informação	Cliente	Político	Propr/Intelec	Preço	Econ/Finan
Estratégico	1												
Processo		1											
Demanda			1										
Capacidade				1									
Operacional					1								
Fornecimento						1							
Estoque							1						
Informação								1					
Cliente									1				
Político										1			
Propr/Intelec											1		
Preço												1	
Econ/Finan													1

Fonte: Elaboração própria (2017)

Tabela 5: Matriz de comparação quadrada na Cliente A

RISCOS	Fiscal	Mercado	Demanda	Capacidade	Operacional	Fornecimento	Estoque	Informação
Fiscal	1							
Mercado		1						
Operacional			1					
Demanda				1				
Capacidade					1			
Fornecimento						1		
Estoque							1	
Informação								1

Fonte: Elaboração própria (2017)

Tabela 6: Matriz da empresa focal aglutinada

Riscos	Estratégico	Processo	Demanda	Capacidade	Operacional	Fornecimento	Estoque	Informação	Cliente	Político	Propr. Intelec	Preço	Econ
Estratégico	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
Processo	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
Demanda	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
Capacidade	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
Operacional	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
Fornecimento	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
Estoque	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
Informação	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
Cliente	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
Político	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
Propr/Intelec	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
Preço	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/Finan	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

Fonte: Elaboração própria (2017)

Tabela 7: Matriz da Cliente A aglutinada

Riscos	Fiscal	Mercado	Operacional	Demanda	Capacidade	Fornecimento	Estoque	Informação
Fiscal	1,00	0,28	0,30	2,52	0,38	0,44	0,44	2,29
Mercado	3,63	1,00	0,44	1,26	0,35	0,35	0,35	2,08
Operacional	3,30	2,29	1,00	1,31	0,63	1,44	1,82	3,30
Demanda	0,40	1,00	0,76	1,00	0,79	1,39	2,52	3,30
Capacidade	2,62	2,88	1,59	1,26	1,00	2,00	1,82	3,30
Fornecimento	2,29	2,88	0,69	0,72	0,50	1,00	0,69	2,88
Estoque	2,29	2,88	0,55	0,40	0,55	1,44	1,00	1,44
Informação	0,44	0,48	0,30	0,30	0,30	0,35	0,69	1,00

Fonte: Elaboração própria (2017)

Em seguida, o conjunto de comparações par a par foi construído com o auxílio do software *Super Decisions*. A Figura 28 mostra as comparações efetuadas no próprio *software*, e que, para a empresa focal, o risco de cliente é um pouco mais importante do que o risco de capacidade. De forma análoga, o risco de demanda mostra-se muito mais importante do que o risco de capacidade. Da mesma forma, as outras comparações podem ser feitas.

Figura 28: Comparações par a par no *software* na forma de questionário (empresa focal)

2. Node comparisons with respect to Capacidade

Graphical	Verbal	Matrix	Questionnaire	Direct
-----------	--------	--------	---------------	--------

Comparisons wrt "Capacidade" node in "Riscos PBGAS" cluster

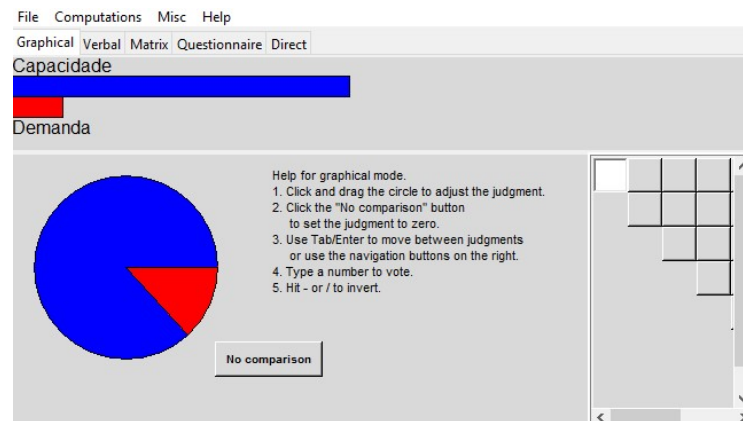
Cliente is equally to moderately more important than Capacidade

1.	Capacidade	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Cliente
2.	Capacidade	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Demanda
3.	Capacidade	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Econômico
4.	Capacidade	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Estoque
5.	Capacidade	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Estratégico
6.	Capacidade	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Fornecimento
7.	Capacidade	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Informação
8.	Capacidade	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Operacional
9.	Capacidade	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Político
10.	Capacidade	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Preço
11.	Capacidade	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Processo
12.	Capacidade	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Propriedade Int
13.	Cliente	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Demanda
14.	Cliente	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Econômico

Fonte: *Super Decisions* (2017)

De outra forma, o *Super Decisions* também permite visualizar as comparações a par na forma gráfica, conforme Figura 29, que mostra que o risco de capacidade é mais importante do que o risco de demanda para a Cliente A analisada.

Figura 29: Comparação par a par no software na forma gráfica (Cliente A)



Fonte: *Super decisions* (2017)

De outra forma ainda, o *Super Decisions* permite que o pesquisador insira as informações sobre as comparações par a par diretamente no *software*, conforme Figura 30. Isso significa que se torna possível inserir valores decimais, facilitando assim a entrada de dados.

Figura 30: Espaço para entrada de dados

Critério	Valor
Capacidade	8.36
Cliente	3.18
Demanda	1
Econômico	1.32
Estoque	8.11
Estratégico	3.25
Fornecimento	7.92
Informação	8.59
Operacional	8.16
Político	7.92
Preço	1.25
Processo	8.39
Propriedade Intelectual	7.65

Fonte: *Super Decisions* (2017)

Por último, o índice global de prioridades foi determinado com o auxílio do software *Super Decisions*. Verificou-se também que a razão de consistência ficou abaixo dos 10% recomendado pelo Saaty, conforme Quadro 36.

Quadro 36: Razão de Consistência

Empresa	Razão de Consistência
Empresa Focal	9,323%
Cliente A	8,138%

Fonte: Elaboração própria (2017)

A Tabela 8 apresenta os riscos prioritários para a empresa focal em ordem de importância. Percebe-se assim que o risco de demanda, de preço, o econômico e o de cliente são os mais críticos para a empresa focal. Tais riscos somam aproximadamente 70% do índice global de prioridades.

Tabela 8: Índice global de prioridades para a empresa focal

Risco	Índice
Demanda	24,038%
Preço	17,282%
Econômico	13,930%
Cliente	13,853%
Fornecimento	6,267%
Estratégico	5,755%
Operacional	4,394%
Capacidade	3,809%
Estoque	3,073%
Político	2,090%
Informação	1,873%
Processo	1,851%
Propriedade intelectual	1,784%

Fonte: Elaboração própria (2017)

O risco de demanda é extremamente relevante porque qualquer redução no consumo de gás natural por parte de seus clientes vai impactar diretamente na empresa focal. Além disso, a má previsão de demanda existente também acarreta em prejuízos para a organização, uma vez que seu fornecedor de gás natural estabelece, em contrato, multas em caso de consumo menor do que o planejado. Sendo assim, a organização deve estabelecer estratégias para reduzir a ocorrência desse risco e também seu impacto.

O risco de preço também é de grande importância por causa das variações que chegam ao cliente final. Essa sensibilidade do preço pode fazer com que um determinado cliente procure outras matrizes energéticas que sejam mais viáveis economicamente. Dessa forma, percebe-se que o risco de preço e o risco de cliente estão intimamente relacionados. Isso porque o risco de

cliente associa-se com a busca de produtos similares ou substitutos ao gás natural. A empresa focal já passou por situações em que o cliente preferiu utilizar, por exemplo, o coque como fonte energética devido ao menor custo. Portanto, o preço do gás natural é um grande motivador para buscar fontes alternativas de energia.

E o risco econômico está muito relacionado com as mudanças econômicas que ocorrem tanto dentro do Brasil quanto fora do país, uma vez que o gás natural é uma *commodity*.

Os outros riscos possuem baixa prioridade. Sendo assim, a empresa focal deve buscar estratégias de mitigação para os riscos mais críticos da organização, com a finalidade de reduzir tanto as perdas financeiras quanto as perdas relacionadas à imagem.

A Tabela 9 apresenta os riscos prioritários para a Cliente A. Percebe-se que o risco de capacidade, operacional, de demanda e de fornecimento são os mais críticos para essa organização, somando cerca de 65% do total do índice global de prioridades. Nesse sentido, a organização deve concentrar seus esforços nesses riscos com o objetivo de reduzir a sua ocorrência e também minimizar o impacto causado por eles.

Tabela 9: Índice global de prioridades para a Cliente A

Risco	Índice
Capacidade	21,135%
Operacional	16,960%
Demanda	14,523%
Fornecimento	11,975%
Estoque	11,886%
Fiscal	9,520%
Mercado	8,929%
Informação	5,072%

Fonte: Elaboração própria (2017)

O risco de capacidade é prioritário porque a empresa já perdeu a oportunidade de atender novos pedidos por causa da limitação existente na capacidade dos recursos da empresa. Como a empresa pertence ao setor cerâmico, o volume de produtos fabricados depende diretamente da capacidade instalada na fábrica. Observa-se também que o risco de demanda e o de capacidade estão relacionados, pois oscilações para mais no consumo de seus clientes geram mais pedidos que ficam limitados à capacidade da empresa.

O risco operacional também precisa ser priorizado porque existem perdas por causa de falhas humanas e de manutenção no processo produtivo.

E o quarto risco prioritário é o de fornecimento. A empresa depende de matérias-primas de alta qualidade para manter o padrão de suas peças cerâmicas. Uma medida já existente que minimiza os riscos é que uma grande parte do fornecimento das matérias-primas principais são de origem da própria organização. No entanto, outras matérias-primas ainda precisam ser adquiridas de fornecedores externos, caracterizando assim o risco de fornecimento.

Portanto, verifica-se que os outros tipos de riscos identificados são importantes, no entanto, não são prioritários no momento. Sendo assim, a organização deve focar seus esforços, principalmente, nesses quatro riscos críticos, que podem gerar grandes perdas para a organização.

Diante da priorização dos riscos encontrada, a próxima seção aborda a probabilidade de ocorrência dos riscos críticos com a finalidade de compreender o comportamento dos riscos em diferentes cenários.

4.5 PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DOS RISCOS

Por último, a simulação Monte Carlo foi feita com o objetivo de simular a probabilidade de ocorrência entre os riscos prioritários que se relacionam das duas empresas investigadas. Dessa forma, conforme a opinião dos especialistas, foi possível verificar que o risco de demanda da empresa focal e o risco de capacidade da Cliente A possuem uma relação direta. Da mesma forma, também verificou-se que o risco de capacidade da empresa Cliente A também é capaz de influenciar a ocorrência do risco econômico/financeiro na empresa focal.

Sendo assim, a probabilidade de ocorrência do risco de demanda ocorrer na empresa focal dado que ocorreu o risco de capacidade na Cliente A foi simulado com o auxílio do *software* Crystal Ball e também a probabilidade de ocorrer o risco econômico/financeiro dado que ocorreu o risco de capacidade da Cliente A, conforme será detalhado a seguir.

O risco prioritário na empresa focal é o risco de Demanda, conforme apresentado na seção 4.4. Nesse sentido, a simulação Monte Carlo foi feita com o auxílio do *software* Crystal Ball, que é aplicação de planilha para a modelagem de previsões, simulações e otimizações. Na Simulação Monte Carlo, quanto maior o número de iterações, menor será o erro. Dessa forma, optou-se por efetuar 50.000 iterações buscando obter um erro mínimo.

A equação 9 foi utilizada para estimar a probabilidade dos riscos mencionados anteriormente. Por exemplo, o risco prioritário na empresa focal é o de Demanda e o risco

prioritário na Cliente A é o risco de capacidade. Diante desse cenário, durante as entrevistas, os respondentes identificaram que existe uma dependência significativa entre esses dois riscos prioritários. Ou seja, se a Cliente A aumentar sua capacidade de produção, por exemplo, vai existir um risco de demanda para a empresa focal, que pode não ser capaz de entregar uma quantidade maior de gás natural. Da mesma forma, se a Cliente A reduz sua capacidade, isso irá se refletir na empresa focal, em termos de demanda reduzida.

$$P(H|E, c) = \frac{P(H|c) \cdot P(E|H, c)}{P(E|c)} \quad (9)$$

A equação 9 representa a probabilidade de ocorrência da Hipótese H depois de considerar o efeito da evidência E, baseado na experiência c.

- O termo $P(H|c)$ é a probabilidade de ocorrência da Hipótese H considerando as evidências passadas de c;
- $P(H|E, c)$ é a probabilidade de ocorrência da hipótese H considerando as evidências de E e c;
- $P(E|c)$ é a probabilidade de ocorrência de E considerando as experiências passadas apenas de c;
- $P(E|H, c)$ é a probabilidade de ocorrência da hipótese E considerando as evidências de H e c;

Nesse sentido, a simulação foi feita levando em consideração o risco de demanda da empresa focal e o risco de capacidade da Cliente A. Ou seja, busca-se estimar a probabilidade de ocorrência do risco de Demanda da empresa focal dado que o risco de capacidade da cliente A ocorreu.

Os parâmetros utilizados nessa simulação seguem uma distribuição triangular, conforme apresentado no Quadro 37. Pode-se observar que a probabilidade do risco de demanda ocorrer, segundo os especialistas, é entre 0,70 e 0,80. Já a probabilidade do risco de capacidade da Cliente A ocorrer dado que aconteceu um risco de demanda é baixo e o valor está entre 0,05 e 0,10. E, por último, o risco de capacidade tem a probabilidade variando entre 0,10 e 0,20.

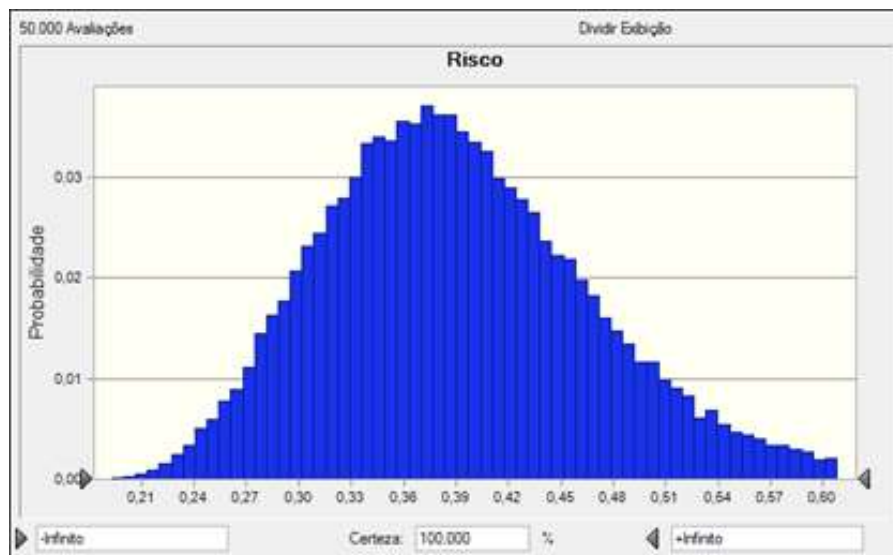
Quadro 37: Parâmetros da simulação

	P (demanda)	P (cap/dem)	P (capacidade)
Mínimo	0,70	0,05	0,10
Mais Provável	0,75	0,08	0,15
Máximo	0,80	0,10	0,20

Fonte: Elaboração própria (2017)

A simulação foi feita com um nível de confiança de 95%, tempo total de execução de 2,96 segundos e 50.751 números aleatórios por segundo. Os resultados apontam que o intervalo inteiro obtido é de 0,19 a 0,74, conforme Figura 31. Sendo assim, a probabilidade, ou certeza, de um valor cair dentro de um intervalo de menos infinito e mais infinito é 100%. Então, se ocorrer um risco de capacidade na Cliente A, a ocorrência do risco de Demanda na empresa focal é certa. Isso mostra a dependência existente nos riscos de uma empresa a outra na cadeia.

Figura 31: Intervalo inteiro da simulação



Fonte: Crystal Ball (2017)

O Quadro 38 apresenta as estatísticas a respeito das previsões para a probabilidade do risco de demanda ocorrer na empresa focal dado que o risco de capacidade ocorreu em sua cliente principal (Cliente A). A concentração de colunas próximas ao centro indica que a

probabilidade de ocorrência mais provável está entre 0,34 e 0,42 e o valor da média, conforme Quadro 38, é 0,39.

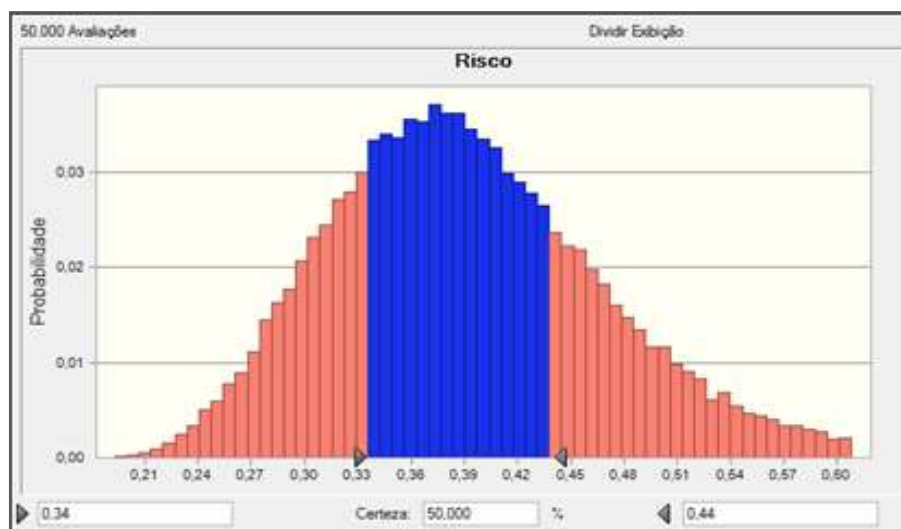
Quadro 38: Estatísticas

Estatística	Valores de previsão
Média	0,39
Mediana	0,38
Desvio Padrão	0,08
Variância	0,01
Coefficiente de Variação	0,1981
Mínimo	0,19
Máximo	0,74
Largura do intervalo	0,55

Fonte: Crystal Ball (2017)

A Figura 32 mostra que a probabilidade de ocorrência do risco de demanda dado que o risco de capacidade ocorreu na Cliente A é de 50% de variar no intervalo entre 0,34 e 0,44, conforme destacado na área azul do gráfico.

Figura 32: Simulação para o intervalo entre 0,34 e 0,44

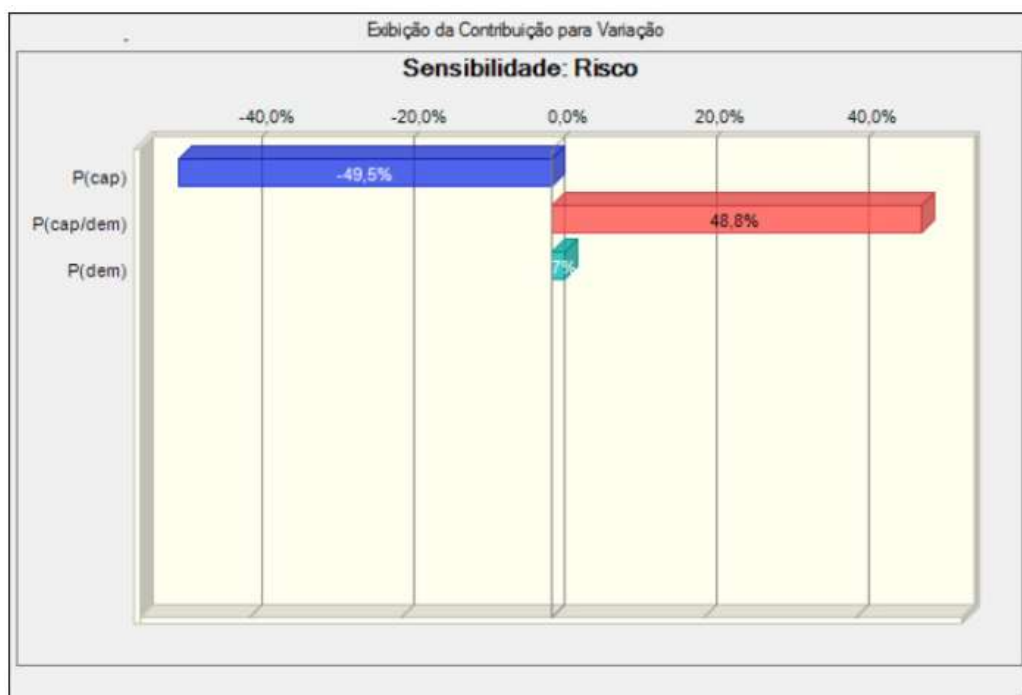


Fonte: Crystal Ball (2017)

Fica claro assim que a probabilidade de ocorrer uma previsão de demanda errada ou um menor consumo de gás natural por parte dos clientes é bastante elevada. E conforme visto na seção 4.3, o impacto do risco de Demanda na empresa focal é bastante severo, pois afeta diretamente os negócios da organização. Diante desse cenário, a empresa focal precisa estabelecer estratégias de mitigação para esse risco devido ao potencial de causar danos à empresa.

Além disso, o *software* permite que uma análise de sensibilidade seja feita, conforme Figura 33. Uma das principais vantagens de efetuar a simulação no *Crystal Ball* é exatamente a possibilidade de realizar as análises de sensibilidade, permitindo obter uma visão das variáveis que influenciam mais no objeto de estudo. Essa análise mostra que os pressupostos que mais afetam a ocorrência do risco de demanda dado que o risco de capacidade ocorreu são: a ocorrência do risco de capacidade na Cliente A e a ocorrência do risco de capacidade dado que o risco de demanda ocorreu anteriormente. No entanto, verifica-se que a probabilidade de ocorrência do risco de capacidade afeta negativamente na ocorrência do risco de demanda da empresa focal, isto é, a correlação existente entre essas duas variáveis é negativa.

Figura 33: Análise de sensibilidade



Fonte: Crystal Ball (2017)

Em outras palavras, a probabilidade de ocorrência do risco de capacidade representa cerca de 49,5% (negativamente) da variação da probabilidade da ocorrência do risco de demanda dado que o de capacidade da empresa cliente A ocorreu. De forma análoga, o risco de capacidade dado que o de demanda ocorreu representa cerca de 48,8% da variação da probabilidade da ocorrência do risco de demanda dado que o de capacidade da empresa cliente ocorreu.

Diante desse cenário, as organizações devem concentrar seus esforços nessas duas variáveis que são capazes de afetar diretamente a ocorrência do risco, a saber: a probabilidade de ocorrência do risco de capacidade da Cliente A e a probabilidade de ocorrência do risco de capacidade dado que ocorreu o risco de demanda na empresa focal inicialmente. Sendo assim, é possível concluir que a ocorrência do risco de capacidade na Cliente A é determinante para que o risco de demanda na empresa focal aconteça. E, conseqüentemente, percebe-se que esse risco pode se propagar ao longo da cadeia de suprimentos, sendo capaz inclusive de afetar a receita e a reputação das empresas envolvidas. Nesse sentido, deve-se estabelecer estratégias de mitigação para o risco de capacidade da Cliente A, uma vez que sua ocorrência é capaz de afetar as duas empresas em análise.

O *software* permite também visualizar a correlação existente entre os pressupostos analisados. Verifica-se, conforme ilustra o Quadro 39, que a correlação é negativa apenas para a probabilidade de ocorrência do risco de capacidade da Cliente A e os outros pressupostos possuem correlação positiva. Além disso, a probabilidade de ocorrência do risco de demanda na empresa focal tem pouca relação com a ocorrência do risco em análise.

Quadro 39: Correlação

Pressupostos	Contribuição para variação	Correlação de classificação
P (cap)	49,5%	- 0,69
P (cap/dem)	48,8%	0,68
P (dem)	1,7%	0,13

Fonte: Elaboração própria (2017)

Portanto, é importante ressaltar também a necessidade de que a empresa focal e a empresa Cliente A mantenham um relacionamento próximo para evitar que a ocorrência de um risco na Cliente A prejudique o funcionamento da empresa focal. Além disso, ainda é

fundamental, nesse caso, que qualquer aumento na capacidade da Cliente A, que implique em um acréscimo no uso do gás natural, seja comunicado previamente à empresa focal com a finalidade de verificar se a esta é capaz de atender essa necessidade de sua principal cliente. De outra forma, em tempos de crise econômica, qualquer redução no consumo de gás natural da Cliente A impacta diretamente no faturamento da empresa focal, destacando ainda que essa cliente específica é responsável por cerca de 50% do faturamento total da empresa focal.

Através das entrevistas, percebeu-se também que a ocorrência do risco de capacidade na Cliente A também é capaz de gerar um risco econômico/financeiro na empresa focal. Nesse contexto, uma simulação também foi feita para investigar melhor a ocorrência do risco econômico na empresa focal dado que o risco de capacidade ocorreu na empresa cliente A.

De forma análoga, a simulação foi feita no *software Crystal Ball*. Os parâmetros utilizados nessa simulação seguem uma distribuição triangular, conforme apresentado no Quadro 40. Pode-se observar que a probabilidade do risco econômico da empresa focal ocorrer, segundo os especialistas, é entre 0,05 e 0,10. Já a probabilidade do risco de capacidade da Cliente A ocorrer dado que aconteceu um risco econômico é baixo e o valor está entre 0,05 e 0,10. E, por último, o risco de capacidade tem a probabilidade variando entre 0,10 e 0,20.

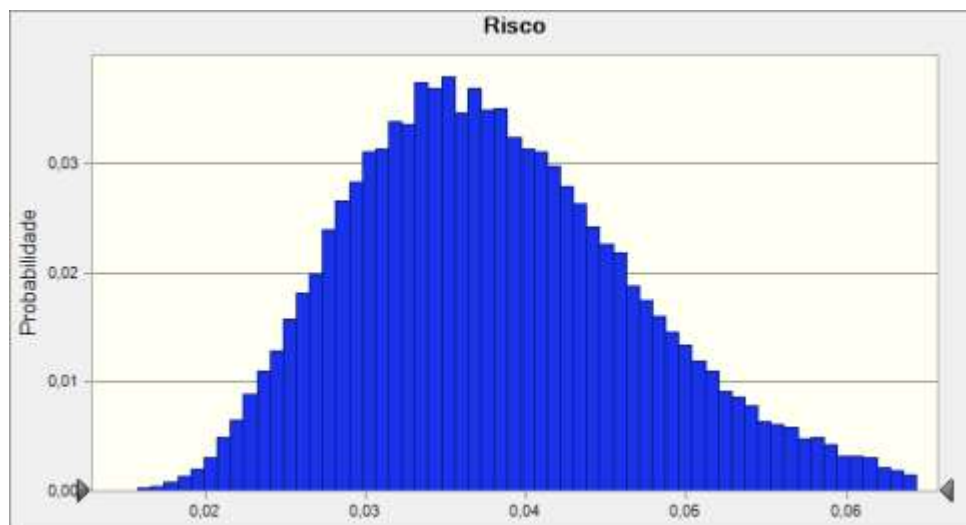
Quadro 40: Parâmetros da simulação

	P (econômico)	P (cap/eco)	P (capacidade)
Mínimo	0,05	0,05	0,10
Mais Provável	0,08	0,07	0,15
Máximo	0,10	0,10	0,20

Fonte: Elaboração própria (2017)

A simulação foi feita com um nível de confiança de 95%, tempo total de execução de 1,75 segundos e 85.623 números aleatórios por segundo. Os resultados apontam que o intervalo inteiro obtido é de 0,01 a 0,08, conforme Figura 34. Sendo assim, a probabilidade, ou certeza, de um valor cair dentro de um intervalo de menos infinito e mais infinito é 100%. Então, se ocorrer um risco de capacidade na Cliente A, a ocorrência do risco econômico/financeiro na empresa focal é certa. Isso mostra a dependência existente nos riscos de uma empresa a outra na cadeia.

Figura 34: Intervalo inteiro da simulação



Fonte: Elaboração própria (2017)

O Quadro 41 apresenta as estatísticas a respeito das previsões para a probabilidade do risco econômico ocorrer na empresa focal dado que o risco de capacidade ocorreu em sua cliente principal (Cliente A).

Quadro 41: Estatísticas

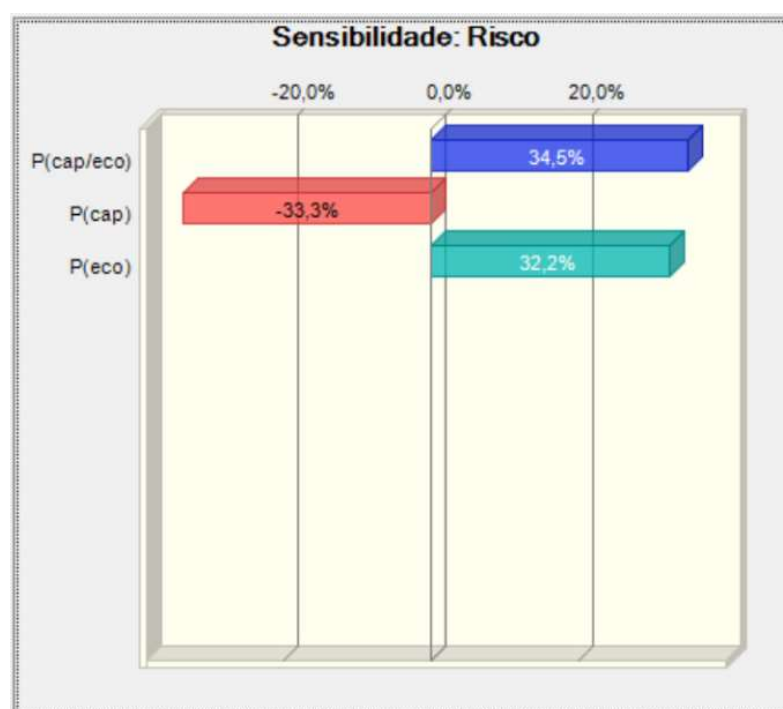
Estatística	Valores de previsão
Média	0,04
Mediana	0,04
Desvio Padrão	0,01
Variância	0,00
Coefficiente de Variação	0,2436
Mínimo	0,01
Máximo	0,08
Largura do intervalo	0,07

Fonte: Crystal Ball (2017)

Além disso, uma análise de sensibilidade também foi feita, conforme Figura 35. Essa análise mostra que todos os pressupostos afetam a ocorrência do risco econômico dado que o

risco de capacidade da cliente A ocorreu de forma aproximadamente igual. Ou seja, as empresas envolvidas no estudo devem dar atenção tanto à ocorrência do risco de capacidade da empresa Cliente A, como também à possibilidade do risco econômico ocorrer na empresa focal. De forma análoga, deve-se analisar também a probabilidade de ocorrência do risco de capacidade ocorrer dado que o econômico ocorreu anteriormente. No entanto, verifica-se que a probabilidade de ocorrência do risco de capacidade afeta negativamente na ocorrência do risco econômico da empresa focal, isto é, a correlação existente entre essas duas variáveis é negativa.

Figura 35: Análise de sensibilidade



Fonte: Crystal Ball (2017)

Portanto, mais uma vez, a ocorrência do risco de capacidade na empresa Cliente A é determinante para que o risco econômico ocorra assim como o risco de demanda na empresa focal. Como resultado, observa-se que o risco pode se propagar ao longo da cadeia de suprimentos.

O *software* permite também visualizar a correlação existente entre os pressupostos analisados. Verifica-se, conforme ilustra o Quadro 42, que a correlação é negativa apenas para a probabilidade de ocorrência do risco de capacidade da Cliente A e os outros pressupostos possuem correlação positiva.

Quadro 42: Correlação

Pressupostos	Contribuição para variação	Correlação de classificação
P (eco)	32,15%	0,55
P (cap/eco)	34,53%	0,57
P (cap)	33,30%	- 0,56

Fonte: Elaboração própria (2017)

Portanto, é possível verificar que tanto a empresa focal como a empresa Cliente A estão expostas a riscos que podem afetar diretamente sua receita e sua imagem diante de seus clientes essenciais. Diante desse cenário, faz-se necessário que medidas de mitigação sejam estabelecidas, principalmente, para o risco de capacidade da empresa Cliente A, uma vez que este pode reverberar na cadeia de suprimentos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo final está dividido em: atendimento aos objetivos da pesquisa, contribuição teórica e prática e, por último, sugestões para trabalhos futuros.

5.1 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS E RESPOSTAS ÀS QUESTÕES DE PESQUISA

Em uma cadeia de suprimentos de gás canalizado foram investigadas uma empresa focal e dois clientes industriais com o objetivo de avaliar os riscos existentes, por meio de entrevistas e questionários. A aplicação dos instrumentos de pesquisa (presentes nos Apêndices) possibilitou identificar os riscos existentes e, em seguida, hierarquiza-los conforme o grau de importância para as organizações com o uso do AHP, sendo utilizado o software *Super Decisions*.

Para a empresa focal, os riscos prioritários encontrados estão expostos na Figura 36. Observou-se que o risco prioritário é o risco de demanda, uma vez que a redução no consumo de gás natural por parte de seus clientes afeta diretamente o faturamento da empresa. Essa situação se agravou bastante durante a crise econômica vivenciada pelo país, pois a própria demanda do cliente final reduziu consideravelmente, minimizando a necessidade no uso do gás natural. Além disso, erros na previsão da demanda também geram transtornos para empresa. Além disso, o fornecedor principal da empresa focal é a Petrobrás, que, por sua vez, aplica multas se a empresa focal não utilizar todo aquele gás natural que foi contratado inicialmente.

Figura 36: Riscos prioritários para a empresa focal



Fonte: Elaboração própria (2017)

Para a empresa Cliente, a Figura 37 ilustra os riscos prioritários. Observou-se que o risco prioritário é o risco de capacidade, uma vez que existe uma limitação na capacidade dos recursos da empresa e isso já prejudicou o atendimento de seus clientes. Consequentemente, essa limitação gera uma perda de crescimento e de faturamento também. Isso ocorre porque as empresas do setor cerâmico, de forma geral, são muito intensivas em uso de máquinas e cada máquina possui sua própria capacidade. Sendo assim, a empresa precisa atualizar seu maquinário constantemente e assegurar que a capacidade de produção existente está em equilíbrio com a demanda. No entanto, já foi observado que a empresa deixou de atender clientes por causa dessa limitação na capacidade.

Figura 37: Riscos prioritários para a empresa Cliente



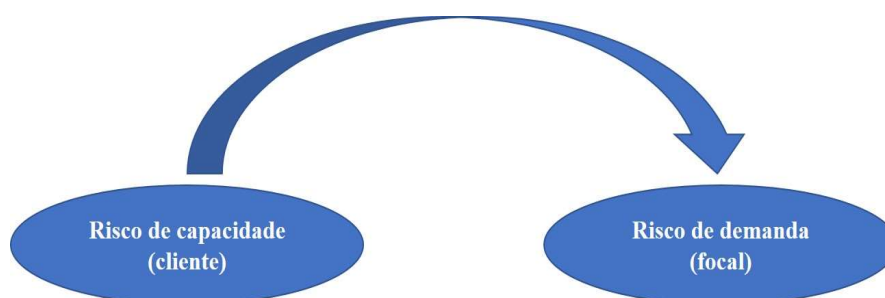
Fonte: Elaboração própria (2017)

De acordo com os resultados obtidos, pode-se observar também que um determinado risco enfrentado por uma organização pode reverberar na cadeia de suprimentos. Isso ocorre, por exemplo, com o risco de demanda, uma vez que a redução do consumo do gás natural afeta diretamente a empresa focal. De forma análoga, um aumento na capacidade de produção da Cliente A também afeta a demanda de gás natural da empresa focal. Isso ocorre porque se a empresa A passa a utilizar mais máquinas que utilizam como fonte energética o gás natural, esse consumo irá aumentar. Portanto, percebe-se que os riscos podem passar de um membro da cadeia para outro membro, conforme foi explicado na Seção 4.5.

Essa relação de dependência está ilustrada na Figura 38 e é fundamental que as empresas envolvidas tenham conhecimento dessa relação de dependência existente entre os riscos prioritários. Percebe-se assim que a ocorrência do risco de capacidade na empresa cliente é determinante para que o risco de demanda ocorra na empresa focal. Dessa forma, é fundamental

que estratégias de mitigação sejam estabelecidas para esse risco de capacidade da empresa cliente A com a finalidade de reduzir sua ocorrência e/ou seu impacto sobre a cadeia.

Figura 38: Relação de dependência vista entre os riscos prioritários



Fonte: Elaboração própria (2017)

Diante desse cenário, os objetivos propostos para esta pesquisa foram alcançados. O Quadro 43 apresenta cada objetivo específico inicialmente proposto e em qual seção este objetivo foi alcançado.

Quadro 43: Atendimento aos objetivos

Objetivo Específico	Seção em que foi alcançado
Mapear os riscos existentes no elo fornecedor e produtor com base em propostas de classificação existentes na literatura;	4.2
Mensurar o impacto ocasionado pelos riscos encontrados no elo fornecedor e produtor analisado;	4.3
Priorizar os riscos existentes no elo fornecedor e produtor selecionado;	4.4
Calcular a probabilidade de ocorrência do risco prioritário na empresa focal levando em consideração as suas dependências.	4.5

Fonte: Elaboração própria (2017)

5.2 CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA E PRÁTICA

Pode-se observar que a primeira contribuição teórica desta pesquisa foi estudar uma cadeia de gás canalizado, que é pouco explorada na literatura. No entanto, a indústria de gás natural possui grande relevância para a sociedade como um todo e está exposta a inúmeros riscos.

Outra contribuição teórica foi utilizar uma vasta classificação de riscos capaz de abranger as organizações de forma sistêmica, visto que estudos anteriores utilizaram poucos tipos de riscos, como aqueles feitos por Gaudenzi e Borghesi (2006), Wu, Blackhurst e Chidambaram (2006), Schoenherr, Tummala e Harrison (2008), Funo *et al* (2011) e Radivojević e Gajović (2014).

O principal resultado prático foi apontar quais são os riscos prioritários para as organizações envolvidas na pesquisa. A empresa focal dedica-se exclusivamente à atividade de distribuição de gás canalizado no Estado da Paraíba. Enquanto que a Cliente A é referência no setor cerâmico do mesmo Estado. Essas duas empresas possuem grande relevância para a economia Paraibana, sendo assim, torna-se importante estudar os riscos as quais estão submetidas com a finalidade de estabelecer, em seguida, as estratégias de mitigação adequadas.

Além disso, verificou-se também a relevância de estudar as dependências entre os riscos existentes entre diferentes membros de uma cadeia de suprimentos. É notável que a ocorrência de um determinado evento de risco pode afetar outros membros da cadeia. Nesse sentido, é importante implementar o processo de gestão de riscos com o objetivo de reduzir a probabilidade de ocorrência de eventos indesejados e de minimizar também o impacto desses eventos para garantir a continuidade dos negócios das organizações.

5.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nos artigos lidos e até mesmo com o estudo de caso realizado, percebeu-se que mesmo com os avanços das pesquisas em gestão de riscos em cadeias de suprimentos, quando se trata da parte prática, muitas empresas ainda não registram dados históricos que possam auxiliar na etapa de avaliação dos riscos. Sendo assim, sugere-se que as empresas envolvidas nesta pesquisa passem a registrar dados sobre os riscos que as acometem, uma vez que dessa forma seria possível estimar uma probabilidade de ocorrência do risco mais acurada.

Além disso, também foi possível observar a necessidade de implementar estratégias de mitigação para aqueles riscos identificados como prioritários. Assim, sugere-se também que as outras etapas do processo de gestão de riscos sejam feitas, a saber: a mitigação e o monitoramento dos riscos.

Pode-se ainda estimar a probabilidade de ocorrência de outros riscos, além do prioritário da empresa focal, com o auxílio das técnicas de simulação com o objetivo de compreender

melhor a realidade das organizações envolvidas na pesquisa e a forma que seus riscos se relacionam na cadeia.

Quanto ao instrumento de pesquisa utilizado, que está presente nos Apêndices desta pesquisa, recomenda-se que novos fatores de riscos sejam identificados e incorporados nos questionários para abranger melhor a realidade das organizações investigadas.

Quanto à ferramenta utilizada, sugere-se a utilização de outras ferramentas que possam capturar as dependências existentes entre os riscos, uma vez que foi possível perceber que os riscos estão relacionados e que estes podem ser repassados ao longo da cadeia de suprimentos. Como exemplo de ferramenta capaz de capturar as dependências, pode-se citar o ANP e o DEMATEL.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOLGHASEMI, M.; KHODAKARAMI, V.; TEHRANIFARD, H. A New Approach for Supply Chain Risk Management: Mapping SCOR into Bayesian Network. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 8, n. 1, p. 280 – 302, 2015.
- ABREU, P. L.; MARTINEZ, J. A. **Gás natural: O combustível do novo milênio**. 2 ed. Porto Alegre: Plural comunicação, 2003.
- ADHITYA, A.; SRINIVASAN, R.; KARIMI, I. A model-based rescheduling framework for managing abnormal supply chain events. **Computers & Chemical Engineering**, v. 31, n. 5, p. 496-518, 2007.
- ADHITYA, A.; SRINIVASAN, R.; KARIMI, I. Supply chain risk identification using a HazOP-based approach. **AIChE Journal**, v. 55, n. 6, p. 1447 – 1463, 2009.
- AHMED, A.; KAYIS, B.; AMORNSAWADWATANA, S. A review of techniques for risk management in projects. **Benchmarking: An International Journal**, v. 14, n. 1, p. 22-36, 2007.
- AMBULKAR, S.; BLACKHURST, J.; GRAWE, S. Firm's resilience to supply chain disruptions: Scale development and empirical examination. **Journal of Operations Management**, v. 33-34, p. 111-122, 2015.
- AMUNDSON, J. *et al.* Life-cycle Risk Modeling: Alternate Methods Using Bayesian Belief Networks. **Procedia CIRP**, v. 17, p. 320-325, 2014.
- ANDRADE, E. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 4ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis: 2015 / Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Rio de Janeiro: ANP, 2008.
- AQLAN, F. A software application for rapid risk assessment in integrated supply chains. **Expert Systems with Applications**, v. 43, p. 109-116, 2016.
- AQLAN, F.; LAM, S. S. A fuzzy-based integrated framework for supply chain risk assessment. **International Journal of Production Economics**, v. 161, p. 54-63, 2015b.
- AQLAN, F.; LAM, S. S. Supply chain optimization under risk and uncertainty: A case study for high-end server manufacturing. **Computers & Industrial Engineering**, v. 93, p. 78-87, 2016.
- AQLAN, F.; LAM, S. S. Supply chain risk modelling and mitigation. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 18, p. 5640-5656, 2015a.
- 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, p. 15- 34, 2009.
- AZADEGAN, A. *et al.* Fuzzy logic in manufacturing: A review of literature and a specialized application. **International Journal of Production Economics**, v. 132, n. 2, p. 258-270, 2011.
- BADURDEEN, F. *et al.* Quantitative modeling and analysis of supply chain risks using Bayesian theory. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 25, n. 5, p. 631-654, 2014.

- BANKS, J. *et al.* **Discrete event system simulation**. 4 Ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2005.
- BERLE, Ø.; NORSTAD, I.; ASBJØRNSLETT, B. Optimization, risk assessment and resilience in LNG transportation systems. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 18, n. 3, p. 253-264, 2013.
- BLACKHURST, J.; SCHEIBE, K. P.; JOHNSON, D. J. Supplier risk assessment and monitoring for the automotive industry. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 38, n. 2, p. 143-165, 2008.
- BLACKHURST, J.; DUNN, K. S.; CRAIGHEAD, C. W. An empirically derived framework of global supply resiliency. **Journal of Business Logistics**, v. 32, n. 4, p. 374-391, 2011.
- BLANCHARD, D. **Supply Chain Management: Best Practices**. 2 ed. New Jersey: Wiley, 2010.
- BLOME, C.; SCHOENHERR, T. Supply chain risk management in financial crises — A multiple case-study approach. **International Journal of Production Economics**, v. 134, n. 1, p. 43-57, 2011.
- BODE, C.; WAGNER, S. M. Structural drivers of upstream supply chain complexity and the frequency of supply chain disruptions. **Journal of Operations Management**, v. 36, p. 215-228, 2015.
- BOGATAJ, D.; BOGATAJ, M. Measuring the supply chain risk and vulnerability in frequency space. **International Journal of Production Economics**, v. 108, n. 1-2, p. 291-301, 2007.
- BRADLEY, J. R. An improved method for managing catastrophic supply chain disruptions. **Business Horizons**, v. 57, n. 4, p. 483-495, 2014.
- BRANDON-JONES, E. *et al.* A Contingent Resource-Based Perspective of Supply Chain Resilience and Robustness. **Journal of Supply Chain Management**, v. 50, n. 3, p. 55-73, 2014.
- CARDOSO, S. *et al.* Resilience metrics in the assessment of complex supply-chains performance operating under demand uncertainty. **Omega**, v. 56, p. 53-73, 2015.
- CAUCHICK MIGUEL, P.; SOUSA, R. O método do estudo de caso na engenharia de produção. In: CAUCHICK MIGUEL, P. A. (coord). **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier; ABEPRO, 2012, p. 131 -147.
- CERYNO, P.; SCAVARDA, L.; KLINGEBIEL, K. Supply chain risk: empirical research in the automotive industry. **Journal of Risk Research**, v. 18, n. 9, p. 1145 - 1164, 2014.
- CHEN, I.; PAULRAJ, A. Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements. **Journal of Operations Management**, v. 22, n. 2, p. 119-150, 2004.
- CHEN, M.; XIA, Y.; WANG, X. Managing supply uncertainties through Bayesian information update. **IEEE Transactions on Automation Science and Engineering**, v. 7, n. 1, p. 24-36, 2010.
- CHENG, L.; DURAN, M. Logistics for world-wide crude oil transportation using discrete event simulation and optimal control. **Computers & Chemical Engineering**, v. 28, n. 6, p. 897-911, 2004.

- CHOPRA, S., SODHI, M. Reducing the risk of supply chain disruptions. **MIT Sloan Management Review**, v. 55, n. 1, p. 73 – 80, 2014.
- CHOPRA, S; MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.
- CHOU, J. Cost simulation in an item-based project involving construction engineering and management. **International Journal of Project Management**, v. 29, n. 6, p. 706-717, 2011.
- CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: criando redes que agregam valor**. 2. Ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007.
- CHRISTOPHER, M.; HOLWEG, M. Supply Chain 2.0: managing supply chains in the era of turbulence. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 41, n. 1, p. 63-82, 2011.
- CHRISTOPHER, M.; PECK, H. Building the resilient supply chain. **The international Journal of Logistics Management**, v. 15, n. 2, p. 1-14, 2004.
- CIGOLINI, R.; ROSSI, T. Managing operational risks along the oil supply chain. **Production Planning and Control**, v. 21, n. 5, p. 452-467, 2010.
- COLICCHIA, C.; STROZZI, F. Supply chain risk management: a new methodology for a systematic literature review. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 17, n. 4, p. 403 – 418, 2012.
- COLICCHIA, C; DALLARI, F.; MELACINI, M. Increasing supply chain resilience in a global sourcing context. **Production Planning & Control**, v. 21, n. 7, p. 680-694, 2010.
- COROMINAS, A *et al.* Methodological elements of supply chain design. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 16, p. 5017-5030, 2015.
- COROMINAS, A. Supply chains: what they are and the new problems they raise. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 23 -24, p. 6828 – 6835, 2013.
- CORRÊA, H. **Gestão de redes de suprimento: integrando cadeias de suprimento no mundo globalizado**. São Paulo: Atlas, 2010.
- COWELL, R. G.; VERRALL, R. J.; YOON, Y. K. Modeling operational risk with Bayesian networks. **Journal of Risk and Insurance**, v. 74, n. 4, p. 795-827, 2007.
- CRNKOVIC, J.; TAYI, G.; BALLOU, D. A decision-support framework for exploring supply chain tradeoffs. **International Journal of Production Economics**, v. 115, n. 1, p. 28-38, 2008.
- DAI, J; BLACKHURST, J. A four-phase AHP–QFD approach for supplier assessment: a sustainability perspective. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 19, p. 5474-5490, 2012.
- DANI, S. **Predicting and Managing Supply Chain Risks**. In: ZSIDISIN, A.; RITCHIE, B. **Supply Chain Risk: A Handbook of Assessment, Management, and performance**. USA: Springer, 2009, p. 53 – 66.
- DE PÁDUA, S. *et al.* O Potencial das Redes de Petri em Modelagem e Análise de Processos de Negócio. **Gestão & Produção**, v. 11, n. 1, p. 109 – 119, 2004.
- DELERIS, L. A.; ERHUN, F. Risk management in supply networks using monte-carlo simulation. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference**, p. 1643 – 1649, 2005.

- DEMIRER, R.; MAU, R. R.; SHENOY, C. Bayesian networks: a decision tool to improve portfolio risk analysis. **Journal of Applied Finance**, v. 16, n. 2, p. 106, 2006.
- DEVORE, J. L. **Probabilidade e estatística**: para engenharia e ciências. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.
- DONG, M.; CHEN, F. Process modeling and analysis of manufacturing supply chain networks using object-oriented Petri nets. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 17, n. 1, p. 121-129, 2001.
- DUROWOJU, O.; CHAN, H.; WANG, X. Entropy assessment of supply chain disruption. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 23, n. 8, p. 998-1014, 2012.
- ELZARKA, S. M. Supply chain risk management: the lessons learned from the Egyptian revolution 2011. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 16, n. 6, p. 482-492, 2013.
- FAHIMNIA, B. *et al.* Quantitative models for managing supply chain risks: A review. **European Journal of Operational Research**, v. 247, n. 1, p. 1 – 15, 2015.
- FAWCETT, S.; MAGNAN, G.; MCCARTER, M. Benefits, barriers, and bridges to effective supply chain management. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 13, n. 1, p. 35 – 48, 2008.
- FAZLI, S.; MAVI, R.; VOSOOGHIDIZAJI, M. Crude oil supply chain risk management with DEMATEL–ANP. **Operational Research**, v. 15, n. 3, p. 453-480, 2015.
- FENG, Y. System dynamics modeling for supply chain information sharing. **Physics Procedia**, v. 25, p. 1463-1469, 2012.
- FIKSEL, J. Sustainability and Resilience: Toward a Systems Approach. **Sustainability: Science, Practice, & Policy**, vol. 2, n. 2, p. 14 - 21, 2006.
- FUNO, K. A. *et al.* Supply chain risk management: an exploratory research in Brazilian aerospace industry. **International Journal of Value Chain Management**, v. 5, n. 3-4, p. 265-280, 2011.
- FURUOKA, F. Natural gas consumption and economic development in China and Japan: An empirical examination of the Asian context. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 56, p. 100-115, 2016.
- GAONKAR, R.; VISWANADHAM, N. Analytical framework for the management of risk in supply chains. **Automation Science and Engineering, IEEE Transactions on**, v. 4, n. 2, p. 265-273, 2007.
- GARVEY, M. D.; CARNOVALE, S.; YENIYURT, S. An analytical framework for supply network risk propagation: A Bayesian network approach. **European Journal of Operational Research**, v. 243, n. 2, p. 618-627, 2015.
- GAUDENZI, B.; BORGHESI, A. Managing risks in the supply chain using the AHP method. **The International Journal of Logistics Management**, v. 17, n. 1, p. 114-136, 2006.
- GHADGE, A. *et al.* A systems approach for modelling supply chain risks. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 18, n. 5, p. 523-538, 2013.
- GHADGE, A.; DANI, S.; KALAWSKY, R. Supply chain risk management: present and future scope. **The International Journal of Logistics Management**, v. 23, n. 3, p. 313-339, 2012.

- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GIMENEZ, C; VENTURA, E. Logistics-production, logistics-marketing and external integration: their impact on performance. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 25, n. 1, p. 20-38, 2005.
- GOH, M.; LIM, J. Y. S.; MENG, F. A stochastic model for risk management in global supply chain networks. **European Journal of Operational Research**, v. 182, n. 1, p. 164-173, 2007.
- GONZÁLEZ-LOUREIRO, M; DABIC, M.; KIESSLING, T. Supply chain management as the key to a firm's strategy in the global marketplace: trends and research agenda. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, vol. 45, n. 1/2, p. 159 – 181, 2015.
- GRÖBLER, A.; THUN, J.; MILLING, P. System dynamics as a structural theory in operations management. **Production and Operations Management**, v. 17, n. 3, p. 373-384, 2008.
- GUERTLER, B.; SPINLER, S. When does operational risk cause supply chain enterprises to tip? A simulation of intra-organizational dynamics. **Omega**, v. 57, p. 54 – 69, 2015.
- HACHICHA, W.; ELMSALMI, M. An integrated approach based-structural modeling for risk prioritization in supply network management. **Journal of Risk Research**, v. 17, n. 10, p. 1301-1324, 2014.
- HALLIKAS, J. *et al.* Risk management processes in supplier networks. **International Journal of Production Economics**, v. 90, n. 1, p. 47-58, 2004.
- HAN, M.; CHEN, J. Managing operational risk in supply chain. **IEEE International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing**, p. 4914-4917. 2007.
- HARLAND, C.; BRENCHLEY, R.; WALKER, H. Risk in supply networks. **Journal of Purchasing and Supply management**, v. 9, n. 2, p. 51-62, 2003.
- HECKMANN, I.; COMES, T.; NICKEL, S. A critical review on supply chain risk – Definition, measure and modeling. **Omega**, v. 52, p. 119-132, 2015.
- HILLIER, F.; LIEBERMAN, G. **Introdução à pesquisa operacional**. 9 ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.
- HO, W. *et al.* Supply chain risk management: a literature review. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 16, p. 5031-5069, 2015.
- HOHENSTEIN, N. *et al.* Research on the phenomenon of supply chain resilience: a systematic review and paths for further investigation. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 45, n. 1/2, p. 90-117, 2015.
- JÜTTNER, U.; PECK, H.; CHRISTOPHER, Martin. Supply chain risk management: outlining an agenda for future research. **International Journal of Logistics: Research and Applications**, v. 6, n. 4, p. 197-210, 2003.
- JÜTTNER, U; MAKLAN, S. Supply chain resilience in the global financial crisis: an empirical study. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 16, n. 4, p. 246-259, 2011.
- KAMALAHMADI, M.; PARAST, M. M. A review of the literature on the principles of enterprise and supply chain resilience: Major findings and directions for future research. **International Journal of Production Economics**, v. 171, p. 116-133, 2016.

- KAPUR, K.; PECHT, M. **Reliability engineering**. John Wiley & Sons, 2014.
- KERN, D. *et al.* Supply risk management: model development and empirical analysis. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 42, n. 1, p. 60 – 82, 2012.
- KHILWANI, N.; TIWARI, M. K.; SABUNCUOGLU, I. Hybrid Petri-nets for modelling and performance evaluation of supply chains. **International Journal of Production Research**, v. 49, n. 15, p. 4627-4656, 2011.
- KIM, S. Effects of supply chain management practices, integration and competition capability on performance. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 11, n. 3, p. 241-248, 2006.
- KLIBI, W.; MARTEL, A.; GUITOUNI, A. The design of robust value-creating supply chain networks: a critical review. **European Journal of Operational Research**, v. 203, n. 2, p. 283-293, 2010.
- KULL, T.; CLOSS, D. The risk of second-tier supplier failures in serial supply chains: Implications for order policies and distributor autonomy. **European Journal of Operational Research**, v. 186, n. 3, p. 1158-1174, 2008.
- KUMAR, S.; HAVEY, T. Before and after disaster strikes: A relief supply chain decision support framework. **International Journal of Production Economics**, v. 145, n. 2, p. 613-629, 2013.
- KUMAR, S.; HIMES, K.; KRITZER, C. Risk assessment and operational approaches to managing risk in global supply chains. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 25, n. 6, p. 873-890, 2014.
- KUMAR, S.; NIGMATULLIN, A. A system dynamics analysis of food supply chains—Case study with non-perishable products. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 19, n. 10, p. 2151-2168, 2011.
- LACERDA, R.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 1, p. 59-78, 2012.
- LAMBERT, D.; COOPER, M. Issues in supply chain management. **Industrial Marketing Management**, v. 29, n. 1, p. 65-83, 2000.
- LAMBERT, D.; COOPER, M.; PAGH, J. D. Supply chain management: implementation issues and research opportunities. **The international Journal of Logistics Management**, v. 9, n. 2, p. 1-20, 1998.
- LANGROODI, R. R. P.; AMIRI, M. A system dynamics modeling approach for a multi-level, multi-product, multi-region supply chain under demand uncertainty. **Expert Systems with Applications**, v. 51, p. 231 – 244, 2016.
- LAVASTRE, O.; GUNASEKARAN, A.; 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**, v. 52, n. 11, p. 3381-3403, 2014.
- LAVASTRE, O.; GUNASEKARAN, A.; SPALANZANI, A. Supply chain risk management in French companies. **Decision Support Systems**, v. 52, n. 4, p. 828-838, 2012.
- LINDHE, A. *et al.* Fault tree analysis for integrated and probabilistic risk analysis of drinking water systems. **Water Research**, v. 43, n. 6, p. 1641-1653, 2009.

- LOCKAMY III, A. Assessing disaster risks in supply chains. **Industrial Management & Data Systems**, v. 114, n. 5, p. 755-777, 2014.
- LOCKAMY III, A.; MCCORMACK, K. Analysing risks in supply networks to facilitate outsourcing decisions. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 2, p. 593-611, 2010.
- LOCKAMY III, A.; MCCORMACK, K. Modeling supplier risks using Bayesian networks. **Industrial Management & Data Systems**, v. 112, n. 2, p. 313-333, 2012.
- MACDONALD, J.; CORSI, T. Supply chain disruption management: severe events, recovery, and performance. **Journal of Business Logistics**, v. 34, n. 4, p. 270-288, 2013.
- MACHADO, N. R. S.; FERREIRA, A. O. Método de Simulação de Monte Carlo em Planilha Excel. **Revista de Ciências Gerenciais**, v. 16, n. 23, p. 223 – 244, 2012.
- MANUJ, I.; MENTZER, J. Global supply chain risk management strategies. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 38, n. 3, p. 192 – 223, 2008a.
- MANUJ, I.; MENTZER, J. Global supply chain risk management. **Journal of Business Logistics**, v. 29, n. 1, p. 133 – 155, 2008b.
- MANUJ, I.; MENTZER, J.; BOWERS, M. Improving the rigor of discrete-event simulation in logistics and supply chain research. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 39, n. 3, p. 172-201, 2009.
- MARIA, A. Introduction to modeling and simulation. **Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference**, p. 7 -13, 1997.
- MARTINS, R. Abordagens Quantitativa e Qualitativa. In: CAUCHICK MIGUEL, P. A. (coord). **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier; ABEPRO, 2012, p. 47 – 63.
- MATOOK, S.; LASCH, R.; TAMASCHKE, R. Supplier development with benchmarking as part of a comprehensive supplier risk management framework. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 29, n. 3, p. 241-267, 2009
- MEDEIROS JÚNIOR, A. **Sistemas integrados de gestão: proposta para um procedimento de decisão multicritérios para avaliação estratégica**. 2007. 384 f. Tese (pós-graduação em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- MENSAH, P.; MERKURYEV, Y.; MANAK, S. Developing a Resilient Supply Chain Strategy by Exploiting ICT. **Procedia Computer Science**, v. 77, p. 65-71, 2015.
- MIZGIER, K.; WAGNER, S.; JÜTTNER, M. Disentangling diversification in supply chain networks. **International Journal of Production Economics**, v. 162, p. 115-124, 2015.
- MONTGOMERY, D.; RUNGER, G. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. Livros Técnicos e Científicos, 2003.
- MUCHFIRODIN, M.; GURITNO, A. D.; 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**, v. 3, p. 235-240, 2015.
- MULLAI, A. Risk management system: a conceptual model. In: ZSIDISIN, G. A.; RITCHIE, B. (Ed.). **Supply Chain Risk: A handbook of assessment, management and performance**. New York: Springer, 2009, p. 83- 98.

- MUN, J. **Modeling risk**: Applying Monte Carlo simulation, real options analysis, forecasting, and optimization techniques. John Wiley & Sons, 2006.
- MURATA, T. Petri net: properties, analysis and applications. **Proceedings of the IEEE**, v. 77, n. 4, p. 541-579, 1989.
- NAGALI, V. *et al.* Procurement risk management (PRM) at Hewlett-Packard company. **Interfaces**, v. 38, n. 1, p. 51-60, 2008.
- NAKANO, D. Métodos de Pesquisa Adotados na Engenharia de Produção e Gestão de Operações. In: CAUCHICK MIGUEL, P. A. (coord). **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier; ABEPRO, 2012, p. 65 – 74.
- NASCIMENTO, L. P. A. S.; SILVA, A. C. S.; BELDERRAIN, M. C. N. Revisão de literatura sobre a aplicação do método ANP ao problema de seleção de fornecedores. In: XL SOBRAPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional 2008, João Pessoa. Anais da XL SO, 2008.
- 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**, v. 34, n. 5, p. 434-456, 2004.
- OLSON, D.; WU, D. Risk management models for supply chain: a scenario analysis of outsourcing to China. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 16, n. 6, p. 401-408, 2011.
- OUABOUC, L.; AMRI, M. Analysing Supply Chain Risk Factors: A Probability-Impact Matrix Applied to Pharmaceutical Industry. **Journal of Logistics Management**, v. 2, n. 2, p. 35-40, 2013.
- ÖZBAYRAK, M.; PAPADOPOULOU, T.; AKGUN, M. Systems dynamics modelling of a manufacturing supply chain system. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 15, n. 10, p. 1338-1355, 2007.
- PAI, R. R. *et al.* Methods toward supply chain risk analysis. **IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics**, v. 5, p. 4560–4565. 2003.
- PEREIRA, C.; CHRISTOPHER, M.; SILVA, A. Achieving supply chain resilience: the role of procurement. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 19, n. 5/6, p. 626-642, 2014.
- PETTIT, T.; FIKSEL, J.; CROXTON, K. Ensuring supply chain resilience: development of a conceptual framework. **Journal of Business Logistics**, vol. 31, n. 1, p. 1 - 21, 2010.
- PFOHL, H.; GALLUS, P.; THOMAS, D. Interpretive structural modeling of supply chain risks. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 41, n. 9, p. 839-859, 2011.
- PFOHL, H.; KÖHLER, H.; THOMAS, D. State of the art in supply chain risk management research: empirical and conceptual findings and a roadmap for the implementation in practice. **Logistics Research**, v. 2, n. 1, p. 33 - 44, 2010.
- PIRES, S. **Gestão da cadeia de suprimentos**: conceitos, estratégias, práticas e casos. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- PONOMAROV, S.; HOLCOMB, M. Understanding the concept of supply chain resilience. **The International Journal of Logistics Management**, v. 20, n. 1, p. 124-143, 2009.

- PRADHAN, S. K.;ROUTROY, S. Analyzing the supply chain risk issues for an Indian manufacturing company. **Journal of Advances in Management Research**, v. 11, n. 2, p. 144 – 162, 2014.
- PUJAWAN, I. N.; GERALDIN, L. H. House of risk: a model for proactive supply chain risk management. **Business Process Management Journal**, v. 15, n. 6, p. 953 – 967, 2009.
- PUNNIYAMOORTHY, M.; THAMARAISELVAN, N.; MANIKANDAN, L. Assessment of supply chain risk: scale development and validation. **Benchmarking: An International Journal**, v. 20, n. 1, p. 79 – 105, 2013.
- QAZI, A., QUIGLEY, J.; 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, p. 1 -13, 2015.
- RADIOVOJEVIĆ, G.; GAJOVIĆ, V. Supply chain risk modeling by AHP and Fuzzy AHP methods. **Journal of Risk Research**, v. 17, n. 3, p. 337-352, 2014.
- 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.; GOLDSBY, T. Supply chain risks: a review and typology. **The International Journal of Logistics Management**, v. 20, n. 1, p. 97-123, 2009.
- RITCHIE, B.; BRINDLEY, C. Supply chain risk management and performance: A guiding framework for future development. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 27, n. 3, p. 303-322, 2007.
- RUBINSTEIN, R.; KROESE, D. **Simulation and the Monte Carlo method**. New York: John Wiley & Sons, 2011.
- SAATY, L. T. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, p. 9 – 26, 1990.
- SAATY, R. W. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. **Mathematical Modelling**, v. 9, n. 3, p. 161-176, 1987.
- SAATY, T. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008.
- SAATY, T. Fundamentals of the analytic network process—Dependence and feedback in decision-making with a single network. **Journal of Systems Science and Systems Engineering**, v. 13, n. 2, p. 129-157, 2004.
- SAATY, T. L. The Analytic Network Process. In: **SAATY, T. L.; VARGAS, L.G. Decision making with the Analytic Network Process: Economical, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks**. New York: Springer, 2006. p. 1-26.
- SAATY, T.; VARGAS, L. **Decision making with the analytic network process**. Springer, LLC, 2006.
- SAMVEDI, A.; JAIN, V.; CHAN, F. T. S. Quantifying risks in a supply chain through integration of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 8, p. 2433-2442, 2013.
- SANTOS, E. *et al.* Gás natural: a construção de uma nova civilização. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 67-90, 2007.

- SCHMITT, A. J.; SINGH, M. A quantitative analysis of disruption risk in a multi-echelon supply chain. **International Journal of Production Economics**, v. 139, n. 1, p. 22-32, 2012.
- SCHMITT, A.; SINGH, M. Quantifying Supply Chain Disruption Risk Using Monte Carlo and Discrete-event Simulation. **In: Proceedings of Winter Simulation Conference**, p. 1237 – 1248. Princeton, NJ, 2009.
- SCHOENHERR, T.; TUMMALA, V. M. R.; HARRISON, T. Assessing supply chain risks with the analytic hierarchy process: Providing decision support for the offshoring decision by a US manufacturing company. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 14, n. 2, p. 100-111, 2008.
- SCHUH, G.; SCHENK, M.; SERVOS, N. Design of a Simulation Model for the Assessment of a Real-time Capable Disturbance Management in Manufacturing Supply Chains. **Procedia Manufacturing**, v. 3, p. 425-432, 2015.
- SHENOY, C.; SHENOY, P. Bayesian network models of portfolio risk and return. **Computational Finance**, v. 1999, p. 87, 2000.
- SHERWINA, M. D.; MEDALA, H.; LAPPB, 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.
- SHI, D. A review of enterprise supply chain risk management. **Journal of Systems Science and Systems Engineering**, v. 13, n. 2, p. 219-244, 2004.
- SILVA, L. F. Sistemática para gerenciar os riscos considerando a interdependência entre eles: estudo de caso no elo fornecedor e produtor de uma cadeia de suprimentos do setor calçadista. 2015. 168 f. Projeto de tese (Pós-graduação em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2015.
- SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. **Cadeia de suprimentos: projeto e gestão**. 3 ed. São Paulo: Bookman. 2010.
- SINGHAL, P.; AGARWAL, G.; MITTAL, M. Supply chain risk management: review, classification and future research directions. **International Journal of Business Science and Applied Management**, v. 6, n. 3, p. 15 – 42, 2011.
- SINHA, P. R.; WHITMAN, L. E.; MALZAHN, D. Methodology to mitigate supplier risk in an aerospace supply chain. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 9, n. 2, p. 154-168, 2004.
- SIPAHI, S.; TIMOR, M. The analytic hierarchy process and analytic network process: an overview of applications. **Management Decision**, v. 48, n. 5, p. 775-808, 2010.
- SODHI, M.; SON, B.; TANG, C. Researchers' Perspectives on Supply Chain Risk Management. **Production and Operations Management**, v. 21, n. 1, p. 1- 13, 2012.
- STOCK, J. R.; BOYER, S. L. Developing a consensus definition of supply chain management: a qualitative study. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 39, n. 8, p. 690-711, 2009.
- SWEENEY, E.; GRANT, D.; MANGAN, J. The implementation of supply chain management theory in practice: an empirical investigation. **Supply Chain Management: An International Journal**, vol. 20, n. 1, p. 56 – 70, 2015.

- TAKO, A.; ROBINSON, S. The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context. **Decision Support Systems**, v. 52, n. 4, p. 802-815, 2012.
- TANG, C. S. Perspectives in supply chain risk management. **International Journal of Production Economics**, v. 103, n. 2, p. 451-488, 2006a.
- TANG, C. S. Robust strategies for mitigating supply chain disruptions. **International Journal of Logistics: Research and Applications**, v. 9, n. 1, p. 33-45, 2006b.
- TANG, C. X. H.; LAU, H. C. W.; 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**, v. 10, n. 3, p. 263-271, 2008.
- TANG, C.; TOMLIN, B. The power of flexibility for mitigating supply chain risks. **International Journal of Production Economics**, v. 116, n. 1, p. 12-27, 2008.
- TANG, O.; MUSA, S. N. Identifying Risk Issues and Research Advancements in Supply Chain Risk Management. **International Journal of Production Economics**, v. 133, n. 1, p. 25 – 34, 2011.
- THUN, J.; HOENIG, D. An empirical analysis of supply chain risk management in the German automotive industry. **International Journal of Production Economics**, v. 131, n. 1, p. 242-249, 2011.
- TRKMAN, P.; MCCORMACK, K. Supply chain risk in turbulent environments — A conceptual model for managing supply chain network risk. **International Journal of Production Economics**, v. 119, n. 2, p. 247-258, 2009.
- TUMMALA, R.; SCHOENHERR, T. Assessing and managing risks using the supply chain risk management process (SCRMP). **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 16, n. 6, p. 474 – 483, 2011.
- TUNCEL, G.; ALPAN, G. Risk assessment and management for supply chain networks: A case study. **Computers in Industry**, v. 61, n. 3, p. 250-259, 2010.
- TURRIONI, J.; MELLO, C. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção**. Itajubá: UNIFEI, 2012.
- 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**, v. 2, n. 1, p. 16 -33, 2009.
- VILKO, J. P. P.; HALLIKAS, J. M. Risk assessment in multimodal supply chains. **International Journal of Production Economics**, v. 140, n. 2, p. 586-595, 2012.
- VILKO, J. P. P.; RITALA, P.; EDELMANN, J. On uncertainty in supply chain risk management. **The International Journal of Logistics Management**, v. 25, n. 1, p. 3-19, 2014.
- WAGNER, S. M.; BODE, C. An empirical examination of supply chain performance along several dimensions of risk. **Journal of Business Logistics**, v. 29, n. 1, p. 307 – 325, 2008.
- WAGNER, S. M.; BODE, C. Dominant risk and Risk management practices in supply chains. In: ZSIDISIN, G. A.; RITCHIE, B. (Eds.). **Supply Chain Risk: A Handbook of Assessment, Management, and performance**. USA: Springer, 2009. p. 271-290.
- WANG, J. Petri nets for dynamic event-driven system modeling. **Handbook of Dynamic System Modeling**, p. 1-17, 2007.

WATERS, D. **Supply Chain Risk Management: Vulnerability and Resilience in Logistics**. Philadelphia: Kogan Page, 2007.

WIELAND, A. Selecting the right supply chain based on risks. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 24, n. 5, p. 652 – 668, 2013.

WIENGARTEN, F. *et al.* Risk, risk management practices, and the success of supply chain integration. **International Journal of Production Economics**, v. 171, p. 361-370, 2016.

WU, D.; OLSON, D. Enterprise risk management: a DEA VaR approach in vendor selection. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 16, p. 4919-4932, 2010.

WU, T.; BLACKHURST, J.; CHIDAMBARAM, V. A model for inbound supply risk analysis. **Computers in industry**, v. 57, n. 4, p. 350-365, 2006.

XIA, D.; CHEN, B. A comprehensive decision-making model for risk management of supply chain. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 5, p. 4957-4966, 2011.

YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2 ed. São Paulo: Bookman, 2001.

YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5 ed. São Paulo: Bookman, 2014.

ZHU, B. *et al.* Generalized analytic network process. **European Journal of Operational Research**, v. 244, n. 1, p. 277-288, 2015.

ZSIDISIN, G. A.; RITCHIE, B. Supply Chain Risk Management – Developments, Issues and Challenges. In: ZSIDISIN, G. A.; RITCHIE, B. (Eds.). **Supply Chain Risk: A Handbook of Assessment, Management, and performance**. USA: Springer, 2009, p. 1-12.

APÊNDICES

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO GERAL 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 (E/OU)	Probabilidade de ocorrência			Qual o impacto do risco?
		SIM	NÃO	NÃO SEI		Baixa	Média	Alta	
AMBIENTAL	1. Tempestades já afetaram a capacidade da empresa de atender seus clientes?								A) Severo B) Alto C) Médio D) Pequeno E) Nenhum
	2. Deslizamentos ou soterramentos já afetaram a capacidade da empresa atender seus clientes?								
	3. Incêndios já afetaram a capacidade da empresa de atender seus clientes?								
SEGURANÇA	1. A ocorrência de roubos já afetou negativamente a empresa?								A) Severo B) Alto C) Médio D) Pequeno E) Nenhum
	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?								A) Severo B) Alto C) Médio D) Pequeno E) Nenhum
	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 INTELLECTUAL	1. A empresa já enfrentou problemas por não conseguir inovar seus produtos?								A) Severo B) Alto C) Médio D) Pequeno E) Nenhum
	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?								

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS NA GERÊNCIA DE MERCADO E AUTOMOTIVO

QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS GERÊNCIA INDUSTRIAL

EMPRESA:					FUNÇÃO:				DATA:	
TIPOS DE RISCOS	FATORES DE RISCOS	Existe?			Causas do risco (E/OU)	Probabilidade de ocorrência			Qual o impacto do risco?	
		SIM	NÃO	NÃO SEI		Baixa	Média	Alta		
ESTRATÉGICO	1. O posicionamento estratégico da empresa já foi afetado negativamente pela ação dos concorrentes em diferenciar seus produtos?								A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum	
	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?								A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum	
	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?								A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum	
	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?								A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum	
	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?									

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS NA GERÊNCIA DE FINANÇAS

EMPRESA:		FUNÇÃO:					DATA:		
TIPOS DE RISCOS	FATORES DE RISCOS	Existe?			Causas do risco (E/OU)	Probabilidade de ocorrência			Qual o impacto do risco?
		SIM	NÃO	NÃO SEI		Baixa	Média	Alta	
ECONÔMICOS/ FINANCEIROS	1. Mudanças na conjuntura econômica do país já afetaram de forma negativa as atividades da empresa?								A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum
	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?								
DEPRECIÇÃO DE ATIVOS	1. A depreciação do valor dos ativos já afetou o negócio da empresa?								A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum
	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?								A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum
	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?								

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS NA GERÊNCIA DE ADMINISTRAÇÃO E SUPRIMENTOS

EMPRESA:					FUNÇÃO:				DATA:	
TIPOS DE RISCOS	FATORES DE RISCOS	Existe?			Causas do risco (E/OU)	Probabilidade de ocorrência			Qual o impacto do risco?	
		SIM	NÃO	NÃO SEI		Baixa	Média	Alta		
FORNECIMENTO	1. A empresa já prejudicou o atendimento aos clientes devido a problemas na quantidade de matéria-prima entregue pelos fornecedores?								A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum	
	2. A empresa já prejudicou o atendimento aos clientes devido a problemas no prazo de entregue das matérias-primas 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?								A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum	
	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?								A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum	
	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?									

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS NA GERÊNCIA DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

EMPRESA:		FUNÇÃO:				DATA:			
TIPOS DE RISCOS	FATORES DE RISCOS	Existe?			Causas do risco (E/OU)	Probabilidade de ocorrência			Qual o impacto do risco?
		SIM	NÃO	NÃO SEI		Baixa	Média	Alta	
TECNOLÓGICO	1. A empresa já enfrentou problemas devido à obsolescência tecnológica de seus sistemas (informação/equipamentos)?								A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum
	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 infraestrutura do seu sistema de informação já prejudicou o funcionamento da empresa?								A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum
	2. A indisponibilidade no sistema de informação utilizado pela empresa já prejudicou o funcionamento da empresa?								
	3. A grau de usabilidade 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?								

APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS NA GERÊNCIA DE MARKETING E RELACIONAMENTO

EMPRESA:					FUNÇÃO:				DATA:	
TIPOS DE RISCOS	FATORES DE RISCOS	Existe?			Causas do risco (E/OU)	Probabilidade de ocorrência			Qual o impacto do risco?	
		SIM	NÃO	NÃO SEI		Baixa	Média	Alta		
CLIENTE	1. O comportamento variável do cliente na escolha pelo produto do concorrente já impactou a empresa?								A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum	
	2. O comportamento variável do cliente na escolha por produtos similares/substitutos já impactou a empresa?									
CULTURA	1. A histórica aceitação de um produto da concorrência (prod similar) limita a atuação da empresa no mercado da região?								A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum	
	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?								A) Severo B) Alto C) Médio D)Pequeno E)Nenhum	
	2. A empresa já enfrentou dificuldades por ter limitações financeiras destinados ao desenvolvimento de design de seus produtos?									

APÊNDICE G – PROTOCOLO DO ESTUDO DE CASO

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA	
Pesquisadora	Ana Camila Rodrigues de Oliveira (camilarodrigues091@gmail.com)
Orientadora	Maria Silene Alexandre Leite (mariasileneleite@hotmail.com)
Agência de fomento	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)
Instituição	Universidade Federal da Paraíba Departamento de Engenharia de Produção Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Tipo de pesquisa	Mestrado
Título da pesquisa	Avaliação dos Riscos no Elo Fornecedor e Produtor de uma Cadeia de Suprimentos da Indústria de Gás Natural
Problema de pesquisa	Como avaliar os riscos no elo fornecedor e produtor de uma cadeia de suprimentos da Indústria de Gás Natural?
Objetivo da pesquisa	Avaliar os riscos no elo fornecedor e produtor de uma cadeia de suprimentos da indústria de Gás Natural

PREPARAÇÃO DA ENTREVISTA E PLANO PARA COLETA DE DADOS	
Conhecimento teórico	Aprofundar o conhecimento sobre o tema gestão de riscos em cadeias de suprimentos através de uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de compreender melhor a respeito do fenômeno analisado. Sendo assim, a pesquisa engloba as classificações de riscos em cadeias de suprimentos, tipos de ferramentas utilizadas para as etapas de identificação e avaliação dos riscos. E, por último, analisar as categorias de análise que compõem o formulário para aplicação da pesquisa empírica.
Contato com as empresas	Estabelecer contato inicial com a empresa focal da cadeia de suprimentos selecionada com a finalidade de apresentar a pesquisa, detalhando o objetivo geral proposto. Além disso, busca-se esclarecer os dados necessários da empresa focal, o perfil dos entrevistados e o interesse da organização em participar da pesquisa. Por último, determinar um cronograma para realização da pesquisa empírica.
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	A pesquisa será aplicada em uma empresa focal e em dois clientes industriais relevantes. A empresa focal é responsável pela distribuição de gás canalizado.
Tempo para execução	Cerca de 90 dias, considerando 30 dias para a aplicação do questionário na empresa focal e mais 60 dias para a aplicação do questionário em suas clientes industriais.
Entrevistados	Em cada empresa, pretende-se entrevistar 5 especialistas de nível gerencial nas áreas compatíveis às classes de riscos previamente categorizados.
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.

PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DE DADOS	
Tabulação dos dados empíricos	Os dados coletados nos questionários serão agrupados em uma planilha, inicialmente, para identificar os riscos que acometem as empresas analisadas. Em seguida, os riscos serão priorizados e simulados.
Ferramentas para Tabulação dos dados	A identificação dos riscos será feita com o uso do Excel para a tabulação dos dados. Na sequência, os riscos serão priorizados com o auxílio do Super Decisions. E, por último, a simulação Monte Carlo será feita no Excel para os riscos prioritários.

