

DANILO NASCIMENTO LIMA

**RESILIÊNCIA DA CADEIA DE SUPRIMENTOS: PROPOSTA DE UM ÍNDICE
COMPOSTO**

Texto de dissertação de mestrado apresentado como exigência para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, Campus Bauru, sob orientação da Prof. Dr. Enzo Barberio Mariano.

BAURU/SP

2018

Lima, Danilo Nascimento.
Resiliência Da Cadeia De Suprimentos: Proposta De
Um Índice Composto / Danilo Nascimento Lima, 2018.
63 f.: il.

Orientador: Enzo Barberio Mariano

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Engenharia de Bauru, Bauru,
2018.

1. Índice Composto. 2. Cadeia de Suprimentos. 3.
Resiliência da Cadeia de Suprimentos. 4. Risco. I.
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia. II. Título

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE DANILO NASCIMENTO LIMA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 05 dias do mês de julho do ano de 2018, às 14:00 horas, no(a) Sala de videoconferência (Prédio antigo DEE), reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. ENZO BARBERIO MARIANO - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. VINÍCIUS AMORIM SOBREIRO do(a) Departamento de Administração / Universidade de Brasília - UNB, Prof. Dr. HERMES MORETTI RIBEIRO DA SILVA do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de DANILO NASCIMENTO LIMA, intitulada "**RESILIÊNCIA DA CADEIA DE SUPRIMENTOS: PROPOSTA DE UM ÍNDICE COMPOSTO**". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: aprovado. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Enzo B. Mariano
Prof. Dr. ENZO BARBERIO MARIANO

Vinicius Amorim Sobreiro
Prof. Dr. VINÍCIUS AMORIM SOBREIRO

Hermes Moretti Ribeiro da Silva
Prof. Dr. HERMES MORETTI RIBEIRO DA SILVA

RESUMO

Resiliência é a capacidade da cadeia de suprimentos de sofrer impactos ou rupturas e se reconfigurar de forma eficiente para atender as demandas do mercado. Estas cadeias estão expostas a perturbações, que podem ser classificadas em de alto impacto, causadas por furacões e terremotos, por exemplo, ou de baixo impacto como problemas de transporte, sazonalidade, falta de flexibilidade, instabilidade produtiva ou indisponibilidade temporária de insumos que ocasiona em interrupções no fornecimento aos participantes seguintes e impacta suas operações. A construção de mecanismos de avaliação da resiliência auxilia no equacionamento destes desequilíbrios na distribuição de bens e produtos, minimizando reflexos negativos para a cadeia e seus participantes. Este trabalho visa construir um índice composto de resiliência de uma cadeia de suprimentos sugerindo uma forma de ponderação e agregação que permitam identificar o nível de a preparação das cadeias de suprimentos em lidar com interrupções e impactos. O método adotado partiu do levantamento bibliográfico de dimensões com o objetivo de propor um framework e o levantamento de indicadores encontrados na literatura, que foram avaliados por meio de painel de especialistas. O painel selecionou quais indicadores melhor mensuram as dimensões e determinou os pesos para construção do índice composto. Os resultados apontam para um Índice Composto que concatenou doze dimensões e trinta e três indicadores, sendo mais abrangente que publicações anteriores. Os avanços são a contribuição para um campo de estudo com baixo número de publicações e a participação de especialistas na construção de um IC mais aderente as necessidades dos stakeholders. As limitações identificadas neste trabalho são o número de dimensões encontradas na pesquisa realizada na base de dados, que possivelmente não abarca toda a gama de possibilidades do conceito de resiliência.

Palavras-Chave: Índice Composto – Resiliência – Cadeia de Suprimentos - Risco

ABSTRACT

Resilience is the ability of the supply chain to undergo impacts or ruptures and to efficiently reconfigure itself to meet the demands of the market. These chains are exposed to disturbances, which can be classified as high impact, caused by hurricanes and earthquakes, for example, or low impact such as transport problems, seasonality, lack of flexibility, productive instability or temporary unavailability of inputs interruptions in supplying the following participants and impacts their operations. The construction of mechanisms to evaluate resilience helps in the equation of these imbalances in the distribution of goods and products, minimizing negative effects on the chain and its participants. This paper aims to construct a composite index of resilience of a supply chain suggesting a form of weighting and aggregation that allows identifying the level of the preparation of the supply chains in dealing with interruptions and impacts. The method adopted was based on the bibliographic survey of dimensions with the objective of proposing a framework and the survey of indicators found in the literature, which were evaluated through a panel of experts. The panel selected which metrics best measure the dimensions and determined the weights for constructing the composite index. The results point to a composite index that concatenated twelve dimensions and thirty three indicators, being more comprehensive than previous publications. The advances are the contribution to a field of study with low number of publications and the participation of specialists in the construction of an IC more adherent to the needs of the stakeholders. The limitations identified in this work are the number of dimensions found in the database research, which may not cover the full range of possibilities of the concept of resilience.

Keywords: Composite Index - Resilience - Supply Chain - Risk.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Processo da Cadeia de Suprimentos	12
FIGURA 2 - Um quadro de investigação da gestão da cadeia de abastecimento	15
FIGURA 3 - Framework de Resiliência da Cadeia de Suprimentos	18
FIGURA 4 - Resiliência da Cadeia de Suprimentos	19
FIGURA 5 - Características principais do risco da cadeia de suprimentos	21
FIGURA 6 - Sistemática de Pesquisa	24
FIGURA 7 - Informações a serem validadas em cada etapa	28
FIGURA 8 – Framework de Dimensões	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados de da Pesquisa.....	25
Tabela 2 – Ponderação de pesos das Dimensões	37
Tabela 3 – Reavaliação de Pesos das dimensões com inclusão de duas dimensões ...	39
Tabela 4 – Pesos dos indicadores por dimensão	41
Tabela 5 – Índice Composto Sugerido	43
Tabela 6 – Índice Composto Final	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Participação por Rodada.....	27
Quadro 2 - Rodada 1, determinação de peso das dimensões.....	28
Quadro 3 - Rodada 2, determinação de peso dos indicadores.....	29
Quadro 4 – Rodada 3, determinação do Índice Composto Final.....	29
Quadro 5 – Resultados da análise de literatura.....	32
Quadro 6 – Definição dos Indicadores Participantes do IC Final.....	49

SUMÁRIO

1. Introdução.....	9
1.1 Objetivo geral.....	11
1.2 Objetivos específicos.....	11
1.3 Justificativa.....	11
1.4 Estrutura do Trabalho.....	12
2. Revisão Teórica.....	13
2.1 Cadeia De Suprimentos.....	13
2.2 Riscos da cadeia de suprimentos.....	17
2.3 Resiliência da Cadeia de Suprimentos.....	20
2.4 Índices compostos.....	23
3. Método.....	25
3.1 Método do Levantamento de Indicadores na Literatura.....	26
3.2 Método do Painel de Especialistas.....	27
4. Resultados.....	31
4.1 Análise dos Indicadores de Resiliência da Cadeia de Suprimentos.....	31
4.2 Painel de Especialistas.....	36
4.2.1 Resultados da Rodada 1.....	36
4.2.1.1 Dimensões de resiliência da cadeia de suprimentos.....	36
4.2.1.2 Pesos das dimensões.....	37
4.2.2 Resultados da Rodada 2.....	39
4.2.2.1 Reavaliação dos pesos com a inclusão de duas dimensões.....	39
4.2.2.2 Seleção e Ponderação de indicadores.....	40
4.2.2.3 Índice Composto Sugerido.....	44
4.2.3 Resultados da Rodada 3.....	45
4.3 Índice Composto Final.....	48
5. Conclusões.....	52

1. Introdução

A maior parte dos bens ofertados no mercado fazem parte de uma cadeia de suprimentos com participantes que trocam entre si insumos para serem utilizados em seus processos. Este fluxo de mercadorias, somado as informações, é uma necessidade vital para a competitividade das empresas, uma vez que são transformados em produtos que visam atender as mais diversas demandas dos clientes. Uma das características de desempenho mais importantes da cadeia de suprimentos é o equilíbrio capaz de satisfazer a demanda, que pode sofrer inúmeros impactos afetando o volume de oferta.

Em aspectos gerais, a cadeia de suprimentos é um organismo complexo e dinâmico resultante das ações de vários atores, sendo que a eficiência da gestão dessa cadeia é determinada pela atuação sincronizada destes atores. As complexidades de uma cadeia de suprimentos são oriundas principalmente dos aspectos de risco, que são fatores em muitos casos alheios ao controle de um só agente, mas que influenciam os diversos elos da cadeia. Dentre esses riscos está o de interrupção ou quebra no fornecimento devido à volatilidade (CHRISTOPHER; HOLWEG, 2017), vindo a ocasionar um acúmulo de bens em um determinado elo e escassez em outro.

Em casos onde as operações das organizações participantes não estão alinhadas por falta de coordenação do fluxo de informações ou rupturas no fornecimento, como em questões de volume a ser produzido ou insumos disponíveis no prazo correto por exemplo, o resultado poderão ser custos imprevistos por ociosidade e alta vulnerabilidade resultando em pausa nas operações de fabricação, transporte, armazenagem ou distribuição das organizações. Segundo Kleindorfer e Saad (2005) são tipos de falhas que levam a ruptura de uma cadeia: (1) falhas de equipamentos, (2) interrupção no fornecimento de energia ou outros suprimentos, (3) perigos naturais como terremotos, furacões e tempestades e (4) terrorismo e instabilidade política, onde as tensões locais resultam em interrupções nas cadeias globais de fornecimento de suprimentos. Outro fator é ausência de planejamento da cadeia como um todo para lidar com as interrupções no fornecimento de bens e informações, podendo afetar decisivamente a sua sobrevivência e competitividade.

Os adventos mencionados que levam a interrupções são consequências da falta de resiliência de uma cadeia, que se refere a sua capacidade em sofrer impactos ou rupturas e se reconfigurar de forma eficiente para atender as demandas da sociedade (SHEFFI; RICE, 2005). Brandon-Jones *et al.*, (2014) considera que retornar ao estado original dentro de um

tempo aceitável é característica fundamental da resiliência, lidando com as perturbações de forma eficiente. É considerada importante também para garantir a estabilidade da cadeia, pois uma oscilação no fornecimento pode ocasionar em estoques intermediários ou pausa no processo de produção. Este desequilíbrio também é evidenciado quando há um excesso de disponibilidade de um determinado bem em lugar de demanda não correspondente.

As perturbações a normalidade no funcionamento a cadeia de suprimentos foram divididas por Ambulkar; Blackhurst; Grawe (2015) em de baixo e alto impacto segundo as dimensões de eficiência operacional, os custos de aquisição e a confiabilidade de entrega. Perturbações de baixo impacto consistem em rupturas de inventário, indisponibilidade temporária do fluxo logístico ou oscilações na demanda ou fornecimento, em que a capacidade de adaptação gera vantagem competitiva as organizações. Nas questões de alto impacto, como em desastres naturais, é necessária uma atualização constante nos recursos disponíveis e lançamento de novas estratégias, pois dificilmente as atuais serão suficientes para atingir a reconfiguração normal de produção em tempo.

Uma vez que uma cadeia de suprimentos é afetada por estas falhas ou perturbações, o seu desempenho é comprometido, ocasionando na redução de seu desempenho financeiro de curto prazo devido à perda de competitividade (CARVALHO *et al.*, 2012). Este fato se deve ao aumento do prazo de recebimento em decorrência da diminuição do fluxo de distribuição, que provavelmente estará interrompido até a reconfiguração dos recursos para realizar novamente a produção e expedição.

Os impactos recentes em países emergentes na América Latina são considerados em sua maioria de baixo impacto. No entanto, tem afetado a cadeia de suprimentos de forma crítica, dificultando a sobrevivência e impactando a vida de mais pessoas que em desastres naturais de maiores proporções. Estima-se que foram perdidos 34,3 bilhões de dólares em prejuízos agrícolas e 67 milhões de pessoas afetadas no continente entre 2003 e 2014 (ONUBR, 2017).

Sendo assim, estudos sobre resiliência da cadeia de suprimentos expandiram-se para diversos campos da ciência visando identificar a capacidade de um determinado objeto de estudo em adaptar as suas funções para se manter estável mesmo sobre influência de algum fenômeno. Após longos períodos de estudos nos campos como psicologia e ecossistemas, por exemplo, é foco recente o estudo da resiliência em áreas como gerenciamento de riscos e fornecimento (PONOMAROV; HOLCOMB, 2009).

1.1 Objetivo geral

O objetivo deste estudo é a proposição de um índice composto baseado no conceito de resiliência para avaliação de cadeias de suprimentos a partir de pesquisa teórica e avaliação por especialistas. A preocupação principal está em identificar quais indicadores melhor capturam e mensuram dimensões que resultam em resiliência da cadeia de suprimentos, com foco em perturbações de baixo impacto (AMBULKAR; BLACKHURST; GRAWE, 2015), a proposição de uma ferramenta assertiva para identificar quais aspectos merecem atenção dos gestores da cadeia e contribuição para o campo de estudo de resiliência da cadeia de suprimentos com um IC que aglutina indicadores já apresentados na literatura, fornecendo uma medida única de mensuração.

1.2 Objetivos específicos

A segmentação do objetivo geral resulta em três objetivos específicos: (1) Identificar dimensões e dos procedimentos metodológicos mais adequados para a construção de um índice composto de resiliência da cadeia de suprimentos utilizando indicadores apresentados na literatura; (2) Construir de um framework sobre a resiliência da cadeia de suprimentos levantando suas principais dimensões e pontos críticos apresentados na literatura; (3) avaliar do índice composto de resiliência a partir da opinião de especialistas.

1.3 Justificativa

A compreensão dos aspectos que podem minimizar o impacto de rupturas e promover a rápida recuperação da cadeia de suprimentos pode gerar benefícios a sociedade, tais como a redução da escassez de materiais fundamentais em regiões afetadas por problemas logísticos. Exemplo destes materiais seriam a água e alimentos, que são fatores essenciais a sobrevivência. A resiliência também pode ser o fator crítico de sobrevivência de milhares de pessoas afetadas por intempéries que impactam o fluxo de bens e mercadorias como a sazonalidade ou baixa produtividade agrícola. Outro setor onde ela se faz importante é na distribuição de vacinas e remédios em áreas de difícil acesso quando são demandados por pacientes atingidos por algum surto epidemiológico.

Sendo assim, a indisponibilidade de um item devido a falhas entre os participantes da cadeia pode afetar diretamente a quantidade que estará disponível no mercado, gerando menos

possibilidades de compra aos consumidores. Em um estudo recente do Fórum Econômico Mundial e da Accenture, 80% das empresas relataram que a resiliência às interrupções da cadeia de suprimentos tornou-se uma prioridade máxima (AMBULKAR; BLACKHURST; GRAWE, 2015).

Estudos foram realizados com objetivo de identificar quais fatores conferem resiliência em uma cadeia de suprimentos como em Pettit; Croxton; Fiksel (2013), que realizou uma revisão de literatura e concatenou quatorze capacidades, classificando-as e criando uma hierarquia de prioridades. Há um campo bastante vasto e pouco explorado sobre o assunto. Concomitantemente, há a necessidade de criação de índices compostos que concatenam indicadores sobre o tema. São encontrados raras publicações com este foco, identificados nesta pesquisa apenas em Soni; Jain; Kumar (2014), que propõem um índice composto de resiliência por meio de relações entre indicadores de dimensões e avaliação por especialistas com o objetivo de compreender quais capacidades dependem anteriormente de outras para serem adquiridas pelas cadeias de suprimentos. A proposta deste trabalho avança por avaliar mais dimensões e indicadores, além de propor pesos na composição do IC por pesquisadores e profissionais do mercado, tendo seus resultados validados pela experiência destes.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, iniciados pela (1) Introdução. Seguido pela (2) Revisão teórica sobre cadeia de suprimentos, riscos, resiliência e índices compostos. Posteriormente é apresentado o procedimento adotado como (3) Método de pesquisa para obtenção dos (4) Resultados apresentados na seção seguinte. Por fim, as (5) Conclusões, considerações finais e limitações.

2. Revisão Teórica

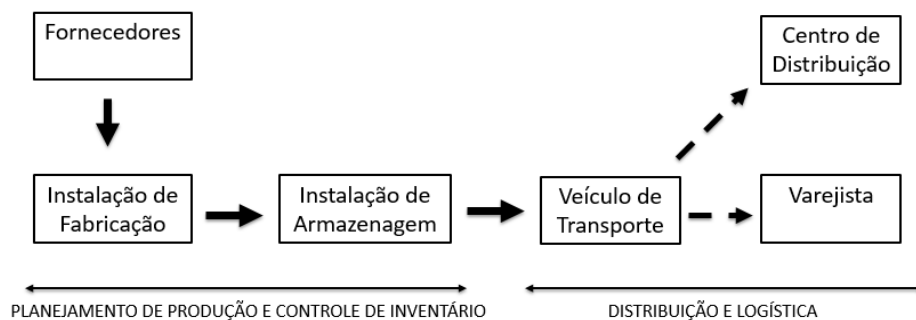
Neste capítulo é realizada uma revisão teórica visando apresentar conceitos e identificar definições sobre cadeia de suprimentos, riscos da cadeia de suprimentos, resiliência da cadeia de suprimentos, indicadores e índices compostos. Este levantamento construirá a base teórica para proposição do Índice Composto de Resiliência da Cadeia de Suprimentos.

2.1 Cadeia De Suprimentos

A cadeia de suprimentos aborda aspectos relacionados ao fluxo de matérias-primas, informações e produtos. A relevância deste tema dá-se porque todo fluxo de produtos comercializados na economia pertence, de certa forma, a uma cadeia de suprimentos e distribuição. A cadeia de suprimentos representa uma rede de organizações das mais diferentes atividades, que produzem valor na forma de produtos e serviços, sendo interligadas por esforços de interação e troca de informações entre os participantes, com a finalidade de criar valor para um determinado cliente ou público (BALLOU, 2006 e CHRISTOPHER, 1998).

Beamon (1998) divide a cadeia de suprimentos em dois conjuntos de processos básicos e integrados, sendo eles o Processo de Planejamento de Produção e Controle de Inventário e o Processo de Distribuição e Logística, como apresentado na Figura 1. O autor também ressalta que todas as empresas participam de mais de uma cadeia de suprimentos e o quanto estas cadeias devem ser gerenciadas depende exclusivamente dos fatores de complexidade do produto, número de fornecedores disponíveis e disponibilidade de matéria-prima.

FIGURA 1 - Processo da Cadeia de Suprimentos



Fonte: Adaptado de Beamon (1998).

Ampliando o foco sobre este campo de estudo surge o tema Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS), que consiste na integração dos processos de negócio de fornecedores e distribuidores de produtos, serviços e informações que agregam valor aos clientes, expandindo os horizontes organizacionais, visando tornar todos os elos da cadeia competitivos (LAMBERT e COOPER, 2000). Neste sentido, Thomas *et al.* (1996) ressalta que a Gestão da Cadeia de Suprimentos é uma área bastante custosa para as empresas, respondendo por mais de 11% do PIB nacional norte-americano, sendo responsável pela gestão do fluxo de materiais e informações entre instalações, que vai desde o fornecedor, passa pelas fábricas e instalações de montagem e culmina nos centros de distribuição para consumidores finais.

Para Chopra e Meindl (2011) a GCS envolve os processos de: (a) *sourcing*, que consiste em decidir quais etapas serão terceirizadas; (b) precificação dos produtos levando em consideração os custos logísticos; (c) gestão da informação que é responsável pela resposta de uma instalação as oscilações da demanda; (d) transporte, que ligará os elos da cadeia na produção de bens; (e) gestão de estoques, para equilibrar um descompasso entre oferta e demanda; e por fim, (f) a localização das instalações, que influencia diretamente no desempenho da cadeia por conta de distancias geográficas ou eficiência da produção e armazenamento.

A configuração dos processos de negócio de cada cadeia de suprimentos deve ser modificada com a finalidade de criar sinergia entre os membros, melhorar o fluxo de informações objetivando atendimento pleno das necessidades do cliente (LAMBERT e COOPER, 2000)

Isto posto, a gestão da cadeia de suprimentos visa implementar e coordenar o fluxo dos suprimentos de forma eficiente, sendo seu objetivo encontrar a melhor configuração, além de gerir a aquisição, produção, inventário e roteamento de distribuição dos bens produzidos (MELO; NICKEL e SALDANHA-DA-GAMA, 2009).

O grande desafio da GCS é evitar perdas ou falta de produtos e gerar menores custos por volumes armazenados. Para Li *et al.* (2005) o objetivo é melhorar o desempenho da empresa individualmente, melhorando toda a cadeia por consequência. Neste sentido, temos a perspectiva a montante e a jusante, sendo que no primeiro caso o foco está voltado para o fornecedor anterior ou em direção a nascente da cadeia de suprimentos com relação ao ponto focal, que é o elo mais importante da cadeia segundo a perspectiva de estudo, e no segundo o

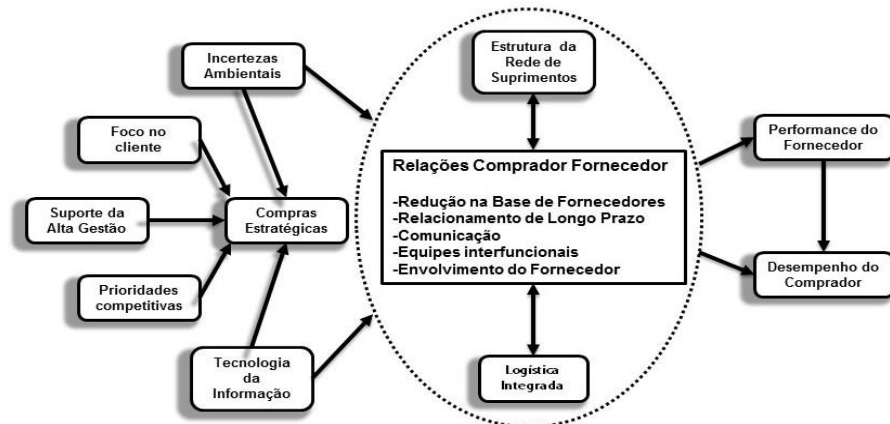
foco está direcionado para o participante seguinte, que está mais próximo do cliente final (CHRISTOPHER, 1998)

A literatura sugere, segundo Frohlich e Westbrook (2001), que existem basicamente dois tipos de integrações da cadeia visando a assertividade entre oferta e demanda: por meio de coordenação dos fluxos físicos de materiais e entregas ou por meio da utilização de tecnologias de transmissão eletrônica de dados ou compartilhamento de informações de sistemas de planejamento e controle (SUBRAMANI, 2004). Sendo assim, a orientação estratégica de uma empresa é baseada no nível de integração adotado, podendo ser dependente do cliente ou do fornecedor, concluindo que quanto mais as organizações se integram melhor será o desempenho.

Vale ressaltar que o principal objetivo desta integração supracitada está em utilizar recursos internos e externos para aumentar o desempenho global da cadeia, uma vez que, como apresentado na Figura 2, a ação de apenas um agente não é tão eficaz na: (a) reação às incertezas ambientais como variações e flutuações na demanda; (b) aumento do foco no cliente, obtendo produtos mais correspondentes à sua demanda; (c) atendimento de forma mais assertiva às prioridades competitivas definidas pela organização; (d) coordenação de estratégias de fornecimento, aumento de capacidade e oferecimento de valores a outros elos da cadeia; (e) melhoramento da qualidade das informações que chegam à alta gerência por meio da utilização de tecnologias de informação, aumentando as vantagens em esforços mútuos de compra estratégica; e (f) orientação da rede de fornecimento para o desenvolvimento mútuo em vez de competição por poder (CHEN e PAULRAJ, 2004).

Quanto maior for a conversão de *inputs* ambientais em desempenho da cadeia de suprimentos mais adequados estarão os produtos e serviços às necessidades dos clientes finais. Portanto, diversas formas de integração são empregadas para reduzir a competição interna, que ocorre quando há uma visão de apenas de ganhos maiores de margens das organizações, e fortalecer a cadeia como um todo, podendo incluir até transferências de tecnologia, desenvolvimento de fornecedores, contribuição financeira para preenchimento de requisitos de fabricação ou modernização e troca mútua de informações sobre demanda do mercado ou necessidades do consumidor final (CHEN e PAULRAJ, 2004)

FIGURA 2- Um quadro de investigação da gestão da cadeia de abastecimento



Fonte: Adaptado de Chen e Paulraj (2004).

No entanto, o gerenciamento verdadeiramente integrado da cadeia de suprimentos exige dos participantes esforços colossais, pois o fraco desempenho de um fornecedor pode culminar em problemas. O fator crítico de sucesso está na integração de compras e logística, envolvendo as áreas de projeto, engenharia e transporte dos participantes para aprimorar o fluxo de informações e bens, entregando mais eficientemente as mercadorias para os clientes internos e externos, culminando em políticas de alianças estratégicas entre fornecedores, que possibilitem o aumento da competitividade das empresas, eficiência e menor geração de resíduos (CHOON TAN, 2001). Para sustentar uma vantagem estratégica as compras devem facilitar o desenvolvimento e implantação de capacidades dinâmicas, que consiste em uma adaptação das operações a oscilações na demanda, sendo absolutamente necessária uma gerência eficaz das parcerias da cadeia de suprimentos para atender mais rapidamente as necessidades do cliente (CHEN; PAULRAJ e LADO, 2004).

Concordando, Gunasekaran, Patel e McGaughey (2004) ressaltam que a maior eficiência na coordenação deste fluxo de *inputs* e *outputs* a parceria entre fornecedores ocasiona melhorias nas compras ao longo da cadeia e o desenvolvimento de equipes funcionais que possibilitem a proposição de soluções que agreguem valor e multipliquem os resultados, destacando como aspecto principal o controle de processos por meio de medição de desempenho.

Outro fator importante neste contexto é o conhecimento da cadeia de suprimentos. Três aspectos principais devem ser analisados: (1) os membros da cadeia de suprimentos, (2) as dimensões estruturais da rede, e (3) os diferentes tipos de ligações ao longo da cadeia

(LAMBERT e COOPER, 2000). No primeiro aspecto deve-se identificar os membros principais e de suporte e classificá-los com relação ao ponto de origem, em que não há fornecedores anteriores. Em seguida está a dimensão da rede de fornecimento, que compreende a determinação do número de camadas da cadeia, que são os níveis de relacionamento e proximidade com o ponto focal.

Para se atingir a coordenação faz-se necessário tornar mais maleável uma cadeia de suprimentos complexa, o que pode ser realizado por meio da divisão de seus membros entre primários e de apoio, classificando no primeiro grupo as empresas que agregam valor ao produto por meio de processos e no segundo as organizações que simplesmente fornecem seus produtos para serem transformados pelos membros participantes da cadeia (LAMBERT e COOPER, 2000).

Concluindo, Thomas *et al.* (1996) ressalta que a gestão da cadeia de suprimentos está sujeita a riscos de intercorrências e rupturas entre os fluxos de informação ou materiais, havendo necessidade de desenvolver formas para mitigá-los.

2.2 Riscos da cadeia de suprimentos

Em uma cadeia de suprimentos, riscos estão diretamente associados a imprevisibilidade, que é um fator crucial que leva a interrupção (CRAIGHEAD *et al.*, 2007), sendo necessário lançar mão de estratégias para lidar com estas falhas de forma que causem menos danos possíveis. O ambiente proporciona riscos que podem levar a perda de recursos financeiros, desgaste da imagem da organização e danos a segurança e a saúde (JÜTTNER *et al.*, 2003)

A capacidade de se planejar, antecipando eventos negativos, adaptando-se as novas condições e produzindo uma estrutura mais robusta (PONOMAROV e HOLCOMB, 2009), deve ser o objetivo de toda a organização contemporânea para gerar vantagem competitiva. Aspectos internos devem ser planejados para serem reativos e adaptáveis a essa dinâmica visando a estabilidade da organização.

Os riscos de rupturas, perturbações e quebras são fatores inerentes a Gestão da Cadeia de Suprimentos, uma vez que há o grande desafio em se medir a probabilidade das ocorrências, bem como sua periodicidade. Sendo assim, lidar com esse risco deve ser parte das decisões de projeto da cadeia de suprimentos (SCHMITT e SINGH, 2012). Por outro

lado, a necessidade de antecipação de quebras na cadeia de suprimentos tem colaborado para o surgimento de estratégias cada vez mais integradas de gestão entre os participantes.

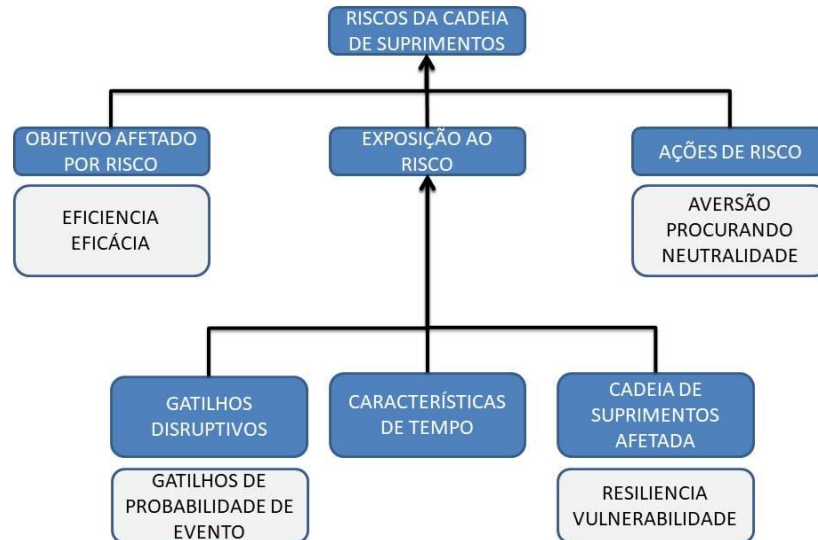
A gestão de riscos da cadeia de suprimentos têm sido uma estratégia emergente, mas ainda há falta de modelos de análise do risco associado aos fluxos de informação entre os elos da cadeia, prejudicando avanços neste sentido. Heckmann, Comes e Nickel (2015) apresentam uma revisão sobre os aspectos mais relevantes deste campo de pesquisa, tendo sua origem no emprego de estratégias de mitigação dos riscos de tempestade, motim pirataria ou doenças em alto mar no comércio marítimo do século XIV na Itália, traçando um paralelo com as necessidades dos dias atuais na identificação de alternativas das cadeias que se tornaram mais complexas, antes ou enquanto mudanças em seu ambiente ocorrem. Este conceito baseia-se no risco de perda de investimentos, mas também há a visão probabilística de que eventos ocorram e afetem atividades tendo como origem a Teoria das Probabilidades de Blaise Pascal (1623-1662) e Pierre de Fermat (1601-1665), que consistem em identificar eventos desencadeantes e a avaliação de suas probabilidades de ocorrência quando aplicado a cadeia de suprimentos. Há vertentes de pesquisa que se concentram nas consequências de concretização de um risco em uma empresa focal e outras no desempenho da cadeia de suprimentos como um todo, que pode ser afetado pela ocorrência de efeitos que se propagam por toda a rede.

Ainda segundo Heckmann, Comes e Nickel (2015), não há uma definição clara para riscos da cadeia de suprimentos, porém a avaliação do risco da cadeia de suprimentos está intimamente relacionada aos objetivos que devem ser alcançados pela cadeia de suprimentos subjacente. O grau de realização desses objetivos depende da exposição da cadeia de abastecimento subjacente. A capacidade da cadeia em lidar com os gatilhos de risco ao longo do tempo diminui a exposição, que possibilita que as ações sejam implementadas, evitando a busca por segurança em objetivos menores ou mais seguros, como apresentados na Figura 3.

São tipos de falhas ocasionadas pela concretização dos riscos, segundo Kleindorfer e Saad (2005): (1) falhas de equipamentos, ruptura no fornecimento de energia ou outros suprimentos (foco deste trabalho) (2) perigos naturais como terremotos, furacões e tempestades e (3) Terrorismo e Instabilidade Política, onde as tensões locais resultam em interrupções nas cadeias globais de fornecimento de suprimentos. Sendo assim, as estratégias de minimização estão focadas em três pontos especificamente: (1) o design do produto suportado pela cadeia de suprimentos; (2) a própria cadeia de abastecimento, incluindo

localização de inventários, modos de transporte e arranjos de abastecimento; e (3) o controle operacional da cadeia de suprimentos, incluindo respostas a emergências.

FIGURA 3 - Características principais do risco da cadeia de suprimentos.



Fonte: Adaptado de Heckmann, Comes e Nickel (2015).

O primeiro tipo de falha supracitado pode ocasionar em um problema crítico de coordenação dos elos da cadeia de suprimentos: o Efeito Chicote (IYANOV et al., 2015; JAIN et al., 2017; SPIEGLER et al., 2016). Este é resultado de distorções entre demanda (mercado), fornecedor e comprador (elos), sendo propagada ao longo da cadeia de suprimentos, culminando em rupturas e falhas no abastecimento.

Uma das estratégias a serem adotadas para redução de riscos de concretização destas falhas é a terceirização, obtendo flexibilidade por meio da dissolução da demanda entre diversos fornecedores. Esta medida proporciona grandes resultados em ambientes estáveis, mas pode acarretar em um aumento significativo da vulnerabilidade da cadeia se esta for instável, pois aumenta a quantidade de elos e variáveis de controle, devendo sua colaboração e troca de informações ser robusta para minimizar as chances de fracasso (SONI *et al.*, 2014; CHOPRA e MEINDL, 2011).

2.3 Resiliência da Cadeia de Suprimentos

No passado, as redes de suprimentos levavam em consideração apenas variáveis aleatórias associadas aos preços das matérias-primas, custos de energia, exigências do produto no mercado, custos trabalhistas, os preços dos produtos acabados ou taxas de câmbio, por exemplo. Atualmente, levam também em consideração eventos catastróficos devido ao grande impacto que estes podem proporcionar a estabilidade do fluxo de mercadorias e informações (PETTIT; CROXTON e FIKSEL, 2013).

A resiliência é a capacidade desta cadeia de suprimentos em sofrer impactos ou rupturas e se reconfigurar de forma eficiente para atender as demandas do mercado ou sociedade (SHEFFI; RICE, 2005). Concordando, Klibi *et al.*, (2010) consideram resiliência a capacidade de evitar perturbações ou rapidamente se recuperar de falhas.

Um dos estudos mais abrangentes sobre a resiliência da cadeia de suprimentos teve origem no Reino Unido após as interrupções do transporte de combustível em 2000 por motivos do surto da febre aftosa no início de 2001. Descobriu-se que: (1) a vulnerabilidade da cadeia de suprimentos é uma questão importante comercialmente, (2) pouca pesquisa existe na vulnerabilidade de cadeia de suprimentos, (3) a conscientização sobre o assunto é fraca e (4) é necessária uma metodologia para gerenciar a vulnerabilidade da cadeia de suprimentos (PETTIT; CROXTON e FIKSEL, 2013). Partindo destes pressupostos, a resiliência passou a ser foco de diversos estudos com a finalidade de se construir indicadores de gestão da exposição das cadeias de suprimentos a riscos como na Figura 4.

FIGURA 4 - Framework de Resiliência da Cadeia de Suprimentos



Fonte: Adaptado de PETTIT; CROXTON; FIKSEL (2013).

As forças de mudança que geram vulnerabilidades que afetam a resiliência são: (a) turbulência, (b) ameaças deliberadas, (c) pressões externas, (d) limites de recursos, (e) conectividade de sensibilidade e (f) interrupções do fornecedor/cliente. Já as capacidades que geram resiliência para a cadeia e podem ser gerenciadas são: (a) flexibilidade no abastecimento, (b) flexibilidade na realização de pedidos, (c) capacidade, (d) eficiência, (f) visibilidade, (g) adaptabilidade, (h) antecipação, (i) recuperação, (j) dispersão, (k) colaboração, (l) organização, (m) posição de mercado, (n) segurança, (o) força financeira. A resiliência da cadeia pode possuir três características de exposição a estas vulnerabilidades: (a) não balanceada, onde as vulnerabilidades são altas; (b) equilibrada, onde as capacidades são compatíveis com o nível de exposição; e (c) desequilibrada, onde as capacidades estão além dos riscos a qual estão expostos, gerando altos custos (FIKSEL *et al.*, 2015; GUNASEKARAN; SUBRAMANIAN e RAHMAN, 2015)

Ivanov *et al.* (2014) cita outros quatro fatores essenciais para a resiliência. São eles: (a) preparação da organização com o monitoramento e controle dos riscos; (b) mitigação destes com a criação de uma estrutura robusta, sendo a preparação para o impacto; (c) a estabilização com preservação da operação; e (d) criação de um plano de execução aliados a capacidade de adaptação de a interrupções de longo prazo, sendo estes empregados após a interrupção.

Sendo assim, adquirir estas qualidades e buscar a condição de resiliente é fundamental para a sobrevivência da organização, bem como para seu crescimento e adaptação diante das incertezas (FIKSEL, 2006) uma vez que produzir tais resultados depende intrinsecamente da disponibilidade dos inputs a serem transformados e posteriormente distribuídos. Estes, por sua vez, farão parte dos inputs de outro sistema de produção ou entregues ao consumidor final. Corroborando, Jüttner e Maklan (2011) consideram estes fatos que causam a ruptura como sendo inevitáveis, de modo que a resiliência é um dos aspectos cruciais na gestão da cadeia para reduzir a vulnerabilidade. Na ausência de medidas probabilísticas mais precisas sobre a ocorrência de grandes interrupções, as organizações tornam-se mais propensas a empregar estratégias mais robustas, dentre as quais destacam-se o foco em eficiência para mitigar os riscos operacionais e a resiliência para se reconfigurarem após a intercorrência (TANG, 2006).

Concomitante a aquisição de resiliência está a necessidade de robustez da rede de suprimentos, que Brandon-Jones *et al.* (2014, apud KITANO, 2004) citam como sendo a

capacidade da operação manter suas funções apesar das perturbações internas e externas, sendo uma das dimensões da resiliência.

Uma das barreiras a criação de uma infraestrutura robusta para suportar interrupções é o custo benefício limitado, pois será convertida em vantagem competitiva apenas se acionada. Sendo assim, a flexibilidade produtiva pode reduzir a necessidade de grandes investimentos, uma vez que propõe adoção de estratégias com os recursos disponíveis. Portanto, a redução da vulnerabilidade, probabilidade de interrupção, por meio de adoção de grandes adaptações na estrutura é uma decisão estratégica a ser tomada em casos extremos que justifiquem a sua adoção (SHEFFI e RICE, 2005), como exemplificados na Figura 5.

FIGURA 5 -Resiliência da Cadeia de Suprimentos



Fonte: Adaptado de IVANOV *et al.*, 2014.

Sobre a Figura 5 é possível afirmar que na fase pré-Interrupção a (1) Preparação consiste no monitoramento e controle dos riscos ambientais que possam afetar os processos de negócio e modelo de distribuição e fornecimento e (2) Mitigação na criação de múltiplas estruturas armazenamento, distribuição ou fabricação. Na fase de pós-interrupção estão compreendidas as estratégias de (3) Estabilização como a busca por alternativas de fornecedores visando manter as operações no mesmo nível e (4) Recuperação que objetiva estabilizar a nova configuração da cadeia de suprimentos para melhoria do desempenho no longo prazo.

Além disto, o alinhamento da cadeia e o design de produtos podem auxiliar as empresas na aquisição de resiliência, assim como a estratégia de regionalização com o desenvolvimento de fornecedores locais, reduzindo as interrupções no fornecimento (CHOPRA e SODHI, 2014; KHAN; CHRISTOPHER e CREAZZA, 2012).

Há limitadores que balizam a adoção alternativas as operações das cadeias de suprimento adquirirem resiliência que são: vulnerabilidade, custos, riscos de ruptura no fornecimento e sazonalidade (CHRISTOPHER e HOLWEG, 2017; TANG, 2006). Portanto, as estratégias de resiliência, mitigando riscos ou reagindo aos eventos, são limitadas pela capacidade da cadeia de lidar com os fatores supracitados.

2.4 Índices compostos

Para Booyesen (2002) a indexação composta implica a agregação de qualquer número de indicadores econômicos, sociais e políticos, obedecendo as etapas de (a) seleção, (b) normalização, (c) ponderação e agregação e (d) validação.

Na fase de seleção, determina-se o número e a natureza dos componentes para depois selecioná-los baseado em teoria, análise empírica, pragmatismo, apelo intuitivo ou alguma combinação delas. Em seguida, a fase de normalização consiste em colocar as variáveis em uma mesma escala de medida, podendo ser em porcentagem, pontuações, escalas ordinais de resposta e/ou transformação em escala linear de 0 a 100. Na etapa de ponderação e agregação podem ser usados pesos implícitos advindos dos próprios dados ou explícitos, sendo incorporados no momento da agregação. Posteriormente é realizada a validação por meio de cálculos estatísticos de correlação com um validador interno, que já compõe o índice, ou externo. Um índice é considerado bom se os componentes tiverem uma boa correlação com o validador, sendo o inverso também verdadeiro. (BOOYSEN, 2002)

Um exemplo de como os Índices Compostos são importantes são os indicadores de crimes cometidos anualmente que não definem a criminalidade quando analisados separadamente (indicadores de mortes por variados tipos de crime). Servem apenas para informar números e não uma relação de causa e efeito. Esses indicadores, porém, podem resultar em um indicador de criminalidade quando somados a outros indicadores de forma correta (BUNGE, 1975).

Esta indexação composta depende do agrupamento de indicadores utilizando métodos específicos. No entanto, estes indicadores devem preencher certos critérios para serem passíveis de agregação. Para construção de um indicador é necessário a especificação do escopo, dimensão, que consiste no domínio de conteúdo que o índice pretende capturar (DIAMANTOPOULOS; WINKLHOFER, 2001). Definido que a vertente é capturar

resiliência da cadeia de suprimentos, os indicadores devem representar aspectos mensuráveis desse conceito que possam ser empregados para os casos mais variados.

Miller (2001) ressalta que o principal critério para a seleção de indicadores é que eles mensurem os fenômenos que se pretende medir, ressaltando que há fenômenos que são difíceis de medir satisfatoriamente. Sendo assim, métricas são elaboradas com intuito de capturar aspectos específicos, mesmo que de forma não exata. Estas métricas são apresentadas geralmente em formato de escalas para representar a noção de quantidade ou intensidade de uma variável. Frønes (2007) afirma que um indicador é caracterizado como uma variável observável assumida para apontar ou estimar alguma dimensão. Sendo assim, as variáveis elencadas na revisão sistemática são aspectos observáveis da resiliência da cadeia de suprimentos que incorporam uma escala para aferição.

Indicadores são essenciais para avaliar e qualificar uma determinada variável, no entanto, para se obter uma visão multidimensional é necessária a agregação de vários indicadores de desempenho (MOLINOS-SENANTE *et al.*, 2016), criando um índice composto. Essa abordagem permite a avaliação de uma multiplicidade de aspectos, que podem então ser decifrados em um único índice comparável (SINGH *et al.*, 2007), sendo reconhecido o seu poder de ser uma ferramenta de avaliação de cenários (CHERCHYE *et al.*, 2007).

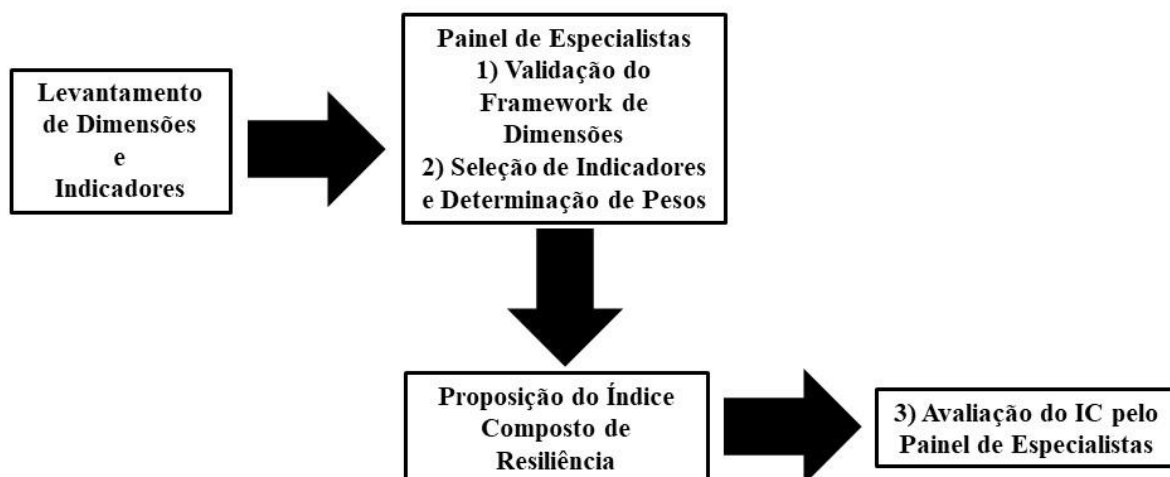
O poder de síntese dos indicadores compostos é destacado por Cherchye *et al.*, (2007) por seu poder de sumarizar informações disponíveis em uma única informação. Concordando, Grupp e Schubert (2010) afirmam que um indicador composto é uma única métrica de valor real que é derivada de um conjunto de indicadores por algum método de agregação. Por considerar resiliência da cadeia de suprimentos de difícil mensuração, este trabalho envolveu uma variedade de indicadores para construção de uma medida mais assertiva.

3. Método

Este capítulo tem a finalidade de descrever o método utilizado para realização da pesquisa visando responder as questões levantadas como objetivo deste estudo e elucidá-las. Este estudo será qualitativo com o objetivo de as informações levantadas por meio de pesquisas na literatura com a opinião de especialistas, posteriormente aplicação do índice composto resultante em um caso prático.

No primeiro momento foram levantadas as principais dimensões utilizando a pesquisa na base de dados Web Of Science e somadas a literatura clássica sobre Indicadores de Resiliência da Cadeia de Suprimentos. O resultado apresentado será trabalhado segundo a metodologia de criação de índice composto, conforme Figura 6.

FIGURA 6 - Sistemática de Pesquisa



Fonte: Do autor.

A primeira etapa para a construção de um IC é a seleção das dimensões que mais capturam a resiliência da cadeia de suprimentos. Posteriormente, identificar os indicadores levantados na literatura que melhor refletem estas dimensões e podem fazer parte de uma aglutinação. Partindo disto, a etapa seguinte foi criar escalas de mensuração adequadas para a agregação e construção de um índice composto por meio de média simples. Foi utilizado painel de especialistas para validar o framework construído baseado na literatura, eliminar redundâncias e determinar parâmetros para mensurar as dimensões levantadas, além de identificar quais os mais importantes para aquisição de resiliência determinando seus pesos e posteriormente avaliar o indicador composto proposto.

3.1 Método do Levantamento de Indicadores na Literatura

O método referente à revisão de literatura de Indicadores de Resiliência da Cadeia de Suprimentos teve como base a utilização do ProKnow-C (Knowledge Development Process-Constructivist)” de Afonso *et al.* (2012), que consiste em 1) selecionar as palavras-chave adequadas para a pesquisa; 2) selecionar as bases de dados relativas ao tema de pesquisa; 3) proceder a busca de artigos alinhados com o tema de pesquisa; 4) identificar os artigos relevantes da amostra selecionada; e 5) analisar os resultados obtidos com relação a relevância científica e saliência de autores e periódicos de destaque.

A base de dados utilizada foi a Web of Science e como palavras-chave para realização da pesquisa exploratória em 20 de Abril de 2018 foram utilizadas: “Indicator” AND “Supply Chain Resilience”, que dizem respeito diretamente ao tema pesquisado; ressalta-se que como alternativa a palavra “Indicator” foram utilizados os sinônimos: “Measure”, “Parameter” e “Quantitative”. Os resultados da inserção das palavras-chave na base de dados Web of Science são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados de da Pesquisa

Palavras-chave	Artigos
1) “Indicator” AND “Supply Chain Resilience”	4
2) “Resilience Indicator” OR “Resilience Measure” OR “Resilience Parameter” OR “Resilience Quantitative” AND “Supply Chain”	38
3) “Indicator” “Supply Chain Resilience” OR “Measure” “Supply Chain Resilience” OR “Parameter” “Supply Chain Resilience” OR “Quantitative” “Supply Chain Resilience”	51

Para “Resilience Indicator” AND “Supply Chain”, foi obtido o retorno de apenas quatro artigos. No segundo composto de palavras-chave foi observado um conjunto de artigos referentes a resiliência na área de medicina e biologia, tendo pouca relação com o tema de Resiliência da Cadeia de Suprimentos. No terceiro conjunto de palavras-chave, finalmente, foram ampliados os termos de busca para palavras cognatas ou similares e os resultados obtidos foram mais amplos e satisfatórios, 51 artigos.

As áreas que mais publicam sobre o tema Indicadores de Resiliência da Cadeia de Suprimentos são Engenharia, Operações, Negócios, Computação e Metalurgia Os artigos retornados como resultado da pesquisa obtiveram maior relevância nos anos de 2016 e 2017,

recebendo o maior número de citações. O fator de impacto (h-index) desse grupo de artigos é correspondente a 9, que significa que há 9 itens que receberam 9 citações ou mais.

3.2 Método do Painel de Especialistas

Foi empregado método de entrevistas individuais com perguntas abertas para realização da pesquisa com especialistas por ser um método qualitativo eficiente que visa obter respostas sobre um determinado tema, problema ou tópico de conhecimento dos entrevistados (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2006). Foi empregado um pequeno grupo de entrevistados analisando a perspectiva de resiliência da cadeia de suprimentos baseado em suas experiências (BOYCE e NEALE, 2006).

O framework exposto foi avaliado por quatro especialistas com a finalidade de identificar: (1) quais as dimensões que melhor capturam a resiliência da cadeia de suprimentos (2) seleção de quais indicadores traduzem melhor cada dimensão considerada importante e a determinação os pesos destes indicadores. Estas informações servirão para identificar quais dimensões ou indicadores deverão fazer parte da construção do índice composto de resiliência e seus pesos.

Nessa pesquisa foram entrevistados 5 especialistas, sendo dois deles advindos do mercado, sendo profissionais e consultores da área de compras, logística ou supply chain propriamente. Serão advindos de indústrias diferentes e com nível de experiência de no mínimo dez anos de atuação, sendo denominados Especialistas 1 e 4. Os dois profissionais acadêmicos são pesquisadores de resiliência da cadeia de suprimentos das áreas de engenharia, logística, gestão, economia ou marketing, denominados Especialistas 2 e 3. No entanto, houve a substituição do especialista 4 por motivo de indisponibilidade na segunda rodada por outro do mesmo calibre profissional, atuante em supply chain da indústria aeronáutica, sendo nomeado como S1. As experiências profissionais com cadeia de suprimentos de cada participante estão descritas abaixo.

- Especialista 1 – Consultor de processos de fabricação e cadeia de suprimentos em indústrias de multinacionais do segmento de nutrição animal, possui formação em Administração e especialização na área de Produção e Logística.
- Especialista 2 – Professor universitário de pós-graduação em Cadeia de Suprimentos. Autor de livro sobre Logística e consultor empresarial de cadeia de suprimentos no segmento automobilístico.

- Especialista 3 – Reitor de universidade brasileira, doutor em Administração e pesquisador de Cadeia de Suprimentos. Possui experiência anterior em cadeia de suprimentos no segmento automobilístico.
- Especialista 4 – Diretor global de cadeia de suprimentos e consultor empresarial do segmento alimentício. Possui formação em Administração e pós-graduação em Gestão de Cadeia de Suprimentos Internacionais.
- Substituto 1 – Diretor de Cadeia de Suprimentos de empresa multinacional e consultor empresarial no segmento aeronáutico. Doutorando em Engenharia Aeronáutica e Mestre em Engenharia Mecânica.

Devido a intercorrências profissionais os participantes não tiveram disponibilidade para participar de todas as rodadas propostas, sendo descrito no Quadro 1 os integrantes de cada rodada.

Quadro 1 – Participação por Rodada

Rodada 1	Rodada 2	Rodada 3
Especialista 1	Especialista 1	Especialista 1
Especialista 2	Especialista 2	Especialista 2
Especialista 3	Especialista 3	Especialista 3
Especialista 4	Substituto 1	

Foram três rodadas de perguntas com a finalidade chegar a um consenso sobre um índice composto de resiliência assertivo. Antecipadamente os entrevistados receberam os materiais para que tomem conhecimento consistente antes de opinarem a respeito das informações apresentadas no trabalho.

Cada rodada de perguntas está descrita nos tópicos Rodada 1, Rodada 2 e Rodada 3, sendo utilizada cada rodada validar as conclusões obtidas anteriormente. Foram necessárias três rodadas para alcançar os objetivos deste trabalho: a primeira para perguntas sobre as dimensões do framework; a segunda para determinação dos indicadores e seus pesos; terceira para a validação do índice composto proposto; exemplificados na Figura 7.

FIGURA 7 - Informações a serem validadas em cada etapa



Fonte: do autor.

Na etapa de realização das entrevistas é possível destacar os seguintes aspectos relevantes: (a) anonimato dos participantes para evitar influência de um entrevistado pelo outro; (b) retorno dos resultados de cada rodada aos entrevistados para que estes possam reavaliar suas opiniões conforme o resultado grupal. Cada rodada teve intervalo de dois dias, apresentando os resultados grupais das rodadas anteriores aos participantes antes de responderem a rodada.

A entrevista foi estruturada em perguntas quantitativas e qualitativas, tendo a forma de sua atribuição de pesos abordadas nos Quadros 2, 3 e 4. A partir das respostas obtidas nas perguntas descritas foram ponderados os valores dos pesos atribuídos pelos especialistas de acordo com a média dividida pelo desvio padrão das respostas. Dessa forma, prevaleceu como maior peso a dimensão que obteve menor discrepância nas respostas.

Dessa forma foi utilizada uma abordagem multiplicativa do indicador pela importância da dimensão, obtendo seu peso no índice composto final.

Quadro 2 - Rodada 1, determinação de peso das dimensões

QUALITATIVA	QUANTITATIVA	EQUAÇÃO
1) Você considera a proposta de dimensões suficientes para capturar a condição de resiliente da cadeia de suprimentos? 2) Em sua concepção, há a necessidade de inclusão de outras dimensões? Quais?	3) Qual seria o peso atribuído as dimensões em uma escala de 10 a 1, sendo 10 mais importante e 1 menos importante?	$\text{PESO DAS DIMENSÕES} = \bar{X} / \sigma$

As respostas obtidas na primeira rodada foram novamente ponderadas com relação aos pesos das dimensões em função das inclusões. Posteriormente foram atribuídos os pesos aos indicadores de acordo com a dimensão a qual pertencem, dividindo sua média pelo desvio padrão para verificar o consenso nas respostas e determinadas as inclusões.

Quadro 3 - Rodada 2, determinação de peso dos indicadores

QUALITATIVA	QUANTITATIVA	EQUAÇÃO
<p>1) Você concorda como resultado da rodada anterior? Quais seriam os pesos das dimensões com a inclusão realizada?</p> <p>2) Quais indicadores você considera importantes para as dimensões apresentadas?</p>	<p>3) Qual seria o peso atribuído as dimensões em uma escala de 12 a 1, sendo 12 o mais importante e 1 menos importante?¹</p> <p>4) Quais os pesos dos indicadores em cada dimensão de acordo com seu nível de importância? Acredita que algum deva ser desconsiderado?</p>	<p>PESO DAS DIMENSÕES = $\bar{X} D / \sigma D$</p> <p>PESO DOS INDICADORES = $(\bar{X} I / \sigma I) *$</p>

A terceira rodada avaliou o índice composto sugerido, verificou sua possibilidade de aplicação, eliminou redundâncias e chegou a um índice composto final assertivo, baseado na opinião de especialistas.

Quadro 4 – Rodada 3, determinação do Índice Composto Final

QUALITATIVA	QUANTITATIVA	EQUAÇÃO
<p>1) Você concorda com os indicadores utilizados para construção do índice composto de resiliência?</p> <p>2) Você concorda com os pesos atribuídos a cada indicador dentro do IC?</p> <p>3) Acredita que algum indicador importante, não considerado, deveria fazer parte do índice? Se sim, qual o motivo?</p> <p>4) Em sua opinião, o índice composto é possível de ser generalizado?</p> <p>5) Considera o índice composto de resiliência sugerido como suficiente para mensurar resiliência da cadeia de suprimentos? Se não, qual o motivo?</p> <p>6) Considera ser possível direcionar estratégias da cadeia de suprimentos para aquisição de resiliência com base neste índice composto?</p>		<p>ÍNDICE COMPOSTO FINAL = $(\bar{X} I1 / \sigma I1) * (\bar{X} D1 / \sigma D1) + (\bar{X} I2 / \sigma I2) * (\bar{X} D1 / \sigma D1) + \dots + (\bar{X} I4 / \sigma I4) * (\bar{X} D2 / \sigma D2) + \dots + (\bar{X} I7 / \sigma I7) * (\bar{X} D3 / \sigma D3) \dots$</p>

Baseado nas respostas obtidas nas rodadas de entrevistas e a ponderação dos pesos segundo as equações propostas nos quadros de cada rodada foram obtidas as respostas analisadas nas seções seguintes.

¹ A escala anterior foi alterada de 10 a 1 para 12 a 1 em função da inclusão de duas dimensões sugeridas por especialistas.

4. Análise e Discussões dos Resultados

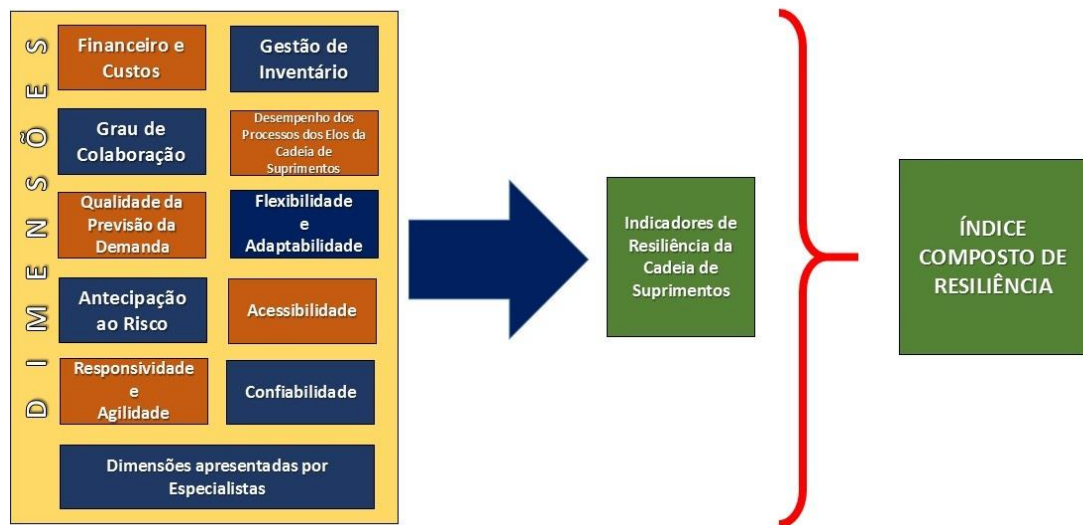
Nesta seção são apresentados os resultados da pesquisa realizada, abordando as dimensões que melhor refletem Resiliência da Cadeia de Suprimentos e análise e seleção dos indicadores identificados na literatura. Posteriormente, houve uma avaliação destas informações por especialistas e a proposição de um Índice Composto, também avaliado por especialistas em entrevistas.

4.1 Análise dos Indicadores de Resiliência da Cadeia de Suprimentos

Para Ambulkar; Blackhurst; Grawe (2015), a criação de métricas de gestão específicas (KPI) e departamentos de análise internos para monitorar as críticas interrupções da cadeia, aliadas a estratégias de organização de ativos para melhorar a resiliência e reagir a estes fatores rapidamente, são absolutamente necessários para aquisição da característica de resiliente por parte da organização. Sendo assim, há a necessidade de mensurar a vulnerabilidade a estas interrupções por meio de indicadores de desempenho, que sejam indicativos da eficácia e ou eficiência de uma parte ou um todo de um processo ou sistema (FORTUIN, 1988; TANG; NURMAYA MUSA, 2011).

Foram analisados os 51 artigos obtidos por meio da pesquisa em base de dados. Entre os mais relevantes, Soni; Jain e Kumar (2014) apresenta o seguinte conjunto de dimensões de resiliência: agilidade, colaboração, compartilhamento de informações, sustentabilidade, risco e partilha de receitas, confiabilidade, visibilidade, cultura de gestão de risco, capacidade de adaptação e estrutura. Christopher e Holweg (2017) possuem ótica diferente utilizando em sua abordagem a compreensão da volatilidade como fator principal, que significa oscilações na demanda e rupturas conforme a variação de preços e disponibilidade de produtos, utilizando informações no preço de commodities e indicadores econômicos para mensurar a turbulência dos mercados, conseqüentemente a instabilidade das cadeias de suprimentos globais. Sendo assim, foram consideradas estas dimensões e outras que os indicadores visavam capturar, sendo representadas no framework de resultados da Figura 8.

Figura 8 – Framework de Dimensões



Fonte: do autor.

No entanto, algumas dimensões como confiabilidade, visibilidade, partilha de riscos e receitas, antecipação ou visibilidade, por exemplo, possuem poucas tentativas de mensuração na literatura devido ao fato de suas medições serem complexas de serem observadas em diversos ambientes. Mesmo em aspectos mais tratados em trabalhos científicos como a flexibilidade, recuperação e agilidade, ainda faltam trabalhos que generalizem a aplicabilidade em mais de um caso específico.

Em Haldar *et al.* (2012) Lenort e Wicher (2013), Wicher *et al.* (2016), Soni, Jain e Kumar (2014), Sauri *et al.* (2012), Hohenstein *et al.* (2015), Haraguchi e Lall (2015), lam e Bai (2016), Macurova e Juraskova (2013), Pournader *et al.* (2016), Falkowski (2015), Jain *et al.* (2017), Mandal *et al.* (2017), Mandal (2017), Durach, Wieland e Machuca (2015) Ivanov *et al.* (2017), Treiblmaier (2018), Emmanuel-yusuf, Morse e Leach (2017), Chowdhury e Quaddus (2017), Chowdhury e Quaddus (2016) e Conz, Denicolai e Zucchella (2017) foram realizadas pesquisas sobre dimensões mais relevantes para resiliência por meio de métodos de decisão multicritério, revisões de literatura, estudos de caso em arranjos produtivos locais ou sobre sustentabilidade, mas não foram informados indicadores.

No Quadro 5, são apresentados os resultados encontrados referentes as dimensões e indicadores de resiliência da cadeia de suprimentos. Ressalta-se que as dimensões e indicadores serão analisados segundo o objetivo que se pretende medir e a sua relação com o conceito de resiliência da cadeia de suprimentos, sendo agrupados desta forma.

Quadro 5 – Resultados da análise de literatura

Dimensões	Definição	Indicadores	Autor
Qualidade da Previsão da Demanda	Capacidade de atendimento da expectativa de demanda da cadeia de suprimentos	1 Nível de satisfação de demanda dos clientes 2 Porcentagem da demanda não atendida após o desastre 3 Nível de Serviço 4 Capacidade de Excesso sobre a Demanda 5 Capacidade Caótica de Suprimento 6 Qualidade das previsões	Spiegler et al. (2016); Spiegler, Naim e Wikner (2012); Khalili, Jolai e Torabi, (2017), Ribeiro e Barbosa-Povoa (2018 apud Soni et al., 2014), Ribeiro e Barbosa-Povoa (2018 apud Azevedo et al., 2016), Ribeiro e Barbosa-Povoa (2018 apud Cardoso et al., 2015), Ribeiro e Barbosa-Povoa (2018 apud Dixit et al., 2016), Chen, Tai e Li, (2016) Mohapatra, Nanda e Adhikari (2015); Rajesh (2016)
Gestão de Inventários	Capacidade de armazenamento e gestão de insumos ou produtos acabados	7 Nível de Produto em Processo (WIP) 8 Estoque excedente 9 Nível de inventário para mitigação de riscos 10 Taxa de Precisão do Estoque	Spiegler et al. (2016); Spiegler, Naim e Wikner (2012); Ribeiro e Barbosa-Povoa (2018 apud Hosseini e Barker, 2016); Lucker e Seifert (2017); Rajesh (2016)
Desempenho dos Processos dos Elos da Cadeia de Suprimentos	Desempenho das operações de fabricação e transporte dos elos da cadeia de suprimentos	11 Intervalo de Desempenho 12 Gravidade do Impacto no Desempenho 13 Comprimento do Perfil do Desempenho Aceitável 14 Perda de Produção/ Performance em Interrupções 15 Robustez da Cadeia de Suprimentos	Munoz e Dunbar (2015); Lenort et al. (2014); Yang e Xu (2015); Chen, Tai e Li, (2016); Hosseini, Al Khaled e Sarder (2016); Ribeiro e Barbosa-Povoa (2018 apud Soni et al., 2014); Ribeiro e Barbosa-Povoa (2018 apud Munoz e Dunbar, 2015); Ribeiro e Barbosa-Povoa (2018 apud Brandon-Jones et al., 2014); Pourhejazy et al. (2017); Yodo e Wang (2016)
Grau de Colaboração	Interligação e colaboração de organizações para melhoria no fornecimento de suprimentos e informações	16 Concentração da rede 17 Densidade da rede 18 Clusters 19 Complexidade da rede 20 Nível de conectividade 21 Nível de colaboração	Cardoso et al. (2015); Haldar et al., (2012); Geng, e Xu (2014); Rajesh (2016); Ribeiro e Barbosa-Povoa (2018 apud Adenso-Diaz et al., 2012); Ribeiro e Barbosa-Povoa (2018 apud Cardoso et al., 2015) Chaidilok e Olapiriyakul (2017); Pourhejazy et al. (2017)
Financeiro e Custos	Capacidade de absorver flutuações financeiras da cadeia de suprimentos devido a impactos	22 Custo total de transporte pós-desastre 23 Limite de Recursos	Cardoso et al. (2015); Khalili, Jolai e Torabi (2017) Ribeiro e Barbosa-Povoa (2018, Apud Soni et al., 2014); Ribeiro e Barbosa-Povoa (2018 apud Cardoso et al., 2015); Ribeiro e Barbosa-Povoa (2018 apud Dixit et al., 2016); Chaidilok e Olapiriyakul (2017); Carvalho et al., (2012)

Flexibilidade e Adaptabilidade	Capacidade de modificar operações em resposta a desafios ou oportunidades	24 Incremento nas vendas pós flexibilização 25 Capacidade de Adaptabilidade 26 Indicador de Reencaminhamento de Fluxo após Interrupção	Shuai, Wang e Zhao (2011); Rajesh (2016); Chaidilok e Olapiriyakul (2017); Wang, Herty e Zhao (2016)
Antecipação ao Risco	Capacidade de antever riscos de interrupções no fornecimento ao longo da cadeia	27 Medição de valor em risco 28 Valor em risco condicional 29 Risco de Interrupção por Fatores Geopolíticos 30 Mensuração de Vulnerabilidade 31 Antecipação de Interrupções	Khalili, Jolai e Torabi (2017); Cimprich et al. (2017); Chaidilok e Olapiriyakul (2017)
Responsividade e Agilidade	Capacidade de resposta rápida a interrupções	32 Proporção de Entregas no Prazo 33 Razão do Tempo de Colocação de Pedido 34 Recuperação 35 Tempo de resposta 36 Capacidade de Agilidade 37 Quantificação da Restauração	Rajesh (2016); Ribeiro e Barbosa-Povoa (2018 apud Azevedo et al., 2016); Ribeiro e Barbosa-Povoa (2018 apud Munoz e Dunbar, 2015); Hu e Mahadevan, (2016); Mohapatra, Nanda e Adhikari (2015); Lucker e Seifert (2017); Yodo e Wang (2016a) Pourhejazy et al. (2017)
Acessibilidade	Capacidade de aproximação e acesso a elos de distintas posições na cadeia de suprimentos	38 Acessibilidade do revendedor 39 Acessibilidade do varejista 40 Acessibilidade do cliente 41 Comprimento máximo e médio do caminho de suprimento 42 Tamanho da maior sub rede funcional	Rajesh (2016); Ribeiro e Barbosa-Povoa (2018 apud Zhao et al., 2011)
Confiabilidade	Capacidade do sistema de realizar e manter seu funcionamento em circunstâncias de rotina ou diante de interrupções	43 Confiabilidade de Suprimento 44 Confiabilidade do Sistema 45 Confiabilidade de Processamento 46 Taxa de Cumprimento do Lead Time 47 Quantificação da Confiabilidade	Ribeiro; Barbosa-Povoa (2018, apud Wang e Ip, 2009); Hu e Mahadevan, (2016); Mohapatra, Nanda e Adhikari (2015); Carvalho et al., (2012); Yodo e Wang (2016a)

Sobre as dimensões, é importante mencionar que existe uma relação direta entre a qualidade da previsão da demanda e a resiliência. Se houver um dimensionamento da capacidade de atendimento distinta da previsão da demanda podem ocorrer rupturas, que consequentemente afetarão os participantes a montante (CARDOSO et al., 2014).

A gestão de inventário é tratada como fundamental para estratégias de amortização de rupturas no fornecimento de insumos, fazendo do estoque de segurança uma ferramenta de preparação para eventos inesperados. A mesma finalidade também pode ser aplicada a capacidade de armazenagem de produtos acabados, visando atender uma demanda emergencial maior que a capacidade produtiva momentânea enquanto são realinhadas as capacidades produtivas.

O desempenho da produção dos elos da cadeia de suprimentos, por sua vez, influencia diretamente na capacidade em cumprir os objetivos determinados pela estratégia competitiva. A baixa produtividade, ineficiência nos processos de transformação ou perdas em movimentação de insumos e produtos pode ocasionar rupturas por não atingir a produção necessária para atender a demanda planejada.

Custos e retorno financeiro são características limitantes para aquisição de resiliência, pois infraestruturas robustas dependem diretamente da disponibilidade de recursos financeiros. A capacidade de dispor de infraestrutura de capacidades fabris ou distribuição alternativos pós impacto conferem vantagens importantes para a resiliência como alternativas de armazenagem ou produção e expedição.

A capacidade de ser flexível e se adaptar as modificações no fluxo devido aos impactos sofridos pela cadeia de suprimentos é apresentada na literatura como uma capacidade importante. Tendo em vista o fator de imprevisibilidade dos acontecimentos a preparação para amortização de interrupções pode resultar em uma nova configuração pós-ruptura, amenizando os efeitos negativos.

Concomitantemente, a flexibilidade e adaptação refere-se à capacidade de antecipar ou ter visibilidade sobre os riscos. São evidenciadas na literatura como importantes características para absorção de impactos como interrupção parcial ou temporária do fluxo de materiais advindas de rupturas de transporte, quebras de inventário ou perdas produtivas excessivas.

A agilidade em reagir aos acontecimentos e o grau de resposta adequada está relacionado as estratégias de minimização de impactos. A adoção de atitudes rapidamente

após a concretização gera propagação das informações ao longo da cadeia, minimizando perdas financeiras.

Acessibilidade é conceituada como a possibilidade de acesso a outros pontos da cadeia de suprimentos em caso de interrupção no fornecimento, criando caminhos alternativos e voltando ao estado normal do fluxo. É apresentada no aspecto de troca de insumos para fabricação e distribuição aos varejistas, caso algum centro de distribuição não possa ser acessado.

A confiabilidade no cumprimento de lead times e entrega de bens adequados ao processamento posterior é destacado na literatura como uma característica bastante relacionada a resiliência. Entregas fora do prazo podem forçar a utilização dos estoques de segurança ou ocasionar em rupturas, consequentemente afetando todo o restante da cadeia.

Assim como as dimensões acima citadas, a colaboração entre os elos da cadeia suprimento, a conectividade para troca de informações e a compreensão e atendimento dos fatores que resultam em vantagem competitiva são aspectos importantes destacados na literatura de resiliência, tanto na preparação para interrupções quando na adaptação pós-impacto.

4.2 Painel de Especialistas

Nesta seção estão relatados os resultados das rodadas de entrevistas com especialistas. As opiniões técnicas serão o insumo para construção do índice composto de resiliência, objetivo deste trabalho.

4.2.1 Resultados da Rodada 1

Nesta seção são apresentados os resultados referentes a primeira rodada de entrevistas, sendo a primeira subseção focada nas dimensões e a segunda na avaliação dos indicadores. Os materiais prévios explicativos foram enviados para avaliação dos especialistas e as respostas foram obtidas em entrevistas individuais, conforme o método descrito no capítulo anterior.

4.2.1.1 Dimensões de resiliência da cadeia de suprimentos

As dimensões apresentadas advindas da revisão de literatura foram consideradas pelo Especialista 1 como suficientes para capturar a resiliência da cadeia de suprimentos. Foram apresentadas ressalvas quanto ao aspecto humano, não refletido nas dimensões elencadas para

discussão, podendo ser um adendo ao trabalho de pesquisa. Em sua trajetória profissional disse ter vivenciado situações onde a baixa qualificação trouxe miopia quanto as informações de demanda da cadeia e gestão de inventários para satisfazer as necessidades dos demais participantes.

O Especialista 2 complementou informando que as dimensões Acessibilidade, Flexibilidade e Adaptação parecem ter apenas definição semântica diferente, mas refletem o mesmo objetivo que se pretende medir. A abordagem para a sustentabilidade, que não está abrangida nas dimensões elencadas pelo levantamento da literatura atual é um ponto de destaque mencionado. Aspectos relacionados ao projeto de produto para aproveitamento de resíduos e materiais, logística reversa e até a possibilidade de remanufatura de itens antes descartados em um momento de ruptura pode configurar uma vantagem para a cadeia de suprimentos, como ressalta o pesquisado.

Segundo o Especialista 3, a literatura trata mais de um desempenho individual dos elos da cadeia de suprimentos, que em conjunto permitem configurar a resiliência da cadeia. No entanto, a preocupação com a colaboração deveria ser maior que a atribuída normalmente. Aspectos relativos as previsões de demanda também são ressaltadas como fundamentais pelo participante, principalmente com relação a comportamentos do consumidor.

O Especialista 4 afirma que as características de resiliência da cadeia de suprimentos são mutáveis conforme o ambiente de negócios que as organizações estão inseridas. Portanto, as dimensões apresentadas na literatura não são sempre levadas em consideração, de modo que elas podem ser restringidas a um número reduzido. A ponderação das dimensões a serem consideradas partem do diagnóstico situacional dos processos e expectativa de demanda, formando todo o design da rede de organizações para atender a expectativa do cliente final. A formatação da demanda do cliente final para que seja disseminada de forma correta a montante, facilitando a estratégia de fornecimento dos elos anteriores.

4.2.1.2 Pesos das dimensões

Os participantes opinaram sobre generalizações ou atribuições de importância as dimensões de forma geral, de acordo com suas experiências. No entanto, o dinamismo do mercado, a estratégia competitiva da cadeia no ambiente de negócios que estão inseridos pode criar variabilidade nos pesos.

Todos fizeram considerações a respeito o grau de importância entre as dimensões. Houve, porém, divergência das respostas quanto a importância da Qualidade de previsão de

demanda e Gestão de inventário. O Especialista 1 considerou estas como as mais importantes enquanto o Especialista 2 como as menos importantes. Todavia o grau de importância mediano para Responsividade e Agilidade e baixo para Acessibilidade foi ponto de concordância entre os dois.

O Especialista 3 considera a questão da viabilidade financeira e a capacidade da cadeia de absorver prejuízos, bem como realizar investimentos em maquinários ou centro de distribuição, como fundamental para aquisição de resiliência. Contrapondo o Especialista 4 tratou como mais relevante a gestão de inventários, no que tange a estoques de segurança, e a qualidade da previsão de demanda para formatação e replicação de informações ao longo da cadeia. A Tabela 2 apresenta os resultados da ponderação de peso pela média das respostas como resultado para definir a relevância das dimensões, sendo 10 mais importante e 1 menos importante.

A média das respostas dividida pelo desvio padrão (variação das respostas) apresentou o peso das dimensões que mais são importantes na opinião dos especialistas, sendo normalizado na coluna seguinte.

Tabela 2 – Ponderação de pesos das Dimensões

Dimensões	E 1	E 2	E 3	E 4	Média	Desvio Padrão	Média/Desvio Padrão	Peso em %
Confiabilidade	1	6	3	2	3	2,16	1,39	5,62%
Grau de Colaboração	4	8	1	8	5,25	3,4	1,54	6,24%
Gestão de Inventários	9	1	9	10	7,25	4,19	1,73	7,00%
Acessibilidade	2	2	4	1	2,25	1,26	1,79	7,24%
Qualidade da Previsão da Demanda	10	3	8	9	7,5	3,11	2,41	9,76%
Antecipação ao Risco	3	5	2	4	3,5	1,29	2,71	10,97%
Responsividade e Agilidade	6	7	7	3	5,75	1,89	3,04	12,29%
Flexibilidade e Adaptabilidade	7	10	5	6	7	2,16	3,24	13,11%
Desempenho dos Processos dos Elos da Cadeia de Suprimentos	8	4	6	5	5,75	1,71	3,37	13,62%
Financeiro e Custos	5	9	10	7	7,75	2,22	3,5	14,14%
TOTAL							24,71	100%

É possível destacar que houve alta variabilidade nas respostas em função da vivência profissional dos especialistas e suas vertentes de pesquisa sobre resiliência da cadeia de

suprimentos. Esta afirmação é evidente quando comparada a dimensão de Colaboração de acordo com as respostas dos Especialistas 3 e 4.

Há concordância quanto a importância baixa da Acessibilidade e Confiabilidade na opinião dos pesquisados para a resiliência da cadeia de suprimentos. A explicação fornecida pelo Especialista 3 é a dificuldade de se obter parâmetros mensuráveis ou métricas de desempenho para estas dimensões, ocasionando em dificuldade de medição. O Especialista 4 informou que os pesos dos parâmetros de desempenho nestas duas dimensões podem ser variáveis conforme a estratégia dos negócios, não afetando a resiliência, e portanto sua relevância é menor.

4.2.2 Resultados da Rodada 2

Nesta seção são apresentadas a reavaliação dos pesos obtidos para as dimensões na etapa anterior, bem como a ponderação dos pesos dos indicadores para cada dimensão.

4.2.2.1 Reavaliação dos pesos com a inclusão de duas dimensões

De acordo com a sugestão de dois especialistas na rodada anterior, foram incluídas duas dimensões: Recursos Humanos e Sustentabilidade. A definição informada para a primeira dimensão incluída é: “Capacidade de os recursos humanos atenderem a estratégia competitiva dos elos e os objetivos de desempenho da cadeia de suprimentos”; e para a segunda é: “Capacidade de utilização consciente dos insumos, reaproveitamento de recursos e gestão dos impactos sociais”. Houve também alteração na escala de importância, que mudou para 12 como mais importante até 1 como menos importante, devido a inclusão de duas dimensões.

Há evidências sobre a dimensão de Sustentabilidade apenas em Haldar et al. (2012), Emmanuel-Yusuf, Morse e Leach (2017), Cimprich et al. (2017) e Ribeiro e Barbosa-Povoa (2018), embora não haja apresentação de indicadores informados na literatura. Sobre Recursos Humanos não foi encontrada fundamentação na literatura pesquisada, mas foi ressaltada como fundamental pelos especialistas 1 e 2, que complementaram citando indicadores.

Houve bastante variação nas respostas dos Especialistas 1 e 3 entre a primeira e segunda rodada. A inclusão das duas dimensões influenciou nas respostas obtidas, principalmente Recursos Humanos que recebeu notas 11 e 10 pelos respectivos entrevistados.

O Especialista 2 fez alterações a partir do sexto lugar em nível de importância. Incluiu nesta posição a dimensão de Recursos Humanos e em oitavo a Sustentabilidade. Ao menos dois concordaram em pontuações atribuídas a Qualidade da Previsão da Demanda, Gestão de Inventários e Confiabilidade. Três dos entrevistados concordaram sobre a importância relativa da Desempenho dos Processos dos Elos da Cadeia de Suprimentos, observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Reavaliação de Pesos das dimensões com inclusão de duas dimensões

Dimensões	E 1	E 2	E 3	S1	Média	Desvio Padrão	Média/Desvio Padrão	Peso em %
Sustentabilidade	2	8	6	1	4,25	3,3	1,29	4,40%
Financeiro e Custos	6	11	1	9	6,75	4,35	1,55	5,28%
Qualidade da Previsão da Demanda	1	3	3	8	4,67	2,89	1,62	5,52%
Acessibilidade	10	2	8	4	6	3,65	1,64	5,59%
Recursos Humanos	11	6	10	2	7,25	4,11	1,76	6,00%
Gestão de Inventários	3	1	2	3	2,25	0,96	2,35	8,01%
Flexibilidade e Adaptabilidade	5	12	7	11	8,75	3,3	2,65	9,03%
Grau de Colaboração	7	10	12	5	8,5	3,11	2,73	9,30%
Antecipação ao Risco	9	5	11	6	7,75	2,75	2,81	9,57%
Desempenho dos Processos dos Elos da Cadeia de Suprimentos	4	4	4	7	4,75	1,5	3,17	10,80%
Responsividade e Agilidade	8	9	5	10	8	2,16	3,7	12,61%
Confiabilidade	12	7	9	12	10	2,45	4,08	13,90%
TOTAL							29,35	100%

Os profissionais e acadêmicos entrevistados afirmaram que a inclusão das duas dimensões foi uma contribuição válida para o índice composto futuro.

4.2.2.2 Seleção e Ponderação de indicadores

Nesta rodada foi obtida a opinião sobre os indicadores identificados na literatura advinda dos especialistas. A sequência de atividades foi a seleção de indicadores e posteriormente a ponderação de sua importância, com objetivo de identificar os mais relevantes para a construção do índice composto final.

Segundo Especialista 1, todos os indicadores referentes a dimensão Antecipação ao Risco, Gestão de Inventários e Flexibilidade de Adaptabilidade são importantes, pois estes

geram preparação da cadeia para eventuais perturbações e capacidade de se adaptar em cenários de mudança pós-impacto. O entrevistado também não descartou nenhum indicador referente a dimensão “Financeiro e Custos”, justificando que são consequências de uma gestão bem executada das outras dimensões, sendo reflexo de uma preparação não realizada. O Especialista 3 concorda com o anteriormente citado e acrescenta que o Grau de Colaboração também possui um papel fundamental na resiliência da cadeia de suprimentos, tendo em vista que a mensuração dos pontos críticos da rede de fornecimento e a capacidade dos elos de colaborarem pode auxiliar na amortização de rupturas.

O entrevistado Substituto 1 afirmou que retiraria alguns indicadores pela dificuldade de medição ou complexidade, pontuando como zero, e deu pesos iguais para todos os outros indicadores justificando ser difícil medir a importância relativa entre as informações apresentadas.

É possível destacar que o indicador de Capacidade de Excesso da Demanda, Estoque Excedente, Taxa de precisão do Estoque, Incremento nas vendas pós flexibilização, Reencaminhamento de Fluxo após Interrupção, Risco de Interrupção por Fatores Geopolíticos, Proporção de Entregas no Prazo, Razão do tempo de colocação do Pedido, Comprimento máximo e médio do caminho de suprimento, Confiabilidade do Sistema, Quantidade de Recursos Humanos para atendimento de situações emergenciais e Grau reaproveitamento de resíduos entre os elos, obtiveram o mesmo critério de importância atribuída por pelo três entrevistados.

As pontuações zero atribuídas por pelo menos um dos especialistas descartam o indicador de compor ao Índice Composto sugerido, sendo este o primeiro critério de seleção.

Posteriormente, para atribuição dos pesos foi ponderada a média pelo desvio padrão visando identificar o consenso entre os especialistas, tendo menos variabilidade nas respostas. Em seguida, o peso recebido foi dividido pelo peso total por dimensão resultando na porcentagem de importância de cada indicador dentro da dimensão a qual pertence, como indicado na Tabela 4.

Tabela 4 – Pesos dos indicadores por dimensão

Dimensões	Indicadores	E1	E2	E3	S1	\bar{X}	σ	\bar{X}/σ	Peso em % por Dimensão
Qualidade da Previsão da Demanda	Nível de satisfação de demanda dos clientes	2	6	3	3	3,50	1,73	2,02	26,02%
	Porcentagem da demanda não atendida após o desastre	0	2	1	3	1,50	1,29	1,16	0,00%
	Nível de Serviço	0	5	4	3	3,00	2,16	1,39	0,00%
	Capacidade de Excesso sobre a Demanda	1	1	2	3	1,75	0,96	1,83	23,54%
	Capacidade Caótica de Suprimento	0	3	0	0	0,75	1,50	0,50	0,00%
	Qualidade das previsões	3	4	5	3	3,75	0,96	3,92	50,44%
Gestão de Inventários	Nível de Produto em Processo (WIP)	2	2	3	2,5	2,38	0,48	4,96	28,99%
	Estoque excedente	1	1	1	2,5	1,38	0,75	1,83	10,71%
	Nível de inventário para mitigação de riscos	3	3	2	2,5	2,63	0,48	5,48	32,05%
	Taxa de Precisão do Estoque	4	4	4	2,5	3,63	0,75	4,83	28,25%
Desempenho dos Processos dos Elos da Cadeia de Suprimentos	Intervalo de Desempenho	1	2	2	2,5	1,88	0,63	2,98	26,34%
	Gravidade do Impacto no Desempenho	3	3	4	2,5	3,13	0,63	4,97	43,90%
	Comprimento do Perfil do Desempenho Aceitável	0	1	1	2,5	1,13	1,03	1,09	0,00%
	Perda de Produção/ Performance em Interrupções	2	4	3	2,5	2,88	0,85	3,37	29,76%
	Robustez da Cadeia de Suprimentos	0	5	0	0	1,25	2,50	0,50	0,00%
Grau de Colaboração	Concentração da rede	0	5	2	3,5	2,63	2,14	1,23	0,00%
	Densidade da rede	0	4	3	3,5	2,63	1,80	1,46	0,00%
	Clusters	1	6	1	3,5	2,88	2,39	1,20	20,42%
	Complexidade da rede	0	3	6	3,5	3,13	2,46	1,27	0,00%
	Nível de conectividade	2	2	4	3,5	2,88	1,03	2,79	47,42%
	Nível de colaboração	3	1	5	3,5	3,13	1,65	1,89	32,16%
Financeiro e Custos	Custo total de transporte pós-desastre	1	2	2	3	2,00	0,82	2,45	100,00%
	Limite de Recursos	2	1	1	0	1,00	0,82	1,22	0,00%
Flexibilidade e Adaptabilidade	Incremento nas vendas pós flexibilização	1	1	1	3	1,50	1,00	1,50	25,00%
	Capacidade de Adaptabilidade	3	3	3	0	2,25	1,50	1,50	0,00%
	Indicador de Reencaminho de Fluxo após Interrupção	2	2	2	3	2,25	0,50	4,50	75,00%
Antecipação ao Risco	Medição de valor em risco	4	2	1	3	2,50	1,29	1,94	17,84%

	Valor em risco condicional	2	0	2	3	1,75	1,26	1,39	0,00%
	Risco de Interrupção por Fatores Geopolíticos	1	1	4	3	2,25	1,50	1,50	13,82%
	Mensuração de Vulnerabilidade	3	3	5	3	3,50	1,00	3,50	32,25%
	Antecipação de Interrupções	5	4	3	3	3,75	0,96	3,92	36,09%
Responsividade e Agilidade	Proporção de Entregas no Prazo	1	5	1	3,5	2,63	1,97	1,33	8,64%
	Razão do Tempo de Colocação de Pedido	2	2	2	3,5	2,38	0,75	3,17	20,57%
	Recuperação	0	0	3	3,5	1,63	1,89	0,86	0,00%
	Tempo de resposta	5	4	6	3,5	4,63	1,11	4,17	27,10%
	Capacidade de Agilidade	4	3	5	3,5	3,88	0,85	4,54	29,48%
	Quantificação da Restauração	3	1	4	3,5	2,88	1,31	2,19	14,20%
Acessibilidade	Acessibilidade do revendedor	0	3	3	3	2,25	1,50	1,50	0,00%
	Acessibilidade do varejista	0	4	4	3	2,75	1,89	1,45	0,00%
	Acessibilidade do cliente	3	4	5	3	3,75	0,96	3,92	39,50%
	Comprimento máximo e médio do caminho de suprimento	1	1	1	3	1,50	1,00	1,50	15,13%
	Tamanho da maior sub rede funcional	2	2	2	3	2,25	0,50	4,50	45,38%
Confiabilidade	Confiabilidade de Suprimento	2	4	2	3	2,75	0,96	2,87	27,55%
	Confiabilidade do Sistema	1	3	1	3	2,00	1,15	1,73	16,62%
	Confiabilidade de Processamento	0	2	3	3	2,00	1,41	1,41	0,00%
	Taxa de Cumprimento do Lead Time	3	5	4	3	3,75	0,96	3,92	37,57%
	Quantificação da Confiabilidade	4	1	5	3	3,25	1,71	1,90	18,26%
Recursos Humanos	Quantidade de Recursos Humanos para atendimento de situações emergenciais	0	1	1	3	1,25	1,26	0,99	0,00%
	Qualidade de Recursos Humanos disponível em situações emergenciais	1	2	2	3	2,00	0,82	2,45	100,00%
Sustentabilidade	Grau reaproveitamento de resíduos entre os elos	1	2	1	3	1,75	0,96	1,83	42,73%
	Grau de reaproveitamento/ possibilidade remanufatura	2	1	2	3	2,00	0,82	2,45	57,27%

Entre as dimensões que só apresentavam dois indicadores como Financeiro e Custos, Adaptabilidade, Recursos Humanos e Sustentabilidade apenas a última citada não teve indicadores eliminados pelos especialistas. Sobre a Sustentabilidade é possível constatar também que, somada a Gestão de Inventários, são as únicas dimensões que não tiveram indicadores eliminados.

O Grau de aproveitamento/possibilidade de remanufatura, ressaltados também como importantes por Savaskan; Bhattacharya e Van Wassenhove (2004), e Qualidade das previsões representam metade dos pesos em suas respectivas dimensões, destacando a importância desses indicadores para o índice composto. Em contraponto, a Proporção de entregas no prazo e Estoque excedente foram os menos relevantes.

4.2.2.3 Índice Composto Sugerido

Foi determinada uma média para obtenção dos resultados, multiplicando o peso dos indicadores pelo peso da dimensão. Como informando anteriormente, o critério de eliminação de um indicador está baseado em alguma nota igual a zero recebida.

Há indicadores com pesos expressivos na composição do índice composto sugerido, como os indicadores de: Reencaminhamento de Fluxo após Interrupção, Custo total de transporte pós-desastre e Qualidade de Recursos Humanos disponível em situações emergenciais. Tal como está, se estes indicadores não apresentarem bons números na avaliação da resiliência, isso significa um grau importante de exposição da cadeia de suprimentos e resiliência.

As dimensões de Responsividade e Agilidade e Confiabilidade representam 26,51% do índice, sendo significativa a pontuação recebida nos indicadores destas dimensões. Os outros 73,49%, menos de três quartos, estão divididos entre as dez dimensões restantes.

É possível destacar que o Desempenho dos Processos dos Elos da Cadeia de Suprimentos também possui importância bastante grande no índice sugerido. Isto se deve a coerência nas respostas dos entrevistados, obtidas anteriormente, que consideraram aspectos relacionados a mensuração da probabilidade de perda de produção em caso de ocorrência de alguma ruptura no fornecimento.

A Antecipação ao Risco é tratado como um fator decisivo quando a resiliência é considerada no estágio prévio, no planejamento da cadeia de suprimentos. A capacidade projetar cenários e antecipar interrupções com medidas proativas é o indicador mais importante nesta dimensão.

Concomitantemente, o Grau de colaboração exerce um papel importante para a resiliência por oferecer alternativas em casos de adventos temporários que impactem a cadeia de suprimentos. Segundo o Especialista 3, este fator é difícil de ser medido a não ser pela perspectiva de redes como foi apresentado, mas é fundamental para a sobrevivência das organizações e alcance dos objetivos estratégicos.

A Flexibilidade e Adaptabilidade tem definição similar ao Grau de Colaboração para os especialistas. Diverge apenas que no segundo caso a cadeia de suprimentos conta com elos já conhecidos que possam oferecer alternativas (redes), enquanto que no primeiro trata-se de adaptação para novos elos no que tange ao Indicador de Reencaminhamento de Fluxo após Interrupção, como apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Índice Composto Sugerido

Dimensões	Peso em % das Dimensões	Indicadores	Peso dos Indicadores	Peso no Índice Composto
Qualidade da Previsão da Demanda	5,52%	Nível de satisfação de demanda dos clientes	26,02%	1,44%
		Porcentagem da demanda não atendida após o desastre	0,00%	0,00%
		Nível de Serviço	0,00%	0,00%
		Capacidade de Excesso sobre a Demanda	23,54%	1,30%
		Capacidade Caótica de Suprimento	0,00%	0,00%
		Qualidade das previsões	50,44%	2,78%
Gestão de Inventários	8,01%	Nível de Produto em Processo (WIP)	28,99%	2,32%
		Estoque excedente	10,71%	0,86%
		Nível de inventário para mitigação de riscos	32,05%	2,57%
		Taxa de Precisão do Estoque	28,25%	2,26%
Desempenho dos Processos dos Elos da Cadeia de Suprimentos	10,80%	Intervalo de Desempenho	26,34%	2,84%
		Gravidade do Impacto no Desempenho	43,90%	4,74%
		Comprimento do Perfil do Desempenho Aceitável	0,00%	0,00%
		Perda de Produção/ Performance em Interrupções	29,76%	3,21%
		Robustez da Cadeia de Suprimentos	0,00%	0,00%
Grau de Colaboração	9,30%	Concentração da rede	0,00%	0,00%
		Densidade da rede	0,00%	0,00%
		Clusters	20,42%	1,90%
		Complexidade da rede	0,00%	0,00%
		Nível de conectividade	47,42%	4,41%
		Nível de colaboração	32,16%	2,99%
Financeiro e Custos	5,28%	Custo total de transporte pós-desastre	100,00%	5,28%
		Limite de Recursos	0,00%	0,00%
Flexibilidade e Adaptabilidade	9,03%	Incremento nas vendas pós flexibilização	25,00%	2,26%
		Capacidade de Adaptabilidade	0,00%	0,00%
		Indicador de Reencaminhamento de Fluxo após Interrupção	75,00%	6,77%
Antecipação ao Risco	9,57%	Medição de valor em risco	17,84%	1,71%
		Valor em risco condicional	0,00%	0,00%
		Risco de Interrupção por Fatores Geopolíticos	13,82%	1,32%
		Mensuração de Vulnerabilidade	32,25%	3,09%
		Antecipação de Interrupções	36,09%	3,46%
Responsividade e Agilidade	12,61%	Proporção de Entregas no Prazo	8,64%	1,09%
		Razão do Tempo de Colocação de Pedido	20,57%	2,59%

		Recuperação	0,00%	0,00%
		Tempo de resposta	27,10%	3,42%
		Capacidade de Agilidade	29,48%	3,72%
		Quantificação da Restauração	14,20%	1,79%
Acessibilidade	5,59%	Acessibilidade do revendedor	0,00%	0,00%
		Acessibilidade do varejista	0,00%	0,00%
		Acessibilidade do cliente	39,50%	2,21%
		Comprimento máximo e médio do caminho de suprimento	15,13%	0,85%
		Tamanho da maior sub rede funcional	45,38%	2,54%
Confiabilidade	13,90%	Confiabilidade de Suprimento	27,55%	3,83%
		Confiabilidade do Sistema	16,62%	2,31%
		Confiabilidade de Processamento	0,00%	0,00%
		Taxa de Cumprimento do Lead Time	37,57%	5,22%
		Quantificação da Confiabilidade	18,26%	2,54%
Recursos Humanos	6,00%	Quantidade de Recursos Humanos para atendimento de situações emergenciais	0,00%	0,00%
		Qualidade de Recursos Humanos disponível em situações emergenciais	100,00%	6,00%
Sustentabilidade	4,40%	Grau reaproveitamento de resíduos entre os elos	42,73%	1,88%
		Grau de reaproveitamento/ possibilidade remanufatura	57,27%	2,52%
Total	100%			100%

4.2.3 Resultados da Rodada 3

O Especialista 1 concordou com os indicadores excluídos do Índice Composto sugerido ressaltando que poderia ser suprido facilmente por outros que foram considerados. Os indicadores restantes são capazes de avaliar a resiliência da cadeia de suprimentos na opinião do entrevistado.

Sobre a possibilidade de aplicação em cadeias do conhecimento do Especialista 1, foi ressaltado que o índice cumpriria perfeitamente o objetivo quando aplicado em seus clientes que atuam no segmento de nutrição animal, especificamente ração. Este também ressaltou que após a publicação gostaria de utilizar o estudo realizado como forma de consulta e diagnóstico da cadeia de suprimentos. No entanto, ressaltou que a aplicação pode variar em alguns casos sensivelmente, pois um indicador pode fazer ou não sentido para determinadas cadeias.

O Especialista 2 contribuiu discordando da eliminação de alguns indicadores como “Porcentagem da demanda não atendida após o desastre”. Contudo, afirmou compreender as justificativas de eliminação dos outros participantes por ser mais importante a capacidade da cadeia de agir e se preparar para possíveis riscos, compreendido em diversos outros indicadores.

Outra contribuição do entrevistado foi a sugestão de juntar “estoque excedente” e “nível de inventário para mitigação de riscos” somando seus pesos, informando que há apenas diferenças semânticas e que os dois indicadores visam capturar a mesma informação. Também informou que a Confiabilidade do Sistema e Quantificação da Confiabilidade estão redundantes pelo mesmo motivo e poderia ser eliminado um dos dois, somados seus pesos.

Segundo sua análise, a Flexibilidade e Adaptabilidade tem indicadores com pesos bastante discrepantes, porém justificáveis devido aos seus níveis de importância para a cadeia. Em Antecipação ao Risco acredita que a “mensuração da vulnerabilidade” é mais importante que a “antecipação de interrupções”, uma vez que é necessário entender o quão vulnerável a cadeia de suprimentos está para posteriormente verificar o quão capaz seria de antecipar estes eventos.

Sobre os resultados de forma geral o Especialista 2 alegou que a contribuição do Índice Composto é bastante válida e foi além das expectativas. No entanto, há necessidade de melhoria muito grande na qualidade das informações das empresas nacionais para se mensurar através do índice a resiliência da cadeia de suprimentos. Segundo ele, o nível de maturidade organizacional para se mensurar resiliência deve ser de alto nível entre os elos da cadeia, sendo capazes de identificar, lidar e propagar informações de forma assertiva como expectativa de demanda dos clientes e necessidade de suprimentos. Conclui informando que neste momento seria mais uma contribuição teórica que prática, mas que todas as organizações deveriam buscar formas de conseguir aplicar este IC.

Analisando o Índice Composto sugerido, o Especialista 3 concordou que há quatro dimensões mais relevantes, acima de 9,57%, sendo Confiabilidade, Responsividade de Agilidade, Desempenho dos Processos dos Elos da Cadeia de Suprimentos e Antecipação ao Risco. Ressaltou que é coerente portanto que 33% das dimensões correspondam a quase 50% do peso do índice. Os indicadores excluídos por receberem pontuação zero acredita que não fariam falta. Este também avaliou também que dez indicadores representam 28% do total de indicadores, respondendo a um peso de 47% do índice de resiliência. Está bem dividido o índice e acredita que está excelente.

O entrevistado citou limitações sobre índices compostos informando que podem ser passíveis de viés do pesquisador ou entrevistados, mas que a sugestão conseguiu equilibrar e oferecer uma construção interessante. Outra contribuição foi que todos os indicadores deveriam ser traduzidos em percentagens mesmo que seja necessário mudar a estrutura

quantitativa apresentada na literatura, multiplicando pela sua importância para aferir o resultado.

Outro aspecto de destaque está flexibilidade do índice. Segundo o Especialista 3 é possível uma aplicação em diversos casos do índice com baixas críticas pois quase todos os indicadores são utilizados em uma gama diversificada de negócios.

Como ponto de concordância entre o profissional entrevistado e o acadêmico é possível ressaltar que ambos consideravam extremamente relevante a Responsividade e Agilidade. O índice composto proposto apresentou esta dimensão e seus indicadores com peso relevantes, sendo um aspecto positivo aos olhos dos avaliadores.

Ambos concordam com a forma de agregação, sendo suficientes para expressar a importância dos indicadores e representando seus pesos de forma justa. Assim como também ressaltam que os resultados só terão valor se comparados a resultados de cadeia semelhantes, não podendo haver comparação dos níveis de resiliência entre cadeias diferentes devido a características diferentes de desempenho, níveis de estoque para mitigação de riscos, complexidade de distribuição e fornecimento.

Há facilidade na opinião dos entrevistados de identificar os objetivos a qual o índice se propõe a realizar, destacando a simplicidade do mesmo, facilitando sua aplicação por gestores de cadeia de suprimentos de diversos setores. O índice pode ser utilizado como ferramenta temporal de avaliação de resiliência da cadeia de suprimentos e direcionador estratégico. Sua aplicação poderia, em termos macros, informar o desempenho da cadeia de suprimentos em diversos períodos do ano e suas dimensões, baseado nos indicadores propostos, fornecerem norteadores de plano de ação organizacionais visando diminuir a exposição da cadeia a rupturas e impactos.

4.3 Índice Composto Final

Nesta seção é a apresentado o Índice Composto resultado da análise e ponderação dos especialistas. Foram consideradas as sugestões da Rodada 3 para refino e aprimoramento da composição do IC, eliminando redundâncias ainda remanescentes, apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Índice Composto Final

Dimensões	Peso em % das Dimensões	Peso dos Indicadores	Indicadores	Peso no Índice Composto
Qualidade da Previsão da Demanda	5,52%	26,02%	Nível de satisfação de demanda dos clientes	1,44%
		23,54%	Capacidade de Excesso sobre a Demanda	1,30%
		50,44%	Qualidade das previsões	2,78%
Gestão de Inventários	8,01%	32,47%	Nível de Produto em Processo (WIP)	2,60%
		35,89%	Nível de inventário para mitigação de riscos	2,87%
		31,64%	Taxa de Precisão do Estoque	2,53%
Desempenho dos Processos dos Elos da Cadeia de Suprimentos	10,80%	26,34%	Intervalo de Desempenho	2,84%
		43,90%	Gravidade do Impacto no Desempenho	4,74%
		29,76%	Perda de Produção/ Performance em Interrupções	3,21%
Grau de Colaboração	9,30%	20,42%	Clusters	1,90%
		47,42%	Nível de conectividade	4,41%
		32,16%	Nível de colaboração	2,99%
Financeiro e Custos	5,28%	100,00%	Custo total de transporte pós-desastre	5,28%
Flexibilidade e Adaptabilidade	9,03%	25,00%	Incremento nas vendas pós flexibilização	2,26%
		75,00%	Indicador de Reencaminho de Fluxo após Interrupção	6,77%
Antecipação ao Risco	9,57%	17,84%	Medição de valor em risco	1,71%
		13,82%	Risco de Interrupção por Fatores Geopolíticos	1,32%
		32,25%	Mensuração de Vulnerabilidade	3,09%
		36,09%	Antecipação de Interrupções	3,46%
Responsividade e Agilidade	12,61%	8,64%	Proporção de Entregas no Prazo	1,09%
		20,57%	Razão do Tempo de Colocação de Pedido	2,59%
		27,10%	Tempo de resposta	3,42%
		29,48%	Capacidade de Agilidade	3,72%
		14,20%	Quantificação da Restauração	1,79%
Acessibilidade	5,59%	39,50%	Acessibilidade do cliente	2,21%
		15,13%	Comprimento máximo e médio do caminho de suprimento	0,85%
		45,38%	Tamanho da maior sub rede funcional	2,54%
Confiabilidade	13,90%	33,71%	Confiabilidade de Suprimento	4,69%
		20,33%	Confiabilidade do Sistema	2,83%
		45,97%	Taxa de Cumprimento do Lead Time	6,39%
Recursos Humanos	6,00%	100,00%	Qualidade de Recursos Humanos disponível em situações emergenciais	6,00%
Sustentabilidade	4,40%	42,73%	Grau reaproveitamento de resíduos entre os elos	1,88%
		57,27%	Grau de reaproveitamento/ possibilidade remanufatura	2,52%
Total	100%			100%

O indicador de “Estoque excedente” foi desconsiderado por ser similar ao “Nível de inventário para mitigação de riscos”. O mesmo foi realizado com “Quantificação da Confiabilidade” por ter o mesmo objetivo que o indicador de “Confiabilidade do Sistema”, sendo este último o considerado para o índice.

Para facilitar a aplicação o Especialista 2 e Especialista 3 recomendou explanação sobre a definição dos indicadores que compõem o índice composto final, apresentados na Quadro 6.

Quadro 6 – Definição dos Indicadores Participantes do IC Final

Dimensões	Indicadores	Definição do Indicador
Qualidade da Previsão da Demanda	Nível de satisfação de demanda dos clientes	Percentagem de demanda atendida deduzindo devoluções.
	Capacidade de Excesso sobre a Demanda	Capacidade de produção acima da demanda média.
	Qualidade das previsões	Percentagem de acertos das previsões com relação a demanda concretizada.
Gestão de Inventários	Nível de Produto em Processo (WIP)	Percentagem produtos em processo de transformação com relação a capacidade produtiva total.
	Nível de inventário para mitigação de riscos	Percentagem de inventário mantido em estoque de segurança com relação a capacidade produtiva.
	Taxa de Precisão do Estoque	Nível de assertividade de estoque sistêmico com relação ao físico.
Desempenho dos Processos dos Elos da Cadeia de Suprimentos	Intervalo de Desempenho	Tempo perdido devido ao impacto.
	Gravidade do Impacto no Desempenho	Percentagem de queda no desempenho após impacto com relação a capacidade total.
	Perda de Produção/ Performance em Interrupções	Perda de produção ou transporte em unidades devido a interrupções.
Grau de Colaboração	Clusters	Nível de concentração da rede em pontos distintos.
	Nível de conectividade	Nível de conexão da rede de suprimentos.
	Nível de colaboração	Nível do fluxo de bens e produtos entre os pontos da rede de suprimentos.
Financeiro e Custos	Custo total de transporte pós-desastre	Custo total do impacto sofrido pela cadeia comparado ao nível de faturamento possível.
Flexibilidade e Adaptabilidade	Incremento nas vendas pós flexibilização	Percentagem de aumento nas vendas após a flexibilização de elos da rede.
	Indicador de Reencaminhamento de Fluxo após Interrupção	Nível de alteração do fluxo da cadeia de suprimentos devido a interrupção.
Antecipação ao Risco	Medição de valor em risco	Medição de perdas financeiras possíveis para a cadeia com relação ao faturamento devido a interrupções.
	Risco de Interrupção por Fatores Geopolíticos	Nível de exposição da cadeia a fatores geopolíticos de acordo com a escala de importância do autor.
	Mensuração de Vulnerabilidade	Mensuração da vulnerabilidade da cadeia devido ao nível de impacto diante de cenários de interrupção.
	Antecipação de Interrupções	Mensuração do nível de assertividade das estratégias de mitigação de interrupções anteriores.

Responsividade e Agilidade	Proporção de Entregas no Prazo	Proporções de entregas realizadas no prazo com relação a possibilidade total de entrega.
	Razão do Tempo de Colocação de Pedido	Tempo de receptividade e processamento do pedido de acordo com as métricas do autor.
	Tempo de resposta	Tempo de resposta a solicitação do cliente e entrega da demanda de acordo com escala do autor.
	Capacidade de Agilidade	Medição do tempo de resposta da cadeia ao impacto sofrido.
	Quantificação da Restauração	Medição do nível de restauração da cadeia após impacto.
Acessibilidade	Acessibilidade do cliente	Medição da capacidade do cliente de acessar diferentes elos da cadeia de suprimentos.
	Comprimento máximo e médio do caminho de suprimento	Medição do comprimento máximo em comparação com o comprimento médio da cadeia de suprimentos para verificar o nível de alteração que pode sofrer.
	Tamanho da maior sub rede funcional	Verificação do tamanho da mais complexa possibilidade de alternativa da rede com relação a rede atual.
Confiabilidade	Confiabilidade de Suprimento	Confiabilidade das informações de fornecimento com relação ao fornecimento realizado.
	Confiabilidade do Sistema	Comparação dos objetivos de entrega de produtos finais do sistema com as entregas concretizadas.
	Taxa de Cumprimento do Lead Time	Porcentagem de cumprimento do tempo de entrega entre os elos.
Recursos Humanos	Qualidade de Recursos Humanos disponível em situações emergenciais	Percentagem possível de incremento de mão de obra de qualidade em situações de picos de demanda.
Sustentabilidade	Grau reaproveitamento de resíduos entre os elos	Percentagem de aproveitamento dos inputs com relação aos resíduos dos elos.
	Grau de reaproveitamento/ possibilidade remanufatura	Percentagem de reaproveitamento das devoluções dos elos da cadeia.

O índice composto final pode ser considerado enxuto e de aplicabilidade fácil tendo em vista que partiu de um pressuposto de 47 indicadores isolados encontrados na literatura e resumiu em 33, eliminando as redundâncias e ponderando seus pesos dentro de cada dimensão. Portanto, segundo os especialistas entrevistados, a ferramenta pode servir de diagnóstico para diversas cadeias de suprimentos.

5 Conclusões

A escolha do tema esteve fundamentada na necessidade de capturar resiliência, sobretudo em cadeias de suprimentos de diferentes segmentos de mercado. As instabilidades de fornecimento e falhas de distribuição por fatores além dos logísticos inspirou a realização da pesquisa utilizando especialistas em campos de estudo e mercados distintos.

O campo de estudo de resiliência da cadeia de suprimentos apresentava algumas proposições de indicadores dispersos e aplicáveis em casos específicos, havendo a necessidade concatená-los para criar uma medida única de desempenho, foco deste trabalho.

Houve ainda uma segunda motivação, que consistiu na realização de uma releitura dos indicadores apresentados na literatura sob a ótica de especialistas em mercados emergentes. Os estudos até então concentravam-se em casos ou sugestões para países desenvolvidos, dando foco ao ambiente em que os pesquisadores estavam inseridos.

Foram realizadas buscas em bases de dados, Web Of Science e Scopus. Os conjuntos de palavras-chave utilizados foram os mesmos, retornando resultados similares, compreendendo praticamente o mesmo conjunto de artigos como resultado. No entanto, a base Web Of Science apresentou maior quantidade de trabalhos relacionados a engenharia, sendo a escolhida para realização da pesquisa, configurando também uma limitação ao trabalho por empregar apenas uma base.

Os resultados obtidos por meio da pesquisa em fontes da literatura e por entrevistas com especialistas atingiram o objetivo inicial de proposição de um índice composto assertivo que mensura a resiliência em cadeias de suprimentos. É possível afirmar que este IC oferece uma alternativa para gestores pouco explorada na literatura, fornecendo uma forma completa para controle e avaliação da cadeia de suprimentos, contribuindo para o âmbito organizacional. Com relação a literatura este trabalho avançou ao oferecer avaliação dos especialistas para fornecimento de pesos as dimensões e agrupou mais indicadores que anteriormente proposto por outros autores, oferecendo medidas mais equilibradas e servindo de referência para futuros trabalhos que possuam objetivos similares.

O emprego do painel de especialistas como método foi baseado na necessidade de obter pontos de vista diferentes as informações apresentadas por este trabalho. A divergência de opiniões em determinadas respostas obtidas nas entrevistas enriqueceu os resultados e apresentou contribuições bastante válidas para a proposição do resultado final. No entanto,

configura uma limitação o emprego apenas de profissionais e pesquisadores brasileiros, podendo ter uma visão parecida por estarem inseridos no mesmo ambiente macroeconômico.

O roteiro de entrevista esteve fundamentado em perguntas abertas feitas aos entrevistados com a finalidade de obter respostas qualitativas e quantitativas. No entanto, na literatura houve emprego de métodos mais estruturados como questionários ou comparação par a par, havendo pouca contribuição para o método empregado. Esta pode ser configurada uma limitação do trabalho por ser utilizado um conjunto de perguntas praticamente exclusivo, quase sem embasamento anterior.

A escala criada para mensuração de pesos teve sua criação para atender a necessidade de fornecedor comparação de importância entre as dimensões e indicadores, sendo própria para se adaptar ao método utilizado e distinta de escalas empregadas em trabalhos anteriores.

A agregação por meio da média foi uma sugestão aos especialistas, que concordaram com o método. No entanto, uma discussão maior sobre formas mais adequadas seria uma contribuição bastante válida para este trabalho, cabendo possibilidades futuras de aprofundamento desta questão.

Foi empregada a validação do índice composto por meio da opinião de especialistas em forma de avaliação da ferramenta proposta. Métodos quantitativos podem ser utilizados com eficácia maior. A validação qualitativa é uma limitação do trabalho proposto, podendo haver avanços nesta questão no futuro.

Verificou-se que foi atingida a necessidade de se concatenar dimensões e agrupar indicadores para oferecer uma medida única de resiliência, facilitando o direcionamento de estratégias e fornecendo uma ferramenta satisfatória para avaliar um importante aspecto de desempenho da cadeia.

No entanto, o campo de estudo de Índices Compostos com este foco não está esgotado, havendo a possibilidade de estudos futuros de aplicabilidade e comparabilidade em cadeias de suprimento diversas, abordagens multiperíodo ou multiproduto.

Portando, as contribuições fornecidas por este trabalho agilizam o planejamento de uma cadeia de suprimentos eficiente, uma vez que sua aplicação se permite identificar vulnerabilidades, contando com a chancela de profissionais e acadêmicos experientes que garantem a confiabilidade aos resultados fornecidos.

O índice composto sugerido tem a possibilidade de ser aplicado em diversos casos de ramos de atividade diferentes, segundo especialistas. No entanto, a generalização não é

recomendada uma vez que seria necessária aplicação bastante ampla em diversos segmentos para que seja comprovada a eficácia para tal.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, M. H. F. et al. Como Construir Conhecimento Sobre O Tema De Pesquisa? Aplicação Do Processo Proknow-C Na Busca De Literatura Sobre Avaliação Do Desenvolvimento Sustentável. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 47–62, 2012. Disponível em: <<http://www.revistargsa.org/ojs/index.php/rgsa/article/view/424>>
- AMBULKAR, S.; BLACKHURST, J.; GRAWE, S. Firm's resilience to supply chain disruptions: Scale development and empirical examination. **Journal of Operations Management**, [s. l.], v. 33–34, p. 111–122, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2014.11.002>>
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial**. [s.l.] : BOOKMAN COMPANHIA ED, 2006. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=XTq7VgXxm5MC>>
- BEAMON, B. M. Supply chain design and analysis: Models and methods. **International Journal Of Production Economics**, [s. l.], v. 55, n. 3, p. 281–294, 1998.
- BOOYSEN, F. An overview and evaluation of composite indices of development. **Social Indicators Research**, [s. l.], v. 59, n. 2, p. 115–151, 2002.
- BRANDON-JONES, E. et al. A Contingent Resource-Based Perspective of Supply Chain Resilience and Robustness. **Journal of Supply Chain Management**, [s. l.], v. 50, n. 3, p. 55–73, 2014.
- BUNGE, M. What is a quality of life indicator? **Social Indicators Research**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 65–79, 1975.
- CARDOSO, S. R. et al. Resilience metrics in the assessment of complex supply-chains performance operating under demand uncertainty. **Omega (United Kingdom)**, [s. l.], v. 56, p. 53–73, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2015.03.008>>
- CARVALHO, H. et al. Supply chain redesign for resilience using simulation. **Computers and Industrial Engineering**, [s. l.], v. 62, n. 1, p. 329–341, 2012. a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2011.10.003>>
- CARVALHO, H. et al. Supply chain redesign for resilience using simulation. **Computers & Industrial Engineering**, [s. l.], v. 62, n. 1, p. 329–341, 2012. b. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-82755192358&partnerID=tZOtx3y1>>. Acesso em: 14 set. 2015.

- CHAIDILOK, W.; OLAPIRIYAKUL, S. A Framework of Factors Affecting Supply Chain Flood Resilience. In: 2017 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART GRID AND SMART CITIES (ICSGSC) 2017, **Anais...** [s.l: s.n.]
- CHEN, I. J.; PAULRAJ, A. Towards a theory of supply chain management: The constructs and measurements. **Journal of Operations Management**, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 119–150, 2004. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-1842582547&doi=10.1016%2Fj.jom.2003.12.007&partnerID=40&md5=79994f6c95db46f11c133d78f4403abd>>
- CHEN, I. J.; PAULRAJ, A.; LADO, A. A. Strategic purchasing, supply management, and firm performance. **Journal of Operations Management**, [s. l.], v. 22, n. 5, p. 505–523, 2004.
- CHEN, S.; TAI, K.; LI, Z. Evaluation of Supply Chain Resilience Enhancement with Multi-Tier Supplier Selection Policy Using Agent-Based Modeling. In: 2016 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT (IEEM) 2016, **Anais...** [s.l: s.n.]
- CHERCHYE, L. et al. An introduction to “benefit of the doubt” composite indicators. **Social Indicators Research**, [s. l.], v. 82, n. 1, p. 111–145, 2007.
- CHOON TAN, K. A framework of supply chain management literature. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, [s. l.], v. 7, n. February 1999, p. 39–48, 2001.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gestão da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operações**. [s.l.] : PRENTICE HALL BRASIL, 2011. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=9SdFYgEACAAJ>>
- CHOPRA, S.; SODHI, M. S. Reducing the Risk of Supply Chain Disruptions. **MIT Sloan Management Review**, [s. l.], v. 55, n. 3, p. 73–80, 2014. Disponível em: <http://search.proquest.com/docview/1514709899?accountid=8630%5Cnhttp://diglib1.bham.ac.uk:3210/sfxlcl3?url_ver=Z39.88-2004&rft_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:journal&genre=article&sid=ProQ:ProQ:abiglobal&title=Reducing+the+Risk+of+Supply+Chain+Disruptions&ti>
- CHOWDHURY, M. M. H.; QUADDUS, M. Supply chain readiness, response and recovery for resilience. **Supply Chain Management-An International Journal**, [s. l.], v. 21, n. 6, p. 709–731, 2016.
- CHOWDHURY, M. M. H.; QUADDUS, M. Supply chain resilience: Conceptualization and scale development using dynamic capability theory. **International Journal Of Production Economics**, [s. l.], v. 188, p. 185–204, 2017.

- CHRISTOPHER, M. **Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Cost and Improving Service**. [s.l.] : Financial Times/Pitman, 1998. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=pAphQgAACAAJ>>
- CHRISTOPHER, M.; HOLWEG, M. Supply chain 2.0 revisited: a framework for managing volatility- induced risk in the supply chain. [s. l.], 2017.
- CIMPRICH, A. et al. Extension of geopolitical supply risk methodology: Characterization model applied to conventional and electric vehicles. **Journal Of Cleaner Production**, THE BOULEVARD, LANGFORD LANE, KIDLINGTON, OXFORD OX5 1GB, OXON, ENGLAND, v. 162, p. 754–763, 2017.
- CONZ, E.; DENICOLAI, S.; ZUCHELLA, A. The resilience strategies of SMEs in mature clusters. **Journal Of Enterprising Communities-People And Places Of Global Economy**, [s. l.], v. 11, n. 1, SI, p. 186–210, 2017.
- CRAIGHEAD, C. W. et al. The Severity of Supply Chain Disruptions: Design Characteristics and Mitigation Capabilities. **Decision Sciences**, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 131–156, 2007. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-34047184222&partnerID=tZOtx3y1>>. Acesso em: 25 nov. 2015.
- DIAMANTOPOULOS, A.; WINKLHOFER, H. M. Index construction with formative indicators: An alternative to scale development. **Journal of Marketing Research**, [s. l.], v. 38, n. 2, p. 269–277, 2001.
- DURACH, C. F.; WIELAND, A.; MACHUCA, J. A. D. Antecedents and dimensions of supply chain robustness: a systematic literature review. **International Journal Of Physical Distribution & Logistics Management**, [s. l.], v. 45, n. 1–2, SI, p. 118–137, 2015.
- EMMANUEL-YUSUF, D.; MORSE, S.; LEACH, M. Resilience and Livelihoods in Supply Chains (RELISC): An Analytical Framework for the Development and Resilience of the UK Wood Fuel Sector. **Sustainability**, [s. l.], v. 9, n. 4, 2017.
- FALKOWSKI, J. Resilience of farmer-processor relationships to adverse shocks: the case of dairy sector in Poland. **British Food Journal**, [s. l.], v. 117, n. 10, SI, p. 2465–2483, 2015.
- FIKSEL, J. Ustainability and Resilience: Toward a Systems Approach. **Sustainability: Science, Practice, & Policy**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 2006, 2006.
- FIKSEL, J. et al. From Risk to Resilience: Learning to Deal With Disruption. **MIT Sloan Management Review**, [s. l.], v. 56, n. 2, p. 79–86, 2015.
- FORTUIN, L. Performance indicators-Why , where and how ? **European Journal of Operational Research**, [s. l.], v. 34, p. 1–9, 1988.

- FROHLICH, M. T.; WESTBROOK, R. Arcs of integration: an international study of supply chain strategies. **Journal Of Operations Management**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 185–200, 2001.
- FRØNES, I. Theorizing indicators. **Social Indicators Research**, [s. l.], v. 83, n. 1, p. 5–23, 2007.
- GENG, L.; XIAO, R.; XU, X. Research on MAS-Based Supply Chain Resilience and Its Self-Organized Criticality. **Discrete Dynamics In Nature And Society**, [s. l.], 2014.
- GRUPP, H.; SCHUBERT, T. Review and new evidence on composite innovation indicators for evaluating national performance. **Research Policy**, [s. l.], v. 39, n. 1, p. 67–78, 2010.
- GUNASEKARAN, A.; PATEL, C.; MCGAUGHEY, R. E. A framework for supply chain performance measurement. **International Journal Of Production Economics**, [s. l.], v. 87, n. 3, p. 333–347, 2004.
- GUNASEKARAN, A.; SUBRAMANIAN, N.; RAHMAN, S. Supply chain resilience: Role of complexities and strategies. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 53, n. 22, p. 6809–6819, 2015.
- HALDAR, A. et al. An integrated approach for supplier selection. In: (Rajesh, R and Ganesh, K and Koh, SCL, Ed.)INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODELLING OPTIMIZATION AND COMPUTING 2012, **Anais...** [s.l: s.n.]
- HARAGUCHI, M.; LALL, U. Flood risks and impacts: A case study of Thailand's floods in 2011 and research questions for supply chain decision making. **International Journal Of Disaster Risk Reduction**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 256–272, 2015.
- HECKMANN, I.; COMES, T.; NICKEL, S. A critical review on supply chain risk - Definition, measure and modeling. **Omega (United Kingdom)**, [s. l.], v. 52, p. 119–132, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2014.10.004>>
- HOHENSTEIN, N.-O. 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**, [s. l.], v. 45, n. 1–2, SI, p. 90–117, 2015.
- HOSSEINI, S.; AL KHALED, A.; SARDER, M. D. A general framework for assessing system resilience using Bayesian networks: A case study of sulfuric acid manufacturer. **Journal Of Manufacturing Systems**, [s. l.], v. 41, p. 211–227, 2016.
- HU, Z.; MAHADEVAN, S. Resilience Assessment Based on Time-Dependent System Reliability Analysis. **Journal Of Mechanical Design**, [s. l.], v. 138, n. 11, SI, 2016.
- IVANOV, D. et al. Literature review on disruption recovery in the supply chain. **International Journal Of Production Research**, [s. l.], v. 55, n. 20, p. 6158–6174, 2017.

- IVANOV, D.; SOKOLOV, B.; DOLGUI, A. The Ripple effect in supply chains: trade-off 'efficiency-flexibility-resilience' in disruption management. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 52, n. 7, p. 2154–2172, 2014. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2013.858836>>
- IYANOV, D. et al. Ripple Effect in the Time-Critical Food Supply Chains and Recovery Policies. **IFAC PAPERSONLINE**, [s. l.], v. 48, n. 3, p. 1682–1687, 2015.
- JAIN, V. et al. Supply chain resilience: model development and empirical analysis. **International Journal Of Production Research**, [s. l.], v. 55, n. 22, p. 6779–6800, 2017.
- JÜTTNER, U.; MAKLAN, S. Supply chain resilience in the global financial crisis: an empirical study. **Supply Chain Management: An International Journal**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 246–259, 2011. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-79959594222&partnerID=tZOtx3y1>>. Acesso em: 6 jan. 2016.
- JÜTTNER, U.; PECK, H.; CHRISTOPHER, M. An agenda for future research Supply chain risk management : Outlining an agenda for future research. **International Journal of Logistics Research and Applications: A Leading Journal of Supply Chain Management**, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 37–41, 2003.
- KHALILI, S. M.; JOLAI, F.; TORABI, S. A. Integrated production-distribution planning in two-echelon systems: a resilience view. **International Journal Of Production Research**, 2-4 PARK SQUARE, MILTON PARK, ABINGDON OR14 4RN, OXON, ENGLAND, v. 55, n. 4, p. 1040–1064, 2017.
- KHAN, O.; CHRISTOPHER, M.; CREAZZA, A. Aligning product design with the supply chain: a case study. **Supply Chain Management: An International Journal**, [s. l.], v. 17, n. 3, p. 323–336, 2012. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84860376612&partnerID=tZOtx3y1>>. Acesso em: 9 fev. 2016.
- KLEINDORFER, P. R.; SAAD, G. H. Managing disruption risks in supply chains. **Production And Operations Management**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 53–68, 2005.
- KLIBI, W.; MARTEL, A.; GUITOUNI, A. The design of robust value-creating supply chain networks: A critical review. **European Journal of Operational Research**, [s. l.], v. 203, n. 2, p. 283–293, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2009.06.011>>
- LAM, J. S. L.; BAI, X. A quality function deployment approach to improve maritime supply chain resilience. **Transportation Research Part E-Logistics And Transportation Review**, [s. l.], v. 92, n. SI, p. 16–27, 2016.
- LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C. Issues in supply chain management. **Industrial**

- marketing management**, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 65–83, 2000. Disponível em:
<<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0019850199001133>>
- LENORT, R. et al. MODEL FOR SIMULATION OF SUPPLY CHAIN RESILIENCE. In: METAL 2014: 23RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON METALLURGY AND MATERIALS 2014, **Anais...** [s.l: s.n.]
- LENORT, R.; WICHER, P. CONCEPT OF A SYSTEM FOR RESILIENCE MEASUREMENT IN INDUSTRIAL SUPPLY CHAIN. In: METAL 2013: 22ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON METALLURGY AND MATERIALS 2013, **Anais...** [s.l: s.n.]
- LI, S. et al. Development and validation of a measurement instrument for studying supply chain management practices. **Journal of Operations Management**, [s. l.], v. 23, n. 6, p. 618–641, 2005.
- LUCKER, F.; SEIFERT, R. W. Building up Resilience in a Pharmaceutical Supply Chain through Inventory, Dual Sourcing and Agility Capacity. **Omega-International Journal Of Management Science**, [s. l.], v. 73, p. 114–124, 2017.
- MACUROVA, P.; JURASKOVA, K. ANALYSIS OF RISKS GENERATED BY SUPPLIERS DURING THE PERIOD OF ECONOMIC FLUCTUATIONS. **Amfiteatru Economic**, [s. l.], v. 15, n. 33, p. 27–43, 2013.
- MANDAL, S. et al. The dominant influence of logistics capabilities on integration Empirical evidence from supply chain resilience. **International Journal Of Disaster Resilience In The Built Environment**, [s. l.], v. 8, n. 4, p. 357–374, 2017.
- MANDAL, S. The influence of organizational culture on healthcare supply chain resilience: moderating role of technology orientation. **Journal Of Business & Industrial Marketing**, [s. l.], v. 32, n. 8, p. 1021–1037, 2017.
- MELO, M. T. . b; NICKEL, S. . c; SALDANHA-DA-GAMA, F. . Facility location and supply chain management - A review. **European Journal of Operational Research**, [s. l.], v. 196, n. 2, p. 401–412, 2009. Disponível em:
<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-58149242603&doi=10.1016%2Fj.ejor.2008.05.007&partnerID=40&md5=0dc835560937abb4c2275cfd8ea7bb1>>
- MILLER, G. The development of indicators for sustainable tourism: Results of a Delphi survey of tourism researchers. **Tourism Management**, [s. l.], v. 22, n. 4, p. 351–362, 2001.
- MOHAPATRA, P.; NANDA, S.; ADHIKARI, T. Resilience Measurement of A Global

Supply Chain Network. In: PROCEEDINGS OF 2015 IEEE 9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT SYSTEMS AND CONTROL (ISCO) 2015, **Anais...**

[s.l: s.n.]

MOLINOS-SENANTE, M. et al. Assessing the sustainability of water companies: A synthetic indicator approach. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 61, p. 577–587, 2016. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.10.009>>

MUNOZ, A.; DUNBAR, M. On the quantification of operational supply chain resilience.

International Journal Of Production Research, [s. l.], v. 53, n. 22, p. 6736–6751, 2015.

PETTIT, T. J. .; CROXTON, K. L. .; FIKSEL, J. . Ensuring supply chain resilience:

Development and implementation of an assessment tool. **Journal of Business Logistics**, [s. l.], v. 34, n. 1, p. 46–76, 2013. Disponível em:

<[http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-](http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84876489113&partnerID=40&md5=7bf201e123cc25a210164f46072fe090)

[84876489113&partnerID=40&md5=7bf201e123cc25a210164f46072fe090](http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84876489113&partnerID=40&md5=7bf201e123cc25a210164f46072fe090)>

PONOMAROV, S. Y.; HOLCOMB, M. C. Understanding the concept of supply chain

resilience. **The International Journal of Logistics Management**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 124–143, 2009.

POURHEJAZY, P. et al. Evaluating Resiliency of Supply Chain Network: A Data Envelopment Analysis Approach. **SUSTAINABILITY**, [s. l.], v. 9, n. 2, 2017.

POURNADER, M. et al. An analytical model for system-wide and tier-specific assessment of resilience to supply chain risks. **Supply Chain Management-An International Journal**, [s. l.], v. 21, n. 5, p. 589–609, 2016.

RAJESH, R. Forecasting supply chain resilience performance using grey prediction.

Electronic Commerce Research and Applications, PO BOX 211, 1000 AE

AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 20, p. 42–58, 2016.

RIBEIRO, J. P.; BARBOSA-POVOA, A. Supply Chain Resilience: Definitions and

quantitative modelling approaches - A literature review. **Computers & Industrial Engineering**, [s. l.], v. 115, p. 109–122, 2018.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. **Metodologia de pesquisa**. [s.l.] :

McGraw-Hill, 2006. Disponível em:

<<https://books.google.com.br/books?id=3qZtPgAACAAJ>>

SAURI, S. et al. Empirical Analysis of Resiliency of Terminal Operations for Roll-On-Roll-Off Vessels. **Transportation Research Record**, [s. l.], n. 2273, p. 96–105, 2012.

SCHMITT, A. J.; SINGH, M. A quantitative analysis of disruption risk in a multi-echelon

- supply chain. **International Journal of Production Economics**, [s. l.], v. 139, n. 1, p. 22–32, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.01.004>>
- SHEFFI, Y.; RICE, J. B. **A supply chain view of the resilient enterprise**, 2005. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-28744459229&partnerID=tZOtx3y1>>
- SHUAI, Y.; WANG, X.; ZHAO, L. Research on Measuring Method of Supply Chain Resilience Based on Biological Cell Elasticity Theory. In: 2011 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT (IEEM) 2011, **Anais...** [s.l.: s.n.]
- SINGH, R. K. et al. Development of composite sustainability performance index for steel industry. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 565–588, 2007.
- SONI, U.; JAIN, V.; KUMAR, S. Measuring supply chain resilience using a deterministic modeling approach. **Computers and Industrial Engineering**, [s. l.], v. 74, n. 1, p. 11–25, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2014.04.019>>
- SPIEGLER, V. L. M. et al. The value of nonlinear control theory in investigating the underlying dynamics and resilience of a grocery supply chain. **International Journal Of Production Research**, [s. l.], v. 54, n. 1, SI, p. 265–286, 2016.
- SPIEGLER, V. L. M.; NAIM, M. M.; WIKNER, J. A control engineering approach to the assessment of supply chain resilience. **International Journal Of Production Research**, [s. l.], v. 50, n. 21, SI, p. 6162–6187, 2012.
- SUBRAMANI, M. How do suppliers benefit from information technology use in supply chain relationships? **Mis Quarterly**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 45–73, 2004.
- TANG, C. S. Perspectives in supply chain risk management. **International Journal of Production Economics**, [s. l.], v. 103, n. 2, p. 451–488, 2006.
- TANG, O.; NURMAYA MUSA, S. Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management. **International Journal of Production Economics**, [s. l.], v. 133, n. 1, p. 25–34, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.06.013>>
- THOMAS, D. J. et al. Coordinated supply chain management. **European Journal of Operational Research**, [s. l.], v. 94, n. 1, p. 1–15, 1996.
- TREIBLMAIER, H. Optimal levels of (de)centralization for resilient supply chains. **International Journal Of Logistics Management**, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 435–455, 2018.
- WANG, X.; HERTY, M.; ZHAO, L. Contingent rerouting for enhancing supply chain resilience from supplier behavior perspective. **International Transactions In Operational**

Research, [s. l.], v. 23, n. 4, p. 775–796, 2016.

WICHER, P. et al. MEASURING THE METALLURGICAL SUPPLY CHAIN RESILIENCE USING FUZZY ANALYTIC NETWORK PROCESS. **Metalurgija**, [s. l.], v. 55, n. 4, p. 783–786, 2016.

YANG, Y.; XU, X. Post-disaster grain supply chain resilience with government aid.

Transportation Research Part E-Logistics And Transportation Review, [s. l.], v. 76, p. 139–159, 2015.

YODO, N.; WANG, P. Resilience Allocation for Early Stage Design of Complex Engineered Systems. **Journal Of Mechanical Design**, [s. l.], v. 138, n. 9, 2016. a.

YODO, N.; WANG, P. Engineering Resilience Quantification and System Design Implications: A Literature Survey. **Journal Of Mechanical Design**, [s. l.], v. 138, n. 11, SI, 2016. b.