

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E  
SISTEMAS**

**GISELE TAÍS PIOVESAN**

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO *LEAN* E *GREEN*: UM ESTUDO  
COMPARATIVO ENTRE PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS BRASILEIRAS E  
JAPONESAS**

**DISSERTAÇÃO**

**PATO BRANCO**

**2021**

**GISELE TAÍS PIOVESAN**

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO *LEAN* E *GREEN*: UM ESTUDO  
COMPARATIVO ENTRE PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS  
BRASILEIRAS E JAPONESAS**

**Lean and green product development: a comparative study between small and  
medium brazilian and japanese enterprises**

Dissertação apresentada como requisito para  
obtenção do título de Mestre em Engenharia de  
Produção e Sistemas da Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná, (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira

**PATO BRANCO**

**2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite apenas que outros façam download dos trabalhos licenciados e os compartilhem desde que atribuam crédito ao autor, mas sem que possam alterá-los de nenhuma forma ou utilizá-los para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Pato Branco



GISELE TAIS PIOVESAN

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO LEAN E GREEN: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS BRASILEIRAS E JAPONESAS**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Engenharia De Produção E Sistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Gestão Dos Sistemas Produtivos.

Data de aprovação: 30 de Abril de 2021

Prof Gilson Adamczuk Oliveira, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Carla Beatriz Da Luz Peralta, Doutorado - Fundação Universidade Federal do Pampa - Unipampa (Unipampa)

Prof Dalmarino Setti, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 30/04/2021.

“Sonhos determinam o que você quer. Ação determina o que você conquista.”  
(Aldo Novak)

## **Agradecimentos**

Agradeço, primeiramente, a Deus, fonte de todo conhecimento e que dá entendimento àqueles que o buscam, pilar que me sustentou até aqui e, como já diz o meu nome, me dá vitória pela Sua graça.

Ao meu namorado, Alex Saccomori, que esteve comigo durante esse período, por todo o amor, compreensão e auxílio durante a jornada. Além do apoio incondicional.

Aos meus pais Marileda e Leonir, que nunca mediram esforços para que eu pudesse realizar os meus sonhos, sempre com muito amor, e, à minha irmã, Gabriele, que está ao meu lado em todos os momentos, me incentivando e apoiando.

Ao meu orientador, Professor Gilson Adamczuk Oliveira, por todo o conhecimento repassado, paciência durante a realização do projeto e prontidão sempre que precisei.

Ao professor Dalmarino Setti por todo o auxílio durante a realização da pesquisa, sempre com prontidão. Também por aceitar participar da banca examinadora.

À professora Carla Beatriz da Luz Peralta por aceitar participar da banca examinadora como membro externo.

Ao professor Shoji Takechi por dedicar seu tempo na coleta de dados para a pesquisa com especialistas e empresas Japonesas.

A todos os professores do PPGEPS e a secretária, Adriani Michelin, pelas orientações e cordialidade em todos os momentos em que busquei auxílio.

Aos especialistas que foram muito cordiais em auxiliar na pesquisa com seus conhecimentos elevados sobre o assunto abordado.

E, por fim, às empresas que se disponibilizaram em participar dessa pesquisa, fornecendo dados e tempo para responder aos instrumentos de pesquisa.

## RESUMO

PIOVESAN, Gisele Taís. **Desenvolvimento de Produto *Lean* e *Green*: Um Estudo Comparativo entre Pequenas e Médias Empresas Brasileiras e Japonesas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2021.

Com o aumento da competitividade entre as empresas, visando suprir as necessidades do mercado consumidor cada vez mais exigente, elas focaram no desenvolvimento de novos produtos, procurando obter maior rendimento com menos desperdícios adotando práticas *lean*. Essa metodologia na produção é tida como uma forma de desenvolver novos produtos com maior precisão ou aprimorar os produtos existentes com aspiração de maior sucesso no mercado onde estão inseridos. Ainda, com o intuito de produzir com consciência, se tornou necessário satisfazer os clientes e consumir mínimo de recursos, ou seja, adotando também o conceito de produtos *green*, que pode ser definido como a capacidade de um produto ser manufaturado continuamente, garantindo menores impactos ambientais e proporcionando benefícios econômicos e sociais às partes interessadas. Para as pequenas e médias empresas (PMEs) a aplicação desses conceitos é mais complexa, devido à quantidade limitada de recursos disponíveis. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é analisar a maturidade das metodologias *lean* e *green* no processo de desenvolvimento de produtos em PMEs brasileiras e japonesas. A metodologia utilizada é multicritério, aliando o método *Processo de Análise Hierárquica* (AHP), no qual é realizada a priorização de critérios e TOPSIS 2-Tuple, no qual é realizada a hierarquização dos 18 facilitadores *lean-green*. A pesquisa compreende quatro PMEs japonesas e quatro brasileiras, do setor metal mecânico e com as atividades focadas no desenvolvimento de produto. Os critérios para avaliar as PMEs são: a flexibilidade das empresas, as dificuldades com o NPD, a inovação, os recursos limitados e a Alta Autoridade. Já as alternativas do método TOPSIS 2-Tuple se referem a 18 facilitadores das metodologias *lean-green* encontrados na literatura. O método AHP quando aplicado com especialistas dos dois países apresentou divergência de hierarquização sobre quais as características mais relevantes nas empresas. Para os japoneses, a incidência de inovação é a característica principal das PMEs e é elegida como um critério de benefício que apresenta impacto positivo na empresa, já para brasileiros, a característica mais determinante são os recursos limitados nos processos, que é elegido como um critério de custo, ou seja, que apresenta impacto negativo. No método TOPSIS 2-Tuple, os resultados encontrados foram de que as empresas japonesas apresentam um nível de maturidade maior que as empresas brasileiras tanto na metodologia *lean* quanto na metodologia *green*, que pôde ser analisado frente às respostas de aplicação no instrumento de pesquisa. Porém, em ambos os países as empresas apresentam uma adesão menor no facilitadores da metodologia *green* que *lean*. Além disso, as empresas japonesas apresentam maior ênfase em compor uma equipe de trabalho bem estruturada, com gerência de projetos forte e investem mais em tecnologias para compor prototipagens e testes anteriormente ao lançamento de novos produtos.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento de Produtos *Lean*, Desenvolvimento de Produtos *Green*, Desenvolvimento de Novos Produtos, Multicritério.

## ABSTRACT

PIOVESAN, Gisele Taís. **Lean and Green Product Development: A Comparative Study between Small and Medium Brazilian and Japanese Enterprises.** Dissertation (Master in Engineering of Production and Systems) – Federal Technological University of Paraná. Pato Branco, 2021.

With the increase in competitiveness between enterprises, aiming to meet the needs of the increasingly demanding consumer market, they focused on the development of new products, seeking to obtain higher yields with less waste by adopting lean practices. This methodology in production is seen as a way to develop new products with greater precision or improve existing products with aspirations for greater success in the market where they are inserted. Still, in order to produce with awareness, it became necessary to satisfy customers and consume a minimum of resources that is, also adopting the concept of green products, which can be defined as the ability of a product to be manufactured continuously, ensuring lower impacts environmental and providing economic and social benefits to stakeholders. For small and medium enterprises (SMEs), the application of these concepts is more complex, due to the limited amount of available resources. In this sense, the objective of this work is to analyze the maturity of lean and green methodologies in the product development process in Brazilian and Japanese SMEs. The methodology used is multi-criteria, combining the Hierarchical Analysis Process (AHP) method, in which criteria are prioritized and TOPSIS 2-Tuple, in which the 18 lean-green enablers are ranked. The research comprises four Japanese and four Brazilian SMEs, in the metal mechanic sector and with activities focused on product development. The criteria for evaluating SMEs are company flexibility, difficulties with NPD, innovation, limited resources and High Authority. The alternatives of the TOPSIS 2-Tuple method refer to 18 enablers of lean-green methodologies found in the literature. The AHP method, when applied with specialists from both countries, showed a divergence in the hierarchy of what are the most relevant characteristics in the enterprises. For the Japanese, the incidence of innovation is the main characteristic of SMEs and is elected as a benefit criterion that has a positive impact on the enterprises, whereas for Brazilians, the most determining characteristic is the limited resources in the processes, which is elected as a criterion cost, that is, it has a negative impact. In the TOPSIS 2-Tuple method, the results found were that Japanese enterprises have a higher maturity level than Brazilian enterprises both in the lean methodology and in the green methodology, which could be analyzed based on the application responses in the research instrument. However, in both countries, enterprises show a lower adherence to green methodology enablers than lean. In addition, Japanese companies show greater emphasis on forming a well-structured work team, with strong project management, and invest more in technologies to compose prototyping and testing prior to launching new products.

**Key words:** *Lean* Product Development, *Green* Product Development, New Product Development, Multicriteria.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Enquadramento Metodológico da pesquisa .....	19
Figura 2 - Esquema computado com palavras.....	41
Figura 3 - Condução de Estudo de casos .....	45
Figura 4 - Modelo de avaliação para as operações de NPD nas PMEs.....	53
Figura 5 - Instrumento de coleta de dados do Brasil - Fase AHP.....	62
Figura 6 - Instrumento de coleta de dados do Japão - Fase AHP.....	62
Figura 7 - Pesos dos Critérios pelo Método AHP.....	74
Figura 8 - Coeficiente de proximidade da solução ideal TOPSIS 2-Tuple.....	95

## LISTA DE SIGLAS

AHP	Processo de Análise Hierárquica
GPD	Desenvolvimento de Produtos <i>Green</i>
ISO	Organização Internacional para Padronização
LCA	Análise de Ciclo de Vida
LM	Manufatura Enxuta
LPD	Desenvolvimento de Produtos <i>Lean</i>
MET	Materiais, Energias e Toxidade
NPD	Desenvolvimento de Novos Produtos
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PME	Pequenas e Médias Empresas
SGD	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
TOPSIS	Técnica para Ordem de Preferência por Semelhança da Solução Ideal

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Princípios do Lean.....	32
Quadro 2 - Eixos de pesquisa e palavras-chave.....	46
Quadro 3 - Portfólio de artigos selecionados .....	47
Quadro 4 - Assuntos abordados por autor .....	49
Quadro 5 - Descrição das PMEs.....	52
Quadro 6 - Critérios de avaliação das PMEs e autores.....	55
Quadro 7 - Facilitadores do Lean e do Green e autores.....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variável Linguística e número equivalente.....	63
Tabela 2 - Pesos da fase AHP: Especialistas Japoneses .....	70
Tabela 3 - Pesos da fase AHP: Especialistas Brasileiros.....	72
Tabela 4 - Resultados TOPSIS 2-Tuple da empresa E1 .....	76
Tabela 5 - Resultado fase TOPSIS 2-Tuple da empresa E2.....	78
Tabela 6 - Resultado fase TOPSIS 2-Tuple da empresa E3.....	80
Tabela 7 - Resultado fase TOPSIS 2-Tuple da empresa E4.....	81
Tabela 8 - Resultado compilado da fase TOPSIS 2-Tuple: Empresas Japonesas....	83
Tabela 9 - Resultado fase TOPSIS 2-Tuple da empresa E5.....	86
Tabela 10 - Resultados fase TOPSIS 2-Tuple da empresa E6 .....	88
Tabela 11 - Resultado fase TOPSIS 2-Tuple da empresa E7 .....	90
Tabela 12 - Resultado fase TOPSIS 2-Tuple da empresa E8.....	92
Tabela 13 - Resultado compilado fase TOPSIS 2-Tuple: Empresas Brasileiras. ....	93

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA.....	12
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	14
1.3 OBJETIVOS.....	15
1.3.1 Objetivo Geral.....	15
1.3.2 Objetivos Específicos.....	15
1.4 JUSTIFICATIVA.....	15
1.5 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	18
1.6 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	19
1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	20
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>22</b>
2.1 PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS.....	22
2.1.1 Pequenas e Médias Empresas: Contexto Japonês.....	24
2.1.2 Pequenas e Médias Empresas: Contexto brasileiro.....	26
2.2 DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS.....	27
2.2.1 Desenvolvimento de Produtos <i>Lean</i> .....	29
2.2.2 Desenvolvimento de Produtos <i>Green</i> .....	34
2.3 MÉTODOS MULTICRITÉRIO.....	38
2.3.1 <i>Analytic Hierarchy Process</i> (AHP).....	38
2.3.2 TOPSIS 2-Tuple.....	40
2.3.3 Informação Qualitativa Como Variável Linguística.....	41
2.4 MÉTODOS MULTICRITÉRIOS NO CONTEXTO <i>LEAN</i> E <i>GREEN</i> .....	43
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>45</b>
3.1 MODELO DE AVALIAÇÃO PARA AS OPERAÇÕES DE DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS EM PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS.....	45
3.1.1 Definição e Planejamento dos Casos.....	46
3.1.2 Seleção dos casos.....	52
3.1.3 Preparação, Coleta e Análise dos dados.....	53
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>68</b>
4.1 RESULTADOS AHP: CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DAS PMES.....	68
4.1.1 Especialistas Japoneses.....	68

4.1.2 Especialistas Brasileiros .....	70
4.1.3 Fase AHP: comparação e discussão .....	72
4.2 RESULTADOS TOPSIS 2-TUPLE .....	74
4.2.1 Pequenas e Médias Empresas Japonesas .....	74
4.2.2 Pequenas e Médias Empresas Brasileiras .....	84
4.2.3 Fase TOPSIS 2-Tuple: comparação e discussão .....	94
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>96</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>99</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nessa seção são apresentados brevemente assuntos abrangendo uma contextualização sobre o tema, problema de pesquisa, os objetivos geral e específicos, a justificativa, expondo os motivos pelos quais esse trabalho se faz pertinente na teoria e na prática, bem como a delimitação da pesquisa e, por fim, a estrutura que esse trabalho apresenta.

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

A Revolução Industrial ocorrida no século XVIII, foi um período de grande desenvolvimento tecnológico, onde os processos produtivos deixaram de ser manufaturados para se tornarem fabris (SILVEIRA; LIMA, 2003). Com isso, aconteceram algumas mudanças, tais como, os métodos de trabalho, a proliferação da inovação e desenvolvimento de mobilidade (GUEDES, 2018). Com esse novo paradigma produtivo a competitividade entre as empresas aumentou. Para suprir as necessidades e com o objetivo de conquistar o mercado consumidor, as empresas foram obrigadas a passar por fases de inovação bruscas. Isso ocorreu devido à vantagem competitiva estar ligada à necessidade das empresas inovarem e aprenderem com a inovação (SALUNKE *et al.*, 2011).

Para conseguir conciliar a evolução oriunda da revolução industrial com a pequena quantidade de recursos disponíveis é importante que eles sejam bem aproveitados, de maneira a obter o máximo rendimento (DHINGRA *et al.*, 2014). Tendo em vista esses aspectos, o desenvolvimento de novos produtos (*New Product Development* – NPD) está atrelado ao conceito de que se deve produzir com consciência, satisfazendo as necessidades dos clientes no presente, porém sem comprometer a capacidade de recursos para as gerações futuras suprirem as necessidades delas (GUEDES, 2018; BRUNDTLAND; KHALID, 1987).

Nesse contexto, em 2015 foram acordados pela ONU (Organização das Nações Unidas) os objetivos de desenvolvimento sustentável (*Sustainable Development Goals* – SDG). Esses objetivos representam um esforço multilateral para

tornar o mundo mais sustentável e com caminhos de resiliência (GUSMÃO CAIADO *et al.*, 2018).

Para que o uso dos recursos ocorra de forma harmônica, há pilares sociais, econômicos e ambientais que balizam o desenvolvimento de produtos de uma forma sustentável. Ainda, é válido atentar que a sustentabilidade é um processo iterativo, o que implica em várias perspectivas e disciplina para aplicação e manutenção dela (DOCKRY *et al.*, 2016). Ou seja, atitudes sustentáveis nas organizações devem ser contínuas e não pontuais, incluindo mudança de cultura dos envolvidos no processo.

A inovação *green* auxilia no gerenciamento de custos, visto que otimizam o uso de recursos, reduzem gastos relacionados à legislação ambiental e minimizam o uso de matérias primas (LEVIDOW *et al.*, 2016). Dessa forma, há muito potencial para inclusão da dimensão *green* em projetos de desenvolvimento de produtos, principalmente em pequenas e médias empresas (KLEWITZ; HANSEN, 2014).

Tendo em vista a quantidade limitada de recursos naturais, as empresas devem prezar para que todo o recurso que entra na empresa seja bem utilizado, evitando todo e qualquer tipo de desperdício. Isto é, visar maior rendimento entre entradas e saídas, de maneira a minimizar processos, operações e sistemas que não possuem valor agregado para o consumidor final (GUEDES, 2018). Nesse sentido, para atingir esse objetivo de maior rendimento com menos desperdícios, as empresas passaram a adotar o conceito de *Lean Manufacturing* (produção enxuta), que teve origem com o Sistema Toyota de Produção. Os princípios *lean* são amplamente disseminados como meio para a eliminação de resíduos, proposição de valor e melhoria contínua no desenvolvimento de produtos (LERMEN *et al.*, 2018).

Visando atender os princípios do *lean* algumas empresas adotaram práticas e facilitadores, implementadas anteriormente pela Toyota, como o *Just-in-time*, gestão da qualidade total, manutenção preventiva total e gestão de recursos humanos. Esses facilitadores e práticas são conhecidas por serem os desdobramentos da metodologia *lean* (SHAH; WARD, 2007).

O principal objetivo do *lean* é eliminar as atividades desnecessárias que não possuem valor agregado e reduzir as atividades que são necessárias para o processo, porém também não apresentam valor agregado. Dessa forma, visa manter no processo apenas atividades que realmente apresentem um valor agregado (ANAND; KODALI, 2008).

O *lean* concentra-se menos no uso eficaz das ferramentas em micro processos e atividades que já agregam valor ao produto, dessa forma, potencializando a atenção em racionalização do processo de NPD. Com isso, tem o objetivo de otimizar o tamanho dos lotes, melhorar o fluxo e a quantidade de informação, visto que esses pontos apresentam maior potencial de retorno (REINERTSEN, 2010).

Conforme exposto, para que as empresas tenham bom desempenho no campo de desenvolvimento de produtos, faz-se necessário o conhecimento e aplicação de métodos sustentáveis e de produção enxuta. De acordo com Guedes (2018), o NPD apresenta um conjunto de operações que influencia nos processos de manufatura, ciclo de vida dos produtos e adoção dos aspectos *lean* e *green* nas empresas.

O NPD busca determinar as especificações de projeto de um produto e do processo nele envolvido, alinhado com as necessidades de mercado, as possibilidades e restrições tecnológicas e avaliando as estratégias competitivas e de produto da empresa. Ainda, o processo de NPD acompanha desde a concepção do projeto, lançamento do produto e o ciclo de vida dele, até o descarte ou reuso e reciclagem (ROZENFELD *et al.*, 2006).

O desenvolvimento de produto, atualmente, não se restringe apenas em funcionalidade técnica, mas sim equilibrando conceitos sustentáveis e enxutos como forma de garantir o crescimento futuro da empresa, bem como manutenção dela no mercado (HARIK *et al.*, 2015). Tendo em vista os princípios do *lean* e do *green*, o NPD deve reduzir a quantidade de resíduos nas empresas, visando melhorar o uso dos recursos produtivos para que dessa forma seja possível aumentar a competitividade da empresa frente ao mercado (JASTIA; KODALI, 2015). No entanto, os resíduos considerados se diferem entre os conceitos. No *lean*, se concentra em atividades sem valor agregado ao consumidor, por outro lado, no *green*, trata-se de recursos naturais retirados do meio ambiente (JOHANSSON; SUNDIN, 2014).

Sendo assim, por meio desse trabalho foi analisada a sinergia dos princípios *lean* e *green* e o quanto estão aplicados nas pequenas e médias empresas focadas em desenvolvimento de novos produtos.

## 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

O desenvolvimento de novos produtos é considerado cada vez mais crítico para as empresas, visto que devem conseguir conciliar diversos propósitos, como atender

requisitos dos clientes agregando valor, com custo baixo e boa qualidade. Além disso, as empresas são pressionadas pelo governo e pelos consumidores para que os produtos sejam sustentáveis e não comprometam os recursos naturais.

Frente a isso, a pergunta de pesquisa, que buscou-se responder ao longo desse trabalho, baseia-se no questionamento: qual é o nível de maturidade da aplicação dos conceitos e facilitadores do *lean* e do *green* no processo de desenvolvimento de novos produtos em pequenas e médias empresas brasileiras e japonesas?

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta dissertação é analisar o nível de maturidade de aplicação dos conceitos *lean* e *green* no processo de desenvolvimento de novos produtos de pequenas e médias empresas brasileiras e japonesas.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, a pesquisa foi dividida em três objetivos específicos:

- Investigar na literatura, conceitos do *lean* e *green* e agrupar facilitadores e técnicas de ambos os princípios;
- Verificar o nível de maturidade da aplicação *lean* e *green* das pequenas e médias empresas brasileiras e japonesas;
- Comparar o comportamento das pequenas e médias empresas brasileiras e japonesas.

### 1.4 JUSTIFICATIVA

De acordo com Kumar *et al.* (2016), os facilitadores do *lean* e do *green* apresentam importância estratégica no NPD, uma vez que ambos os conceitos são

aplicados visando reduzir custos, contribuir para a otimização e alcançar a sustentabilidade. Além de facilitar a alta competitividade da empresa no mercado (JOHANSSON; SUNDIN, 2014).

Para a integração desses conceitos, eles devem ser implementados de forma sistêmica, tanto as práticas sustentáveis quanto as práticas enxutas. Porém, essa implementação requer métricas adequadas para avaliar a contribuição e os efeitos de ambos os conceitos no desempenho organizacional (MARTÍNEZ LEÓN; CALVO-AMODIO, 2017).

O desenvolvimento de produtos *green* (GPD) é importante para as organizações abrangerem um conjunto mais amplo de partes interessadas (POLONSKY; OTTMAN, 1998), bem como, melhorar a escolha dos materiais para seus produtos, adotando uma abordagem mais ampla de *design* ecológico (RUSSELL-SMITH *et al.*, 2015).

Por outro lado, o desenvolvimento de produtos *lean* (LPD) pode fornecer para as organizações uma forma eficaz de proporcionar benefícios significativos em redução de resíduos e tempo de ciclo com mínimo risco de ruptura ou resistência cultural (GUNASEKARAN, 1998).

Apesar dessa sinergia entre os conceitos, há uma lacuna na literatura onde a maioria dos estudos encontrados concentram-se em estudar o desenvolvimento de produtos com foco no *green* ou no *lean*, porém raramente, eles combinados (KUMAR *et al.*, 2015).

Garza-Reyes (2015) realizou uma pesquisa abrangente na linha do *lean* e *green*. Com essa pesquisa concluiu que na literatura há pouco foco na compatibilidade entre esses dois conceitos, bem como, a interação deles nas empresas também é pouco explorada. Além disso, Caldera *et al.* (2017) também perceberam em seus estudos que há uma lacuna de conhecimento de um sistema extensivo entre os impactos ambientais e os modelos enxutos adotados pelas empresas.

A literatura apresenta estudos envolvendo o desenvolvimento de novos produtos em grandes empresas, porém não há dados formalizados de que os processos utilizados nesses casos possam ser replicados em pequenas e médias empresas. Sendo assim, encontra-se uma lacuna quando buscado esse assunto na literatura.(LEITHOLD *et al.*, 2016).

No trabalho de Oliveira *et al.* (2018) foram abordados os princípios *lean* e *green* simultaneamente em PMEs focadas em NPD em países em desenvolvimento como o

Brasil. Esse trabalho foi importante para identificar quais os facilitadores são mais aplicadas e oferecem resultados reais nas empresas. Além disso, o mesmo serviu como base para a realização dessa pesquisa, que passou por diversos refinamentos e foi focada em outro contexto: países desenvolvidos, como o Japão, e países em desenvolvimento, como o Brasil, e realizada uma comparação entre eles.

Para que a comparação entre dois países tão distintos ocorresse de forma científica e seja, de fato, válida, as empresas escolhidas para esse trabalho precisavam atender a determinados requisitos. Todas as empresas deviam ser classificadas como Pequenas e Médias empresas, atuam no desenvolvimento de novos produtos no setor metal mecânico e precisavam ter evidências de metodologias *lean* e *green*, o que foi verificado por meio de um contato prévio com a amostra das empresas investigadas.

A escolha dos países foi motivada de modo que fossem escolhidos dois contextos com realidades distintas. Sendo assim, optou-se por analisar a aplicação do *lean* e *green* em países desenvolvidos e comparar com a aplicação das metodologias em países em desenvolvimento.

A escolha do Brasil se justifica por ser um dos membros do BRICS<sup>1</sup>, o que salienta sua importância no cenário global. Visto que, os países membros do BRICS são considerados fundamentais para o futuro desenvolvimento econômico global (TIAN *et al.*, 2020). Além disso, as PMEs desses países são consideradas mais propícias para aderir à propostas de desenvolvimento de produtos sustentáveis e enxutos (MANI *et al.*, 2020).

O Japão, se justifica por ser um país modelo de disciplina e atender ao requisito de ser desenvolvido. Além disso, as PMEs no Japão são conhecidas como um modelo de crescimento econômico, pois apresentam resultados excelentes na economia daquele país. Seus sistemas de produção e gestão foram considerados altamente eficientes e são considerados motivo de testes para serem transferidos para outras regiões na Ásia, como um modelo de sucesso e produtividade (YUKA, 2010).

Essa pesquisa apresentou como resultados práticos a identificação dos melhores facilitadores do *lean* e do *green* para a adesão das PMEs focadas em NPD. Além disso, propiciou a seleção das melhores práticas adotadas pelas empresas

---

<sup>1</sup> BRICS é o agrupamento formado por cinco grandes países emergentes - Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul

como uma forma de replicá-las em outras empresas do mesmo setor que buscam implantar os princípios do *lean* e do *green* em seus processos.

Como contribuições teóricas, essa pesquisa serviu para sanar uma lacuna na literatura relacionada com a aplicação dos princípios *lean* e *green*, simultaneamente. Além disso, aborda esses princípios nas pequenas e médias empresas, visto que há outra lacuna na literatura quando trata delas.

Ademais, um estudo de caso com múltiplos casos se justifica pela sua robustez ao obter dados mais consistentes. Sendo assim, a realidade pode ser avaliada em diferentes cenários dentro de um mesmo contexto, o que permite que a generalização seja feita de forma mais estruturada. Ainda, os estudos de casos múltiplos fornecem dados mais convincentes e também podem permitir a investigação de tópicos mais amplos do que os estudos de caso único.

## 1.5 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O enquadramento da presente pesquisa se classifica quanto à natureza como pesquisa aplicada, pois apresenta aplicação prática e tem como objetivo solucionar problemas específicos. Quanto à abordagem do problema, a pesquisa é classificada como qualitativa, pois descreve a complexidade do problema, analisa as interações das variáveis de maneira mais profunda, compreende e classifica processos dinâmicos de grupos sociais, trazendo maior realidade para a pesquisa. Quanto aos objetivos é considerada como uma pesquisa exploratória por envolver levantamento de dados bibliográficos e busca identificar fatores que influenciam no fenômeno. Quanto aos procedimentos técnicos é classificada como um estudo de caso, visto que essa pesquisa será realizada em empresas (SILVA; MENEZES, 2005, GIL, 2002, CAUCHICK, 2012). A Figura 1 apresenta o enquadramento metodológico da presente pesquisa.

Figura 1 - Enquadramento Metodológico da pesquisa



Fonte: O autor (2020)

## 1.6 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Esse estudo foi realizado em dois países com realidades distintas: Brasil e Japão. O Japão representa os países desenvolvidos e o Brasil representa os países em desenvolvimento. Foram escolhidos esses dois contextos para analisar as diferenças de maturidade dos princípios *lean* e *green*.

Além disso, o Japão foi o país desenvolvido escolhido por ser o berço da metodologia *lean*. Sendo assim, é esperado que fossem encontradas práticas diferenciadas de aplicação que permitem o sucesso dessa metodologia e possam ser replicadas no Brasil, como lições aprendidas. Ainda, foi estudada a aderência da metodologia *green* que atualmente tem sido aplicada aliada ao *lean*.

Foram selecionadas quatro empresas do setor metal mecânico em cada um dos países. Essas empresas enquadram-se como pequenas ou médias empresas de acordo com a classificação estipulada no país de origem delas. Além disso, para analisar as características das PMEs foram escolhidos três especialistas em cada um dos países, sendo eles professores, pesquisadores do assunto ou diretores executivos (*Chief Executive Officer* – CEO).

Para a elaboração dessa pesquisa foi realizada uma revisão integrada de literatura, na qual foram estabelecidas palavras-chave relacionadas com o tema. A partir das palavras-chave foram selecionadas as bases científicas de busca e período de pesquisa, de acordo com o ano de publicação.

Foram selecionadas duas bases para a pesquisa: *ScienceDirect* e *Scopus*. A base *Scopus* foi selecionada visto que é o maior banco de dados científicos, considerando a partir do ano 2000 até 2011 (GUERRERO, MOYA, 2012). Já, a *ScienceDirect* é a principal base de dados da *Elsevier*, no qual são encontrados textos científicos completos, com dados referenciais e apresenta publicações em diversas áreas de conhecimento, tornando-se uma base multidisciplinar (DE LIMA *et al.*, 2015). O período selecionado foi entre os anos de 2014 a 2021, visando obter apenas artigos com informações atuais, porém com uma margem de oito anos para que a quantidade de documentos encontradas seja relevante para a realização do estudo.

## 1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Essa dissertação é apresentada em cinco capítulos, visando organização a cerco do tema proposto. O primeiro capítulo é a introdução e abrange a contextualização do tema, juntamente com o problema da pesquisa, o objetivo geral e os específicos, a justificativa pelo qual o trabalho se faz importante, a delimitação do tema e a estrutura da dissertação.

No segundo capítulo apresenta-se o referencial teórico que é estruturado em tópicos: Pequenas e Médias empresas, no qual apresenta uma visão geral sobre as PMEs, bem como apresenta as distinções entre os contextos japonês e brasileiro; o desenvolvimento de novos produtos, que abrange o conceito geral de NPD e apresenta também as particularidades do desenvolvimento de produtos *lean*, com o LPD e do *green* com o GPD; os métodos multicriteriais que foram utilizados, apresentando os métodos AHP e TOPSIS 2-Tuple e, por fim, os trabalhos correlatos, no qual são abordados trabalhos semelhantes ao que foi desenvolvido.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia e é disposto em duas partes. A primeira trata-se do enquadramento metodológico da pesquisa e a segunda apresenta os materiais e métodos para o desenvolvimento da pesquisa, explanando o passo a passo para a realização de um estudo multicase fazendo uso dos métodos multicriteriais e do estudo comparativo.

No quarto capítulo apresentam-se os resultados dessa pesquisa, expostos de forma a responder à pergunta de pesquisa elaborada na introdução e cumprir todos os passos estipulados na metodologia de pesquisa.

E, por fim no quinto capítulo, destacam-se as considerações finais e as sugestões para realização de trabalhos futuros, visando contribuir com o contexto que engloba o desenvolvimento de produtos *lean* e *green* em pequenas e médias empresas focadas no desenvolvimento de produtos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nessa seção constam o desenvolvimento teórico abordando a respeito das Pequenas e Médias Empresas (PMEs) no contexto Japonês e Brasileiro, sobre o Desenvolvimento de Novos Produtos (NPD), com abordagem *lean* e *green*, ainda foram abordados os dois métodos multicritérios que foram utilizados para o desenvolvimento da pesquisa: Método AHP e TOPSIS 2-Tuple, as particularidades de cada um deles. Além disso, está evidenciada uma breve subseção sobre o processamento de informações qualitativas fazendo o uso de variáveis linguísticas.

### 2.1 PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS

O conceito de pequenas e médias empresas (PMEs) não é o mesmo utilizado em todos os países. Em cada diferente contexto, encontra-se uma definição que classifica as empresas de acordo com o que foi adotado naquele local especificamente. Em alguns países a classificação é realizada por meios dos lucros anuais das empresas e em outros por meio do número de funcionários empregados (OKAMURO, 2007).

As PMEs se diferem das grandes empresas em aspectos importantes, como a experiência adquirida com empresas estrangeiras, capacidade de suportar demandas maiores de produção e nível de recursos disponíveis para gerenciar operações muito mais elevadas (VACHANI, 2005). O papel desempenhado pelas PMEs tem destaque no setor de manufatura para todo o mundo, tanto em termos de produção quanto na geração de empregos. Ainda, como um ponto positivo, as PMEs podem responder mais rapidamente às mudanças de necessidades dos clientes, visto que a demanda de variedade pode aumentar rapidamente (ALKHORAIF *et al.*, 2019). Ou seja, as pequenas e médias empresas apresentam maior flexibilidade frente ao mercado consumidor (LEITHOLD *et al.*, 2016).

Para que o desempenho das PMEs seja bom, é importante que elas estejam alinhadas com a economia. Mudanças na economia global contribuem para os desafios e oportunidades que as empresas enfrentam. Uma vez que, é amplamente reconhecido que as PMEs contribuem substancialmente para a economia da região em que estão inseridas (DOMINGUEZ; MAYRHOFER, 2017).

As pequenas e médias empresas têm pontos fortes bem delineados frente às grandes empresas, tais como: dinâmica empresarial, flexibilidade, eficiência e rapidez na tomada de decisão. Porém, em contra partida, apresentam dificuldades, como o marketing, recursos financeiros e tecnológicos (PAUL, 2020).

Apesar de o cenário estar mudando, as PMEs, de modo geral, ainda apresentam pouco foco em inovação. Quando comparado com as grandes empresas, a proporção de PMEs focadas em pesquisa e desenvolvimento é muito baixo. Porém, mesmo sem grande adesão nessa área, algumas pequenas e médias empresas, principalmente em países desenvolvidos, têm impacto positivo sobre a lucratividade, crescimento da produtividade e patentes, o que não é recorrente em todo o mundo (OKAMURO, 2007).

A inovação é vital para o crescimento econômico, para a formação de novas plantas e para o enfrentamento de novos desafios (SIVAM *et al.*, 2019). Ainda, a inovação é essencial para que os negócios e as empresas se mantenham ativas e competitivas no mercado (CHESBROUGH, 2006). Porém, normalmente, as empresas têm dificuldade em se alavancar sem fontes externas de conhecimento, principalmente na área técnica (BUGANZA *et al.*, 2014).

Frente ao exposto, uma ferramenta importante e muito útil para o ramo empresarial é a inovação aberta. Nela, além de fazer uso das ideias internas vindas dos colaboradores, as empresas aproveitam também a capacidade inventiva de fontes externas, como clientes e fornecedores (STAL *et al.*, 2014).

A inovação aberta possibilita as empresas de inovarem mais em seus processos, utilizando menos recursos próprios (HSUEH; CHEN, 2015). Dessa forma, a inovação aberta pode ser vista como estratégia de aumento de competitividade, melhoria no posicionamento frente aos concorrentes e criação de valor agregado aos compradores (ITO *et al.*, 2012). Para que as pequenas e médias empresas sejam consideradas inovadoras, devem basear seus negócios em tecnologias e processos novos ou aprimorados para o desenvolvimento de novos produtos a serem inseridos no mercado (HOLGERSSON, 2013).

Tendo em vista a importância de cooperar com outras empresas, algumas PMEs sentem a necessidade de se tornar internacionalizadas. Isso ocorre por terem se aventurado no exterior cada vez mais, motivados por razões, como: menores barreiras com o mercado externo. Essas empresas são vistas como contribuintes ativas para o crescimento econômico e emprego (VACHANI, 2005).

Porém, para que essa internacionalização obtenha os resultados tão positivos quanto o esperado, é importante estudar além do mercado, expandindo também para a economia da região. Isso porque, para que uma empresa tenha sucesso em determinada localidade depende também das condições econômicas de toda a região na qual ela está sendo inserida (CHOE, 2007).

Com isso, empresas que atuam nos mercados de países desenvolvidos e países em desenvolvimento, podem apresentar problemas se não souberem lidar com as mudanças. Esses problemas são mais comuns em PMEs de países desenvolvidos quando expandem para países em desenvolvimento. É importante que tenham conhecimento do mercado local para onde estão se expandindo (VACHANI, 2005).

Países desenvolvidos são caracterizados por apresentarem custos de transações baixos e desprezíveis, oriundos de um mercado altamente desenvolvido e eficiente. Bem como, há mais probabilidade de o gerente possuir acesso a informações necessárias para decisões importantes (NORTH, 1990; VACHANI, 2005).

As diferenças nos ambientes institucionais podem ocasionar graves problemas nas empresas quando transferem práticas organizacionais além das fronteiras. Esse desafio é ainda maior para as pequenas e médias empresas devido aos recursos escassos para facilitar o desafio e transferir práticas organizacionais (KOSTOVA, 1999; VACHANI, 2005).

De acordo com o que foi explanado e devido aos objetivos dessa pesquisa abordarem os países do Brasil e do Japão, cabe apresentar os dois contextos, apontando as similaridades e diferenças existentes entre eles.

### **2.1.1 Pequenas e Médias Empresas: Contexto Japonês**

A classificação de PME no Japão é obtida por meio do número de pessoas que elas empregam em suas instalações. Para que uma empresa seja considerada como sendo de pequeno ou médio porte ela deve empregar de 50 a 299 pessoas, desde operação, manutenção e gerência (VACHANI, 2005).

Uma pesquisa realizada em 1991 revelou que apenas 9% das pequenas e médias empresas do Japão estavam ligadas à pesquisa e desenvolvimento de produtos. Esses dados foram confirmados novamente em 2007, sem sofrer grandes alterações (OKAMURO, 2007). Apesar de ser a terceira maior economia mundial, por

muitos anos consecutivos, o empreendedorismo no Japão permanece pouco pesquisado. Ele representa um ponto médio entre as diferenças culturais existentes nos outros países que também são potências da economia mundial, como a China e os Estados Unidos (ANDERSON; ESHIMA, 2013).

As PMEs representam parte substancial da atividade econômica, em termos de números de empresa e do produto interno bruto (PIB) em praticamente todos os países do mundo (ASAI, 2019). No Japão, elas representam cerca de 99,7% de todas as empresas, compondo 70,2% dos empregos (CHOE, 2007).

Devido ao elevado número de PMEs existentes, elas representam de 70 a 80% da receita do Japão (CHOE, 2007). Porém, ainda assim, essas empresas têm dificuldade de conseguirem financiamentos de atividades, visto que apresentam assimetria de informações (ASAI, 2019). Em alguns casos, são impedidas de utilizar financiamentos diretos.

As PMEs Japonesas são divididas em dois grupos distintos com economias diferenciadas: aquelas que atendem somente o mercado doméstico, ou seja, produzem apenas para clientes nacionais e aquelas que se dedicam à exportação, investimento direto ou terceirização de processos de produção (TODO; SATO, 2014).

Normalmente as empresas domésticas são menos produtivas que as empresas internacionalizadas (TODO; SATO, 2014). Porém, com o retorno maior, essas empresas também enfrentam taxas de impostos diferenciadas, relacionadas à quantidade de lucros obtidos (ASAI, 2019). No Japão, as empresas com pouco rendimento pagam 15% de impostos, enquanto empresas com rendimentos mais elevados pagam um valor de 23,2% de impostos sobre seus lucros. Em suma, o sistema tributário japonês é progressivo, quanto maior o lucro da empresa, maiores são os impostos pagos para o governo (ASAI, 2019).

Em decorrência da dificuldade de conseguir recursos com bancos, as PMEs tendem a ter níveis mais baixos de recursos tangíveis, como bens, equipamentos e capital (THORNHILL; AMIT, 2003). Com isso, é perceptível que as pequenas e médias empresas enfrentam desvantagens frente às grandes empresas (LUNARDI *et al.*, 2010). Dessa forma, para se destacarem no mercado, devem possuir postura estratégica empreendedora a fim de obter melhor desempenho frente as empresas gerenciadas de forma conservadora (ANDERSON; ESHIMA, 2013).

As PMEs que apresentam postura estratégica empreendedora, as quais possuem uma importância temporal, conhecimento de mercado e estrutura adaptável

são capazes de apresentar fortes resultados de crescimento no mercado em que estão inseridas (ANDERSON; ESHIMA, 2013). A postura estratégica empreendedora compreende a inovação como parte importante para o desempenho e crescimento das empresas (ROSENBUSCH *et al.*, 2011).

Em relação à vantagem competitiva, as PMEs japonesas estão no mesmo patamar que as norte americanas e bem mais avançadas que as europeias (WYMENGA *et al.*, 2011). Com o objetivo de aumentar ainda mais a competitividade no mercado, um ponto eficaz é utilizar os recursos externos, cooperando com outras organizações. Com isso, reduz o risco da inovação, compartilha custos e mitiga incertezas (OKAMURO, 2007).

### **2.1.2 Pequenas e Médias Empresas: Contexto brasileiro**

No Brasil existem diversas classes classificatórias para as PMEs, como a renda anual, número de funcionários para comércio e serviços ou número de funcionários industriais. Para essa pesquisa, no Brasil, são consideradas PMEs empresas que tenham entre 50 e 250 funcionários (BASTOS *et al.*, 2018), similar à classificação adotada para o Japão (VACHANI, 2005).

As PMEs brasileiras enfrentam grandes dificuldades para sobreviver e se desenvolver, porém elas são importantes agentes de promoção da concorrência nos mercados nos quais atuam (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2017). Essas empresas enfrentam problemas para obter acesso a recursos financeiros devido à falta de garantia de pagamento, ocasionada, normalmente, pelo tamanho da empresa (MAGALHÃES *et al.*, 2009).

O setor das pequenas e médias empresas no Brasil representa cerca de 43% da renda total dos setores industriais, de comércio e serviço, além disso, representa um equivalente de 30% do PIB nacional. Ademais, as PMEs são responsáveis por, aproximadamente 60% da força de trabalho e 42% da massa salarial do país (CAMPOS *et al.*, 2008).

Estima-se que as PMEs brasileiras representem, aproximadamente, 51,6% do número total dos exportadores do país, em 2014. Dessa forma, permitindo que o Brasil se torne o segundo maior exportador da América Latina, apresentando cerca de 1,22% das exportações mundiais, sendo ultrapassado apenas pelo México (OURA *et al.*, 2016).

Com base nesses percentuais significativos, é possível afirmar que as PMEs vêm crescendo de forma substancial e avaliando as condições do país. Estima-se que há possibilidade de desenvolver um dos maiores programas de empreendedorismo do mundo, até mesmo quando comparado com grandes potências, como os Estados Unidos (CAMPOS *et al.*, 2008).

Devido à heterogeneidade em termos de acesso ao mercado consumidor, tecnologias e capital humano, além das ligações com grandes empresas, as pequenas e médias empresas brasileiras têm a produtividade, capacidade de exportação e crescimento potencial afetados (CARDOZA *et al.*, 2016).

Além das dificuldades listadas acima, outro problema que também afeta as PMEs de países emergentes como o caso do Brasil é que elas carecem de uma estrutura formal de pesquisa e desenvolvimento (P&D), que muitas vezes não pode ser ofertada pelo país (OURA *et al.*, 2016).

Também, devido à baixa quantidade de mão de obra ofertada, as PMEs enfrentam a escassez de tempo e recursos para buscar o necessário de informações. Essas informações estão principalmente relacionadas à utilização de técnicas e ferramentas para identificar e analisar a implementação das ferramentas *lean* e *green* (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2017).

## 2.2 DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS

O desenvolvimento de novos produtos (NPD) consiste em um conjunto de atividades, a partir das quais é possível exprimir as necessidades do mercado e dos clientes, fazendo uso de tecnologias e estratégias competitivas. Ainda, o NPD está relacionado com todo o ciclo de vida do produto, desde a concepção do projeto até a descontinuidade dele no mercado (ROZENFELD *et al.*, 2006).

O NPD está elencado como um dos principais processos de negócios e está severamente afetado pelos desafios decorrentes do crescimento constante do mercado. Entre esses desafios está a variação da quantidade de produtos a serem desenvolvidos, uma vez que está em foco a individualização dos requisitos de clientes (DOMBROWSKI; KARL, 2017). Essa individualização apesar de ser um desafio pode ser considerada benéfica para a empresa, desde que seja possível inserir esses produtos com alta demanda. O sucesso das organizações, entre outros fatores,

depende do número de produtos de alto consumo que elas inserem no mercado (HU *et al.*, 2017).

A introdução de novos produtos no mercado, segundo Marques (2014), é a inovação puramente. Essa inovação é considerada por Sivam *et al.* (2019) como vital para o crescimento econômico das empresas, bem como para a formação de novas plantas e para o enfrentamento de novos desafios. Além disso empresas que não inovam, não conseguem se manter ativas no mercado por muito tempo (CHESBROUGH, 2006).

Tendo em vista a urgência por inovação e a dificuldade por obtê-la, surgiu uma opção alternativa: a inovação aberta. A inovação aberta é utilizada nas empresas como estratégia para aumento da competitividade (STAL *et al.*, 2014). Para que essa competitividade seja efetiva, é necessário que haja definição de valor no NPD, ou seja, que os produtos agreguem boa qualidade, custos de fabricação reduzidos e tempo de comercialização adequado (ANAND; KODALI, 2008).

Além disso, para aumentar a competitividade e alcançar melhoria em termos de custo, qualidade e tempo, diferentes conceitos de gerenciamento e filosofias foram estabelecidos na prática comercial (DOMBROWSKI; KARL, 2017). Dentre esses conceitos estão as filosofias *lean* (AHMAD *et al.*, 2018; DOMBROWSKI; KARL, 2017; KLEIN *et al.*, 2014; KUMAR *et al.*, 2016; LERMEN *et al.*, 2018; MARODIN *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2018; RAUCH *et al.*, 2016) e *green* (AHMAD *et al.*, 2018; FARIAS *et al.*, 2019; KUMAR *et al.*, 2016; MATINARO *et al.*, 2019; DE MEDEIROS *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.* (2018).

De acordo com Oliveira *et al.* (2018) há uma sinergia entre os conceitos *lean* e *green*, visto que ambos buscam reduzir os custos e minimizar o uso de recursos, com o objetivo de elevar a competitividade. O *lean* enfatiza a minimização dos desperdícios em operações que não agregam valor aos produtos, enquanto o *green* objetiva selecionar materiais e a maximizar seu uso, como boas práticas de reutilização e reciclagem (JOHANSSON; SUNDIN, 2014).

O *lean* serve como catalisador para o *green*, ou seja, serve como facilitador para que as empresas se transformem em sustentáveis (DÜES *et al.*, 2013). Para que haja a integração dessas práticas é necessário que se tenha métricas adequadas para avaliar a contribuição e efeitos de ambas no desempenho organizacional (MARTÍNEZ LEÓN; CALVO-AMODIO, 2017).

Tanto na literatura quanto nas indústrias é difícil encontrar princípios do *lean* e do *green* sendo abordados de forma simultânea. Segundo Johansson e Sundin (2014), os campos de pesquisa *lean* e *green* se desenvolveram relativamente independente um do outro. Porém, o NPD apresenta papel fundamental nos esforços das empresas para tornarem a produção *green* e *lean* simultaneamente (ANAND; KODALI, 2008)

### 2.2.1 Desenvolvimento de Produtos *Lean*

Apresentar uma organização enxuta e eficiente é cada vez mais importante no mundo dinâmico atual. Isso ocorre pois a concorrência das empresas no mercado consumidor está cada vez mais acirrada (RAUCH *et al.*, 2015). Sendo assim, é importante configurar e projetar o processo de NPD mais eficiente possível. Tendo em vista essa concorrência, com base em tendências reais e no ciclo de vida dos produtos, é possível identificar a necessidade de acelerar o tempo de desenvolvimento de produto e redução dos custos, tanto no produto quanto no processo de NPD (RAUCH *et al.*, 2017).

Com essas exigências do mercado, as empresas começaram a implantar um novo método para balizar a produção: a produção enxuta, ou *lean*. A metodologia *lean* surgiu a partir dos princípios implantados no Sistema Toyota de Produção (STP). Essa é uma metodologia que permite melhorar o desempenho buscando a melhor condição operacional do sistema de produção, com foco na identificação e na eliminação de resíduos, bem como a minimização da variabilidade existente entre a oferta e a demanda (SHAH; WARD, 2007). Além disso, inicialmente o foco era eliminar os desperdícios, posteriormente foi alterando para a criação de valor (BAINES *et al.*, 2006).

Embora o sistema leve em consideração todos os processos de negócios, o *lean* apresenta o escopo destinado à produção (WANGWACHARAKUL *et al.*, 2014). Por ser uma metodologia que promete grandes resultados, o termo *lean* se tornou uma das metodologias mais populares em iniciativas de melhorias de engenharia (KHAN *et al.*, 2013).

Somente após a evolução do conceito e dos princípios *lean* em todos os campos da ciência e da produção é que essa metodologia começou ser aplicada com

sucesso em vários campos (MATT *et al.*, 2015; TEGETHOFF e WILKESMANN, 1995). Para que houvessem melhorias semelhantes no todo, o conceito foi transferido para os processos principais e também aos de processos de suporte (DOMBROWSKI; KARL, 2017).

Os princípios do *lean* são amplamente disseminados e aplicados como forma de eliminação de desperdícios, proposição de valor agregado e melhoria contínua no processo de desenvolvimento de produtos (LERMEN *et al.*, 2018). A aplicação do *lean* tem três objetivos principais, os quais representam diferentes áreas do processo de melhoria: Criar produtos e projetos que agregam valor para todas as áreas e consumidores envolvidos; Gerar valor no ciclo de vida do produto e em toda a organização – estabelecendo um ciclo de vida eficaz e integrado em toda a cadeia; e, usar processos eficazes, aplicando os conceitos *lean* para eliminar os desperdícios e melhorar o tempo do ciclo de vida de engenharia e qualidade (MCMANUS *et al.*, 2005 e DAL FORNO *et al.*, 2013).

Dentre todas as áreas nas quais foram aplicados os princípios da metodologia *lean*, a engenharia de produtos foi uma que utilizou ferramentas e métodos promissores para o desenvolvimento de novos produtos (MYNOTT, 2012 e WALTON, 1999). Essa aplicação do *lean* em operações NPD, como uma forma de melhoria no gerenciamento de processos em empresas, foi nomeado de Desenvolvimento de Produtos *Lean* (LPD).

Porém, é importante não confundir o LPD com a manufatura enxuta (do inglês, *Lean Manufacturing* – LM), visto que eles têm grandes diferenças. O LPD pode ser considerado um moderador positivo na aplicação do LM no desempenho da qualidade. O LM são práticas que visam reduzir atividades sem valor agregado nas atividades de fabricação dentro das empresas, enquanto o LPD compreende todo o ciclo de vida do produto e ainda consegue agregar valor ao cliente (MARODIN *et al.*, 2018).

O LPD pode ser considerado como a aplicação dos princípios da metodologia *lean* no desenvolvimento de produtos, com o objetivo de desenvolver novos produtos com maior precisão ou aprimorar os produtos existentes com aspiração de maior sucesso no mercado onde estão inseridos (MYNOTT, 2012).

Na literatura existem diversas definições sobre o desenvolvimento de produtos *lean*. Porém, nesse trabalho a definição adotada é de que o LPD são práticas de projetos multifuncionais (técnicas e ferramentas/facilitadores) que são governadas

pelos fundamentos filosóficos do pensamento enxuto, com abordagem no valor, fluxo de valor, atração e perfeição. E, esses projetos podem ser usados, para elevar o valor do produto desenvolvido e eliminar o desperdício no NPD (LEÓN; FARRIS, 2011).

A metodologia *lean* no desenvolvimento de produtos é um trabalho de conhecimento, a partir do qual as empresas podem melhorar continuamente. Para tal resultado, são utilizadas ferramentas adaptadas, usadas em processos de produção repetitivos para eliminar os desperdícios e sincronizar atividades interfuncionais (LIKER; MORGAN, 2006, RAUCH *et al.*, 2016).

O LPD é impulsionado pela forte concorrência de mercado e têm potencial de reduzir o tempo de ciclos de vida do desenvolvimento do produto e tempo de mercado. Dessa forma, o LPD acelera o processo de desenvolvimento de produtos com uma forma mais enxuta de trabalho (GREMYR; FOUQUET, 2012 e LETENS *et al.*, 2011).

Visando atingir os resultados propostos com a aplicação do LPD nas empresas, ele abrange o processo completo. Isso é, desde a concepção e coleta de ideias, avaliando o sucesso potencial, desenvolvimento de conceitos, avaliando-os em busca do que melhor se encaixa, detalhamento do produto e teste, até o desenvolvimento e entrega do produto (MYNOTT, 2012).

As empresas que adotam o LPD buscam eficiência e eficácia. A eficiência é buscada minimizando a variabilidade interna e externa e reduzindo todas as formas de desperdício nos fluxos de informação e produção. Já a eficácia é obtida aumentando a qualidade e o valor do produto sob a perspectiva do cliente (MARODIN *et al.*, 2018).

Sendo assim, o principal fator que faz com que as empresas utilizem o princípios e facilitadores do LPD é assegurar o desenvolvimento eficiente e eficaz dos produtos, com o intuito de obter produtos finais atrativos para o mercado e para os clientes (JOHANSSON; SUNDIN, 2014).

Ainda, o LPD pode fornecer para as empresas uma forma mais eficaz de proporcionar benefícios significativos em redução de resíduos e redução do tempo de ciclo com risco mínimo de ruptura ou resistência cultural (GUNASEKARAN, 1998).

Quando os princípios do *lean* são aplicados no desenvolvimento de produto, ele têm a capacidade de incorporar ao NPD maior flexibilidade, dinamismo e interação entre equipes, além de conseguir um menor prazo de entrega (ROSSI *et al.*, 2016, WANG *et al.*, 2011).

Porém, para que esses benefícios sejam atingidos deve-se atentar para que os elementos do LPD não sejam vistos isoladamente e sim em conjunto (JOHANSSON; SUNDIN, 2014). O LPD deve ser abordado em perspectiva do sistema, onde todos os elementos estão alinhados em um conceito holístico (MORGAN; LIKER, 2006). Visto que todos os elementos do *lean* interagem e dependem um do outro.

Há quatro características que quando atendidas são responsáveis para a obtenção de bons resultados na implantação e manutenção do LPD: a liderança, trabalho em equipe, desenvolvimento de comunicação e a comunicação simultânea. Se houver a combinação entre essas características, há um grande probabilidade de que o *lean* seja implementado no NPD com êxito e obtenha bons resultados (WOMACK *et al.*, 1992).

Além dessas quatro características, Dombrowski *et al.* (2014) catalogaram os métodos *lean* e categorizaram em sete princípios do LPD: 1 – Melhoria Contínua, 2 – Padronização, 3 – Gestão Visual, 4 – Fluxo e Tração, 5 – Zero Defeitos, 6 – Liderança e Pessoas e 7 – Carregamento Antecipado, sendo que todos esses princípios têm como base o Zero Desperdício. As definições de cada um desses princípios podem ser observadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Princípios do *Lean*.

PRINCÍPIOS	DEFINIÇÃO	AUTORES
Melhoria Contínua	Busca incessante pela perfeição dos produtos acabados e dos processos de desenvolvimento dos produtos	DOMBROWSKI; KARL, 2017 e DOMBROWSKI; ZAHN, 2011
Padronização	Fluxo de trabalho estruturado e responsabilidades claras, com a finalidade de minimizar os improvisos e reduzir desperdícios	DOMBROWSKI; KARL, 2017, DOMBROWSKI; ZAHN, 2011 e KLEIN, 2007
Gestão Visual	Utilizada para simplificar a identificação dos resíduos, permite a transparência dos processos de produção e recursos que a empresa possui	DOMBROWSKI; KARL, 2017 e DOMBROWSKI; ZAHN, 2011
Fluxo e Tração	Tem a finalidade de gerar uma solução rápida, contínua e estruturada para os problemas que possam surgir no processo de desenvolvimento do produto	DOMBROWSKI; KARL, 2017 e DOMBROWSKI; ZAHN, 2011
Zero Defeitos	Tem o intuito de minimizar erros através de identificações e correções rápidas. Tem como principal regra/fundamento que não seja repassado nenhum erro para a etapa subsequente de produção. Ou seja, se houver a detecção de algum erro no produto, o mesmo deve ser solucionado antes de ser encaminhado para o próximo processo	DOMBROWSKI; KARL, 2017 e DOMBROWSKI; ZAHN, 2011

(Continuação)

PRINCÍPIOS	DEFINIÇÃO	AUTORES
Liderança e Pessoas	Tem como característica principal qualificar e motivar as pessoas. Promover, entre os empregados, uma cultura de evitar desperdícios e melhoria contínua	DOMBROWSKI; KARL, 2017, DOMBROWSKI; ZAHN, 2011 e KLEIN, 2007
Carregamento Antecipado	Tem como finalidade evitar erros elaborados e dispendiosos, retrabalhar ou realizar alterações e reparos	DOMBROWSKI; KARL, 2017, DOMBROWSKI; ZAHN, 2011 e THOMKE; FUJIMOTO, 2000

Fonte: O autor.

A base de todos esses princípios é evitar o desperdício. Sendo assim, todos os tipos de resíduos devem ser minimizados ou, se possível, eliminados definitivamente (LIKER; MORGAN, 2006).

Para que seja possível minimizar ou eliminar todos os tipos de resíduos, eles foram categorizados em sete tipos, sendo eles: Superprodução (produção antes da demanda); Inventário (estoque acima do mínimo absoluto); Transporte de Materiais; Movimentos desnecessários de funcionários durante o trabalho; Produção de produtos defeituosos; Tempo aguardando a próxima etapa do processo; e, Processamento excessivo das peças devido às más ferramentas ou projeto do produto demasiadamente complexo (ANAND; KODALI, 2008).

Os resíduos são fortemente associados à ineficiência no processo de NPD em si. Dessa forma, todos os resíduos devem ser evitados, pois atrasam o processo e se relacionam com atividades que não agregam valor ao produto final (JOHANSSON; SUNDIN, 2014). Isso significa que todas as atividades que não geram valor agregado ou valor estratégico para a empresa, na forma de novos conhecimentos, devem ser reduzidas ou eliminadas (NEPAL *et al.*, 2011 e WELO, 2011).

Já, os facilitadores da metodologia *lean* que afetam o NPD, são: engenharia simultânea, modularização, envolvimento cliente e fornecedor e *design* para capacidade de fabricação. A utilização dessas práticas nas empresas podem melhorar o processo de NPD e ainda, auxiliar no gerenciamento de portfólio (LEÓN; FARRIS, 2011).

Para que a implementação do LPD nas empresas seja bem sucedida, são exigidas algumas mudanças. Essas mudanças devem ocorrer em toda a organização, processos e pessoas, bem como nas ferramentas e técnicas utilizadas. Ou seja,

devem abranger o sistema como um todo, práticas e comportamento (LEÓN; FARRIS, 2011 e BAINES *et al.*, 2006).

Embora todos os pontos benéficos citados sobre a metodologia *lean* e a constatação de que o LPD possibilita que as empresas desenvolvam produtos de alta qualidade com maior rapidez e eficiência, ainda há muitas empresas que não o reconhecem como fonte potencial de vantagem competitiva (WELO, 2011).

Apesar de poucos estudos conciliarem a implementação prática dos conceitos *lean* e *green* simultaneamente no desenvolvimento de produtos, ambos são metodologias que tem objetivo semelhante e podem apresentar sucesso maior se aplicadas em conjunto. À medida que a abordagem *lean* evoluiu, a perspectiva *green* também foi gradualmente sendo introduzida nas empresas (MARTÍNEZ LEÓN; CALVO-AMODIO, 2017).

### **2.2.2 Desenvolvimento de Produtos *Green***

Atualmente, cada vez mais, as empresas buscam atingir seus objetivos no desenvolvimento de produtos, não apenas por meio de processos eficientes, mas também através de processos produtivos com operações sustentáveis. Essa busca por operações sustentáveis surgiu motivada, principalmente, pela escassez de recursos, pressão internacional e órgãos nacionais adotando regulamentos ambientais. Mas não menos importante, um dos motivos foi a pressão e a demanda das partes interessadas (RUIZ-BENITEZ *et al.*, 2017).

Para uma empresa adotar a linha de desenvolvimento de produtos *green* (*green product development* – GPD) é uma oportunidade e uma necessidade (DANGELICO; PONTRANDOLFO, 2010). Ainda, essa transição para a adoção do *green* é influenciada pelo governo e pelos clientes que estão cada vez mais atentos à grave poluição ambiental e que influencia negativamente para as empresas no crescimento econômico (HUANG *et al.*, 2015).

A sustentabilidade, base de toda metodologia *green*, pode ser definida como a capacidade de um produto ser manufaturado continuamente, garantindo menores impactos ambientais e proporcionando benefícios econômicos e sociais às partes interessadas (AHMAD *et al.*, 2018). Assim, é possível dizer que a sustentabilidade

está apoiada em três pilares: econômico, ambiental e social durante todo o ciclo de vida (TARNE *et al.*, 2017).

Tendo em vista que a sustentabilidade está envolvida em cada etapa do desenvolvimento e vida útil de um produto, ela é tida como um processo iterativo, que inclui perspectivas e disciplina (DOCKRY *et al.*, 2016). Dessa forma, hábitos sustentáveis devem ser contínuos, incluindo mudanças de cultura para a adesão da “filosofia” *green*.

Com essa preocupação, em 2015, foi acordado pelo governo dos países integrantes da Organização das Nações Unidas (ONU) os “Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (*sustainable development goals* - SDG)”. Eles representam um grande esforço multilateral para tornar o mundo mais sustentável.

Ainda, vale ressaltar que o desenvolvimento de produtos deve ser planejado para atender as necessidades dessa geração sem comprometer recursos para as gerações futuras satisfazerem suas necessidades (GUSMÃO CAIADO *et al.*, 2018).

É esperado que os SDGs auxiliem os governos dos países a enfrentar os desafios da implantação do desenvolvimento sustentável nas empresas, visando aplicar os conceitos ambiental, social e econômico em suas respectivas comunidades (CHOI *et al.*, 2016).

Organizações preocupadas com a escolha de materiais começaram a adotar uma abordagem abrangente de design ecológico com o objetivo de reduzir impactos ambientais da produção, diminuindo uso de energia elétrica e poluição do produto durante o uso, bem como a reciclagem do material após o descarte (RUSSELL-SMITH *et al.*, 2015). Ainda nesse âmbito, Cooper (1994) sugeriu um sistema de hierarquizar a gestão de resíduos nomeado de 3R, que aborda a redução, reutilização e reciclagem de recursos nos processos de desenvolvimento de produto.

Os principais objetivos do *design* sustentável de produtos são a redução do uso e emissão de recursos de um produto para o meio ambiente, bem como melhorar o desempenho socioeconômico ao longo do ciclo de vida do produto (GAGNON *et al.*, 2012).

O desenvolvimento de produtos *green* (GPD) se desenvolveu desde o início baseado em quatro transições: 1 – de pesquisa oportunista à realista; 2 – de um produto para um sistema; 3 – do contexto ambiental para o contexto sustentável e 4 – do desenvolvimento de conceitos à transferência de tecnologia e comercialização (AHMAD *et al.*, 2018). Sendo assim, para que o GPD seja efetivo e eficaz, é

fundamental a existência de um plano estratégico corporativo que englobe sustentabilidade (GUSMÃO CAIADO *et al.*, 2018).

Dessa forma, o GPD deve contemplar uma abordagem sistêmica em três níveis – macro, meso e micro escalas – integrando iniciativas de cima para baixo e de baixo para cima. O nível macro aborda a inovação, estratégias sustentáveis e metas. No nível meso, há incorporação formal de requisitos ambientais e no micro, são implementadas ferramentas sustentáveis e personalizadas, além de integrar aspectos ambientais no gerenciamento de projetos (BRONES; MONTEIRO DE CARVALHO, 2015).

Para reafirmar a importância de o GPD ser aplicado em todas as fases do desenvolvimento de produtos, estima-se que cerca de 80% dos impactos da sustentabilidade são decididos ainda no estágio de *design* do produto (KULATUNGA *et al.*, 2015).

As empresas consideram práticas GPD essenciais para o aumento da produtividade, redução de custos, melhor utilização dos recursos disponíveis e mitigação do descarte dos resíduos. Além disso, ser considerada ambientalmente amigável é outro ponto positivo do GPD (DE MEDEIROS *et al.*, 2018).

O desenvolvimento sustentável deve ser buscado por todas as empresas, independentemente do tamanho da organização. A orientação para as PMEs é que a sustentabilidade pode ser incorporada através do conhecimento associado ao nível de experiência e capacidade, tanto no aspecto estratégico como operacional (JOHNSON, 2017).

O desenvolvimento de inovações sustentáveis faz com que as empresas façam uso de novas tecnologias e técnicas, fornecendo ao mercado produtos mais eficientes, tanto ambiental, quanto social e economicamente. Esses produtos provocam mudanças no modelo de mercado e de negócios, bem como em seus sistemas de suporte (RAJALA *et al.*, 2016).

O principal pilar da sustentabilidade abordado na literatura é o ambiental, ou também conhecido como ecológico. Nesse aspecto há muito potencial para inclusão de filosofias ecológicas na fase de desenvolvimento de produtos, principalmente voltado para as PMEs (CHANG; CHEN, 2013). Essa inclusão pode ocorrer independente do modelo de referência utilizado para orientar o processo (SIHVONEN; PARTANEN, 2016).

Existem muitas ferramentas voltadas para o GPD, que variam desde as mais simples até as sofisticadas e com variabilidade no nível de dificuldade para a implementação. Porém, são poucas as ferramentas encontradas na literatura e na prática dentro das organizações que abordam a sustentabilidade em seus três pilares (AHMAD *et al.*, 2018).

Ferramentas simples como a lista de verificação, a Análise de Ciclo de vida (LCA) e a MET (que aborda a análise de Materiais, Energias e Toxicidade) são bastante utilizadas. Porém, dentre elas, a Análise de Ciclo de Vida é a que mais se destaca e chama atenção (WANG *et al.*, 2015). A LCA auxilia no entendimento do impacto ambiental de um projeto, quantificando as saídas indesejadas e converte elas em impactos mensuráveis (CERDAN *et al.*, 2009).

Tendo em vista que a inovação *green*, ou seja, sustentável, contribui para o desempenho das empresas, além de melhorar o desempenho da gestão e satisfazer os requisitos de proteção ambiental, ela também se tornou uma ferramenta útil para as empresas (CHEN *et al.*, 2006).

Os resultados favoráveis da inovação *green* estão incentivando a alta direção das empresas a atentarem para a conversão de tecnologias limpas e prevenção da poluição em produtos *green*. O desenvolvimento de produtos *green* (GPD) é um dos principais temas abordados na literatura sobre gestão ambiental (ALBINO *et al.*, 2009).

Nesse sentido, os indicadores de desempenho operacional do GPD, encontrados na literatura, são a substituição de materiais e peças poluentes ou nocivas ao meio ambiente, *design* focado na redução de desperdícios e consumo de recursos durante a produção e o uso do produto, bem como o projeto para desmontagem, reutilização e reciclagem do produto (GONZÁLEZ-BENITO; GONZÁLEZ-BENITO, 2006).

De acordo com os indicadores apresentados, as empresas com melhor desempenho no GPD são as que conseguem desenvolver produtos com baixo impacto ao meio ambiente, sociedade e economia (JABBOUR *et al.*, 2015). Para isso devem fazer uso de recursos menos nocivos e utilizar a menor quantidade de recurso possível no desenvolvimentos dos produtos, desde a concepção do projeto até o descarte do produto (CHEN *et al.*, 2006).

Sendo assim, os principais objetivos dos produtos sustentáveis foram resumidos por Gagnon *et al.* (2012) como sendo a redução do uso e emissão de

recursos no meio ambiente, melhorando o desempenho socioeconômico do produto ao longo do ciclo de vida dele.

As empresas que operam sob maior pressão de legislação e clientes no quesito de sustentabilidade tendem a adotar práticas *green* como uma forma logística e, conseqüentemente, se aproximam muito mais do GPD. Dessa forma, o tamanho da empresa, certificação ISO e pressão da legislação influenciam na adesão às práticas do GPD (JABBOUR *et al.*, 2015).

Na sua essência, a sustentabilidade deve abranger as três facetas que a compõem (econômica, social e ambiental) de forma simultânea (ROSEN; KISHAWY, 2012). Porém, por muito tempo, no passado, a dimensão social da sustentabilidade foi bastante negligenciada na maior parte das ferramentas de *design* de produto (GMELIN; SEURING, 2014).

Atualmente o escopo das ferramentas do *design* sustentável e GPD são abrangentes com escopo, limites e aplicações aprimoradas (AHMAD *et al.*, 2018). E, para a realização de uma análise detalha de quais as ferramentas estão sendo mais utilizadas pelas empresas, os métodos multicriteriais são instrumentos indispensáveis.

## 2.3 MÉTODOS MULTICRITÉRIO

Nesse subcapítulo foram apresentados os métodos multicritério utilizados na pesquisa, bem como o processamento de dados.

### 2.3.1 *Analytic Hierarchy Process (AHP)*

O método *Analytic Hierarchy Process (AHP)* é considerado um método de seleção e tem como objetivo escolher em forma de hierarquia as alternativas apresentadas. A análise das alternativas ocorre par-a-par, elencando qual a melhor entre duas alternativas e quanto uma é potencialmente melhor que a outra (SAATY, 2002).

Esse método é amplamente utilizado para a tomada de decisão na resolução de conflitos no processo de decisão e hierarquização. Uma das principais características deste método é a relação entre o processo de tomada de decisão e o raciocínio humano, visto que a mente humana distribui elementos em grupos de

acordo com propriedades, estruturando o raciocínio e conseqüentemente a tomada de decisão (SAATY, 1991).

Dessa forma, é possível analisar que a principal vantagem apresentada por esse método é a conversão de julgamentos qualitativos (avaliação de especialistas) em valores quantitativos (pesos).

Os elementos a serem comparados são dispostos em uma matriz  $n \times n$ , na qual serão realizadas as correspondências. Na diagonal principal os elementos são unitários e os outros são recíprocos das comparações iniciais. Esse método é realizado por especialistas do assunto em construir hierarquia por meio das respostas de especialistas, definir prioridades e verificar a consistência lógica das respostas (SAATY, 2002).

Tendo como base essa matriz quadrada, é determinado o vetor que apresenta o peso de cada critério estabelecido na comparação, em função da preferência dos decisores (especialistas), a partir de um julgamento pareado.

Quando apresentado inicialmente por Saaty (1977) esse vetor com os pesos de cada critério era determinado pelo auto vetor da Matriz de Decisão. No entanto, ao longo dos anos, descobriram-se diversos outros métodos para que fosse obtido esse mesmo vetor. Nessa pesquisa foi estabelecido o método da Normalização Aditiva, que apresenta bons resultados e não requer grandes esforços computacionais.

Essa normalização aditiva foi proposta por Srdjevic (2005) e consiste em um método algébrico que realiza a soma dos elementos da matriz de decisão, gera uma matriz nova a partir dos resultados encontrados e, por fim, obtém o vetor pela média dos elementos da linha normalizados.

A escala fundamental de Saaty (2002) é composta por números ímpares para identificar a importância de cada critério em relação ao outro. A comparação entre os critérios é realizada do critério que está na linha implicando no critério que está na coluna. A escala apresenta a seguinte definição: 1 – Importância igual, 3 – Importância fraca (levemente superior), 5 – Importância forte (fortemente a favor de um critério), 7 – Importância muito forte (dominância reconhecida) e 9 – Importância absoluta (dominância comprovada). Além desses, há os valores intermediários: 2, 4, 6 e 8 que podem ser utilizados caso haja a necessidade no momento do julgamento.

A matriz de julgamento do método AHP é uma matriz quadrada, onde a diagonal principal é inteiramente preenchida com o valor 1, visto que a comparação é entre critérios iguais, ou seja, apresentam igual importância. Os valores dos elementos

simétricos à diagonal principal são opostos, sendo assim, se o elemento  $a_{12}$  for igual a 3, representando que o critério 1 é levemente superior ao critério 2, o elemento  $a_{21}$  será  $1/3$ .

$$A = \begin{matrix} & a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} \end{matrix} \quad (1)$$

### 2.3.2 TOPSIS 2-Tuple

O método TOPSIS (*Technique for Order Preferences by a Similarity to an Ideal Solution*) foi proposto com o intuito de apresentar atributos múltiplos para identificar as soluções de um conjunto finito de alternativas. Para uma alternativa atingir a melhor classificação ela precisa apresentar a maior distância da solução ideal negativa e ao mesmo tempo apresentam a menor distância da solução ideal positiva (HWANG; YOON, 1981).

O objetivo do método TOPSIS é selecionar as alternativas por ordem de preferência do respondente, de modo a organizá-las em um ranqueamento desde a melhor até a pior alternativa (HWANG; YOON, 1981).

Existem diversas aplicações para o método TOPSIS, e dentre elas está a combinação dele com a representação linguística 2-Tuple. Nesse contexto existem vários autores que defendem alguma forma de aplicação específica, porém nesse trabalho foi utilizado como referência Wei (2010), que apresenta todas as etapas do processamento de informações, desde a seleção da escala linguística até as equações necessárias para encontrar as soluções positiva ideal e negativa ideal. Além disso, aborda também a maneira de realizar a classificação das alternativas em ordem de importância, ou seja, em forma de ranqueamento.

### 2.3.3 Informação Qualitativa Como Variável Linguística

O conceito de variável linguística é útil para trabalhar com situações que apresentam elevado índice de complexidade ou que não são bem definidas o suficiente para serem descritas como expressões quantitativas (ZIMMERMANN, 2010). Para o tomador de decisão é mais fácil avaliar questões complexas por meio de termos linguísticos que por intermédio de números (CABLES *et al.*, 2012).

O modelo 2-Tuple é um modelo simbólico que estende o uso de índices modificando a representação da abordagem linguística *fuzzy*, adicionando um parâmetro à representação linguística básica, a fim de melhorar a precisão dos cálculos linguísticos após a etapa de retradução e a interpretação dos resultados (MARTÍNEZ; HERRERA, 2012), conforme pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Esquema computado com palavras.



Fonte: Yager (1999)

A variável linguística é caracterizada da seguinte forma (ZADEH, 1975):

$$X: F = (X, \mu(x)) \quad (2)$$

Em que:

$X$  é o “universo de discurso” para o conjunto Fuzzy  $F$ ;

$F$  é o conjunto Fuzzy em  $X$ , expresso pelos pares ordenados  $[X, \mu(x)]$ ;

$x \in X$ , é um elemento do conjunto  $X$  (primeiro elemento do par ordenado); e

$\mu(x)$  é uma função que mapeia  $x$  em  $F$ , variando de 0 a 1 (segundo elemento do par ordenado).

Herrera e Martínez (2000) desenvolveram um modelo de representação linguística 2-tuple com base no conceito de tradução simbólica. É usado para representar as informações de avaliação linguística por meio de um par ordenado  $(s_i, a_i)$ , onde  $s_i$  é um rótulo linguístico do conjunto de termos linguísticos predefinido  $S$  and  $a_i$  é o valor da tradução simbólica, e  $a_i \in [-0.5, 0.5)$ .

**Definição 1** (HERRERA; MARTÍNEZ, 2000): Seja  $\beta$  o resultado de uma agregação dos índices de um conjunto de rótulos avaliados em um conjunto de termos linguísticos  $S$ , ou seja, o resultado de uma operação de agregação simbólica.  $\beta \in [0, g]$ , sendo  $g$  a cardinalidade de  $S$ . Seja  $i = \text{round}(\beta)$  e  $\alpha = \beta - i$  dois valores tais que  $i \in [0, g]$  e  $\alpha \in [-0.5, 0.5)$ , então  $\alpha$  é denominado tradução simbólica.

**Definição 2** (HERRERA; MARTÍNEZ, 2000): Seja  $S = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$  um conjunto de termos linguísticos e  $\beta \in [0, g]$  um valor que representa o resultado de uma operação de agregação simbólica, então o par ordenado que expressa a informação equivalente para  $\beta$  é obtido com a seguinte função:

$$\Delta: [0, g] \rightarrow S \times [-0.5, 0.5), \quad (3)$$

$$\Delta(\beta) = (s_i, a_i), \text{ com } \begin{cases} s_i, i = \text{round}(\beta), \\ \alpha_i = \beta - i, \alpha_i \in [-0.5, 0.5). \end{cases} \quad (4)$$

onde  $\text{round}(\beta)$  é a operação de round usual,  $s_i$  tem o rótulo de índice mais próximo de  $\beta$  e  $a_i$  é o valor da Tradução Simbólica.

**Definição 3** (HERRERA; MARTÍNEZ, 2000): Seja  $S = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$  um conjunto de termos linguísticos e  $(s_i, a_i)$  o par ordenado. Sempre há uma função  $\Delta^{-1}$  que pode ser definida, de modo que, de um par ordenado  $(s_i, a_i)$  ela retorna seu valor numérico equivalente  $\beta \in [0, g]$ , que é:

$$\Delta^{-1}: S \times [-0.5, 0.5) \rightarrow [0, g], \quad (5)$$

$$\Delta^{-1}(s_i, a_i) = i + a_i = \beta. \quad (6)$$

A partir das definições 1 e 2, podemos concluir que a conversão de um termo linguístico em um par ordenado linguístico consiste em adicionar um valor 0 como tradução simbólica:  $\Delta(s_i) = (s_i, 0)$ .

**Definição 4** (HERRERA; MARTÍNEZ, 2000): Seja  $a = (s_k, a_k)$  e  $b = (s_i, a_i)$  dois pares ordenados 2-tuple, eles precisam seguir as propriedades abaixo:

(1) Se  $k < i$ , então  $a < b$ .

(2) Se  $k = i$ , então

(a) Se  $a_k = a_i$ , então  $a = b$ ;

(b) Se  $a_k < a_i$ , então  $a < b$ ;

(c) Se  $a_k > a_i$ , então  $a > b$ .

(3) Existe um operador negativo:  $\text{Neg}(s_i, \alpha) = \Delta(g - (\Delta^{-1}(s_i, \alpha)))$ , onde  $(s_i, \alpha_i)$  é um par ordenado 2-tuple arbitrário,  $g + 1$  é a cardinalidade de  $S$ ,  $S = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$ .

## 2.4 MÉTODOS MULTICRITÉRIOS NO CONTEXTO *LEAN* E *GREEN*

Na literatura, há poucos autores que abordam os princípios do *lean* e do *green*, simultaneamente, apesar da sinergia existente entre eles. Isso se estende para as empresas também, nos quais raramente eles são aplicados em conjunto (JOHANSSON; SUNDIN, 2014). Entretanto, o *lean* é um princípio mais comum de ser aplicado e serve como facilitador para que o *green* seja implantado nas empresas (DÜES *et al.*, 2013).

Durante a revisão integrativa de literatura foram encontrados poucos trabalhos na literatura que abordam o contexto do desenvolvimento de produtos *lean* e *green* dentro das pequenas e médias empresas. Além disso, não foi encontrado nenhum trabalho o qual aborda esse cenário do NPD nas PMEs aliado a estudos comparativos. Sendo assim, o embasamento teórico para realização desse trabalho é escasso, porém essa situação torna o trabalho único até o momento da aplicação dessa pesquisa.

No pesquisa de Ahmad *et al.* (2018) são analisados apenas conceitos relacionados com a metodologia *green*. Eles estudaram as ferramentas do desenvolvimento de produtos *green* que são consideradas recentes e emergentes. Também, realizaram uma avaliação sobre os estudos de caso nos quais foram utilizadas essas ferramentas. Ahmad *et al.* (2018) abordaram que o GPD pode ser considerado como uma estratégia para o ganho de mercado, e além disso, é um dos objetivos do *lean*.

Marodin *et al.* (2018) e Wang *et al.* (2011) analisaram em seus trabalhos apenas conceitos relacionados com a metodologia *lean*. Marodin *et al.* (2018) implementaram facilitadores do *lean* no desenvolvimento de produtos para avaliar quais delas apresentavam resultados positivos. Por outro lado,, Wang *et al.* (2011), com o intuito de alavancar a participação no mercado do desenvolvimento de novos produtos, abordou o uso das ferramentas do *lean* e, apesar em mencionar várias vezes a

importância da redução do uso de recursos naturais no NPD, não abordou a metodologia *green* em sua pesquisa.

Apesar da escassez de pesquisas com abordagem dos conceitos *lean* e *green* simultaneamente, Johansson; Sundin (2014), Lermen *et al.* (2018) e Oliveira *et al.* (2018) apresentaram em seus trabalhos esses dois conceitos de forma harmônica e complementar.

Johansson e Sundin (2014) compararam e contrastaram o desenvolvimento de produtos *lean* e *green*, por meio de uma revisão de literatura envolvendo um portfólio com 102 artigos. Durante a realização dessa pesquisa constataram que o LPD e o GPD compartilham uma série de semelhanças, o que indica que há uma relação de sinergia entre as duas metodologias. Porém, apesar dessa sinergia encontrada, não é possível afirmar que o desenvolvimento de produtos *lean* leva automaticamente ao desenvolvimento de produtos mais sustentáveis e nem que o desenvolvimento de produtos *green* garante melhoria e eficiência no processo de desenvolvimento e novos produtos.

Lermen *et al.* (2018) fizeram um estudo para selecionar facilitadores e práticas do *lean* que pudessem ser aplicadas no desenvolvimento de produtos *green*. Esse estudo ocorreu em uma agroindústria brasileira. Durante o desenvolvimento do trabalho puderam observar que a aplicação do *lean* no NPD faz com que os produtos, automaticamente, sejam mais sustentáveis.

Por fim, durante a pesquisa realizada por Oliveira *et al.* (2018) analisaram qual a aderência das práticas *lean* e *green* no desenvolvimento de novos produtos dentro das pequenas e médias empresas brasileiras. Para isso, apoiaram-se em 16 facilitadores do *lean* e *green* com relação ao NPD e utilizaram os métodos multicriteriais: AHP e *fuzzy-TOPSIS* para avaliar qual a relação desses facilitadores com as PMEs.

Apesar de a implementação das metodologias *lean* e *green* apresentarem alegações pertinentes de benefícios mútuos quando aplicadas em conjuntos, esse ainda é um tema pouco debatido na literatura (FARIAS *et al.*, 2017). Que, de acordo com Garza-Reyes (2015) se deve ao fato de que essa relação entre as metodologias é recente e ainda tem muito o que ser explorada para que seja efetivamente entendida a integração entre elas.

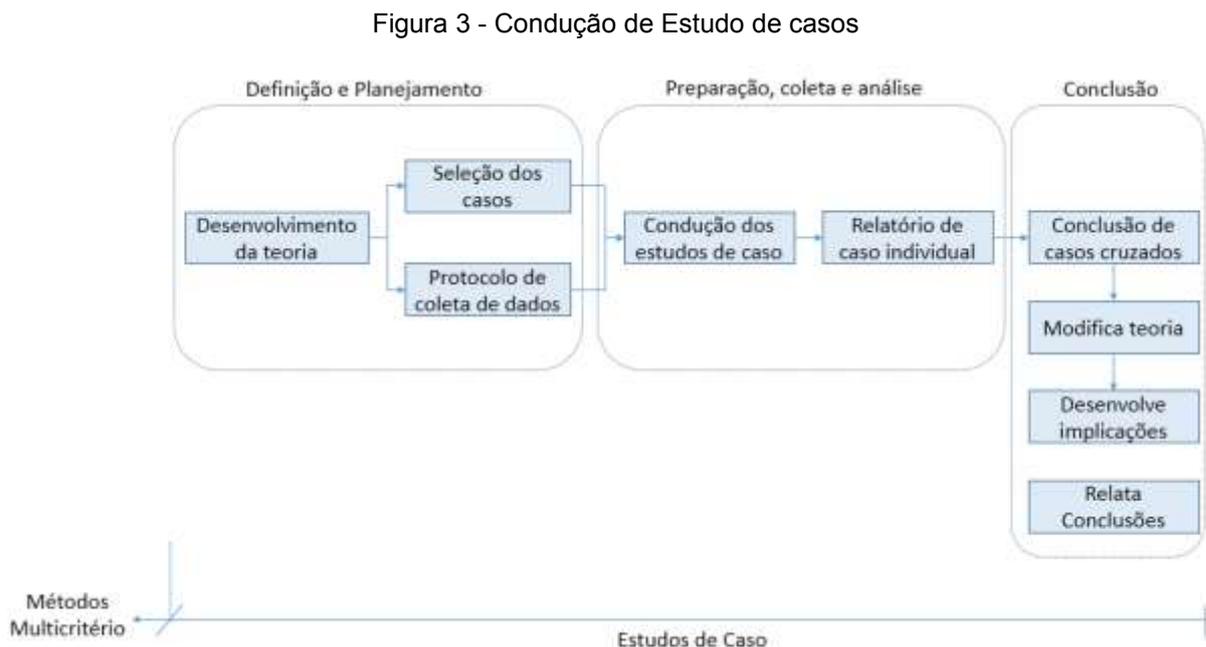
### 3 METODOLOGIA

Nessa seção são apresentados o enquadramento metodológico da pesquisa, caracterização dos cenários analisados, bem como os procedimentos de coleta e análise de dados, com o objetivo de responder à pergunta de pesquisa que foi elaborada inicialmente.

#### 3.1 MODELO DE AVALIAÇÃO PARA AS OPERAÇÕES DE DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS EM PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS

A pesquisa é delimitada a dois contextos distintos: pequenas e médias empresas (PMEs) do Japão, representando os países desenvolvidos e do Brasil, representando os países em desenvolvimento. As PMEs escolhidas apresentam atividade de desenvolvimento de novos produtos em seus processos fabris.

As PMEs foram escolhidas de acordo com a linha de abrangência, sendo todas elas atuantes no setor metal mecânico. A Figura 3 representa a sequência desenvolvida para a realização do estudo de caso de múltiplos casos das PMEs estudadas.



Fonte: Adaptado de Yin (2001)

Inicialmente, na fase de definição e planejamento é desenvolvida a teoria a partir do qual o estudo é embasado, a seleção dos casos e o protocolo de coleta de dados. A segunda fase trata-se da preparação, coleta e análise, na qual é realizado o estudo de caso, propriamente dito, fazendo a coleta de dados e o relatório individual de cada caso analisado. A terceira e última fase é a conclusão, que cruza os dados encontrados, modifica a teoria inicial, se necessário e desenvolve as implicações cabíveis.

### 3.1.1 Definição e Planejamento dos Casos

Para o embasamento teórico foi realizada uma revisão integrativa da literatura que foi desenvolvido para analisar quantitativamente artigos com prestígio científico. Esse método permite encontrar um portfólio relevante e alinhado com os eixos de pesquisa (VILELA, 2012).

Para o desenvolvimento da teoria o qual fornece embasamento a pesquisa. Durante a revisão, foram buscados artigos os quais tivessem relação com os eixos temáticos da pesquisa: Conceito *lean*, Conceito *green*, Pequenas e Médias Empresas e Desenvolvimento de Novos Produtos.

O Quadro 2 apresenta as palavras-chave utilizadas para a realização da pesquisa integrativa da literatura. Todas as palavras chave foram escritas em inglês para que retornassem mais artigos sobre o assunto. A combinatória de palavras-chave a serem pesquisadas foi a permutação entre as palavras de todos os eixos de pesquisas, utilizando “*and*” entre as palavras de eixos distintos.

Quadro 2 - Eixos de pesquisa e palavras-chave.

Eixos de Pesquisa	Palavras-Chave
Conceito Verde	<i>Green</i>
	<i>Sustainable</i>
	<i>Environment</i>
	<i>Ecodesign</i>
Conceito Enxuto	<i>Lean</i>
	<i>Kaizen</i>
	<i>Six sigmas</i>

(Continuação)

	<i>SME</i>
Pequenas e Médias Empresas	<i>Small and medium enterprises</i> <i>Japanese small and medium enterprises</i> <i>Developed Countries x Developing Countries</i>
	<i>New product development</i>
Desenvolvimento de Produto	<i>Product desing</i> <i>Comparative Studies</i>

Fonte: O autor (2020).

Após a escolha das palavras-chave, para a busca pelos artigos foram utilizadas as bases científicas *Scopus* e *Science Direct* e delimitado a pesquisa entre os anos de 2014 a 2021, visando obter apenas artigos com informações atuais, porém com uma margem de cinco anos para que a quantidade de documentos encontradas seja relevante para a realização do estudo. Com isso, foram selecionados 20 artigos, que podem ser observado no Quadro 3. Esse portfólio é baseados no alinhamento com o tema e na análise da relevância nas bases científicas. A partir desse portfólio formado, foi possível realizar um compilado de dados e perceber que poucos artigos abordam temas *lean* e *green* ao mesmo tempo no contexto do desenvolvimento de produtos.

Ainda, esse portfólio bibliográfico permitiu que fossem definidos os critérios (características das PMEs) e as alternativas (facilitadores do *lean-green*), além de auxiliar no embasamento para conhecer as metodologias aplicadas nessa pesquisa.

Quadro 3 - Portfólio de artigos selecionados

<b>Título</b>	<b>Autores</b>
<i>Extracting key factors for sustainable development of enterprises: Case study of SMEs in Taiwan</i>	Matinaro, Ville; Liu, Yang; Lee, Tzong-Ru (Jiun-Shen); Poesche, Jurgen
<i>Sustainable product design and development: A review of tools, applications and research prospects</i>	Ahmad, Shamraiz; Wong, Kuan Yew; Tseng, Ming Lang; Wong, Wai Peng
<i>Lean and green approach: An evaluation tool for new product development focused on small and medium enterprises</i>	Oliveira, Gilson Adamczuk; Tan, Kim Hua; Guedes, Bruno Turmina

(continuação)

<b>Título</b>	<b>Autores</b>
<i>A framework for selecting lean practices in sustainable product development: The case study of a Brazilian agroindustry</i>	Lermen, Fernando Henrique; Echeveste, Márcia Elisa; Peralta, Carla Beatriz; Sonogo, Monique; Marcon, Arthur
<i>Proposal of a novel reference system for the green product development process (GPDP)</i>	de Medeiros, Janine Fleth; Lago, Nicole Cecchele; Colling, Camila; Ribeiro, José Luis Duarte; Marcon, Arthur
<i>A generic framework to support the implementation of six sigma approach in SMEs</i>	Deeb, Salah; Haouzi, Hind Bril-El; Aubry, Alexis; Dassisti, Michele
<i>Lean product development and lean manufacturing: Testing moderation effects</i>	Marodin, Giuliano; Frank, Alejandro Germán; Tortorella, Guilherme Luz; Netland, Torbjørn
<i>Lean Product Development for Small and Medium-sized Suppliers</i>	Dombrowski, Uwe; Karl, Alexander
<i>The Way from Lean Product Development (LPD) to Smart Product Development (SPD)</i>	Rauch, Erwin; Dallasega, Patrick; Matt, Dominik T
<i>Classification of micro, small and medium enterprises (M-SME) based on their available levels of knowledge</i>	López-Ortega, Eugenio; Canales-Sanchez, Damian; Bautista-Godinez, Tomás; Macias-Herrera, Santiago;
<i>Does Kaizen create backward knowledge transfer to Southeast Asian firms?</i>	Machikita, Tomohiro; Tsuji, Masatsugu; Ueki, Yasushi
<i>Barriers in green lean six sigma product development process: An ISM approach</i>	Kumar, S; Luthra, S; Govindan, K; Kumar, N; Haleem, A
<i>New product development in knowledge-based manufacturing SMEs active in the ICT industry: A conceptual framework</i>	Meigounpoory, M R; Jozani, M M
<i>Optimising NPD in SMEs: a best practice approach</i>	Leithold, N; Woschke, T; Haase, H; Kratzer, J
<i>The role of competitive strategies on export market selection by SMEs in an emerging economy</i>	Ayob, A H; Senik, Z C
<i>Small and medium enterprises' collaborations with universities for new product development: An analysis of the different phases</i>	Buganza, T; Colombo, G; Landoni, P
<i>Exchange of Knowledge in Customized Product Development Processes</i>	Klein, Patrick; Pugliese, Dante; Lützenberger, Johannes; Colombo, Giorgio; Thoben, Klaus-Dieter
<i>Technique and system: The spread of Japanese management techniques to developing countries</i>	Kaplinsky, Raphael
<i>An integrated approach to modeling the barriers in implementing green manufacturing practices in SMEs</i>	Karuppiah, K., Sankaranarayanan, B., Ali, S. M., Chowdhury, P., & Paul, S. K.
<i>Impact of Lean and Sustainability Oriented Innovation on Sustainability Performance of Small and Medium Sized Enterprises: A Data Envelopment Analysis-based framework;</i>	Debashree De, Soumyadeb Chowdhury, Prasanta Kumar Dey, Sadhan Kumar Ghosh

Fonte: A autora

Durante a seleção dos artigos, foram removidos artigos duplicados encontrados em ambas as bases científicas, artigos que abordavam a cadeia de suprimentos, por não ser o foco dessa pesquisa, artigos da área da saúde, alimentícia, química e outras áreas que não tem relevância para essa pesquisa. Além disso, através da leitura dos resumos, foram mantidos apenas artigos que foram realmente relevantes para o estudo em questão.

Dessa forma, os artigos selecionados são apenas aqueles que possuem relevância acadêmica e para a pesquisa. Poucos deles abordam todos os eixos de pesquisa simultaneamente, porém a partir deles foi possível elaborar conceitos mais aprofundados sobre as metodologias *lean*, *green*, PMEs e também sobre o desenvolvimento de novos produtos, como poder ser observado no Quadro 4.

Quadro 4 - Assuntos abordados por autor

Referência	Green	Lean	SME	NPD
Matinaro <i>et al.</i> , 2019	✓		✓	
Ahmad <i>et al.</i> , 2018	✓	✓		
Oliveira <i>et al.</i> , 2018	✓	✓	✓	✓
Lermen <i>et al.</i> , 2018		✓		✓
de Medeiros <i>et al.</i> , 2018	✓		✓	✓
Deeb <i>et al.</i> , 2018		✓	✓	
Marodin <i>et al.</i> , 2018		✓		
Dombrowski, 2017		✓	✓	
Rauch <i>et al.</i> , 2016		✓		
López-Ortega <i>et al.</i> , 2016			✓	
Machikita <i>et al.</i> , 2016		✓		
Kumar <i>et al.</i> , 2016	✓	✓		✓
Meigounpoory; Jozani, 2016			✓	
Leithold <i>et al.</i> , 2016			✓	✓
Ayob; Senik, 2015			✓	
Buganza <i>et al.</i> , 2014			✓	✓
Klein <i>et al.</i> , 2014		✓		
Kaplinsky, Raphael, 1995		✓	✓	

Fonte: A autora

Além dos artigos selecionados pela pesquisa integrativa de literatura, alguns artigos foram adicionados ao portfólio por terem relevância com o assunto. Esses artigos que foram adicionados posteriormente não retornaram na pesquisa pois não atendem aos requisitos do período pré-estabelecido, porém foram julgados

importantes para o fundamento teórico do trabalho. Selecionado o portfólio e realizado todo o embasamento teórico necessário para o desenvolvimento da pesquisa, foi iniciada a fase de seleção de empresa e especialistas para participar do estudo.

A ideia central a ser desenvolvida nesse trabalho é analisar o quão aplicados estão os princípios das metodologias *lean* e *green* nas PMEs japonesas e brasileiras, analisando quais são os facilitadores mais utilizadas e eficientes para atingimento da maturidade das empresas nesses conceitos dentro do NPD. A coleta de dados nos dois países serve como base para comparação do desenvolvimento deles.

Nessa pesquisa foi realizado um estudo comparativo entre dois cenários distintos: Brasil e Japão. O Japão é qualificado como um país desenvolvido e está entre as maiores potências econômicas mundiais. Enquanto isso, o Brasil é um país em desenvolvimento e está em constante ascensão na economia mundial.

O objetivo principal da escolha dos países foi analisar dois contextos distintos, avaliando um país considerado desenvolvido na economia e setor de manufatura e outro país que ainda se encontra em desenvolvimento. O Japão é considerado o berço da metodologia *lean*, sendo assim apresenta alto potencial de aderência dessa metodologia dentro das PMEs e também pode servir como base para identificar as melhores práticas aplicadas nos setores fabris.

Além disso, endossando a escolha dos dois cenários, desde 1985 há um tratado de amizade entre eles, tornando-os aliados com relação de cooperação em vários setores, incluindo manufatura e ainda apresentam relações fortes entre pesquisadores. Esse acordo de parceria entre o Brasil e Japão garante ainda concessões amigáveis entre as pequenas e médias empresas, o que pode ser um fator importante para a pesquisa (CNI, 2018).

Dessa forma, visando responder a pergunta de pesquisa que almeja identificar se há diferença na realidade dos países desenvolvidos frente aos países em desenvolvimento, foi realizada uma análise detalhada do grau de aplicabilidade dos facilitadores das metodologias *lean* e *green* nas pequenas e médias empresas do setor metal mecânico no Brasil e no Japão.

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, foram utilizados dois métodos multicriteriais distintos e combinados: AHP e TOPSIS 2-Tuple. Para a coleta de dados em cada um desses métodos foram utilizadas sistemáticas diferentes, porém vale ressaltar que em ambos os países os métodos foram aplicados da mesma forma, seguindo um roteiro em comum.

Os métodos multicritério foram escolhidos pois servem de auxílio na tomada de decisão. Ambos possuem etapas genéricas e gerais, nas quais constam a escolha dos critérios de avaliação, alternativas sobre os critérios de avaliação, analisar e definir qual a melhor alternativa, sendo ela a mais próxima do ideal (OPRICOVIC; TZENG, 2004).

Para o desenvolvimento da pesquisa de forma mais sistemática, foram identificadas duas fases: a primeira fase foi a aplicação do método AHP, o qual foi respondida por especialistas no assunto e a segunda fase foi a aplicação do método TOPSIS 2-Tuple, o qual foi respondida por responsáveis pelo desenvolvimento de produtos dentro das empresas selecionadas.

Na primeira fase optou-se pelo método AHP pois é o método multicritério mais utilizado e conhecido no apoio à tomada de decisão e resolução de problemas. Além disso, por apresentar o teste de consistência lógica nas respostas, torna-se um método muito confiável (SOUZA MARINS *et al.*, 2009). Já na fase seguinte o método TOPSIS 2-Tuple foi escolhido pois esse método apresenta uma solução de compromisso, com uma forma de análise robusta. Além disso, apresenta a distância entre as soluções positiva ideal e negativa ideal (WEI, 2010).

Para que a ferramenta pudesse ser aplicada corretamente no Japão, foi estabelecido contato internacional com um professor da *Kanazawa Institute of Technology*, o qual realizou a entrevista conforme roteiro de iniciar o contato via e-mail e posteriormente encaminhar o endereço eletrônico para o questionário traduzido para o inglês. Na fase de desenvolvimento da ferramenta, esse professor validou de acordo com seus conhecimentos na área as características das PMEs e os facilitadores do *lean* e do *green* escolhidos a partir da literatura, visando abordar corretamente o cenário japonês.

Por se tratar de um estudo comparativo, essa pesquisa permitiu que fossem analisadas duas realidades completamente distintas sob a mesma ótica. Isso é válido, pois o embasamento em estudos de casos comparativos é útil para discutir o desempenho de políticas distintas (LANGE *et al.*, 2018). Ainda, realizar a comparação entre dois cenários permitiu que fosse realizada uma avaliação de situações promissoras em cada um dos casos (ZABALOY *et al.*, 2019).

No caso desse trabalho, puderam ser avaliados os níveis de maturidade e aderência das metodologias *lean* e *green* no desenvolvimento de novos produtos nas

pequenas e médias empresas Brasileiras e Japonesas que foram avaliadas, representando países em desenvolvimento e países desenvolvidos.

### 3.1.2 Seleção dos casos

Para a seleção dos casos foram estabelecidos alguns critérios que pudessem ser atendidos nos dois países e, conseqüentemente, pudessem ser comparados.

O primeiro critério para a escolha dos casos foi delimitar o tamanho da amostra, ou seja, o número de empresas selecionadas. Visando obter uma amostra que remetesse à realidade, porém não fosse muito densa para que os dados fossem coletados e analisados de forma clara, optou-se por selecionar quatro empresas em cada um dos países, Brasil e Japão.

O segundo critério para seleção das empresas foi o tamanho delas, sendo que todas deveriam ser classificadas como empresas de pequeno ou médio porte. A forma de analisar o tamanho delas foi por meio do número de funcionários. As empresas japonesas que foram selecionadas têm entre 50 e 299 funcionários, enquanto as brasileiras podem empregar de 50 a 250 funcionários.

Como o terceiro critério para a seleção das empresas, foi estabelecido que todas elas, tanto brasileiras quanto japonesas, necessariamente, deveriam apresentar operações de desenvolvimento de novos produtos em suas atividades e pertencerem ao setor metal mecânico.

Sendo assim, atendendo todos os critérios estabelecidos acima, foram selecionadas as empresas japonesas e brasileiras que melhor se adaptassem aos requisitos. Dessa forma, as pequenas e médias empresas avaliadas nessa pesquisa e as respectivas áreas de atuação de cada uma delas podem ser observadas no Quadro 5.

Quadro 5 - Descrição das PMEs.

<b>EMPRESAS</b>	<b>ÁREA DE ATUAÇÃO DAS EMPRESAS</b>
E1 - Japão	Fabricante de corrente de metal
E2 - Japão	Fabricante de equipamentos de mecatrônica

(continuação)

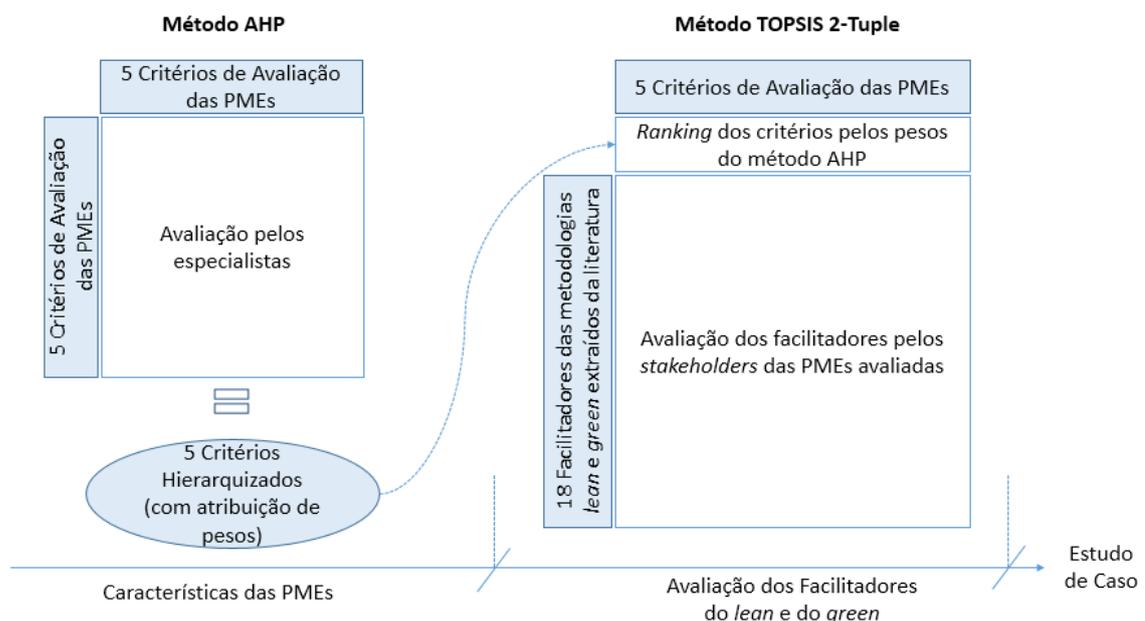
EMPRESAS	ÁREA DE ATUAÇÃO DAS EMPRESAS
E3 - Japão	Fabricante de materiais de cobre e metal
E4 - Japão	Fabricante de peças metálicas, usinagem e ensaios
E5 - Brasil	Fabricante de implementos agrícolas e equipamentos rodoviários
E6 - Brasil	Fabricante de equipamentos e suprimentos para escritório, consolidada nos segmentos de automação e manufatura
E7 - Brasil	Fabricante de equipamentos industriais, projetos para fabricas de ração, manutenção industrial, engenharia de processos
E8 - Brasil	Fabricante de estruturas metálicas

Fonte: A autora.

### 3.1.3 Preparação, Coleta e Análise dos dados

Dando sequência no desenvolvimento da pesquisa, foram aplicados os métodos multicritério apresentados: AHP e TOPSIS 2-Tuple. Para isso, a preparação e coleta de dados foi dividida em duas fases, como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 - Modelo de avaliação para as operações de NPD nas PMEs.

Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.* (2018).

A Figura 4 apresenta a fase multicritério de forma geral, na qual são desenvolvidos os métodos AHP, para determinação dos pesos dos critérios de avaliação das PMEs e hierarquização dos mesmos, e o método TOPSIS 2-Tuple, no qual os *stakeholders*, ou responsáveis pelo desenvolvimento de produto, avaliam o quanto os facilitadores das metodologias *lean* e *green* estão aplicados nas atividades dentro das empresas.

Essa pesquisa é um refinamento do trabalho realizado por Oliveira *et al.* (2018), o qual realizaram uma análise da maturidade e aplicabilidade dos facilitadores do *lean* e do *green* nas PMEs brasileiras. Os critérios passaram por uma revalidação, devido à mudança de cenário, visto que a pesquisa foi aplicada no Brasil e no Japão, e com a perspectiva de um estudo comparativo.

O presente trabalho segue de perto a avaliação feita por Oliveira *et al.* (2018), porém apresenta diferenças no sentido de refinar a avaliação. Como primeiro refinamento encontra-se o aumento de dois facilitadores relacionadas com a metodologia *green*, sendo eles a “Redução de Resíduos” (A17) e a “Análise de Impactos Ambientais” (A18), com o objetivo de equalizar a quantidade de facilitadores dos princípios *lean* e *green*.

Seguindo, tem-se o agrupamento de dois critérios com objetivos e definições semelhantes, tornando-se assim apenas cinco os critérios para as características das PMEs. Os critérios agrupados foram: a Agilidade (que diz respeito à flexibilidade da estrutura, sem resistência às mudanças, poucas camadas de gestão, direção próxima dos colaboradores) e a Proximidade e Visibilidade da Alta Direção (alta direção próxima ao ponto de entrega do produto final). Ambos os critérios se sobrepõem na questão de gestão, onde a direção é próxima dos funcionários e da entrega do produto finalizado. Esse agrupamento resultou no critério C1 – Flexibilidade.

Ainda, houve a mudança dos métodos multicritérios utilizados, sendo que no trabalho anterior foram utilizados AHP combinado com Fuzzy-TOPSIS. No presente estudo são combinados os métodos AHP e TOPSIS 2-Tuple. Essa troca ocorreu pois, o método TOPSIS 2-Tuple tem grande abrangência nas respostas, permitindo que por meio dele sejam gerenciadas as incertezas fazendo uso de termos linguísticos, podendo ser aplicado em várias áreas para a abordagem qualitativa, como forma de recuperação de informações (HERRERA; MARTÍNEZ, 2000).

E, por fim, em Oliveira *et al.* (2018) foi analisado o nível de maturidade das PMEs brasileiras nas metodologias *lean* e *green* e nessa pesquisa agrega-se o estudo comparativo binacional em PMEs brasileiras e japonesas.

Os critérios de classificação do modelo de avaliação têm origem em características latentes e inerentes à estrutura das PMEs. No total são cinco critérios identificados na literatura que fazem parte do modelo, buscando analisar 18 facilitadores das metodologias *lean* e *green*, também oriundas da literatura. Esses 18 facilitadores são considerados as alternativas necessárias para a aplicação do método TOPSIS 2-Tuple.

Os critérios propostos passaram por um refinamento e agrupamento. Sendo assim, os critérios estabelecidos foram: 1 – Flexibilidade (Estrutura e fluxo de informações flexíveis, resposta rápida às mudanças ambientais, plana com poucas camadas de gerenciamento, resistência insignificante à mudança, alta gerência próxima ao ponto de entrega e muito visível, proporcionando mudanças rápidas, se necessário), 2 – Dificuldade no NPD (Falha em compreender a importância do projeto do produto e baixo grau de formalização), 3 – Inovação (Alta incidência de inovação e criatividade individual incentivada), 4 – Recursos limitados (Pessoas, tempo para realizar inovação e financiamento limitados), 5 – Autoridade (Gerente comandando todas as atividades da empresa sem conhecimento adequado).

O Quadro 6 apresenta a relação entre os critérios que foram escolhidos para as avaliar as PMEs e quais autores abordam esses mesmos critérios.

Quadro 6 - Critérios de avaliação das PMEs e autores.

	<b>Características</b>	<b>Autores</b>
<b>C1 (+)</b>	Flexibilidade	Ghobadian; Gallear (1997); Leithold <i>et al.</i> (2016); Nicholas <i>et al.</i> (2011); Oliveira <i>et al.</i> (2018)
<b>C2 (-)</b>	Dificuldades com o NPD	Ghobadian; Gallear (1997); Nicholas <i>et al.</i> (2011); Oliveira <i>et al.</i> (2018)
<b>C3 (+)</b>	Inovação	Ghobadian; Gallear (1997); Nicholas <i>et al.</i> (2011); Oliveira <i>et al.</i> (2018)
<b>C4 (-)</b>	Recursos Limitados	Ghobadian; Gallear (1997); Leithold <i>et al.</i> (2016); Nicholas <i>et al.</i> (2011); Oliveira <i>et al.</i> (2018)
<b>C5 (-)</b>	Alta Autoridade	Ghobadian; Gallear (1997); Nicholas <i>et al.</i> (2011); Oliveira <i>et al.</i> (2018)

Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.* (2018)

Sendo que desses critérios o primeiro deles, flexibilidade, se caracteriza como um critério de benefício, ou seja, quanto mais flexível às mudanças a PME for, melhor será o resultado. Já, o segundo, dificuldade no NPD, se caracteriza como um critério de custo, pois quanto mais dificuldades a empresa encontrar, pior será seu desempenho. O terceiro critério, inovação, é um critério de benefício e é esperado que as empresas cresçam cada vez mais em inovações. O quarto critério, recursos limitados, é um critério de custo, visto que os recursos podem auxiliar bastante as empresas voltadas ao NPD, com fontes de pesquisa mais elaboradas e equipe bem estruturada. O quinto critério, autoridade, é um critério de custo, visto que normalmente a alta gerência não apresenta tanto conhecimento técnico quanto a equipe montada para essa função, podendo gerar até alguns impasses desnecessários.

Por outro lado, os facilitadores tem como base a revisão sistemática de literatura de Guedes (2018) e Farias *et al.* (2019), além da revisão integrada de literatura realizada nesse trabalho, e são alternados entre facilitadores da metodologia *green* e facilitadores da metodologia *lean*.

O Quadro 7 apresenta cada um dos facilitadores relacionado com os autores que abordam esses temas em suas pesquisas e a descrição do que significa cada um dos facilitadores.

Quadro 7 - Facilitadores do Lean e do Green e autores.

	<b>Facilitadores</b>	<b>Descrição</b>	<b>Autores</b>
<b>A1</b>	Melhoria Contínua	A forma como as melhorias ocorrem não deve ser abrupta e pontual, mas sim longitudinal e gradativa.	Anand; Kodali (2008), Welo (2011), Nepal <i>et al.</i> (2011)
<b>A2</b>	Transferência de conhecimento entre projetos	As equipes podem usar a experiência acumulada das melhores práticas de projetos anteriores para projetar novos produtos.	Hoppmann <i>et al.</i> (2011), Letens <i>et al.</i> (2011), Klein <i>et al.</i> (2014)

(continuação)

Facilitadores	Descrição	Autores
<b>A3</b> Definir Valor e Fluxo de Valor	No NPD, iterações sucessivas e coordenadas se traduzem em valor. O mapeamento de fluxo de valor é um método de sucesso aplicado em pequenas empresas.	Johansson; Sundin (2014), Letens <i>et al.</i> (2011), Anand; Kodali (2008), Welo (2011), Nepal <i>et al.</i> (2011), Wang, Z. <i>et al.</i> (2015), Tyagi <i>et al.</i> (2015) Khan <i>et al.</i> (2013)
<b>A4</b> Ferramentas de <i>ecodesign</i> e capacidade dinâmicas	<i>Design</i> para o meio ambiente, eliminação de resíduos e recursos dinâmicos verdes. As ferramentas de <i>ecodesign</i> facilitam a integração das necessidades ambientais no processo de NPD.	Johansson; Sundin (2014), Wang, Z. <i>et al.</i> (2015), Hallstedt; Isaksson (2017), Jabbour <i>et al.</i> (2015), Chang; Chen (2013), Bovea; Pérez-Belis (2012), Devanathan <i>et al.</i> (2010), Vinodh; Rathod (2010) Yang; Chen (2011)
<b>A5</b> Conhecimento e Aprendizagem	Conhecimento e aprendizagem estão associados à capacidade das organizações de reter conhecimento tácito para aplicá-lo em suas operações de NPD.	Hoppmann <i>et al.</i> (2011), Letens <i>et al.</i> (2011), Anand; Kodali (2008), Nepal <i>et al.</i> (2011), Khan <i>et al.</i> (2013)
<b>A6</b> Avaliação do Ciclo de Vida	A avaliação do ciclo de vida (LCA) integra as questões ambientais com os efeitos dos produtos, desde a fabricação até o descarte final.	Johansson; Sundin (2014), Gmelin; Seuring (2014); Chan <i>et al.</i> (2013)
<b>A7</b> Seleção de materiais	As consequências de uma correta determinação dos materiais influenciam as operações de reciclagem e descarte no ambiente natural.	Farias <i>et al.</i> (2019), Zarandi <i>et al.</i> (2011)
<b>A8</b> Padronização de Processos	No NPD, consiste em padronizar todas as atividades periódicas, bem como definir uma sequência de etapas de avaliação ( <i>gates</i> ).	Hoppmann <i>et al.</i> (2011), Welo (2011), Nepal <i>et al.</i> (2011)
<b>A9</b> Gestão da variedade de produto	O gerenciamento de variedade de produto consiste na padronização de peças, módulos e subconjuntos.	Hoppmann <i>et al.</i> (2011), Letens <i>et al.</i> (2011), Nepal <i>et al.</i> (2011)
<b>A10</b> Prototipagem rápida, avaliações e testes	A adoção de protótipos virtuais (CAD) é encorajada para validar tanto os problemas geométricos quanto os modos de falha de alguns componentes.	Hoppmann <i>et al.</i> (2011), Klein <i>et al.</i> (2014)
<b>A11</b> Controle Baseado em Conjuntos	No controle do plano baseado na responsabilidade individual, os gestores definem os marcos, enquanto a equipe do projeto é autônoma para programar seus fluxos de trabalho, estimar a duração das atividades e dar feedback aos gestores sobre a viabilidade da proposta horários.	Hoppmann <i>et al.</i> (2011), Kumar; Wellbrock (2009), Klein <i>et al.</i> (2014)
<b>A12</b> Engenharia Baseada em Conjuntos	Engenharia baseada em conjuntos significa considerar conjuntos de projetos e soluções ao longo do desenvolvimento, descartando, sob múltiplos critérios, aquelas soluções que são inferiores às demais.	Hoppmann <i>et al.</i> (2011), Kumar; Wellbrock (2009), Letens <i>et al.</i> (2011), Klein <i>et al.</i> (2014)

(continuação)

	<b>Facilitadores</b>	<b>Descrição</b>	<b>Autores</b>
<b>A13</b>	Engenharia Simultânea	As etapas do NPD são executadas sequencialmente, sendo que a próxima etapa inicia antes do término da atual.	Hoppmann <i>et al.</i> (2011), Letens <i>et al.</i> (2011), Khan <i>et al.</i> (2013), Kumar; Wellbrock (2009) e Wu <i>et al.</i> (2010)
<b>A14</b>	Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho	No <i>Lean</i> NPD, os engenheiros da equipe do projeto devem permanecer em suas áreas de especialização.	Hoppmann <i>et al.</i> (2011), Klein <i>et al.</i> (2014)
<b>A15</b>	Integração de Fornecedores	Os fornecedores estão ligados à equipe do projeto, apoiando o desenvolvimento de peças, módulos e subconjuntos.	Hoppmann <i>et al.</i> (2011), Letens <i>et al.</i> (2011), Wang <i>et al.</i> (2011), Johansson; Sundin (2014),
<b>A16</b>	Gerente de Projetos Forte	O engenheiro chefe é o responsável pela definição do valor, representando a voz dos clientes em todas as etapas do processo de desenvolvimento.	Hoppmann <i>et al.</i> (2011), Letens <i>et al.</i> (2011), Wang <i>et al.</i> (2011); Khan <i>et al.</i> (2013)
<b>A17</b>	Redução de Resíduos	A redução de resíduos consiste no melhor aproveitamento dos recursos, visando a sua preservação no meio ambiente.	Farias <i>et al.</i> (2019), Johansson; Sundin (2014)
<b>A18</b>	Análise de Impactos Ambientais	Analisa os materiais utilizados no desenvolvimento do produto, de forma que não apresentem nenhum risco ambiental quando forem descartados ao final de sua vida útil.	Farias <i>et al.</i> (2019), Johansson; Sundin (2014)

Fonte: A autora.

O instrumento e protocolo para coleta dos dados foi o mesmo para ambos os países. Para a aplicação da pesquisa, tanto na fase 1 quanto na fase 2 os formulários utilizados foram de acordo com a linguagem de cada país: para o Brasil foi aplicado em português e para o Japão foi aplicado em japonês. Os formulários foram elaborados em português e inglês, porém o professor colaborador dessa pesquisa passou para o japonês com o intuito de que não houvesse respostas erradas devido a erros de interpretação.

Para o método AHP foi utilizada uma planilha eletrônica, com interface de fácil entendimento e preenchimento, enviada aos especialistas em PMEs. Ao final do preenchimento da planilha os pesos para cada um dos critérios são calculados automaticamente e a razão de consistência demonstra se as respostas são válidas ou não. Para que as respostas sejam válidas, a razão de consistência precisa ser menor que 0,1, afirmando dessa forma que houve uma estratégia de preenchimento válida nas respostas.

Os pesos foram atribuídos de acordo com a relação de comparação aos pares, sendo observado a importância desses critérios nas PME para o NPD. Ao total foram realizadas dez comparações, identificando qual a característica mais importante e atribuindo o grau de importância de acordo com a escala de Saaty (2002).

Os respondentes dessa etapa do processo foram pessoas com conhecimento do contexto de PMEs, sendo composto por diretores executivos (*Chief Executive Officer* – CEO) de pequenas ou médias empresas renomadas no ramo que atuam e parcialmente é composto por professores estudiosos do assunto.

Para cada um dos países foram selecionados três especialistas em PMEs para responder a planilha responsável pela atribuição de pesos aos critérios. Dentro do mesmo país eles residem em regiões distintas, com o intuito de avaliar o local como um todo e não baseado apenas em uma pequena região. As qualificações de cada um dos especialistas podem ser observadas no Quadro 8.

Quadro 8 - Qualificação dos especialistas.

ESPECIALISTAS	DESCRIÇÃO DAS QUALIFICAÇÕES
E1 - Japão	Diretor de área de uma instituição governamental (Organização para PMEs).
E2 - Japão	Atualmente, na área acadêmica. Ex-banqueiro com larga experiência com PMEs locais, agora CEO de uma construtora de médio porte.
E3 - Japão	Ex-CEO, com larga experiência, de um fabricante de pequeno-médio porte no Japão.
E4 - Brasil	Analista técnica do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) atuando em programas e projetos de atendimento às pequenas e médias empresas.
E5 - Brasil	Atua na área acadêmica. Pesquisadora de gestão estratégica para pequenas e médias empresas.
E6 - Brasil	Atua em empresas e na academia. Contadora focada em administração de empresas e competitividade no mercado.

Fonte: A autora.

Dessa forma, foram coletadas ao todo seis respostas distintas dos especialistas que foram compiladas como forma de uniformizar o peso de cada critério, fazendo com que a métrica utilizada para posteriormente analisar os facilitadores do *lean* e do *green* nas empresas fosse a mesma em ambos os países.

A análise das alternativas ocorre par-a-par, elencando qual a melhor entre duas alternativas e quanto uma é potencialmente melhor que a outra. Esse método é realizado por especialistas do assunto em construir hierarquia através das respostas de especialistas, definir prioridades e verificar a consistência lógica das respostas (SAATY, 2002).

$$\bar{g} = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n}$$

Nesse artigo foi adotado o método de Normalização Aditiva, o qual apresenta pouca complexidade computacional e bons resultados (SRDJEVIC, 2005). A Normalização Aditiva é um método algébrico que consiste em obter a soma dos elementos da Matriz de Decisão, gerar uma nova matriz a partir da normalização dos elementos da matriz pela sua respectiva soma das colunas e, nessa matriz, obter o vetor pela média dos elementos da linha normalizados, conforme as equações (8) e (9).

$$a'_{ij} = a_{ij} / \sum_{i=j}^m a_{ij}, i, j = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

$$P_i = \left(\frac{1}{m}\right) \sum_{j=1}^m a_{ij}, i, j = 1, 2, \dots, m \quad (9)$$

Em que:

$a_{ij}$ : é a importância relativa do elemento decisão;

$a'_{ij}$ : é a importância relativa normalizada;

$P_i$ : é o vetor prioridade normalizado.

Com o preenchimento da matriz de forma consistente, os valores devem ser normalizados. A normalização é dada pelo quociente de dado elemento  $a_{ij}$  da matriz pela soma da coluna  $j$  (SAATY, 1977; SRDJEVIC, 2005).

$$\bar{a}_{ij} = a_{ij} \cdot \sum_{\varepsilon=1}^m a_{\varepsilon j} \quad (10)$$

Os pesos de cada um dos critérios, com a nomenclatura  $w$ , serão obtidos a partir da média dos elementos de cada linha da matriz normalizada obtida no passo

anterior. Considerando a matriz  $A_{m \times m}$ , visto que a matriz é quadrada, conforme já abordado anteriormente.

$$w_i = \sum_{\varepsilon=1}^m \bar{a}_{i\varepsilon} / m \quad (11)$$

Para que o método seja validado é necessário que haja consistência nas respostas dos especialistas. Para isso, é determinado a razão de consistência (RC) para cada matriz. Considerando o número de critérios como  $m = 5$ , conseqüentemente a matriz é de ordem  $5 \times 5$ , e dessa forma a RC deve ser 0,10, que pode ser observado na Tabela 1:

Quadro 9 - Limites aceitáveis da Razão de Consistência.

Limites aceitáveis de RC	
RC	Tamanho da Matriz
0,05	Matriz 3x3
0,08	Matriz 4x4
0,1	Matriz 5x5 ou de Ordem Superior

Fonte: Stein e Mizzi (2007)

E pode ser avaliado a partir da equação (12):

$$RC = ICH/HRI \quad (12)$$

Onde, o ICH é o Índice de Consistência Harmônica e HRI é o Índice de Consistência Aleatória Harmônica. O HRI pode ser encontrado em uma tabela de valores empíricos, enquanto o ICH deve ser calculado fazendo uso da média harmônica (MH) e do número de critérios ( $m$ ) a partir da seguinte fórmula:

$$ICH = \frac{(MH_S - m) - (m+1)}{m \cdot (m-1)} \quad (13)$$

As dez comparações aos pares contemplam a comparação de todos os critérios entre si, conforme pode ser observado na Figura 5, para os especialistas brasileiros.

Figura 5 - Instrumento de coleta de dados do Brasil - Fase AHP.

Considerando o contexto das PMEs no Brasil, avalie a importância relativa das seguintes características:			
	Qual é mais importante?		Intensidade da Importância
Flexibilidade		Dificuldades com o NPД	
Flexibilidade		Inovação	
Flexibilidade		Recursos Limitados	
Flexibilidade		Alta Autoridade	
Dificuldades com o NPД		Inovação	
Dificuldades com o NPД		Recursos Limitados	
Dificuldades com o NPД		Alta Autoridade	
Inovação		Recursos Limitados	
Inovação		Alta Autoridade	
Recursos Limitados		Alta Autoridade	
Por favor, leia os 'critérios' da planilha cuidadosamente antes desta avaliação.			
<b>RC</b>			

Quando você terminar a avaliação, se RC for maior que 0,1, revise a intensidade da importância, especialmente quando você tiver mais dúvidas.

Fonte: A autora.

Da mesma forma, os especialistas japoneses realizaram a pesquisa em um instrumento de coleta de dados similar, porém no idioma japonês, conforme Figura 6.

Figura 6 - Instrumento de coleta de dados do Japão - Fase AHP.

日本の中小企業の状況に鑑みて、項目を一対ずつ比較して（D列とF列）、その相対的な重要性を評価してください（E列とG列に入力）。			
	左（D列）と右（F列）のどちらが重要か？（3選択肢）		重要性程度の度合いは？（1～9の9選択肢）
適応性(柔軟性)		新製品・新サービス開発の阻害	
適応性(柔軟性)		革新性	
適応性(柔軟性)		限られたリソース	
適応性(柔軟性)		権限集中	
新製品・新サービス開発の阻害		革新性	
新製品・新サービス開発の阻害		限られたリソース	
新製品・新サービス開発の阻害		権限集中	
革新性		限られたリソース	
革新性		権限集中	
限られたリソース		権限集中	
評価の前に前シート「項目の記述」の説明を熟読願います。			
<b>RC</b>			

およびG3～G12の選択後に、RCの値が0.1より大きいときには、一対比較の整合性を確認願います

Fonte: A autora.

Após a utilização do método AHP para a atribuição de pesos aos critérios acima listados, foi aplicado o método de decisão multicritério TOPSIS 2-tuple (considerado como a fase 2 do trabalho). Esse modelo é baseado na ideia de distância da solução ideal. Esse segundo método a ser utilizado serviu para avaliar o grau de aplicabilidade de cada princípio nas PMEs, ou seja, hierarquizar os 18 facilitadores do *lean* e *green*.

Para a aplicação do TOPSIS 2-Tuple foram utilizados formulários eletrônicos. Para cada um dos cinco critérios foi elaborado um formulário distinto, sendo que todos eles apresentam o critério (característica da PME que está sendo avaliada), a

descrição e significado dele, bem como os facilitadores das metodologias *lean* e *green* e as descrições deles. Organizados dessa maneira, são cinco formulários composto por 18 questões em cada um deles. Para responder as questões os responsáveis foram instruídos que as questões fossem respondidas de acordo com as práticas atuais dentro das empresas, para com isso validar o objetivo da pesquisa.

A alta direção e responsáveis pelo NPD das empresas foram questionados através do instrumento de pesquisa em uma plataforma *online*. Para os critérios de benefício as perguntas foram da forma: “Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “A1” na característica “C1” da empresa?”. Já, para os critérios de custo, as perguntas foram na forma: “Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “A1” para reduzir os efeitos da característica “C2” da empresa?”.

Elencado como o primeiro passo para a aplicação do método de variáveis linguísticas, foram utilizadas variáveis linguísticas como parâmetros para responder as perguntas dos formulários, sendo elas: “Nenhuma”, “Muito Baixa”, “Baixa”, “Média”, “Alta”, “Muito Alta”, “Absoluta”. Essas expressões servem para evidenciar a importância de cada facilitador das metodologias *lean* ou *green* em determinada característica da empresa.

Os dados coletados em cada uma das empresas foram analisados para que fosse possível identificar as diferenças em cada uma delas e posteriormente realizar o estudo comparativo entre as empresas brasileiras e japonesas.

Para efetuar a hierarquização dos facilitadores das metodologias *lean* e *green* nas PMEs avaliadas foram usados os parâmetros linguísticos do Tabela 1, representando a importância do facilitador das metodologias *lean* e *green* nas atividades das PMEs avaliadas.

Tabela 1 - Variável Linguística e número equivalente

Variável Linguística	Número Equivalente ( $\beta$ )
Nenhuma (N)	( $S_0, 0$ )
Muito Baixa (MB)	( $S_1, 0$ )
Baixa (B)	( $S_2, 0$ )
Média (M)	( $S_3, 0$ )
Alta (A)	( $S_4, 0$ )
Muito Alta (MA)	( $S_5, 0$ )
Absoluta (AB)	( $S_6, 0$ )

Fonte: A autora.

O método TOPSIS *2-tuple* utilizado neste trabalho foi adaptado de Wei (2010). As etapas para o desenvolvimento são apresentadas a seguir.

O primeiro passo está atrelado aos tomadores de decisão, que determinam a importância de cada critério, ou seja, os pesos dos critérios por meio do método AHP (descrito na seção anterior) do processamento e análise dos dados.

O segundo passo consiste em transformar a matriz de decisão linguística de cada um dos tomadores de decisão  $R_k = (r_{ij}^{(k)})_{m \times n}$ , em uma única matriz de decisão na forma de uma variável linguística *2-tuple* agregada usando a equação (14),

$$(r_{ij}, a_{ij}) = \Delta \left( \frac{1}{t} \sum_{k=1}^t \Delta^{-1} (r_{ij}^{(k)}, a_{ij}) \right), i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (14)$$

Onde:

$(r_{ij}^{(k)}, a_{ij})$  representa o desempenho da alternativa  $i$  em relação ao critério  $j$  para o tomador de decisão  $k$  na forma de uma variável linguística *2-tuple*.

$(r_{ij}, a_{ij})$  representa o desempenho da alternativa  $i$  em relação ao critério  $j$  após a agregação na forma de uma variável linguística *2-tuple*.

Na sequência, foram encontradas a solução positiva ideal ( $A^*$ ) e a solução negativa ideal ( $A^-$ ). Para isso foram utilizadas as equações (15) e (16):

$$(r_j^+, a_j^+) = \max_i \{(r_{ij}, a_{ij})\}, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (15)$$

$$(r_j^-, a_j^-) = \min_i \{(r_{ij}, a_{ij})\}, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (16)$$

Onde:

$(r_j^+, a_j^+)$  representa a solução positiva ideal para o critério  $j$  na forma de uma variável linguística *2-Tuple*;

$(r_j^-, a_j^-)$  representa a solução negativa ideal para o critério  $j$  na forma de uma variável linguística *2-Tuple*.

Como o método é baseado na ideia de distância da solução ideal, foi calculado a distância entre as alternativas e as soluções positiva ideal ( $A^*$ ) e negativa ideal ( $A^-$ ).

Para isso, foram calculadas as distâncias em relação à solução positiva ideal e à solução negativa ideal de cada um dos critérios  $j$ , por meio das equações (17) e (18).

$$(\delta_i^+, n_i^+) = \Delta \left( \sum_{j=0}^n |\Delta^{-1}(r_{ij}, a_{ij}) - \Delta^{-1}(r_j^+, a_j^+)| w_j \right) \quad (17)$$

$$(\delta_i^-, n_i^-) = \Delta \left( \sum_{j=0}^n |\Delta^{-1}(r_{ij}, a_{ij}) - \Delta^{-1}(r_j^-, a_j^-)| w_j \right) \quad (18)$$

Onde:

$(\delta_i^+, n_i^+)$  representa a distância total da alternativa  $i$  em relação à solução positiva ideal de cada um dos critérios  $j$  na forma de variável linguística 2-Tuple;

$(\delta_i^-, n_i^-)$  representa a distância total da alternativa  $i$  em relação à solução negativa ideal de cada um dos critérios  $j$  na forma de variável linguística 2-Tuple;

$w_j$  representa o peso do critério  $j$ , na forma de um número real.

E, por fim, é calculado o índice de proximidade com a solução ideal da alternativa  $i$  usando a equação (19):

$$CC_i = \left( \frac{\Delta^{-1}(\delta_i^-, n_i^-)}{\Delta^{-1}(\delta_i^+, n_i^+) + \Delta^{-1}(\delta_i^-, n_i^-)} \right), \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (19)$$

Onde,

$CC_i$  representa o índice de proximidade com a solução ideal da alternativa  $i$  na forma de um número real (intervalo 0-1). Quanto maior o  $CC_i$  da alternativa  $i$ , melhor será a classificação dessa alternativa.

Dessa forma, é possível identificar as melhores alternativas/soluções para a problemática proposta inicialmente de forma clara e concisa, com maior precisão dentre os métodos multicritério.

Ao final da compilação dos dados coletados nas empresas e dos dados coletados com os especialistas em PMEs, foi realizado um estudo comparativo, no qual foram avaliados os pontos de semelhanças e diferenças das empresas de contextos distintos.

Os estudos comparativos ocupam lugar de destaque em pesquisas científicas, pois auxiliam em diagnósticos de problemas sociais, para o desempenho de políticas

públicas e ao mesmo tempo, como parâmetro de referência para fonte de legitimação (PIOVANI; KRAWCZYK, 2017).

Ao gerar a oportunidade de conduzir uma análise de “caso cruzado”, um estudo de caso múltiplo pode realmente abordar um amplo tópico de interesse e, conseqüentemente aprofundar o nível de conhecimento sobre as empresas estudadas. Essa amplitude contrasta fortemente com o escopo limitado de um estudo de caso único (BICKMAN; ROG, 2014). Assim, a seleção de quatro empresas em cada um dos países serve como fonte enriquecedora para a realização de um estudo comparativo. Isso, pois, o número de casos mais elevado permite expandir substancialmente a generalização de suas descobertas para uma gama mais ampla de contextos do que um estudo de caso único.

Para realizar essa comparação de modo que todas as semelhanças e diferenças das empresas sejam abordadas com clareza, foi utilizado o método de escrita texto por texto, no qual foram apresentados os resultados de uma empresa em cada etapa. Antes se discute tudo que aborda uma empresa e um cenário, depois se discute sobre a outra empresa do mesmo cenário e assim por diante.

Para que o estudo de caso ocorresse de forma fluida e com fácil entendimento foram seguidos cinco passos principais estabelecidos por Walk (1998):

O primeiro passo consiste em estabelecer um quadro de referência, que se trata de encontrar qual o contexto que serão comparados os cenários. Nesse estudo, o quadro de referência estabelecido foi o setor de desenvolvimento de produtos dentro das pequenas e médias empresas;

O segundo passo consiste em elencar quais os motivos para realizar a comparação, justificando o porquê dos cenários que foram escolhidos para que não seja entendido como escolha aleatória. Nessa pesquisa foram escolhidos os países Brasil e Japão devido à influência que ambos apresentam na economia mundial, com a diferença de que o Brasil é um país em desenvolvimento e o Japão é um país desenvolvido. Essa escolha foi reafirmada pelo acordo de parceria existente entre os dois países;

O terceiro passo busca identificar uma tese antes mesmo de aprofundar os estudos comparativos relacionados aos cenários propostos. As teses propostas ao longo dessa pesquisa foram de que há grande possibilidade de as empresas japonesas apresentarem maior maturidade na aplicação dos facilitadores das metodologias *lean* e *green*, visto que o Japão foi o berço da metodologia *lean*;

O quarto passo tem por finalidade escolher o esquema organizacional que será utilizado, ou seja, a forma com a qual os resultados devem aparecer: ponto por ponto ou texto por texto. Nesse estudo foi utilizado o esquema de texto por texto, onde se discute tudo em um contexto para depois discutir outro contexto;

E, por fim, o quinto passo tem como objetivo relacionar os dados do contexto com a tese elaborada inicialmente, de forma a criar um link entre eles, o que pode ser analisado na exposição dos resultados.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nessa seção são apresentados os resultados obtidos a partir da entrevista realizadas com os especialistas de pequenas e médias empresas, especificando resultados obtidos no Brasil e no Japão. Além disso, são apresentados os resultados obtidos através dos questionários realizados nas PMEs, respondidos pela alta gerência e por responsáveis pelo NPD. Ao final da seção, foram discutidos os resultados encontrados, como forma de avaliação deles.

### **4.1 RESULTADOS AHP: CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DAS PMES**

Nessa subseção são apresentados os resultados referentes ao método AHP, obtidos a partir de uma entrevista com os especialistas, no qual eles puderam atribuir pesos às características principais das pequenas e médias empresas, comparando as características aos pares. Os resultados estão separados e analisados de acordo com o país: Brasil ou Japão, e ao final da subseção são comparados e discutidos os resultados dessa fase da pesquisa.

#### **4.1.1 Especialistas Japoneses**

Os especialistas japoneses selecionados para responder o instrumento de pesquisa para o método AHP apresentam embasamento teórico e prático no que diz respeito às pequenas e médias empresas. Foram selecionadas três pessoas, que se diferem entre docentes e CEOs de pequenas e médias empresas.

O primeiro especialista selecionado é diretor de área de uma instituição governamental, sendo essa instituição uma organização para as PMEs. Dessa forma, apresenta conhecimento prático, com contato direto com as pequenas e médias empresas do país. O segundo especialista selecionado atualmente é docente em universidades conceituadas e retém conhecimento prático de trinta e cinco anos de experiência como ex-banqueiro cuidando das pequenas e médias empresas locais. Além disso, atua como CEO de uma construtora de médio porte. Por fim, o terceiro especialista selecionado é ex-CEO de uma empresa de médio porte japonesa que também apresenta conhecimento prático e vivências importantes dentro das pequenas e médias empresas.

Para esses especialistas apresentados, a característica com maior relevância para pequenas e médias empresas é a alta incidência de inovação (C3) nos processos produtivos, onde a criatividade individual e coletiva é incentivada pela gerência. Tal característica ficou como primeira colocada no *ranking* atingindo o peso de 0,420 em uma média normalizada com peso total 1,000.

A segunda colocada na média geral dos três especialistas japoneses encontra-se a alta autoridade (C5), na qual afirma que o gerente acaba desempenhando funções do qual não apresenta o conhecimento requerido. Esse critério obteve peso 0,212 na média geral entre os especialistas japoneses.

Em terceiro lugar está evidenciada a flexibilidade (C1) das empresas se adaptarem às mudanças impostas pelo mercado, às poucas camadas de gerenciamento, à alta gerência próxima dos funcionários e à baixa resistência a mudanças ambientais. Essa característica obteve peso 0,203 no compilado de dados das avaliações dos especialistas.

Como quarto lugar no *ranking* das características determinantes das PMEs foi ocupado pelos recursos limitados (C4). Esse tópico aborda os recursos em forma de tempo, mão de obra (pessoas) e financeiro. Durante a classificação dos especialistas esse critério obteve o peso 0,094.

Por fim, a característica dentre as listas que aparece com o menor índice de relevância para os especialistas estão as dificuldades com o NPD (C2). Essa característica está relacionada com as dificuldades encontradas pelas empresas em desenvolver novos produtos e formalizar esse processo e obteve o peso de 0,071 durante as avaliações.

Na Tabela 2 observa-se as respostas de cada um dos especialistas japoneses, além da razão de consistência de cada um no momento de responder ao instrumento de pesquisa. Ao final da Tabela 2 encontra-se a média geométrica normalizada e o *ranking* geral.

Tabela 2 - Pesos da fase AHP: Especialistas Japoneses

PESOS ATRIBUÍDOS - MÉTODO AHP					
Critérios	JAPÃO				
	Especialista 1	Especialista 2	Especialista 3	Média Normalizada	Ranking geral
<b>C1 - Flexibilidade</b>	0,085	0,446	0,167	0,203	3º
<b>C2 - Dificuldade no NPD</b>	0,059	0,091	0,052	0,071	5º
<b>C3 - Inovação</b>	0,579	0,219	0,442	0,420	1º
<b>C4 - Recursos Limitados</b>	0,107	0,091	0,064	0,094	4º
<b>C5 - Alta Autoridade</b>	0,171	0,153	0,276	0,212	2º

<b>Razão de Consistência (RC &lt; 0,1)</b>	0,0949	0,0076	0,0763
--	--------	--------	--------

Fonte: A autora.

Com a Tabela 2, pode-se observar que as respostas dos especialistas não foram todas em total acordo, por esse motivo que se fez importante a participação de três pessoas com conhecimentos distintos que pudessem avaliar de acordo com suas vivências e assim fosse obtido um valor intermediário dentre as avaliações.

Apesar de apresentarem divergência das respostas, todos eles têm como prioridade, ou seja, veem como a característica que mais define as PMEs a alta incidência de inovação. Esse fator pode ser visto e entendido como um dos motivos pelos quais as pequenas e médias empresas japonesas são uma referência tão forte no mercado mundial.

A visão desses três especialistas selecionados resume grande parte do entendimento da população, que vê a inovação dentro das empresas como uma oportunidade de melhoria. Essa oportunidade que, normalmente, é bem representada e acaba se tornando um ponto lucrativo e de alavancagem no negócio.

#### 4.1.2 Especialistas Brasileiros

O grupo de especialistas brasileiros selecionados para realizar a avaliação das características determinantes das PMEs foi composto por professores acadêmicos, pesquisadores do assunto e também por atuantes da área, com conhecimentos diferentes, mas complementares. Essas diferenças de contextos dos três especialistas brasileiros se estendem, além da área de atuação, também para as regiões do Brasil a qual pertencem.

A primeira especialista trabalhou por sete anos como analista técnica do SEBRAE em Fortaleza. Gestora de territórios, programas e projetos de atendimento às pequenas empresas do Ceará, voltados para o desenvolvimento sustentável e para o aumento da competitividade das empresas. Atualmente é mentora de negócios para orientar empreendedores que desejam iniciar um negócio sustentável.

A segunda especialista é graduada e mestre em administração de empresas, com foco na gestão estratégica de mercado. Teve sua dissertação focada em modelo de negócios para pequenas e médias empresas. Participou de projetos e foi coautora de artigos também na mesma área.

O terceiro especialista é graduado, mestre e doutor em engenharia de produção. Teve sua tese de doutorado abordando um método de referência para desenvolver produtos sustentáveis em PMEs. Atualmente participa de um projeto integrando as tecnologias da Indústria 4.0 ao projeto de Sistemas Produto-Serviços Sustentáveis em pequenas e médias empresas.

Para esses especialistas, as respostas ao instrumento de coleta de dados para o método AHP teve algumas diferenças. Elencado como característica principal das PMEs brasileiras estão as dificuldades com o NPD (C2), que ficou com peso 0,278 na avaliação dos especialistas.

Evidenciado como segunda colocada no *ranking* geral está a flexibilidade (C1) com que as empresas conseguem se adaptar às mudanças impostas pelo mercado. Esse critério obteve peso 0,208 na avaliação geral dos especialistas brasileiros.

Na terceira posição encontram-se os recursos limitados (C4), abordando tanto os recursos financeiros, quanto mão de obra e tempo disponível. Esse critério ficou com peso 0,204 na avaliação dos especialistas.

Como quarta colocada na disposição geral está a incidência de inovação (C3), na qual a criatividade individual e de grupo é incentivada. Esse critério obteve peso 0,187 na média geral normalizada.

E por fim, classificada como a característica menos determinante das PMEs, dentre as listadas na pesquisa, está a alta autoridade (C5), que prevê a alta gerência desempenhando e sendo responsáveis por atividades dos quais eles não têm conhecimento. Esse critério obteve peso 0,122 na avaliação dos especialistas.

Na Tabela 3 é possível analisar os pesos atribuídos por cada um dos especialistas selecionados. Está exposto também a razão de consistência nas

respostas de cada especialista. Além de apresentar a média geométrica normalizada e o *ranking* de relevância das características listadas dentro das PMEs brasileiras.

Tabela 3 - Pesos da fase AHP: Especialistas Brasileiros.

PESOS ATRIBUÍDOS - MÉTODO AHP					
Critérios	BRASIL				
	Especialista 4	Especialista 5	Especialista 6	Média Normalizada	Ranking geral
<b>C1 - Flexibilidade</b>	0,192	0,088	0,264	0,208	2º
<b>C2 - Dificuldade no NPD</b>	0,220	0,265	0,183	0,278	1º
<b>C3 - Inovação</b>	0,258	0,181	0,070	0,187	4º
<b>C4 - Recursos Limitados</b>	0,289	0,416	0,035	0,204	3º
<b>C5 - Alta Autoridade</b>	0,041	0,049	0,448	0,122	5º

<b>Razão de Consistência (RC &lt; 0,1)</b>	0,024	0,0931	0,052
--	-------	--------	-------

Fonte: A autora.

As respostas desses especialistas foram bem heterogêneas, o que permitiu que a resposta apontada na média normalizada e *ranking* final realmente retratasse a diversidade entre as regiões brasileiras. Cada especialista expressou a sua visão diante do cenário que está inserido e essa diferença fez com que as respostas fossem desparelhas umas das outras.

O Brasil é considerado um país em desenvolvimento e que ainda tem muitas adversidades para enfrentar até se tornar um país desenvolvido e, essas adversidades não estão apenas na economia, mas também na forma de pensar e agir da população. O que pode ser evidenciado quando analisado que a característica mais marcante das PMEs é a dificuldade com o NPD, e ela não requer altos investimento, só demanda de capacitação dos proprietários e colaboradores.

#### 4.1.3 Fase AHP: comparação e discussão

Para que os resultados pudessem ser comparados, todos os especialistas precisaram atribuir respostas válidas e consistentes, visto que a razão de consistência da planilha é um fator determinante para que as respostas sejam validadas. Tanto os especialistas japoneses quanto os brasileiros obtiveram um índice aceitável, sendo

assim não houveram respostas inconsistentes e todas elas puderam ser consideradas durante a compilação dos dados.

Ao realizar uma comparação entre os resultados obtidos por meio do instrumento de coleta de dados dos especialistas japoneses e brasileiros foi possível perceber que há muitas diferenças na forma de analisar e priorizar as características das pequenas e médias empresas.

Enquanto os especialistas japoneses elencam que a incidência de inovação (C3) dentro das empresas é o critério que mais representa as PMEs japonesas, os especialistas brasileiros entendem que o critério que apresenta maior importância frente aos outros critérios, para as empresas brasileiras, são as dificuldades no NPD (C2) que são enfrentadas, com a questão documental e compreensão da importância desse tipo de atitude dentro do contexto de empresa.

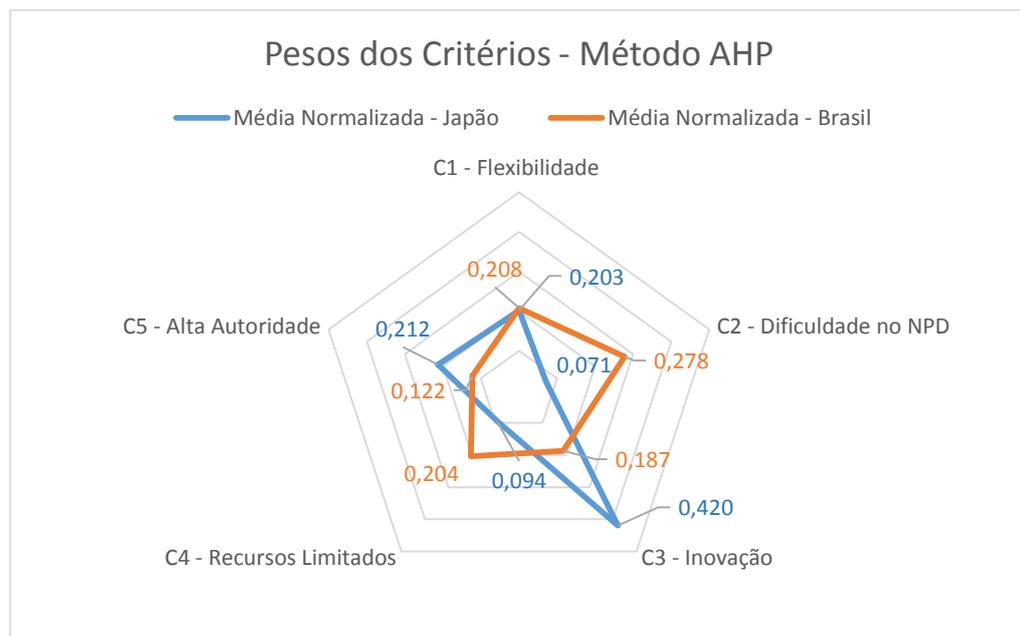
Essa questão aponta como a diferença cultural entre os países podem impactar diretamente no desenvolvimento das empresas. No Japão, o critério com maior pontuação é um critério de benefício, ou seja, a característica mais determinante dentro das empresas é uma oportunidade, uma qualidade dessas PMEs. Já, no Brasil, o critério com o maior peso na avaliação dos especialistas é um critério de custo, onde o ideal seria que tivesse uma pontuação pequena, e com isso não se torna-se um empecilho para a alavancagem do negócio frente ao mercado consumidor.

Ainda, os especialistas japoneses apresentaram maior ênfase nas respostas dadas, atribuindo peso de 0,420 para o primeiro colocado no *ranking* geral, em uma escala normalizada em que a somatória dos pesos de todos critérios é 1,000. O critério que ficou com a segunda colocação no *ranking* geral obteve peso 0,212 na média normalizada. Com isso, a diferença de pesos entre o critério que ficou com a primeira posição para aquele que ficou com a segunda posição foi de 0,208 pontos no peso atribuído.

Enquanto isso, os especialistas brasileiros atribuíram pesos mais lineares aos critérios das PMEs. O primeiro no *ranking* geral obteve peso de 0,278, em uma escala normalizada em que a somatória dos pesos de todos critérios é 1,000. Por outro lado, o critério que obteve a segunda colocação ficou com o peso 0,208, gerando assim uma diferença de apenas 0,070 pontos no peso total atribuído. Isso pode ser evidenciado na Figura 6, que apresenta os critérios e os pesos atribuídos para cada um deles pelos especialistas brasileiros e japoneses.

Quanto menor for a área representada no gráfico da Figura 6, significa que o critério apresenta menor importância, frente aos outros que estão representados com uma área maior do gráfico. Lembrando que, por se tratar de médias normalizadas, a soma dos pesos atribuídos aos cinco critérios deve ser igual a 1,000, tanto para os especialistas japoneses quanto para os especialistas brasileiros.

Figura 7 - Pesos dos Critérios pelo Método AHP.



Fonte: A autora.

## 4.2 RESULTADOS TOPSIS 2-TUPLE

Essa seção apresenta com maior detalhamento as empresas selecionadas para a realização da pesquisa, bem como seus resultados individuais. E ao final, apresenta-se uma síntese incluindo os resultados das quatro empresas em cada um dos países, aliado à discussão dos resultados encontrados.

### 4.2.1 Pequenas e Médias Empresas Japonesas

Neste item são apresentados os resultados obtidos a partir da entrevista estruturada realizada com as empresas japonesas. As empresas selecionadas atendem aos requisitos estabelecidos quanto ao número de funcionários e todas elas

pertencem ao setor metal mecânico, em diversos seguimentos de desenvolvimentos de produtos.

#### 4.2.1.1 Empresa E1

A empresa E1 foi fundada em 1972 como uma empresa prestadora de serviços de automação e desenvolvedora de produtos mecatrônicos, como sendo uma extensão do setor mecânico. Essa empresa conta com uma tecnologia inovadora para melhorar a qualidade dos produtos desenvolvidos e busca estar sempre liderando o setor metal mecânico. Atualmente é considerada uma empresa de médio porte.

Os produtos desenvolvidos pela E1 abrangem placas de circuito impresso, aparelhos de precisão na área da metrologia, equipamentos médicos e sistemas robóticos. Todos seus produtos são desenvolvidos conforme a ISO9001, ISO14000 e ISO13485.

Avaliando as respostas dessa empresa como um todo (Apêndice F), é possível concluir que as metodologias do *lean* e do *green* estão sendo aplicadas de uma forma mediana a alta. Visto que, as respostas foram em grande parte com o nível de importância dos facilitadores como “média (M)”, “alta (A)” e “muito alta (MA)”, salvo algumas exceções que foram consideradas de nível “absoluto (AB)”. Ainda, algumas poucas exceções também, onde os facilitadores obtiveram resposta como “baixa (B)” importância na empresa.

A empresa preza muito por manter as certificações e busca sempre evoluir no mercado e isso pode ser observado na Tabela 3 que apresenta os resultados da empresa com base nas respostas dos responsáveis pelo NPD e da alta gerência ao instrumento de pesquisa da fase TOPSIS 2-Tuple.

Tabela 4 - Resultados TOPSIS 2-Tuple da empresa E1

	<b>Facilitadores <i>Lean e Green</i></b>	<b>Coefficiente de Similaridade com a solução ideal</b>	<b>Ordenação</b>
<b>A1</b>	Melhoria Contínua	1,0000	1
<b>A2</b>	Transferência de conhecimento entre projetos	0,9045	2
<b>A9</b>	Gestão da variedade de produto	0,7100	3
<b>A16</b>	Gerente de Projetos Forte	0,2167	4
<b>A3</b>	Definir Valor e Fluxo de Valor	0,2975	5
<b>A15</b>	Integração de Fornecedores	0,0222	6
<b>A8</b>	Padronização de Processos	0,0222	7
<b>A12</b>	Engenharia Baseada em Conjuntos	0,5039	8
<b>A10</b>	Prototipagem rápida, avaliações e testes	0,8823	9
<b>A11</b>	Controle Baseado em Conjuntos	0,3122	9
<b>A5</b>	Conhecimento e Aprendizagem	0,3122	11
<b>A14</b>	Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho	0,4021	12
<b>A4</b>	Ferramentas de ecodesign e capacidade dinâmicas	0,1826	13
<b>A13</b>	Engenharia Simultânea	0,2460	14
<b>A6</b>	Avaliação do Ciclo de Vida	0,6878	15
<b>A7</b>	Seleção de materiais	0,8704	15
<b>A17</b>	Redução de Resíduos	0,0000	17
<b>A18</b>	Análise de Impactos Ambientais	0,0000	17

Fonte: A autora.

O facilitador considerado como o mais aplicado e com o maior nível de importância dentro da empresa é a melhoria contínua (A1), que é extremamente alinhado com a certificação da ISO9001, que trata de qualidade, e até com a própria metodologia *lean*. Seguindo, o segundo colocado é a transferência de conhecimento entre projetos (A2) que consiste nas empresas usarem a experiência acumulada das melhores práticas de projetos anteriores para projetar novos produtos.

Em contrapartida, elencados como os facilitadores menos importantes ou com menor aplicabilidade dentro da empresa estão com a mesma pontuação a redução de resíduos (A17) e a análise dos impactos ambientais (A18), sendo ambos oriundos da metodologia *green*.

#### 4.2.1.2 Empresa E2

A empresa E2 iniciou suas atividades em 1933 com a produção focada em correntes para bicicletas. A partir de 1950 se tornou mais abrangente ao focar sua produção em correntes transportadoras, veículos leves e produção de materiais fundidos. Essa evolução desde o período inicial se consolidou com a abertura de uma planta de automação focada em correntes de rolos.

Essa empresa passou de uma micro planta, desde o surgimento, até se tornar uma empresa de médio porte como é conhecida atualmente. Apesar de não ser de grande porte, é uma empresa com reconhecimento pela qualidade dos produtos desenvolvidos em seu no país como internacionalmente.

Quando observado as respostas como um todo, é possível avaliar que a empresa se encontra em um patamar elevado na aplicação das metodologias *lean* e *green*. Isso pode ser apontado pois as respostas medindo o nível de importância e aplicação dos facilitadores foram majoritariamente respondidos como importância “alta (A)” e “muito alta (MA)”. Houveram algumas exceções onde os facilitadores foram elencados com importância “Absoluta (AB)”, porém em nenhum caso as respostas foram “baixa (B)”, “muito baixa (MB)” ou “nenhuma (N)”. Isso pode ser visto analisando no Apêndice G.

Na avaliação dos responsáveis pelo NPD e da alta gerência da empresa, pode-se observar que o facilitador com maior importância e aplicação foi definir valor e fluxo de valor (A3), que é um dos princípios fundamentais da metodologia *lean*. Na sequência foi elencado como segundo colocado a melhoria contínua (A1) que retrata que a empresa deve permanecer constantemente em busca de melhorias.

Por outro lado, elencados como menos importantes e com menor índice de aplicação dentro da empresa encontram-se o facilitador da padronização de processos (A8), precedido pela redução de resíduos (A17) gerados a partir do desenvolvimento de novos produtos.

Na Tabela 4 é possível avaliar o *ranking* completo obtido das respostas ao instrumento de pesquisa para coleta de dados da fase do TOPSIS 2-Tuple.

Tabela 5 - Resultado fase TOPSIS 2-Tuple da empresa E2

	<b>Facilitadores <i>Lean e Green</i></b>	<b>Coefficiente de Similaridade com a solução ideal</b>	<b>Ordenação</b>
<b>A3</b>	Definir Valor e Fluxo de Valor	0,8888	1
<b>A1</b>	Melhoria Contínua	0,8562	2
<b>A16</b>	Gerente de Projetos Forte	0,8515	3
<b>A5</b>	Conhecimento e Aprendizagem	0,7450	4
<b>A7</b>	Seleção de materiais	0,6957	5
<b>A10</b>	Prototipagem rápida, avaliações e testes	0,6359	6
<b>A11</b>	Controle Baseado em Conjuntos	0,6359	6
<b>A12</b>	Engenharia Baseada em Conjuntos	0,4874	8
<b>A9</b>	Gestão da variedade de produto	0,4753	9
<b>A2</b>	Transferência de conhecimento entre projetos	0,4381	10
<b>A4</b>	Ferramentas de ecodesign e capacidade dinâmicas	0,4381	10
<b>A6</b>	Avaliação do Ciclo de Vida	0,4381	10
<b>A15</b>	Integração de Fornecedores	0,3809	13
<b>A13</b>	Engenharia Simultânea	0,3316	14
<b>A14</b>	Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho	0,3316	14
<b>A18</b>	Análise de Impactos Ambientais	0,3269	16
<b>A8</b>	Padronização de Processos	0,2550	17
<b>A17</b>	Redução de Resíduos	0,2204	18

Fonte: A autora.

#### 4.2.1.3 Empresa E3

A empresa E3 também é do setor metal mecânico e teve início com o torneamento de precisão em escala nano que utiliza sistemas de automação e controle sofisticados e de baixo custo. Com isso, a empresa encontra-se no auge da manufatura de metais, com a garantia de precisão e melhoria continuada por meio das tecnologias que apresenta. Além disso, tal empresa possui certificado ISO14001.

Os produtos desenvolvidos pela empresa E3 são fabricados em ferro, alumínio e latão, utilizando ligas específicas para cada produto disponível no portfólio. Disponibilizam ao cliente desde o desenvolvimento do projeto para uma peça unitária até o desenvolvimento de milhões de peças mensais, se requisitado.

Nas respostas dos instrumentos de pesquisa para coleta dos dados das empresas e respondidos pelos responsáveis do NPD e alta gerência, foi possível detectar que apesar de a empresa E3 ser forte no mercado e apresentar traços das metodologias *lean* e *green*, foi mantido uma restrição nas respostas. Como as respostas foram de igual importância em muitos facilitadores, o método TOPSIS 2-Tuple não conseguiu exprimir da melhor forma o *ranking*.

Conforme pode ser observado no Apêndice H, o nível de aplicação e importância dos facilitadores das metodologias *lean* e *green* dentro da empresa são altos. As respostas representam que as importâncias são na sua totalidade “alta (A)”, “muito alta (MA)” e “absoluta (AB)”.

Não houveram respostas onde a importância dos facilitadores fosse “média (M)”, “baixa (B)”, “muito baixa (MB)” ou “nenhuma (N)”. Isso significa que, apesar de o *ranking* ter ficado ordenado de uma forma confusa e com dificuldade de elencar as prioridades, a empresa apresenta domínio dos facilitadores e aplica eles no seu dia a dia.

Os facilitadores elencados com o maior índice de importância e aplicabilidade dentro dessa empresa ficaram empatados em primeiro lugar, sendo eles: a prototipagem rápida, avaliações e testes (A10), que está relacionado com o desenvolvimento de protótipos para testes de mercado e testes de resistência antes mesmo de fabricar os produtos em escala real e a presença de forte gerente de projetos (A16).

Em contrapartida, devido às respostas muito semelhantes, não houve apenas um facilitador elencado como o menos importante ou com menor aplicação na empresa. Obteve-se como resposta oito facilitadores com a mesma pontuação, todos empatados em 11º lugar, sendo eles: transferência de conhecimento entre projetos (A2), definição valor e fluxo de valor (A3), ferramentas de *ecodesign* e capacidade dinâmicas (A4), avaliação do ciclo de vida (A6), seleção de materiais (A7), integração de fornecedores (A15), redução de resíduos (A17) e análise dos impactos ambientais (A18).

A maior parte desses facilitadores evidenciados como menos importantes pertencem à metodologia *green*. Com isso, pode-se avaliar que a metodologia *lean* é mais aplicada na empresa E3. Que pode ser observados na Tabela 5.

Tabela 6 - Resultado fase TOPSIS 2-Tuple da empresa E3

	<b>Facilitadores <i>Lean e Green</i></b>	<b>Coefficiente de similaridade com a solução ideal</b>	<b>Ordenação</b>
<b>A1</b>	Melhoria Contínua	1,0000	9
<b>A2</b>	Transferência de conhecimento entre projetos	1,0000	11
<b>A3</b>	Definir Valor e Fluxo de Valor	0,9645	11
<b>A4</b>	Ferramentas de ecodesign e capacidade dinâmicas	0,8985	11
<b>A5</b>	Conhecimento e Aprendizagem	0,4645	3
<b>A6</b>	Avaliação do Ciclo de Vida	0,4645	11
<b>A7</b>	Seleção de materiais	0,4645	11
<b>A8</b>	Padronização de Processos	0,3630	10
<b>A9</b>	Gestão da variedade de produto	0,1530	8
<b>A10</b>	Prototipagem rápida, avaliações e testes	0,0470	1
<b>A11</b>	Controle Baseado em Conjuntos	0,0000	5
<b>A12</b>	Engenharia Baseada em Conjuntos	0,0000	5
<b>A13</b>	Engenharia Simultânea	0,0000	5
<b>A14</b>	Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho	0,0000	4
<b>A15</b>	Integração de Fornecedores	0,0000	11
<b>A16</b>	Gerente de Projetos Forte	0,0000	1
<b>A17</b>	Redução de Resíduos	0,0000	11
<b>A18</b>	Análise de Impactos Ambientais	0,0000	11

Fonte: A autora.

#### 4.2.1.4 Empresa E4

A empresa E4 foi fundada em 1916 e iniciou fabricando objetos para rituais budistas, jogos de chá japoneses e vasos feitos em latão e bronze. Com isso, obteve boa reputação no mercado e tornou-se o centro da indústria de cobre no Japão. Desde então, a empresa passou por diversas melhorias, mas sempre mantendo-se como modelo na área do desenvolvimento de produtos à base de fundição.

Atualmente, o portfólio de produtos dessa empresa é vasto e segue a linha de decorações, talheres e louças. Além disso, atende pedidos personalizados de acordo com o interesse dos clientes. Como, em alguns casos, os pedidos demandam mais processos além da fundição, toda parte de tornearia, polimento e acabamento também são realizados na empresa E4.

Nas respostas aos questionários de coleta de dados do TOPSIS 2-Tuple, os responsáveis pelo NPD e a alta gerência da empresa E4 responderam

majoritariamente, que a importância dos facilitadores é “alta (A)” e “muito alta (MA)”. Além disso, houveram algumas exceções onde a resposta foi a importância “absoluta (AB)” e também onde a importância foi tida como “média (M)”. Não houve nenhuma resposta relatando que a importância dos facilitadores é “baixa (B)”, “muito baixa (MB)” ou “nenhuma (N)”, conforme pode ser visto no Apêndice I.

Os resultados obtidos a partir do instrumento de pesquisa podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 7 - Resultado fase TOPSIS 2-Tuple da empresa E4

Facilitadores <i>Lean e Green</i>		Coefficiente de similaridade com a solução ideal	Ordenação
<b>A1</b>	Melhoria Contínua	0,9182	13
<b>A2</b>	Transferência de conhecimento entre projetos	0,8298	7
<b>A3</b>	Definir Valor e Fluxo de Valor	0,7475	16
<b>A4</b>	Ferramentas de ecodesign e capacidade dinâmicas	0,7066	1
<b>A5</b>	Conhecimento e Aprendizagem	0,7066	10
<b>A6</b>	Avaliação do Ciclo de Vida	0,7027	8
<b>A7</b>	Seleção de materiais	0,6143	6
<b>A8</b>	Padronização de Processos	0,5873	17
<b>A9</b>	Gestão da variedade de produto	0,5707	15
<b>A10</b>	Prototipagem rápida, avaliações e testes	0,4850	2
<b>A11</b>	Controle Baseado em Conjuntos	0,4828	12
<b>A12</b>	Engenharia Baseada em Conjuntos	0,4663	14
<b>A13</b>	Engenharia Simultânea	0,4227	3
<b>A14</b>	Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho	0,4044	18
<b>A15</b>	Integração de Fornecedores	0,3905	11
<b>A16</b>	Gerente de Projetos Forte	0,3596	9
<b>A17</b>	Redução de Resíduos	0,3431	4
<b>A18</b>	Análise de Impactos Ambientais	0,2138	4

Fonte: A autora.

Os facilitadores que ficaram no topo do *ranking*, como apresentando o maior nível de importância e aplicabilidade foram as ferramentas de *ecodesign* e capacidades dinâmicas (A4) e, em segundo lugar, a prototipagem rápida, avaliações e testes (A10). O primeiro facilitador está relacionado com a metodologia *green* e o segundo com a metodologia *lean*.

Já como pior colocado no *ranking* está o facilitador de padronização de processos (A8), que consiste em padronizar todas as atividades periódicas e determinar sequências de atividades. Em penúltimo está a especialização de engenharia e nivelamento de carga de trabalho (A14), que está relacionado com a formação e especialização de engenheiros que se mantenham desempenhando papel dentro do setor de engenharia e não migrem para áreas de gestão.

#### 4.2.1.5 Síntese Japão

Para selecionar as empresas, foram avaliadas previamente empresas as quais aplicavam as metodologias *lean* e *green* para saber o quão alinhadas estavam com a proposta da pesquisa. Essa avaliação prévia foi realizada de maneira informal antes de dar início aos questionários e seleção de casos.

Ao avaliar as empresas japonesas estudadas, pode-se analisar que a aplicação das metodologias *lean* e *green* estão bem alavancadas, indo ao encontro da hipótese inicial que estimava que as PMEs japonesas estariam bem apoiadas nesses facilitadores propostos na pesquisa.

Avaliando de forma individual, a empresa com os melhores resultados nos questionários da fase de coleta de dados para o método TOPSIS 2-Tuple foi a empresa E3 que avaliou as importâncias dos facilitadores completamente acima da média. As empresas E2 e E4 evidenciaram que a importância dos facilitadores, em sua grande maioria é “alta (A)”, “muito alta (MA)” ou “absoluta (AB)”, porém teve casos em que foram considerados o nível de importância “média (M)”. A empresa E1, apesar de apresentar as metodologias *lean* e *green* bem implementadas, foi a empresa japonesa que apresentou os piores resultados. Dentre as classificações dessa empresa, houveram facilitadores que foram avaliados de importância “baixa (B)” e “média (M)”.

Após compilados os dados, foram realizados todos os cálculos previstos no método TOPSIS 2-Tuple e encontrado o *ranking* dos facilitadores mais aplicados nas empresas japonesas, conforme pode ser analisado na Tabela 7.

Tabela 8 - Resultado compilado da fase TOPSIS 2-Tuple: Empresas Japonesas

	<b>Facilitadores <i>Lean e Green</i></b>	<b>Coefficiente de Similaridade com a solução ideal</b>	<b>Variável Agregada</b>	<b>Ordenação</b>
<b>A16</b>	Gerente de Projetos Forte	0,931	Absoluta	1
<b>A10</b>	Prototipagem rápida, avaliações e testes	0,668	Alta	2
<b>A1</b>	Melhoria Contínua	0,667	Alta	3
<b>A5</b>	Conhecimento e Aprendizagem	0,553	Média	4
<b>A9</b>	Gestão da variedade de produto	0,543	Média	5
<b>A2</b>	Transferência de conhecimento entre projetos	0,508	Média	6
<b>A3</b>	Definir Valor e Fluxo de Valor	0,451	Média	7
<b>A11</b>	Controle Baseado em Conjuntos	0,355	Baixa	8
<b>A12</b>	Engenharia Baseada em Conjuntos	0,333	Baixa	9
<b>A15</b>	Integração de Fornecedores	0,327	Baixa	10
<b>A13</b>	Engenharia Simultânea	0,298	Baixa	11
<b>A14</b>	Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho	0,273	Baixa	12
<b>A4</b>	Ferramentas de ecodesign e capacidade dinâmicas	0,261	Baixa	13
<b>A7</b>	Seleção de materiais	0,159	Muito Baixa	14
<b>A8</b>	Padronização de Processos	0,154	Muito Baixa	15
<b>A6</b>	Avaliação do Ciclo de Vida	0,035	Nenhuma	16
<b>A18</b>	Análise de Impactos Ambientais	0,033	Nenhuma	17
<b>A17</b>	Redução de Resíduos	0,000	Nenhuma	18

Fonte: A autora.

De modo geral, a alta gerência e os responsáveis pelo NPD no Japão elegeram como o principal facilitador e mais aplicado dentro das empresas o “gerente de projetos forte” (A16), que faz referência ao engenheiro chefe ser o responsável pela definição do valor, representando a voz dos clientes em todas as etapas do processo de desenvolvimento.

Em segundo lugar ficou a “prototipagem rápida, avaliações e testes” (A10), que encoraja o uso de tecnologias para realizar testes em produtos antes do lançamento, visando corrigir falhas e analisar a aceitação do mesmo no mercado consumidor. Na sequência está listada a “melhoria contínua” (A1), que é um dos facilitadores mais conhecidos da metodologia *lean* e garante melhorias graduais e contínuas nas empresas.

Em contrapartida, analisando os facilitadores que apresentam a menor aderência nas práticas cotidianas das empresas encontraram-se três facilitadores da metodologia *green*. Sendo assim, em antepenúltimo lugar, está a “avaliação do ciclo de vida” (A6), que diz respeito à análise da vida útil do produto, desde a sua concepção até o descarte quando ele deixa de ser útil. Em penúltimo lugar, apresentando um nível de importância e adesão ainda menor que o facilitador A6 está a “análise de impactos ambientais” (A18), que diz respeito à análise realizada durante a fase de projeto dos produtos para que eles não impactem negativamente no meio ambiente, vindo a degradá-lo precocemente.

Como último colocado, apresentando o posto de facilitador com a menor importância e o menor índice de adesão nas práticas das empresas está a “redução de resíduos” (A17), que se refere a utilização de materiais menos poluentes, projetos mais sustentáveis e que não prejudiquem o meio ambiente.

Os três facilitadores listados como os que apresentam menor importância ou menor nível de adesão nas empresas apresentam várias características que perpassam uma pela outra. Isso inclui a análise de como será fabricado o produto, como será descartado e como produzi-lo de forma a gerar o mínimo possível de resíduos.

#### **4.2.2 Pequenas e Médias Empresas Brasileiras**

Nessa seção são apresentados os resultados, encontrados a partir das respostas à entrevista estruturada, das pequenas e médias empresas selecionadas do Brasil. As empresas listadas atendem aos requisitos de número de funcionários e setor. Da mesma forma que as empresas japonesas, as empresas brasileiras também se dividem em diversos seguimentos dentro do setor metal mecânico, porém todas focadas em NPD.

##### **4.2.2.1 Empresa E5**

Essa empresa E5 foi fundada em 1966 com pouca tecnologia e variedade, atualmente, produz implementos agrícolas e equipamentos rodoviários para os segmentos agrícola, pecuário, florestal, canavieiro, rodoviário e de construção. É uma

referência nacional na fabricação de tanques distribuidores e equipamentos customizados conforme as necessidades do cliente.

Em seu portfólio, reúne um grande mix de produtos. Na linha agrícola e rodoviária (Linha 1), destacam-se os tanques distribuidores, equipamentos combate incêndio, abastecedores de pulverizador e incorporadores de defensivos. Na outra linha dessa mesma empresa (Linha 2), destacam-se as semeadoras múltiplas no segmento de plantio, e as desensiladeiras no setor pecuário.

A empresa E5 conta com a presença de, aproximadamente, 100 funcionários, sendo esses divididos em duas plantas da empresa, com o intuito de abranger o maior número de clientes possível.

No geral, as avaliações realizadas pelos responsáveis dessa empresa foram bem positivas, sendo que predominantemente, as respostas para o nível de importância dos facilitadores em cada uma das características das PMEs foram “alta (A)” ou “muito alta (MA)”. Houve exceções onde o nível de importância foi médio (M) e outras em que a importância foi considerada absoluta (AB), como pode ser observado no Apêndice J, que apresenta os dados de entrada.

Na avaliação dos responsáveis pelo NPD e da alta gerência da empresa E5, o facilitador que mais está aplicado e com maior importância para atingir os objetivos da empresa de seguir no mercado é a prototipagem rápida, avaliações e testes (A10). Seguido pela Seleção de materiais (A7), que aborda as consequências da boa escolha dos materiais no desenvolvimento de produtos.

Em contrapartida, o facilitador que está listado como menos importante, ou em outras palavras, menos aplicado atualmente dentro da empresa E5 foi a avaliação do ciclo de vida (A6). Como penúltimo colocado está listado a análise de impactos ambientais (A18) causada pelos produtos desenvolvidos e pela empresa em si.

Na Tabela 8, é possível observar os resultados encontrados a partir do compilado de dados.

Tabela 9 - Resultado fase TOPSIS 2-Tuple da empresa E5.

<b>Facilitadores <i>Lean e Green</i></b>		<b>Coefficiente de similaridade com a solução ideal</b>	<b>Ordenação</b>
<b>A10</b>	Prototipagem rápida, avaliações e testes	1,0000	1
<b>A7</b>	Seleção de materiais	0,9495	2
<b>A2</b>	Transferência de conhecimento entre projetos	0,9326	3
<b>A16</b>	Gerente de Projetos Forte	0,8447	4
<b>A1</b>	Melhoria Contínua	0,8365	5
<b>A5</b>	Conhecimento e Aprendizagem	0,7821	6
<b>A9</b>	Gestão da variedade de produto	0,7040	7
<b>A17</b>	Redução de Resíduos	0,6938	8
<b>A13</b>	Engenharia Simultânea	0,6395	9
<b>A3</b>	Definir Valor e Fluxo de Valor	0,6186	10
<b>A12</b>	Engenharia Baseada em Conjuntos	0,5852	11
<b>A8</b>	Padronização de Processos	0,5803	12
<b>A11</b>	Controle Baseado em Conjuntos	0,4377	13
<b>A15</b>	Integração de Fornecedores	0,4139	14
<b>A4</b>	Ferramentas de ecodesign e capacidade dinâmicas	0,1883	15
<b>A14</b>	Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho	0,1426	16
<b>A18</b>	Análise de Impactos Ambientais	0,0961	17
<b>A6</b>	Avaliação do Ciclo de Vida	0,0000	18

Fonte: O autor.

#### 4.2.2.2 Empresa E6

A empresa E6 foi fundada em 1962 e hoje está no mercado com um vasto portfólio de produtos. No Brasil, está consolidada como uma das maiores empresas nos segmentos de automação, manufatura e também de fornecimento de equipamentos e suprimentos para escritório, a empresa tem participação expressiva no exterior, em países como Paraguai, Uruguai, Chile, Peru e China.

Essa empresa ainda conta com um departamento de importação, responsável pela pesquisa e desenvolvimento exclusivo de produtos de tecnologia avançada produzidos no mercado internacional. Atualmente, são aproximadamente 150 funcionários.

De forma geral, as respostas obtidas pela empresa E6 foram de médias a boas. A maior parte das respostas expondo a aplicabilidade dos facilitadores dentro da empresa foram identificados como “média (M)” e “alta (A)”. Em alguns casos obteve a pontuação de “muito alta (MA)” e “absoluta (AB)” e apenas em uma pergunta obteve como resposta “baixa (B)” aplicabilidade, conforme pode ser observado no Apêndice K.

Na resposta dos questionários da fase TOPSIS 2-Tuple, os responsáveis pelo NPD e a alta gerência da empresa E6 elencaram como facilitador mais importante para o atingimento de metas a transferência de conhecimentos entre projetos (A2). Vale salientar que as respostas foram de acordo com o momento atual vivido dentro das empresas e as respostas condizem com o nível de aplicação dos facilitadores por parte das empresas.

Como segundo colocado no *ranking* dos facilitadores mais aplicados, ou com maior importância, está a Redução de Resíduos (A17), que como já está implícito, consiste no melhor aproveitamento dos recursos, visando a sua preservação no meio ambiente.

Por outro lado, o facilitador com menor aplicação ou considerado de menor importância dentro dessa empresa foram as ferramentas de ecodesign e capacidades dinâmicas (A4). Ainda, o penúltimo facilitador elencado no *ranking* de importância e aplicabilidade foi a análise de impactos ambientais (A18).

Na Tabela 9 é possível analisar todos os resultados obtidos com as respostas aos questionários da fase TOPSIS 2-Tuple de coleta dos dados.

Tabela 10 - Resultados fase TOPSIS 2-Tuple da empresa E6

	<b>Facilitadores <i>Lean e Green</i></b>	<b>Coefficiente de similaridade com a solução ideal</b>	<b>Ordenação</b>
<b>A2</b>	Transferência de conhecimento entre projetos	0,9001	1
<b>A17</b>	Redução de Resíduos	0,8236	2
<b>A9</b>	Gestão da variedade de produto	0,7772	3
<b>A7</b>	Seleção de materiais	0,7659	4
<b>A10</b>	Prototipagem rápida, avaliações e testes	0,7639	5
<b>A5</b>	Conhecimento e Aprendizagem	0,7409	6
<b>A14</b>	Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho	0,6920	7
<b>A1</b>	Melhoria Contínua	0,6889	8
<b>A8</b>	Padronização de Processos	0,6711	9
<b>A11</b>	Controle Baseado em Conjuntos	0,6109	10
<b>A12</b>	Engenharia Baseada em Conjuntos	0,6109	10
<b>A15</b>	Integração de Fornecedores	0,5890	12
<b>A13</b>	Engenharia Simultânea	0,5589	13
<b>A3</b>	Definir Valor e Fluxo de Valor	0,4171	14
<b>A16</b>	Gerente de Projetos Forte	0,2560	15
<b>A6</b>	Avaliação do Ciclo de Vida	0,2540	16
<b>A18</b>	Análise de Impactos Ambientais	0,2050	17
<b>A4</b>	Ferramentas de ecodesign e capacidade dinâmicas	0,1540	18

Fonte: A autora.

#### 4.2.2.3 Empresa E7

Essa empresa iniciou suas atividades em 2006, trabalhando inicialmente como prestadora de serviços de montagens e manutenções de equipamentos industriais em fábricas de ração, frigoríficos e cerealistas. Logo passou a produzir os equipamentos e consolidou-se como uma empresa de sucesso na fabricação e comercialização de máquinas e equipamentos, atendendo uma ampla gama de clientes e atua nos mais variados segmentos do mercado.

Conta com uma equipe diversificada, com profissionais capacitados para atuação em diferentes áreas, como tecnologia, projeto, produção e qualidade.

Atualmente, a empresa E7 têm uma equipe com, aproximadamente, 80 colaboradores.

De maneira geral, a empresa E7 apresenta boa aplicabilidade dos facilitadores do *lean* e do *green*, sendo que as respostas ao questionário foram majoritariamente divididas entre “alta (A)” e “muito alta (MA)”. Em alguns raros casos a resposta foi “média (M)” e em outros casos a resposta foi “absoluta (AB)”. Não houve nenhum relato de baixa (B), muito baixa (MB) ou nenhuma (N) aplicabilidade dos facilitadores do desenvolvimento de produtos, como podem ser observados nos dados de entrada compilados no Apêndice L.

Na avaliação das respostas obtidas, através do preenchimento dos questionários elaborados para a coleta de dados da fase TOPSIS 2-Tuple, constatou-se que os responsáveis pelo NPD e a alta gerência elencaram como facilitador mais importante, ou mais aplicado na empresa a Integração de Fornecedores (A15), que prevê os fornecedores ligados à equipe do projeto, apoiando o desenvolvimento de peças, módulos e subconjuntos.

Seguindo, elencado como segundo lugar no *ranking* de quais os facilitadores mais importantes e com maior aplicação na empresa está a seleção dos materiais (A7) para o desenvolvimento dos produtos.

Em contrapartida, os facilitadores que são menos aplicados dentro dessa empresa e que foram listados como menos importantes estão as ferramentas de *ecodesign* e capacidades dinâmicas (A4), precedido pela prototipagem rápida, avaliações e testes (A10). Na Tabela 10 é possível analisar todos os resultados obtidos com os questionários aplicados à empresa E7.

Tabela 11 - Resultado fase TOPSIS 2-Tuple da empresa E7

	<b>Facilitadores <i>Lean e Green</i></b>	<b>Coefficiente de similaridade com a solução ideal</b>	<b>Ordenação</b>
<b>A15</b>	Integração de Fornecedores	0,8398	1
<b>A7</b>	Seleção de materiais	0,8090	2
<b>A16</b>	Gerente de Projetos Forte	0,7897	3
<b>A9</b>	Gestão da variedade de produto	0,7825	4
<b>A5</b>	Conhecimento e Aprendizagem	0,7711	5
<b>A2</b>	Transferência de conhecimento entre projetos	0,7153	6
<b>A6</b>	Avaliação do Ciclo de Vida	0,7153	6
<b>A17</b>	Redução de Resíduos	0,7153	6
<b>A1</b>	Melhoria Contínua	0,6910	9
<b>A8</b>	Padronização de Processos	0,6788	10
<b>A13</b>	Engenharia Simultânea	0,6409	11
<b>A18</b>	Análise de Impactos Ambientais	0,5722	12
<b>A14</b>	Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho	0,4557	13
<b>A3</b>	Definir Valor e Fluxo de Valor	0,4320	14
<b>A11</b>	Controle Baseado em Conjuntos	0,2582	15
<b>A12</b>	Engenharia Baseada em Conjuntos	0,2146	16
<b>A4</b>	Ferramentas de ecodesign e capacidade dinâmicas	0,1738	17
<b>A10</b>	Prototipagem rápida, avaliações e testes	0,0672	18

Fonte: A autora.

#### 4.2.2.4 Empresa E8

Essa empresa foi criada recentemente, em meados de 2016. Ela iniciou com poucos funcionários e devido ao trabalho de qualidade está crescendo a cada dia. Atua no setor metal mecânico, da mesma forma que as demais, porém com desenvolvimento de estruturas metálicas, focando em pavilhões metálicos e pré-moldados.

A empresa E8 por ser nova no mercado ainda está construindo sua equipe e desenvolvendo as habilidades. Hoje conta com uma equipe multidisciplinar de aproximadamente 55 funcionários em seu quadro.

Com uma percepção geral sobre a empresa analisada, é a empresa brasileira selecionada para a pesquisa com menor aderência aos facilitadores. As respostas aos

questionários foram em sua maioria respondidas como “baixa” ou “média” importância e aplicação. Em alguns facilitadores mais específicos, como os que ocuparam as primeiras posições, houveram respostas na qual a importância é julgada como “alta (A)” ou “muito alta (MA)”, porém foram raros os casos. Do mesmo modo, poucos facilitadores foram avaliados como “muito baixa (MB)” ou “nenhuma (N)” importância. Porém, nenhuma avaliação recebeu a nota máxima, expondo como “absoluta (AB)” a importância e aplicação de determinado facilitador na empresa. Esses dados podem ser analisados no Apêndice M, que apresenta os dados de entrada da empresa E8 para o instrumento de coleta de dados.

Na avaliação das respostas dadas pelos responsáveis do NPD e pela alta gerência no instrumento de pesquisa para coleta de dados do TOPSIS 2-Tuple, foi possível perceber que o facilitador com maior importância e maior aplicabilidade dentro da empresa E8 foi a transferência de conhecimento entre projetos (A2).

Sendo esse facilitador seguido pelo segundo colocado no nível de importância e aplicabilidade dentro da empresa: redução de resíduos (A17), que visa reduzir a emissão de resíduos no meio ambiente, melhorando o aproveitamento dos componentes e matérias primas.

Analisando por outro lado, o facilitador com menor importância e aplicação dentro da empresa foi elencado como sendo a avaliação do ciclo de vida (A6) dos produtos que são desenvolvidos. Precedido pelo facilitador que aborda as ferramentas de ecodesign e capacidade dinâmicas (A4).

Na Tabela 11 é possível analisar o *ranking* dos facilitadores do *lean* e do *green* dentro da empresa E8.

Tabela 12 - Resultado fase TOPSIS 2-Tuple da empresa E8

	<b>Facilitadores <i>Lean e Green</i></b>	<b>Coefficiente de similaridade com a solução ideal</b>	<b>Ordenação</b>
<b>A2</b>	Transferência de conhecimento entre projetos	0,9481	1
<b>A17</b>	Redução de Resíduos	0,8514	2
<b>A14</b>	Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho	0,8163	3
<b>A1</b>	Melhoria Contínua	0,7975	4
<b>A5</b>	Conhecimento e Aprendizagem	0,5949	5
<b>A8</b>	Padronização de Processos	0,4860	6
<b>A13</b>	Engenharia Simultânea	0,4331	7
<b>A10</b>	Prototipagem rápida, avaliações e testes	0,3990	8
<b>A3</b>	Definir Valor e Fluxo de Valor	0,3634	9
<b>A16</b>	Gerente de Projetos Forte	0,3501	10
<b>A12</b>	Engenharia Baseada em Conjuntos	0,3333	11
<b>A7</b>	Seleção de materiais	0,3272	12
<b>A9</b>	Gestão da variedade de produto	0,2753	13
<b>A11</b>	Controle Baseado em Conjuntos	0,2326	14
<b>A18</b>	Análise de Impactos Ambientais	0,1837	15
<b>A15</b>	Integração de Fornecedores	0,1796	16
<b>A4</b>	Ferramentas de ecodesign e capacidade dinâmicas	0,1486	17
<b>A6</b>	Avaliação do Ciclo de Vida	0,1018	18

Fonte: A autora.

#### 4.2.2.5 Síntese Brasil

As empresas brasileiras que foram objetos desse estudo, apesar de serem todas do setor metal mecânico, se diferem bastante devido ao produto desenvolvido em cada uma delas. Dentro de um mesmo setor, são apresentados quatro tipos de produtos diferentes, o que nos permite analisar contextos distintos e faz com que a amostragem seja mais abrangente.

Além disso, os tamanhos das empresas também são diferenciados. Todas as empresas atendem aos requisitos para serem consideradas de pequeno ou médio porte, porém, há empresa com, aproximadamente 150 funcionários, enquanto também há empresa com pouco mais de 50 funcionários.

Ao realizar uma síntese das empresas brasileiras, é possível perceber que elas se encontram em diversos patamares diferentes quanto à adesão dos facilitadores do *lean* e do *green*. Se for realizada uma análise mais detalhada, pode-se compreender que a diferença não está no número de funcionários, mas sim na forma da alta gerência conduzir a empresa. A média das respostas dadas ao instrumento de pesquisa implicam que as empresas se encontram em um nível de aderência de média a alta.

De acordo com esses dados de entrada e os cálculos realizados a partir do método TOPSIS 2-Tuple, o ranking do nível de aplicação dos facilitadores do *lean* e do *green* nas empresas brasileiras pode ser analisado na Tabela 12.

Tabela 13 - Resultado compilado fase TOPSIS 2-Tuple: Empresas Brasileiras.

	<b>Facilitadores <i>Lean</i> e <i>Green</i></b>	<b>Coefficiente de similaridade com a solução ideal</b>	<b>Variável agregada</b>	<b>Ordenação</b>
<b>A2</b>	Transferência de conhecimento entre projetos	0,966	Absoluta	1
<b>A17</b>	Redução de Resíduos	0,823	Muito Alta	2
<b>A1</b>	Melhoria Contínua	0,804	Muito Alta	3
<b>A5</b>	Conhecimento e Aprendizagem	0,753	Muito Alta	4
<b>A7</b>	Seleção de materiais	0,739	Alta	5
<b>A9</b>	Gestão da variedade de produto	0,632	Alta	6
<b>A10</b>	Prototipagem rápida, avaliações e testes	0,602	Alta	7
<b>A8</b>	Padronização de Processos	0,598	Alta	8
<b>A13</b>	Engenharia Simultânea	0,554	Média	9
<b>A16</b>	Gerente de Projetos Forte	0,533	Média	10
<b>A14</b>	Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho	0,508	Média	11
<b>A15</b>	Integração de Fornecedores	0,446	Média	12
<b>A3</b>	Definir Valor e Fluxo de Valor	0,425	Média	13
<b>A12</b>	Engenharia Baseada em Conjuntos	0,416	Baixa	14
<b>A11</b>	Controle Baseado em Conjuntos	0,340	Baixa	15
<b>A18</b>	Análise de Impactos Ambientais	0,140	Muito Baixa	16
<b>A6</b>	Avaliação do Ciclo de Vida	0,130	Muito Baixa	17
<b>A4</b>	Ferramentas de ecodesign e capacidade dinâmicas	0,048	Nenhuma	18

Fonte: A autora.

Realizando a análise dos resultados encontrados, foi possível identificar que o facilitador com maior aplicação prática nas empresas brasileiras é a “transferência de conhecimento entre projetos” (A2) que está atrelada à metodologia *lean* e implica em usar a experiência acumulada das melhores práticas de projetos anteriores para projetar novos produtos.

Como segundo facilitador mais aplicado nas empresas brasileiras encontra-se a “redução de resíduos” (A17) que está atrelada à metodologia *green* e consiste no melhor aproveitamento dos recursos, visando a sua preservação no meio ambiente. Na sequência, está elencada o facilitador de “melhoria contínua” (A1) que é um dos mais conhecidos na metodologia *lean*. Esse facilitador faz referência na forma com o qual as melhorias devem acontecer dentro das empresas, que não deve ser abrupta e pontual, mas sim longitudinal e gradativa.

Por outro lado, os facilitadores que apresentaram o menor índice de aplicabilidade dentro das empresas, assim como nas PMEs japonesas, são aqueles relacionados com a metodologia *green*. Em antepenúltimo lugar encontra-se a “análise de impactos ambientais” (A18) que se refere à análise que deve ser realizada ainda na concepção do produto para verificar se ele não apresenta nenhum dado ao meio ambiente, tanto durante a vida útil, quanto no descarte.

Em penúltimo lugar no *ranking* do nível de aderência e importância para as empresas encontra-se a “avaliação do ciclo de vida” (A6), que vai ao encontro do que preza o facilitador A18. Tem como objetivo analisar a vida do produto desenvolvido desde a concepção do projeto preliminar até o fim da vida útil dele, analisando o descarte ou reciclagem dele.

Em último lugar, representando o facilitador com o menor índice de aderência e listado como sendo o menos importante nas atividades diárias das empresas estão as “ferramentas de ecodesign e capacidade dinâmicas”, que diz respeito ao uso das ferramentas de ecodesign que facilitam a integração das necessidades ambientais no processo de NPD.

#### **4.2.3 Fase TOPSIS 2-Tuple: comparação e discussão**

De forma geral as PMEs brasileiras apresentam um nível mais baixo na aderência dos facilitadores, tanto na metodologia *lean* quanto na metodologia *green* quando comparadas as empresas japonesas. Durante as avaliações, em diversos

pontos e em diferentes empresas, se constatou facilitadores avaliados como de “baixa (B)”, “muito baixa (MB)” ou, em casos bem específicos, “nenhuma (N)” importância do facilitador nas práticas diárias da empresa. Ainda, é possível verificar que os facilitadores oriundos da metodologia *lean* apresentam maior aplicabilidade que os da metodologia *green* em todas as empresas brasileiras.

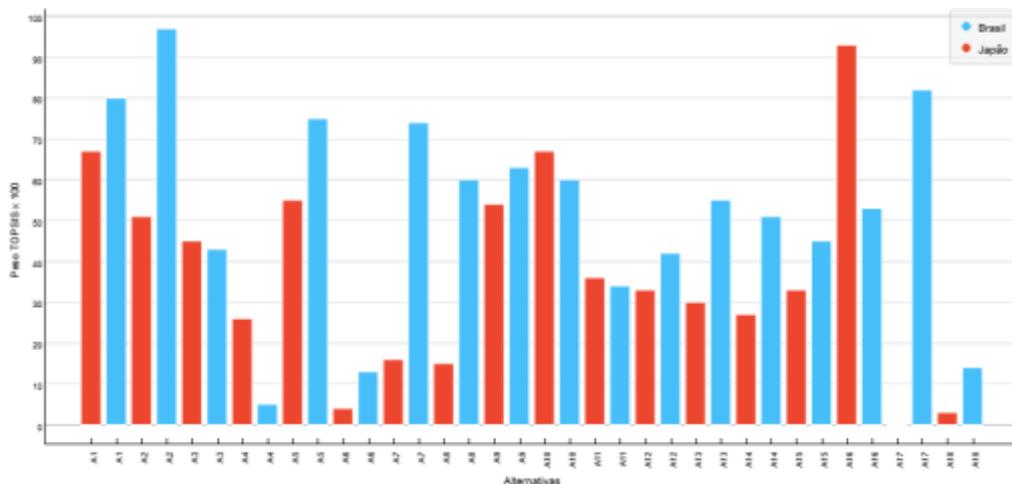
No que diz respeito as PMEs japonesas apresentaram maior aderência às metodologias *lean* e *green* como um todo. Porém, da mesma forma que as empresas brasileiras, os facilitadores relacionados com a metodologia *green* encontram-se menos aplicados dentro das empresas, com as respostas atribuindo o grau de aplicação sendo “nenhuma (N)” ou “muito baixa (MB)”.

A metodologia *lean* por ser mais antiga está mais enraizada que a metodologia *green*. Ela teve uma aplicação bastante intensa para auxiliar o Japão se reerguer após o bombardeio que houve em algumas regiões, e isso fez com que se popularizasse no país e no mundo todo, uma vez que o Japão além de conseguir se reerguer muito rapidamente, tornou-se ainda mais forte na economia mundial.

A metodologia *green* primeiramente surgiu devido às leis que foram criadas, sendo assim, não partiu dos empresários, o que causa uma resistência maior na adesão. Além disso, os efeitos para auxiliar na conquista e manutenção de mercado são mais a longo prazo que as ferramentas da metodologia *lean*.

Na Figura 8, é possível analisar a relação entre pesos TOPSIS 2-Tuple de cada uma das alternativas (de A1 até A18), para as pequenas e médias empresas do Brasil e do Japão de forma dinâmica.

Figura 8 - Coeficiente de proximidade da solução ideal TOPSIS 2-Tuple



Fonte: A autora.

Em ambos os países, os facilitadores que apresentaram o nível de aplicabilidade mais baixos são referentes à perspectiva *green*. Sendo assim, é um ponto onde há maior potencial para melhorias. Apesar de o contexto japonês estudado apresentar um nível de aplicabilidade maior que o Brasil, ainda assim há muita oportunidade de avanço. Isso decorre do fato que as empresas japonesas, apesar de apresentarem setores de pesquisa e desenvolvimento mais alavancados que as PMEs de países em desenvolvimento, ainda encontram uma defasagem nas inovações propostas para o NPD (OKAMURO, 2007). Além disso, as PMEs japonesas também enfrentam problemas financeiros com bancos que dificultam a liberação de empréstimos, além de que os impostos para esse tipo de empresas são elevados, na base de 23,2% (ASAI, 2019; CHOE, 2007).

Esses dados obtidos nesse estudo confrontam parte dos dados obtidos por Oliveira *et al.* (2018) que realizou um estudo similar apenas com as empresas brasileiras. Naquela oportunidade, duas das três empresas avaliadas, apresentaram como facilitadores oriundos da metodologia *lean* como menos aplicados dentro das empresas. Apesar de não serem as mesmas empresas avaliadas, isso permite que seja realizada uma análise superficial de que as empresas brasileiras estão cada vez mais focadas em melhorar seus processos.

## 5 CONCLUSÃO

Com o intuito de responder a pergunta de pesquisa que questiona qual é o nível de maturidade da aplicação dos conceitos e facilitadores do *lean* e do *green* no processo de desenvolvimento de novos produtos em pequenas e médias empresas brasileiras e japonesas e com os objetivos delineados de investigação em literatura sobre as metodologias *lean* e *green*, verificação dos níveis de maturidade dessas metodologias nas PMEs brasileiras e japonesas e comparação dos resultados encontrados, destaca-se as seguintes conclusões.

Uma revisão integrativa de literatura foi realizada com o intuito de selecionar artigos com relevância científica e também com relação ao tema. Durante a busca, foram utilizados quatro eixos de pesquisa: *lean*, *green*, Pequenas e Médias Empresas e Desenvolvimento de Novos Produtos. Para cada eixo foram selecionadas palavras

chaves, 14 palavras chave no total e foram realizadas as buscas a partir de duas bases de dados: *Science Direct* e *Scopus*. A partir dessa busca foram selecionados 18 artigos para utilizar no referencial teórico.

Há uma lacuna na literatura no tema proposto de analisar as metodologias *lean* e *green* em pequenas e médias empresas e que apresentem em suas atividades o desenvolvimento de novos produtos, principalmente quando há interesse em elaborar estudos comparativos.

Durante a realização da fase 1, que abordou a coletada e análise dos dados do método AHP, foi possível analisar que há uma diferença grande entre as prioridades estabelecidas pelos especialistas brasileiros e japoneses. Já na fase 2 foram avaliadas, por meio de questionários, o nível de maturidade das empresas na aplicação dos facilitadores das metodologias *lean* e *green*, por meio do método TOPSIS 2-Tuple. Nessa fase os responsáveis pelo desenvolvimento de novos produtos e a alta gerência das empresas responderam os questionários de acordo com as práticas atuais e nível de importância dos facilitadores em cada uma das características das PMEs.

As empresas japonesas apresentam um nível de maturidade maior que as empresas brasileiras, o que vai ao encontro da tese inicial elaborada, de que as empresas japonesas por serem parte do país onde surgiu a metodologia *lean* devessem tê-la bem aplicadas em suas atividades e, como o *lean* é um catalisador para o *green*, esse também estaria com maior adesão.

Como melhores práticas aprendidas na realização dessa pesquisa é que as empresas brasileiras precisam construir de forma mais sólida a parte de gerenciamento de projetos e avançar com a tecnologia disponível em direção da prototipagem, com o intuito de gerar menos gastos em fase final de produção dos produtos e mais na fase de projetos.

Ainda, é possível concluir que em ambos os países a metodologia *green* encontra-se em um patamar bem inicial de aplicação e que demanda muito estudos e projetos focados na área para o atingimento do mesmo patamar em que se encontra a metodologia *lean*.

Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se realizar uma pesquisa comparativa com empresas de outros países para que se pudesse apresentar uma quantidade ainda maior de dados e análises, incluindo países como a Inglaterra, China e Estados Unidos que são representativos na economia mundial. Além disso, outra

sugestão, devido ao pequeno número de trabalhos envolvendo estudos de desenvolvimento de produto em pequenas e médias empresas é estender a proposta da pesquisa, envolvendo outros métodos multicritérios, como o VIKOR.

## REFERÊNCIAS

AHMAD, S.; WONG, K. Y.; TSENG, M. L.; WONG, W. P. Sustainable product design and development: A review of tools, applications and research prospects. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 132, p. 49–61, 2018. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092134491830020X>>. .

ALBINO, V.; BALICE, A.; DANGELICO, R. M. Environmental strategies and green product development: An overview on sustainability-driven companies. **Business Strategy and the Environment**, 2009.

ANAND, G.; KODALI, R. Development of a conceptual framework for lean new product development process. **International Journal of Product Development**, 2008.

ASAI, Y. Why do small and medium enterprises (SMEs) demand property liability insurance? **Journal of Banking and Finance**, 2019.

BAINES, T.; LIGHTFOOT, H.; WILLIAMS, G. M.; GREENOUGH, R. State-of-the-art in lean design engineering: A literature review on white collar lean. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture**, 2006.

BICKMAN, L.; ROG, D. **The SAGE Handbook of Applied Social Research Methods**. 2014.

BRONES, F.; MONTEIRO DE CARVALHO, M. From 50 to 1: Integrating literature toward a systemic ecodesign model. **Journal of Cleaner Production**, 2015.

CABLES, E.; GARCÍA-CASCALES, M. S.; LAMATA, M. T. The LTOPSIS: An alternative to TOPSIS decision-making approach for linguistic variables. *Expert Systems with Applications*. **Anais...**, 2012.

CALDERA, H. T. S.; DESHA, C.; DAWES, L. Exploring the role of lean thinking in sustainable business practice: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, 2017.

CAMPOS, J. G. F. DE; NISHIMURA, A. T.; RAMOS, H. R.; CHEREZ, R. L.; SCALFI, V. B. As pequenas e médias empresas no Brasil e na China: uma análise comparativa. *Anais do XI SEMEAD*. **Anais...**, 2008.

CERDAN, C.; GAZULLA, C.; RAUGEI, M.; MARTINEZ, E.; FULLANA-I-PALMER, P. Proposal for new quantitative eco-design indicators: a first case study. **Journal of Cleaner Production**, 2009.

CHANG, C. H.; CHEN, Y. S. Green organizational identity and green innovation. **Management Decision**, 2013.

CHEN, Y. S.; LAI, S. B.; WEN, C. T. The influence of green innovation performance on corporate advantage in Taiwan. **Journal of Business Ethics**, 2006.

CHESBROUGH, H. Open Innovation: a New Paradigm for Understanding Industrial Innovation. **Open Innovation: Researching a New Paradigm**, 2006.

CHOE, C. The political economy of SME financing and Japan's regional bank problems. **Pacific Basin Finance Journal**, 2007.

CHOI, J.; HWANG, M.; KIM, G.; SEONG, J.; AHN, J. Supporting the measurement of the United Nations' sustainable development goal 11 through the use of national urban information systems and open geospatial technologies: a case study of south Korea. **Open Geospatial Data, Software and Standards**, 2016.

COOPER, T. The durability of consumer durables. **Business Strategy and the Environment**, 1994.

DAL FORNO, A. J.; FORCELLINI, F. A.; DE MIRANDA, R. G.; BORNIA, A. C. Use of the lean product development approach by capital goods companies in brazil. IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline). **Anais...**, 2013.

DANGELICO, R. M.; PONTRANDOLFO, P. From green product definitions and classifications to the Green Option Matrix. **Journal of Cleaner Production**, 2010.

DHINGRA, R.; KRESS, R.; UPRETI, G. Does lean mean green? **Journal of Cleaner Production**, 2014.

DOCKRY, M. J.; HALL, K.; VAN LOPIK, W.; CALDWELL, C. M. Sustainable development education, practice, and research: an indigenous model of sustainable development at the College of Menominee Nation, Keshena, WI, USA. **Sustainability Science**, 2016.

DOMBROWSKI, U.; KARL, A. Lean Product Development for Small and Medium-sized Suppliers. **Procedia CIRP**, v. 63, p. 615–620, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827117302901>>. .

DOMBROWSKI, U.; SCHMIDTCHEN, K.; KRENKEL, P. Impact of lean development system implementation on the product development process. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. **Anais...**, 2014.

DÜES, C. M.; TAN, K. H.; LIM, M. Green as the new Lean: How to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain. **Journal of Cleaner Production**, 2013.

FARIAS, L. M. S.; GOHR, C. F.; SANTOS, L. C.; OLIVEIRA, L. C. DE; AMORIM, M. H. D. S. Uma revisão sistemática da literatura sobre o relacionamento entre as abordagens Lean e Green. , 2017.

FARIAS, L. M. S.; SANTOS, L. C.; GOHR, C. F.; ROCHA, L. O. An ANP-based approach for lean and green performance assessment. **Resources, Conservation and Recycling**, 2019.

GAGNON, B.; LEDUC, R.; SAVARD, L. From a conventional to a sustainable engineering design process: Different shades of sustainability. **Journal of Engineering Design**, 2012.

GARZA-REYES, J. A. Lean and green-a systematic review of the state of the art literature. **Journal of Cleaner Production**, 2015.

GMELIN, H.; SEURING, S. Determinants of a sustainable new product development. **Journal of Cleaner Production**, 2014.

GONZÁLEZ-BENITO, J.; GONZÁLEZ-BENITO, Ó. A review of determinant factors of environmental proactivity. **Business Strategy and the Environment**, 2006.

GREMYR, I.; FOUQUET, J. B. Design for six sigma and lean product development. **International Journal of Lean Six Sigma**, 2012.

GUNASEKARAN, A. An integrated product development-quality management system for manufacturing. **TQM Magazine**, 1998.

GUSMÃO CAIADO, R. G.; LEAL FILHO, W.; QUELHAS, O. L. G.; LUIZ DE MATTOS NASCIMENTO, D.; ÁVILA, L. V. A literature-based review on potentials and constraints in the implementation of the sustainable development goals. **Journal of Cleaner Production**, 2018.

HARIK, R.; EL HACHEM, W.; MEDINI, K.; BERNARD, A. Towards a holistic sustainability index for measuring sustainability of manufacturing companies. **International Journal of Production Research**, 2015.

HERRERA, F.; MARTÍNEZ, L. A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, 2000.

HU, D.; WANG, Y.; HUANG, J.; HUANG, H. How do different innovation forms mediate the relationship between environmental regulation and performance? **Journal of Cleaner Production**, 2017.

HUANG, R. J.; ZHANG, Y.; BOZZETTI, C.; et al. High secondary aerosol contribution to particulate pollution during haze events in China. **Nature**, 2015.

JABBOUR, C. J. C.; JUGEND, D.; DE SOUSA JABBOUR, A. B. L.; GUNASEKARAN, A.; LATAN, H. Green product development and performance of Brazilian firms: Measuring the role of human and technical aspects. **Journal of Cleaner Production**, 2015.

JASTIA, N. V. K.; KODALI, R. Lean production: Literature review and trends. **International Journal of Production Research**, 2015.

JOHANSSON, G.; SUNDIN, E. Lean and green product development: Two sides of the same coin? **Journal of Cleaner Production**, 2014.

JOHNSON, M. P. Knowledge acquisition and development in sustainability-oriented small and medium-sized enterprises: Exploring the practices, capabilities and cooperation. **Journal of Cleaner Production**, 2017.

KHAN, M. S.; AL-ASHAAB, A.; SHEHAB, E.; et al. Towards lean product and process development. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, 2013.

KLEIN, P.; PUGLIESE, D.; LÜTZENBERGER, J.; COLOMBO, G.; THOBEN, K.-D. Exchange of Knowledge in Customized Product Development Processes. **Procedia CIRP**, v. 21, p. 99–104, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221282711400691X>>. .

KLEWITZ, J.; HANSEN, E. G. Sustainability-oriented innovation of SMEs: A systematic review. **Journal of Cleaner Production**, 2014.

KULATUNGA, A. K.; KARUNATILAKE, N.; WEERASINGHE, N.; IHALAWATTA, R. K. Sustainable manufacturing based decision support model for product design and development process. *Procedia CIRP. Anais...*, 2015.

KUMAR, S.; LUTHRA, S.; GOVINDAN, K.; KUMAR, N.; HALEEM, A. Barriers in green lean six sigma product development process: An ISM approach. **Production Planning and Control**, v. 27, n. 7–8, p. 604–620, 2016. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84965082035&doi=10.1080%2F09537287.2016.1165307&partnerID=40&md5=a74d5939a31be9aeea17835473184d90>>. .

LANGE, M.; PAGE, G.; CUMMINS, V. Governance challenges of marine renewable energy developments in the U.S. – Creating the enabling conditions for successful project development. **Marine Policy**, 2018.

LEITHOLD, N.; WOSCHKE, T.; HAASE, H.; KRATZER, J. Optimising NPD in SMEs: a best practice approach. **Benchmarking**, v. 23, n. 1, p. 262–284, 2016. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84953215392&doi=10.1108%2FBIJ-05-2015-0054&partnerID=40&md5=0719724fd464c473b7b5dcf0973ad20b>>. .

LEÓN, H. C. M.; FARRIS, J. A. Lean product development research: Current state and future directions. **EMJ - Engineering Management Journal**, 2011.

LERMEN, F. H.; ECHEVESTE, M. E.; PERALTA, C. B.; SONEGO, M.; MARCON, A. A framework for selecting lean practices in sustainable product development: The case study of a Brazilian agroindustry. **Journal of Cleaner Production**, v. 191, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85046513868&doi=10.1016%2Fj.jclepro.2018.04.185&partnerID=40&md5=5f3571e6914fabdf2f559907e666c01f>>. .

LETENS, G.; FARRIS, J. A.; VAN AKEN, E. M. A multilevel framework for lean product development system design. **EMJ - Engineering Management Journal**, 2011.

LEVIDOW, L.; LINDGAARD-JØRGENSEN, P.; NILSSON, Å.; SKENHALL, S. A.; ASSIMACOPOULOS, D. Process eco-innovation: Assessing meso-level eco-efficiency in industrial water-service systems. **Journal of Cleaner Production**, 2016.

LIKER, J. K.; MORGAN, J. M. The toyota way in services: The case of lean product development. **Academy of Management Perspectives**, 2006.

MANI, V.; JABBOUR, C. J. C.; MANI, K. T. N. Supply chain social sustainability in small and medium manufacturing enterprises and firms' performance: Empirical evidence from an emerging Asian economy. **International Journal of Production Economics**, 2020.

MARODIN, G.; FRANK, A. G.; TORTORELLA, G. L.; NETLAND, T. Lean product development and lean manufacturing: Testing moderation effects. **International Journal of Production Economics**, v. 203, p. 301–310, 2018. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527318302731>>. .

MARQUES, J. P. C. Closed versus Open Innovation: Evolution or Combination? **International Journal of Business and Management**, 2014.

MARTÍNEZ, L.; HERRERA, F. An overview on the 2-tuple linguistic model for computing with words in decision making: Extensions, applications and challenges. **Information Sciences**, 2012.

MARTÍNEZ LEÓN, H. C.; CALVO-AMODIO, J. Towards lean for sustainability: Understanding the interrelationships between lean and sustainability from a systems thinking perspective. **Journal of Cleaner Production**, 2017.

MATINARO, V.; LIU, Y.; LEE, T.-R. (JIUN-S.); POESCHE, J. Extracting key factors for sustainable development of enterprises: Case study of SMEs in Taiwan. **Journal of Cleaner Production**, v. 209, p. 1152–1169, 2019. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618333134>>. .

MATT, D. T.; RAUCH, E.; FRANZELLIN, V. M. An axiomatic design-based approach for the patient-value-oriented design of a sustainable Lean healthcare system. **International Journal of Procurement Management**, 2015.

MCMANUS, H. L.; HAGGERTY, A.; MURMAN, E. M. Lean Engineering : Doing the Right Thing Right. **1st International Conference on Innovation and Integration in Aerospace Sciences**, 2005.

DE MEDEIROS, J. F.; LAGO, N. C.; COLLING, C.; RIBEIRO, J. L. D.; MARCON, A. Proposal of a novel reference system for the green product development process (GPDP). **Journal of Cleaner Production**, v. 187, p. 984–995, 2018. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618309144>>. .

MORGAN, J. M.; LIKER, J. K. The Toyota Product Development System: Integrating People, Process And Technology. **Journal of Product Innovation Management**, 2006.

MYNOTT. **Lean Product Development: A manager's guide**. 2012.

NEPAL, B. P.; YADAV, O. P.; SOLANKI, R. Improving the npd process by applying lean principles: A case study. **EMJ - Engineering Management Journal**, 2011.

OKAMURO, H. Determinants of successful R&D cooperation in Japanese small businesses: The impact of organizational and contractual characteristics. **Research Policy**, 2007.

OLIVEIRA, G. A.; TAN, K. H.; GUEDES, B. T. Lean and green approach: An evaluation tool for new product development focused on small and medium enterprises. **International Journal of Production Economics**, v. 205, p. 62–73, 2018. Disponível em:  
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527318303463>>. .

OPRICOVIC, S.; TZENG, G. H. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. **European Journal of Operational Research**, 2004.

PIOVANI, J. I.; KRAWCZYK, N. Comparative Studies: historical, epistemological and methodological notes. **Educação & Realidade**, 2017.

POLONSKY, M. J.; OTTMAN, J. A. Exploratory examination of whether marketers include stakeholders in the green new product development process. **Journal of Cleaner Production**, 1998.

RAJALA, R.; WESTERLUND, M.; LAMPIKOSKI, T. Environmental sustainability in industrial manufacturing: Re-examining the greening of Interface's business model. **Journal of Cleaner Production**, 2016.

RAUCH, E.; DALLASEGA, P.; MATT, D. T. Axiomatic Design Based Guidelines for the Design of a Lean Product Development Process. *Procedia CIRP*. **Anais...** , 2015.

RAUCH, E.; DALLASEGA, P.; MATT, D. T. The Way from Lean Product Development (LPD) to Smart Product Development (SPD). **Procedia CIRP**, v. 50, p. 26–31, 2016. Disponível em:  
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116305704>>. .

RAUCH, E.; DALLASEGA, P.; MATT, D. T. Critical Factors for Introducing Lean Product Development to Small and Medium sized Enterprises in Italy. *Procedia CIRP*. **Anais...** , 2017.

REINERTSEN, D. The principles of product development flow: second generation lean product development. **Journal of Product Innovation Management**, 2010.

ROSEN, M. A.; KISHAWY, H. A. Sustainable manufacturing and design: Concepts, practices and needs. **Sustainability**, 2012.

ROSSI, M.; MORGAN, J.; SHOOK, J. Lean product and process development. **The Routledge Companion to Lean Management**, 2016.

RUIZ-BENITEZ, R.; LÓPEZ, C.; REAL, J. C. Environmental benefits of lean, green and resilient supply chain management: The case of the aerospace sector. **Journal of Cleaner Production**, 2017.

RUSSELL-SMITH, S. V.; LEPECH, M. D.; FRUCHTER, R.; MEYER, Y. B. Sustainable target value design: Integrating life cycle assessment and target value design to improve building energy and environmental performance. **Journal of Cleaner Production**, 2015.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, 1977.

SAATY, T. L. Decision making with the Analytic Hierarchy Process. **Scientia Iranica**, 2002.

SALUNKE, S.; WEERAWARDENA, J.; MCCOLL-KENNEDY, J. R. Towards a model of dynamic capabilities in innovation-based competitive strategy: Insights from project-oriented service firms. **Industrial Marketing Management**, 2011.

SHAH, R.; WARD, P. T. Defining and developing measures of lean production. **Journal of Operations Management**, 2007.

SIHVONEN, S.; PARTANEN, J. Implementing environmental considerations within product development practices: A survey on employees' perspectives. **Journal of Cleaner Production**, 2016.

SILVEIRA, L.; LIMA, W. Q. Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial. **UFRN-PPgEE**, 2003.

SIVAM, A.; DIEGUEZ, T.; FERREIRA, L. P.; et al. Key settings for successful Open Innovation Arena. **Journal of Computational Design and Engineering**, 2019.

SOUZA MARINS, C.; DE OLIVEIRA SOUZA, D.; DA SILVA BARROS, M. O uso do método de análise hierárquica (ahp) na tomada de decisões gerenciais – um estudo de caso. XLI SBPO. **Anais...**, 2009.

SRDJEVIC, B. Combining different prioritization methods in the analytic hierarchy process synthesis. **Computers and Operations Research**, 2005.

STAL, E.; NOHARA, J. J.; CHAGAS JR., M. D. F. Os conceitos da inovação aberta e o desempenho de empresas brasileiras inovadoras. **Review of Administration and Innovation - RAI**, 2014.

STEIN, W. E.; MIZZI, P. J. The harmonic consistency index for the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, 2007.

TARNE, P.; TRAVERSO, M.; FINKBEINER, M. Review of life cycle sustainability

assessment and potential for its adoption at an automotive company. **Sustainability (Switzerland)**, 2017.

TEGETHOFF, H. G.; WILKESMANN, U. Lean Administration. Is Public Administration Learning from the Diet? TT - Lean Administration. Lernt die öffentliche Verwaltung bei der Schlankheitskur? **Soziale Welt**, 1995.

TIAN, X.; SARKIS, J.; GENG, Y.; et al. Examining the role of BRICS countries at the global economic and environmental resources nexus. **Journal of Environmental Management**, 2020.

VACHANI, S. Problems of foreign subsidiaries of SMEs compared with large companies. **International Business Review**, 2005.

VILELA, L. O. Aplicação do proknow-c para seleção de um portfólio bibliográfico e análise bibliométrica sobre avaliação de desempenho da gestão do conhecimento. **Revista Gestão Industrial**, 2012.

WALTON, M. Strategies for Lean Product Development. **Technology**, 1999.

WANG, L.; MING, X. G.; KONG, F. B.; LI, D.; WANG, P. P. Focus on implementation: A framework for lean product development. **Journal of Manufacturing Technology Management**, 2011.

WANG, X.; CHAN, H. K.; LI, D. A case study of an integrated fuzzy methodology for green product development. *European Journal of Operational Research*. **Anais...**, 2015.

WANGWACHARAKUL, P.; BERGLUND, M.; HARLIN, U.; GULLANDER, P. Cultural aspects when implementing lean production and lean product development - experiences from a Swedish perspective. **Quality Innovation Prosperity**, 2014.

WEI, G. W. Extension of TOPSIS method for 2-tuple linguistic multiple attribute group decision making with incomplete weight information. **Knowledge and Information Systems**, 2010.

WELO, T. On the application of lean principles in Product Development: A commentary on models and practices. **International Journal of Product Development**, 2011.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. The machine that changed the world. **Business Horizons**, 1992.

YAGER, R. R. Approximate Reasoning as a Basis for Computing with Words. , 1999.

ZABALOY, M. F.; RECALDE, M. Y.; GUZOWSKI, C. Are energy efficiency policies for household context dependent? A comparative study of Brazil, Chile, Colombia and Uruguay. **Energy Research and Social Science**, 2019.

ZADEH, L. A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate

reasoning-I. **Information Sciences**, 1975.

ZIMMERMANN, H. J. Fuzzy set theory. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics**, 2010.

## APÊNDICE A – Instrumento de Pesquisa PMEs – C1

**Título da Pesquisa:** Desenvolvimento de Produtos *Lean* e *Green*: Um estudo comparativo entre pequenas e médias empresas brasileiras e japonesas.

Se trata de uma pesquisa colaborativa entre o KIT (Kanazawa Institute of Technology) no Japão e a UTFPR no Brasil.

**Objetivos:** Este trabalho é um estudo comparativo entre PMEs brasileiras e japonesas. Tem como objetivo mapear as práticas de Desenvolvimento de Novos Produtos (NPD) em dois contextos distintos.

**Para responder as questões abaixo leia com atenção os critérios (características das PMEs) e os facilitadores das metodologias *lean* e *green* no NPD.**

### **Característica das PMEs (CRITÉRIO):**

**C1 – Flexibilidade:** Estrutura e fluxo de informações flexíveis, resposta rápida às mudanças ambientais, plana com poucas camadas de gerenciamento, resistência insignificante à mudança, alta gerência próxima ao ponto de entrega e muito visível, proporcionando mudanças rápidas, se necessário.

### **Facilitadores das metodologias *lean* e *green* no NPD:**

**A1 - Melhoria Contínua:** A forma como as melhorias ocorrem não deve ser abrupta e pontual, mas sim longitudinal e gradativa.

**A2 - Transferência de conhecimento entre projetos:** As equipes podem usar a experiência acumulada das melhores práticas de projetos anteriores para projetar novos produtos.

**A3 - Definir Valor e Fluxo de Valor:** No NPD, iterações sucessivas e coordenadas se traduzem em valor. O mapeamento de fluxo de valor é um método de sucesso aplicado em pequenas empresas.

**A4 - Ferramentas de ecodesign e capacidade dinâmicas:** design para o meio ambiente, eliminação de resíduos e recursos dinâmicos verdes. As ferramentas de ecodesign facilitam a integração das necessidades ambientais no processo de NPD.

**A5 - Conhecimento e Aprendizagem:** Conhecimento e aprendizagem estão associados à capacidade das organizações de reter conhecimento tácito para aplicá-lo em suas operações de NPD.

**A6** - Avaliação do Ciclo de Vida: A avaliação do ciclo de vida (LCA) integra as questões ambientais com os efeitos dos produtos, desde a fabricação até o descarte final.

**A7** - Seleção de materiais: As consequências de uma correta determinação dos materiais influenciam as operações de reciclagem e descarte no ambiente natural.

**A8** - Padronização de Processos: No NPD, consiste em padronizar todas as atividades periódicas, bem como definir uma sequência de etapas de avaliação (gates).

**A9** - Gestão da variedade de produto: o gerenciamento de variedade de produto consiste na padronização de peças, módulos e subconjuntos.

**A10** - Prototipagem rápida, avaliações e testes: A adoção de protótipos virtuais (CAD) é encorajada para validar tanto os problemas geométricos quanto os modos de falha de alguns componentes.

**A11** - Controle Baseado em Conjuntos: No controle do plano baseado na responsabilidade individual, os gestores definem os marcos, enquanto a equipe do projeto é autônoma para programar seus fluxos de trabalho, estimar a duração das atividades e dar feedback aos gestores sobre a viabilidade da proposta horários.

**A12** - Engenharia Baseada em Conjuntos: Engenharia baseada em conjuntos significa considerar conjuntos de projetos e soluções ao longo do desenvolvimento, descartando, sob múltiplos critérios, aquelas soluções que são inferiores às demais.

**A13** - Engenharia Simultânea: As etapas do NPD são executadas sequencialmente, sendo que a próxima etapa inicia antes do término da atual.

**A14** - Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho: No Lean NPD, os engenheiros da equipe do projeto devem permanecer em suas áreas de especialização.

**A15** - Integração de Fornecedores: Os fornecedores estão ligados à equipe do projeto, apoiando o desenvolvimento de peças, módulos e subconjuntos.

**A16** - Gerente de Projetos Forte: O engenheiro chefe é o responsável pela definição do valor, representando a voz dos clientes em todas as etapas do processo de desenvolvimento.

**A17** - Redução de Resíduos: A redução de resíduos consiste no melhor aproveitamento dos recursos, visando a sua preservação no meio ambiente.

**A18** - Análise de Impactos Ambientais: Analisa os materiais utilizados no desenvolvimento do produto, de forma que não apresentem nenhum risco ambiental quando forem descartados ao final de sua vida útil.

**Por favor, responda as questões com base em suas práticas atuais dentro da empresa.**

1- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “melhoria contínua” na “Flexibilidade” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

2- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Transferência de Conhecimento entre Projetos” na “Flexibilidade” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

3- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Definição de Fluxo e Valor” na “Flexibilidade” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

4- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Ferramentas de Eco design e Capacidades Dinâmicas” na “Flexibilidade” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

5- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Conhecimento e Aprendizagem” na “Flexibilidade” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

6- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Avaliação do Ciclo de Vida” na “Flexibilidade” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

7- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Seleção de Materiais” na “Flexibilidade” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

8- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Padronização de Processos" na "Flexibilidade" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

9- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Gestão da Variedade de Produtos" na "Flexibilidade" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

10- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Prototipagem rápida, avaliações e teste" na "Flexibilidade" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

11- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Controle Baseado em Conjuntos" na "Flexibilidade" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

12- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Engenharia Baseada em Conjuntos" na "Flexibilidade" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

13- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Engenharia Simultânea" na "Flexibilidade" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

14- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho" na "Flexibilidade" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

15- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Forte Gerente de Projetos" na "Flexibilidade" da empresa?

Nenhuma;  Muito Baixa;  Baixa;  Média;  Alta;  Muito Alta;  Absoluta;

16- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Integração de Fornecedores" na "Flexibilidade" da empresa?

Nenhuma;  Muito Baixa;  Baixa;  Média;  Alta;  Muito Alta;  Absoluta;

17- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Redução de Desperdícios" na "Flexibilidade" da empresa?

Nenhuma;  Muito Baixa;  Baixa;  Média;  Alta;  Muito Alta;  Absoluta;

18- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Análise dos Impactos ambientais" na "Flexibilidade" da empresa?

Nenhuma;  Muito Baixa;  Baixa;  Média;  Alta;  Muito Alta;  Absoluta;

## APÊNDICE B - Instrumento de Pesquisa PMEs – C2

**Título da Pesquisa:** Desenvolvimento de Produtos *Lean* e *Green*: Um estudo comparativo entre pequenas e médias empresas brasileiras e japonesas.

Se trata de uma pesquisa colaborativa entre o KIT (Kanazawa Institute of Technology) no Japão e a UTFPR no Brasil.

**Objetivos:** Este trabalho é um estudo comparativo entre PMEs brasileiras e japonesas. Tem como objetivo mapear as práticas de Desenvolvimento de Novos Produtos (NPD) em dois contextos distintos.

**Para responder as questões abaixo leia com atenção os critérios (características das PMEs) e os facilitadores das metodologias *lean* e *green* no NPD.**

### Característica das PMEs (CRITÉRIO):

**C2 – Dificuldades no NPD:** Falha em compreender a importância do projeto do produto e baixo grau de formalização.

### Facilitadores das metodologias *lean* e *green* no NPD:

**A1 - Melhoria Contínua:** A forma como as melhorias ocorrem não deve ser abrupta e pontual, mas sim longitudinal e gradativa.

**A2 - Transferência de conhecimento entre projetos:** As equipes podem usar a experiência acumulada das melhores práticas de projetos anteriores para projetar novos produtos.

**A3 - Definir Valor e Fluxo de Valor:** No NPD, iterações sucessivas e coordenadas se traduzem em valor. O mapeamento de fluxo de valor é um método de sucesso aplicado em pequenas empresas.

**A4 - Ferramentas de ecodesign e capacidade dinâmicas:** design para o meio ambiente, eliminação de resíduos e recursos dinâmicos verdes. As ferramentas de ecodesign facilitam a integração das necessidades ambientais no processo de NPD.

**A5 - Conhecimento e Aprendizagem:** Conhecimento e aprendizagem estão associados à capacidade das organizações de reter conhecimento tácito para aplicá-lo em suas operações de NPD.

**A6 - Avaliação do Ciclo de Vida:** A avaliação do ciclo de vida (LCA) integra as questões ambientais com os efeitos dos produtos, desde a fabricação até o descarte final.

**A7** - Seleção de materiais: As consequências de uma correta determinação dos materiais influenciam as operações de reciclagem e descarte no ambiente natural.

**A8** - Padronização de Processos: No NPD, consiste em padronizar todas as atividades periódicas, bem como definir uma sequência de etapas de avaliação (gates).

**A9** - Gestão da variedade de produto: o gerenciamento de variedade de produto consiste na padronização de peças, módulos e subconjuntos.

**A10** - Prototipagem rápida, avaliações e testes: A adoção de protótipos virtuais (CAD) é encorajada para validar tanto os problemas geométricos quanto os modos de falha de alguns componentes.

**A11** - Controle Baseado em Conjuntos: No controle do plano baseado na responsabilidade individual, os gestores definem os marcos, enquanto a equipe do projeto é autônoma para programar seus fluxos de trabalho, estimar a duração das atividades e dar feedback aos gestores sobre a viabilidade da proposta horários.

**A12** - Engenharia Baseada em Conjuntos: Engenharia baseada em conjuntos significa considerar conjuntos de projetos e soluções ao longo do desenvolvimento, descartando, sob múltiplos critérios, aquelas soluções que são inferiores às demais.

**A13** - Engenharia Simultânea: As etapas do NPD são executadas sequencialmente, sendo que a próxima etapa inicia antes do término da atual.

**A14** - Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho: No Lean NPD, os engenheiros da equipe do projeto devem permanecer em suas áreas de especialização.

**A15** - Integração de Fornecedores: Os fornecedores estão ligados à equipe do projeto, apoiando o desenvolvimento de peças, módulos e subconjuntos.

**A16** - Gerente de Projetos Forte: O engenheiro chefe é o responsável pela definição do valor, representando a voz dos clientes em todas as etapas do processo de desenvolvimento.

**A17** - Redução de Resíduos: A redução de resíduos consiste no melhor aproveitamento dos recursos, visando a sua preservação no meio ambiente.

**A18** - Análise de Impactos Ambientais: Analisa os materiais utilizados no desenvolvimento do produto, de forma que não apresentem nenhum risco ambiental quando forem descartados ao final de sua vida útil.

**Por favor, responda as questões com base em suas práticas atuais dentro da empresa.**

1- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “melhoria contínua” para reduzir as “Dificuldades no NPD” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

2- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Transferência de Conhecimento entre Projetos” para reduzir as “Dificuldades no NPD” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

3- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Definição de Fluxo e Valor” para reduzir as “Dificuldades no NPD” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

4- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Ferramentas de Eco design e Capacidades Dinâmicas” para reduzir as “Dificuldades no NPD” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

5- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Conhecimento e Aprendizagem” para reduzir as “Dificuldades no NPD” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

6- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Avaliação do Ciclo de Vida” para reduzir as “Dificuldades no NPD” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

7- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Seleção de Materiais” para reduzir as “Dificuldades no NPD” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

8- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Padronização de Processos" para reduzir as "Dificuldades no NPD" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

9- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Gestão da Variedade de Produtos" para reduzir as "Dificuldades no NPD" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

10- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Prototipagem rápida, avaliações e teste" para reduzir as "Dificuldades no NPD" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

11- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Controle Baseado em Conjuntos" para reduzir as "Dificuldades no NPD" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

12- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Engenharia Baseada em Conjuntos" para reduzir as "Dificuldades no NPD" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

13- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Engenharia Simultânea" para reduzir as "Dificuldades no NPD" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

14- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho" para reduzir as "Dificuldades no NPD" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

15- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Forte Gerente de Projetos" para reduzir as "Dificuldades no NPD" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

16- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Integração de Fornecedores" para reduzir as "Dificuldades no NPD" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

17- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Redução de Desperdícios" para reduzir as "Dificuldades no NPD" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

18- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Análise dos Impactos ambientais" para reduzir as "Dificuldades no NPD" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

## APÊNDICE C - Instrumento de Pesquisa PMEs – C3

**Título da Pesquisa:** Desenvolvimento de Produtos *Lean* e *Green*: Um estudo comparativo entre pequenas e médias empresas brasileiras e japonesas.

Se trata de uma pesquisa colaborativa entre o KIT (Kanazawa Institute of Technology) no Japão e a UTFPR no Brasil.

**Objetivos:** Este trabalho é um estudo comparativo entre PMEs brasileiras e japonesas. Tem como objetivo mapear as práticas de Desenvolvimento de Novos Produtos (NPD) em dois contextos distintos.

**Para responder as questões abaixo leia com atenção os critérios (características das PMEs) e os facilitadores das metodologias *lean* e *green* no NPD.**

### **Característica das PMEs (CRITÉRIO):**

**C3 – Inovação:** Alta incidência de inovação e criatividade individual incentivada.

### **Facilitadores das metodologias *lean* e *green* no NPD:**

**A1 - Melhoria Contínua:** A forma como as melhorias ocorrem não deve ser abrupta e pontual, mas sim longitudinal e gradativa.

**A2 - Transferência de conhecimento entre projetos:** As equipes podem usar a experiência acumulada das melhores práticas de projetos anteriores para projetar novos produtos.

**A3 - Definir Valor e Fluxo de Valor:** No NPD, iterações sucessivas e coordenadas se traduzem em valor. O mapeamento de fluxo de valor é um método de sucesso aplicado em pequenas empresas.

**A4 - Ferramentas de ecodesign e capacidade dinâmicas:** design para o meio ambiente, eliminação de resíduos e recursos dinâmicos verdes. As ferramentas de ecodesign facilitam a integração das necessidades ambientais no processo de NPD.

**A5 - Conhecimento e Aprendizagem:** Conhecimento e aprendizagem estão associados à capacidade das organizações de reter conhecimento tácito para aplicá-lo em suas operações de NPD.

**A6 - Avaliação do Ciclo de Vida:** A avaliação do ciclo de vida (LCA) integra as questões ambientais com os efeitos dos produtos, desde a fabricação até o descarte final.

**A7** - Seleção de materiais: As consequências de uma correta determinação dos materiais influenciam as operações de reciclagem e descarte no ambiente natural.

**A8** - Padronização de Processos: No NPD, consiste em padronizar todas as atividades periódicas, bem como definir uma sequência de etapas de avaliação (gates).

**A9** - Gestão da variedade de produto: o gerenciamento de variedade de produto consiste na padronização de peças, módulos e subconjuntos.

**A10** - Prototipagem rápida, avaliações e testes: A adoção de protótipos virtuais (CAD) é encorajada para validar tanto os problemas geométricos quanto os modos de falha de alguns componentes.

**A11** - Controle Baseado em Conjuntos: No controle do plano baseado na responsabilidade individual, os gestores definem os marcos, enquanto a equipe do projeto é autônoma para programar seus fluxos de trabalho, estimar a duração das atividades e dar feedback aos gestores sobre a viabilidade da proposta horários.

**A12** - Engenharia Baseada em Conjuntos: Engenharia baseada em conjuntos significa considerar conjuntos de projetos e soluções ao longo do desenvolvimento, descartando, sob múltiplos critérios, aquelas soluções que são inferiores às demais.

**A13** - Engenharia Simultânea: As etapas do NPD são executadas sequencialmente, sendo que a próxima etapa inicia antes do término da atual.

**A14** - Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho: No Lean NPD, os engenheiros da equipe do projeto devem permanecer em suas áreas de especialização.

**A15** - Integração de Fornecedores: Os fornecedores estão ligados à equipe do projeto, apoiando o desenvolvimento de peças, módulos e subconjuntos.

**A16** - Gerente de Projetos Forte: O engenheiro chefe é o responsável pela definição do valor, representando a voz dos clientes em todas as etapas do processo de desenvolvimento.

**A17** - Redução de Resíduos: A redução de resíduos consiste no melhor aproveitamento dos recursos, visando a sua preservação no meio ambiente.

**A18** - Análise de Impactos Ambientais: Analisa os materiais utilizados no desenvolvimento do produto, de forma que não apresentem nenhum risco ambiental quando forem descartados ao final de sua vida útil.

**Por favor, responda as questões com base em suas práticas atuais dentro da empresa.**

1- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “melhoria contínua” na “Inovação” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

2- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Transferência de Conhecimento entre Projetos” na “Inovação” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

3- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Definição de Fluxo e Valor” na “Inovação” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

4- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Ferramentas de Eco design e Capacidades Dinâmicas” na “Flexibilidade” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

5- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Conhecimento e Aprendizagem” na “Inovação” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

6- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Avaliação do Ciclo de Vida” na “Inovação” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

7- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Seleção de Materiais” na “Inovação” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

8- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Padronização de Processos” na “Inovação” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

9- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Gestão da Variedade de Produtos" na "Inovação" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

10- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Prototipagem rápida, avaliações e teste" na "Inovação" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

11- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Controle Baseado em Conjuntos" na "Inovação" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

12- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Engenharia Baseada em Conjuntos" na "Inovação" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

13- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Engenharia Simultânea" na "Inovação" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

14- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho" na "Inovação" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

15- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Forte Gerente de Projetos" na "Inovação" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

16- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Integração de Fornecedores" na "Inovação" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

17- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Redução de Desperdícios" na "Inovação" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

18- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Análise dos Impactos ambientais" na "Inovação" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

## APÊNDICE D - Instrumento de Pesquisa PMEs – C4

**Título da Pesquisa:** Desenvolvimento de Produtos *Lean* e *Green*: Um estudo comparativo entre pequenas e médias empresas brasileiras e japonesas.

Se trata de uma pesquisa colaborativa entre o KIT (Kanazawa Institute of Technology) no Japão e a UTFPR no Brasil.

**Objetivos:** Este trabalho é um estudo comparativo entre PMEs brasileiras e japonesas. Tem como objetivo mapear as práticas de Desenvolvimento de Novos Produtos (NPD) em dois contextos distintos.

**Para responder as questões abaixo leia com atenção os critérios (características das PMEs) e os facilitadores das metodologias *lean* e *green* no NPD.**

### Característica das PMEs (CRITÉRIO):

**C4 – Recursos Limitados** Pessoas, tempo para realizar inovação e financiamento limitados.

### Facilitadores das metodologias *lean* e *green* no NPD:

**A1 - Melhoria Contínua:** A forma como as melhorias ocorrem não deve ser abrupta e pontual, mas sim longitudinal e gradativa.

**A2 - Transferência de conhecimento entre projetos:** As equipes podem usar a experiência acumulada das melhores práticas de projetos anteriores para projetar novos produtos.

**A3 - Definir Valor e Fluxo de Valor:** No NPD, iterações sucessivas e coordenadas se traduzem em valor. O mapeamento de fluxo de valor é um método de sucesso aplicado em pequenas empresas.

**A4 - Ferramentas de ecodesign e capacidade dinâmicas:** design para o meio ambiente, eliminação de resíduos e recursos dinâmicos verdes. As ferramentas de ecodesign facilitam a integração das necessidades ambientais no processo de NPD.

**A5 - Conhecimento e Aprendizagem:** Conhecimento e aprendizagem estão associados à capacidade das organizações de reter conhecimento tácito para aplicá-lo em suas operações de NPD.

**A6 - Avaliação do Ciclo de Vida:** A avaliação do ciclo de vida (LCA) integra as questões ambientais com os efeitos dos produtos, desde a fabricação até o descarte final.

**A7** - Seleção de materiais: As consequências de uma correta determinação dos materiais influenciam as operações de reciclagem e descarte no ambiente natural.

**A8** - Padronização de Processos: No NPD, consiste em padronizar todas as atividades periódicas, bem como definir uma sequência de etapas de avaliação (gates).

**A9** - Gestão da variedade de produto: o gerenciamento de variedade de produto consiste na padronização de peças, módulos e subconjuntos.

**A10** - Prototipagem rápida, avaliações e testes: A adoção de protótipos virtuais (CAD) é encorajada para validar tanto os problemas geométricos quanto os modos de falha de alguns componentes.

**A11** - Controle Baseado em Conjuntos: No controle do plano baseado na responsabilidade individual, os gestores definem os marcos, enquanto a equipe do projeto é autônoma para programar seus fluxos de trabalho, estimar a duração das atividades e dar feedback aos gestores sobre a viabilidade da proposta horários.

**A12** - Engenharia Baseada em Conjuntos: Engenharia baseada em conjuntos significa considerar conjuntos de projetos e soluções ao longo do desenvolvimento, descartando, sob múltiplos critérios, aquelas soluções que são inferiores às demais.

**A13** - Engenharia Simultânea: As etapas do NPD são executadas sequencialmente, sendo que a próxima etapa inicia antes do término da atual.

**A14** - Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho: No Lean NPD, os engenheiros da equipe do projeto devem permanecer em suas áreas de especialização.

**A15** - Integração de Fornecedores: Os fornecedores estão ligados à equipe do projeto, apoiando o desenvolvimento de peças, módulos e subconjuntos.

**A16** - Gerente de Projetos Forte: O engenheiro chefe é o responsável pela definição do valor, representando a voz dos clientes em todas as etapas do processo de desenvolvimento.

**A17** - Redução de Resíduos: A redução de resíduos consiste no melhor aproveitamento dos recursos, visando a sua preservação no meio ambiente.

**A18** - Análise de Impactos Ambientais: Analisa os materiais utilizados no desenvolvimento do produto, de forma que não apresentem nenhum risco ambiental quando forem descartados ao final de sua vida útil.

**Por favor, responda as questões com base em suas práticas atuais dentro da empresa.**

1- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “melhoria contínua” para reduzir o impacto dos “Recursos Limitados” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

2- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Transferência de Conhecimento entre Projetos” para reduzir o impacto dos “Recursos Limitados” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

3- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Definição de Fluxo e Valor” para reduzir o impacto dos “Recursos Limitados” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

4- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Ferramentas de Eco design e Capacidades Dinâmicas” para reduzir o impacto dos “Recursos Limitados” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

5- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Conhecimento e Aprendizagem” para reduzir o impacto dos “Recursos Limitados” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

6- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Avaliação do Ciclo de Vida” para reduzir o impacto dos “Recursos Limitados” da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

7- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Seleção de Materiais" para reduzir o impacto dos "Recursos Limitados" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

8- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Padronização de Processos" para reduzir o impacto dos "Recursos Limitados" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

9- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Gestão da Variedade de Produtos" para reduzir o impacto dos "Recursos Limitados" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

10- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Prototipagem rápida, avaliações e teste" para reduzir o impacto dos "Recursos Limitados" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

11- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Controle Baseado em Conjuntos" para reduzir o impacto dos "Recursos Limitados" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

12- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Engenharia Baseada em Conjuntos" para reduzir o impacto dos "Recursos Limitados" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

13- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Engenharia Simultânea" para reduzir o impacto dos "Recursos Limitados" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

14- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho" para reduzir o impacto dos "Recursos Limitados" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

15- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Forte Gerente de Projetos" para reduzir o impacto dos "Recursos Limitados" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

16- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Integração de Fornecedores" para reduzir o impacto dos "Recursos Limitados" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

17- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Redução de Desperdícios" para reduzir o impacto dos "Recursos Limitados" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

18- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Análise dos Impactos ambientais" para reduzir o impacto dos "Recursos Limitados" da empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

## APÊNDICE E - Instrumento de Pesquisa PMEs – C5

**Título da Pesquisa:** Desenvolvimento de Produtos Lean e Green: Um estudo comparativo entre pequenas e médias empresas brasileiras e japonesas.

Se trata de uma pesquisa colaborativa entre o KIT (Kanazawa Institute of Technology) no Japão e a UTFPR no Brasil.

**Objetivos:** Este trabalho é um estudo comparativo entre PMEs brasileiras e japonesas. Tem como objetivo mapear as práticas de Desenvolvimento de Novos Produtos (NPD) em dois contextos distintos.

**Para responder as questões abaixo leia com atenção os critérios (características das PMEs) e os facilitadores das metodologias *lean* e *green* no NPD.**

### **Característica das PMEs (CRITÉRIO):**

**C5 – Alta Autoridade:** Gerente comandando todas as atividades da empresa sem conhecimento adequado.

### **Facilitadores das metodologias *lean* e *green* no NPD:**

**A1 - Melhoria Contínua:** A forma como as melhorias ocorrem não deve ser abrupta e pontual, mas sim longitudinal e gradativa.

**A2 - Transferência de conhecimento entre projetos:** As equipes podem usar a experiência acumulada das melhores práticas de projetos anteriores para projetar novos produtos.

**A3 - Definir Valor e Fluxo de Valor:** No NPD, iterações sucessivas e coordenadas se traduzem em valor. O mapeamento de fluxo de valor é um método de sucesso aplicado em pequenas empresas.

**A4 - Ferramentas de ecodesign e capacidade dinâmicas:** design para o meio ambiente, eliminação de resíduos e recursos dinâmicos verdes. As ferramentas de ecodesign facilitam a integração das necessidades ambientais no processo de NPD.

**A5 - Conhecimento e Aprendizagem:** Conhecimento e aprendizagem estão associados à capacidade das organizações de reter conhecimento tácito para aplicá-lo em suas operações de NPD.

**A6 - Avaliação do Ciclo de Vida:** A avaliação do ciclo de vida (LCA) integra as questões ambientais com os efeitos dos produtos, desde a fabricação até o descarte final.

**A7** - Seleção de materiais: As consequências de uma correta determinação dos materiais influenciam as operações de reciclagem e descarte no ambiente natural.

**A8** - Padronização de Processos: No NPD, consiste em padronizar todas as atividades periódicas, bem como definir uma sequência de etapas de avaliação (gates).

**A9** - Gestão da variedade de produto: o gerenciamento de variedade de produto consiste na padronização de peças, módulos e subconjuntos.

**A10** - Prototipagem rápida, avaliações e testes: A adoção de protótipos virtuais (CAD) é encorajada para validar tanto os problemas geométricos quanto os modos de falha de alguns componentes.

**A11** - Controle Baseado em Conjuntos: No controle do plano baseado na responsabilidade individual, os gestores definem os marcos, enquanto a equipe do projeto é autônoma para programar seus fluxos de trabalho, estimar a duração das atividades e dar feedback aos gestores sobre a viabilidade da proposta horários.

**A12** - Engenharia Baseada em Conjuntos: Engenharia baseada em conjuntos significa considerar conjuntos de projetos e soluções ao longo do desenvolvimento, descartando, sob múltiplos critérios, aquelas soluções que são inferiores às demais.

**A13** - Engenharia Simultânea: As etapas do NPD são executadas sequencialmente, sendo que a próxima etapa inicia antes do término da atual.

**A14** - Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho: No Lean NPD, os engenheiros da equipe do projeto devem permanecer em suas áreas de especialização.

**A15** - Integração de Fornecedores: Os fornecedores estão ligados à equipe do projeto, apoiando o desenvolvimento de peças, módulos e subconjuntos.

**A16** - Gerente de Projetos Forte: O engenheiro chefe é o responsável pela definição do valor, representando a voz dos clientes em todas as etapas do processo de desenvolvimento.

**A17** - Redução de Resíduos: A redução de resíduos consiste no melhor aproveitamento dos recursos, visando a sua preservação no meio ambiente.

**A18** - Análise de Impactos Ambientais: Analisa os materiais utilizados no desenvolvimento do produto, de forma que não apresentem nenhum risco ambiental quando forem descartados ao final de sua vida útil.

**Por favor, responda as questões com base em suas práticas atuais dentro da empresa.**

1- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “melhoria contínua” para reduzir a incidência de “Alta Autoridade” na empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

2- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Transferência de Conhecimento entre Projetos” para reduzir a incidência de “Alta Autoridade” na empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

3- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Definição de Fluxo e Valor” para reduzir a incidência de “Alta Autoridade” na empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

4- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Ferramentas de Eco design e Capacidades Dinâmicas” para reduzir a incidência de “Alta Autoridade” na empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

5- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Conhecimento e Aprendizagem” para reduzir a incidência de “Alta Autoridade” na empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

6- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador “Avaliação do Ciclo de Vida” para reduzir a incidência de “Alta Autoridade” na empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

7- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Seleção de Materiais" para reduzir a incidência de "Alta Autoridade" na empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

8- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Padronização de Processos" para reduzir a incidência de "Alta Autoridade" na empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

9- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Gestão da Variedade de Produtos" para reduzir a incidência de "Alta Autoridade" na empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

10- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Prototipagem rápida, avaliações e teste" para reduzir a incidência de "Alta Autoridade" na empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

11- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Controle Baseado em Conjuntos" para reduzir a incidência de "Alta Autoridade" na empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

12- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Engenharia Baseada em Conjuntos" para reduzir a incidência de "Alta Autoridade" na empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

13- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Engenharia Simultânea" para reduzir a incidência de "Alta Autoridade" na empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

14- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Especialização de Engenharia e Nivelamento de Carga de Trabalho" para reduzir a incidência de "Alta Autoridade" na empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

15- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Forte Gerente de Projetos" para reduzir a incidência de "Alta Autoridade" na empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

16- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Integração de Fornecedores" para reduzir a incidência de "Alta Autoridade" na empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

17- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Redução de Desperdícios" para reduzir a incidência de "Alta Autoridade" na empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

18- Considerando as práticas atuais em sua empresa: Qual a importância do facilitador "Análise dos Impactos ambientais" para reduzir a incidência de "Alta Autoridade" na empresa?

( ) Nenhuma; ( ) Muito Baixa; ( ) Baixa; ( ) Média; ( ) Alta; ( ) Muito Alta; ( ) Absoluta;

### Apêndice F - Dados de entrada - Empresa E1

Entrada das Empresas Japonesas					
Empresa E1					
Facilitadores	C1	C2	C3	C4	C5
A1	MA	MA	MA	MA	MA
A2	MA	A	A	A	A
A3	AB	AB	MA	MA	A
A4	MA	A	A	A	A
A5	MA	MA	MA	MA	A
A6	MA	A	A	A	A
A7	MA	MA	MA	A	A
A8	MA	MA	M	A	A
A9	MA	MA	A	A	A
A10	MA	MA	A	MA	MA
A11	MA	MA	A	MA	MA
A12	MA	A	A	MA	A
A13	A	A	A	A	A
A14	A	A	A	A	A
A15	A	A	A	MA	A
A16	AB	MA	MA	MA	A
A17	A	A	A	A	M
A18	MA	A	A	A	M

Fonte: A autora.

### Apêndice G - Dados de Entrada - Empresa E2

Dados de Entrada Empresas Japonesas					
Empresa E2					
Facilitadores	C1	C2	C3	C4	C5
A1	AB	MA	AB	AB	AB
A2	AB	MA	AB	MA	MA
A3	MA	MA	MA	MA	MA
A4	M	M	A	M	M
A5	M	A	A	MA	M
A6	B	M	M	M	M
A7	B	M	M	M	M
A8	MA	M	MA	A	M
A9	AB	A	AB	MA	MA
A10	M	M	A	A	A
A11	M	M	A	A	A
A12	B	A	MA	A	A
A13	B	M	A	A	M
A14	M	M	A	A	M
A15	MA	A	MA	MA	MA
A16	MA	MA	AB	AB	MA
A17	B	B	M	M	M
A18	B	B	M	M	M

Fonte: A autora.

### Apêndice H – Dados de Entrada -Empresa E3

Dados de Entrada Empresas Japonesas					
Empresa E3					
Facilitadores	C1	C2	C3	C4	C5
A1	A	A	A	MA	MA
A2	A	A	A	A	A
A3	A	A	A	A	A
A4	A	A	A	A	A
A5	AB	MA	AB	AB	AB
A6	A	A	A	A	A
A7	A	A	A	A	A
A8	A	A	A	MA	A
A9	A	A	MA	MA	MA
A10	AB	AB	AB	AB	AB
A11	MA	A	MA	MA	MA
A12	MA	A	MA	MA	MA
A13	MA	A	MA	MA	MA
A14	MA	AB	AB	AB	AB
A15	A	A	A	A	A
A16	AB	AB	AB	AB	AB
A17	A	A	A	A	A
A18	A	A	A	A	A

Fonte: A autora.

### Apêndice I – Dados de entrada - Empresa E4

Dados de Entrada das Empresas Japonesas					
Empresa E4					
Facilitadores	C1	C2	C3	C4	C5
A1	MA	MA	M	AB	A
A2	MA	MA	MA	A	M
A3	MA	A	A	M	M
A4	AB	AB	MA	A	MA
A5	A	MA	MA	M	M
A6	A	A	MA	A	A
A7	AB	MA	MA	A	M
A8	A	MA	A	A	M
A9	MA	MA	A	M	M
A10	MA	AB	MA	A	MA
A11	A	AB	A	A	A
A12	A	A	A	A	A
A13	MA	MA	MA	MA	A
A14	M	MA	A	M	M
A15	MA	MA	A	M	A
A16	AB	A	A	AB	M
A17	MA	MA	MA	A	A
A18	MA	MA	MA	A	A

Fonte: A autora.

## Apêndice J – Dados de Entrada - Empresa E5

Dados de Entrada das Empresas Brasileiras					
Empresa E5					
Facilitadores	C1	C2	C3	C4	C5
A1	MA	MA	MA	AB	AB
A2	AB	MA	AB	AB	AB
A3	M	A	MA	MA	AB
A4	B	M	A	B	B
A5	A	MA	AB	MA	AB
A6	B	B	B	B	MB
A7	MA	AB	AB	AB	AB
A8	A	A	MA	MA	M
A9	MA	MA	AB	M	MA
A10	AB	AB	AB	AB	AB
A11	A	M	A	MA	B
A12	MA	A	A	MA	M
A13	A	A	MA	MA	MA
A14	B	M	M	B	B
A15	B	A	A	A	A
A16	MA	AB	MA	AB	A
A17	MA	A	A	AB	MA
A18	M	B	M	B	MB

Fonte: O autor.

### Apêndice K – Dados de Entrada - Empresa E6

Dados de Entrada das Empresas Brasileiras					
Empresa E6					
Facilitadores	C1	C2	C3	C4	C5
A1	A	A	MA	M	A
A2	MA	MA	A	MA	MA
A3	M	M	M	B	A
A4	B	M	MB	MB	B
A5	A	A	MA	A	A
A6	B	B	MA	N	M
A7	A	A	A	AB	M
A8	M	A	A	A	MA
A9	MA	A	A	A	MA
A10	A	MA	A	A	A
A11	MA	A	A	B	M
A12	MA	A	A	B	M
A13	M	M	A	MA	B
A14	M	A	A	MA	A
A15	A	A	A	B	A
A16	B	B	B	A	MB
A17	MA	MA	MA	MA	MB
A18	M	B	B	B	MB

Fonte: O autor.

## Apêndice L – Dados de entrada - Empresa E7

Dados de Entrada das Empresas Brasileiras					
Empresa E7					
Facilitadores	C1	C2	C3	C4	C5
A1	A	AB	AB	A	A
A2	MA	MA	MA	MA	MA
A3	MA	A	A	A	A
A4	A	A	M	M	M
A5	MA	AB	MA	MA	A
A6	MA	MA	MA	MA	MA
A7	MA	AB	AB	A	MA
A8	A	MA	AB	A	AB
A9	MA	MA	AB	MA	MA
A10	M	M	A	M	M
A11	A	M	A	A	A
A12	A	M	A	A	M
A13	A	MA	MA	MA	MA
A14	MA	A	MA	A	M
A15	AB	AB	AB	A	A
A16	AB	MA	MA	MA	MA
A17	MA	MA	MA	MA	MA
A18	MA	A	MA	MA	A

Fonte: O autor.

### Apêndice M – Dados de entrada - Empresa E8

Dados de Entrada das Empresas Brasileiras					
Empresa E8					
Facilitadores	C1	C2	C3	C4	C5
A1	A	M	MA	MA	A
A2	MA	A	AB	A	MA
A3	B	MB	MA	B	M
A4	MB	MB	A	MB	MB
A5	MB	B	AB	A	MA
A6	N	B	B	MB	B
A7	MB	MB	AB	B	B
A8	B	B	MA	M	M
A9	MB	MB	AB	MB	B
A10	B	B	AB	MB	B
A11	B	MB	A	MB	B
A12	MB	B	A	B	M
A13	MB	B	MA	M	M
A14	A	A	MA	A	A
A15	MB	MB	A	MB	B
A16	MB	B	MA	B	B
A17	A	A	A	MA	MA
A18	MB	MB	M	B	B

Fonte: A autora