

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

MARIA LUIZA PIAIA

**MODELO DE AVALIAÇÃO DA MATURIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DO LEAN
MANUFACTURING COM UTILIZAÇÃO DE UMA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO
LINGUÍSTICA**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2019

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

MARIA LUIZA PIAIA

**MODELO DE AVALIAÇÃO DA MATURIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO
DO *LEAN MANUFACTURING* COM UTILIZAÇÃO DE UMA
ABORDAGEM MULTICRITÉRIO LINGUÍSTICA**

**PATO BRANCO
2019**

MARIA LUIZA PIAIA

**MODELO DE AVALIAÇÃO DA MATURIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DO
LEAN MANUFACTURING COM UTILIZAÇÃO DE UMA ABORDAGEM
MULTICRITÉRIO LINGUÍSTICA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito para obtenção do título de “Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas”. – Área de Concentração: Gestão dos sistemas produtivos.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Golçalves Trentin

PATO BRANCO

2019

P579m Piaia, Maria Luiza.
Modelo de avaliação da maturidade da implementação do Lean manufacturing com utilização de uma abordagem multicritério linguística / Maria Luiza Piaia. – 2019.
106 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Pato Branco, PR, 2019.
Bibliografia: f. 97 - 106.

1. Produção enxuta. 2. Maturidade. 3. Processo decisório por multicritério. I. Trentin, Marcelo Gonçalves, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. III. Título.

CDD 22. ed. 670.42

Ficha Catalográfica elaborada por
Suélem Belmudes Cardoso CRB9/1630
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº 53

A Dissertação de Mestrado intitulada **“Modelo de avaliação da maturidade da implementação do *Lean Manufacturing* com utilização de uma abordagem multicritério linguística”**, defendida em sessão pública pela candidata **Maria Luiza Piaia**, no dia 09 de julho de 2019, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, área de concentração Gestão dos Sistemas Produtivos, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin - Presidente - UTFPR

Prof. Dr. Guilherme Luz Tortorella – UFSC

Prof. Dr. Dalmarino Setti – UTFPR

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Pato Branco, 23 de agosto de 2019.

Prof. Dr. Fernando José Avancini Schenatto
Coordenador do PPGEPS
(Carimbo e assinatura do Coordenador do Programa.)

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Ao Prof. Dr. Dalmarino Setti pelas contribuições a este trabalho.

Aos professores do programa pelos conhecimentos repassados durante essa jornada.

Aos colegas do mestrado que contribuíram na minha formação.

A todas as empresas que estiveram de portas abertas para a realização da pesquisa.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família e João Eduardo, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Os dias prósperos não vêm por acaso; nascem de muita fadiga e persistência.
Henry Ford

RESUMO

PIAIA, Maria Luiza; **Modelo de avaliação da maturidade da implementação do 4 Lean Manufacturing com utilização da abordagem multicritério linguística.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.

À medida que o mercado se tornou competitivo e exigente as indústrias começaram a se preocupar com a gestão de seus processos e no atendimento da demanda, evidenciando a necessidade de métodos e ferramentas que as auxiliassem na tomada de decisão. Neste contexto, com o intuito de agilizar o atendimento da demanda, reduzir os custos e melhorar o controle de produção as empresas estão buscando a implementação do Lean Manufacturing (LM), que é um sistema de gestão que visa à eliminação das atividades que não agregam valor ao produto, ou ao processo, e tornam os processos mais ágeis e flexíveis. Compreende-se que a simples implementação das ferramentas LM não garantem que o desempenho seja o melhor possível. Com base na busca crescente de Implantação do LM, verificou-se a necessidade de desenvolvimento de novos instrumentos para mensurar o nível de maturidade que estas empresas estão em relação às práticas LM, e que, além disso, permita melhor avaliar em que estágio se encontram, classificando-as como nível básico, intermediário e avançado. Sabe-se que a medição amplia a consciência da organização sobre a implantação Lean. Essa maior consciência “tende a” implicar em novos esforços e ganhos no sistema produtivo. Neste cenário, este estudo tem como objetivo propor um modelo que avalie o grau de maturidade da implementação LM em empresas, inclusive de forma quantitativa, com utilização da abordagem multicritério linguística. Em relação ao LM, a metodologia 2 Tuple possibilita que os gestores identifiquem os pontos críticos e tomem decisões em situações de incertezas, permitindo também uma visão instantânea e abrangente de áreas fortes e aquelas que necessitam de melhorias. Da mesma forma permite fazer o direcionamento de ações para uma implementação estruturada e efetiva, contribuindo com o desenvolvimento das empresas. A realização deste estudo justifica-se pela dificuldade na avaliação das implantações LM, principalmente no seu grau de maturidade, além de suas práticas. O modelo de maturidade foi aplicado em três empresas, no qual gerou-se um *feedback* em relação ao desempenho do LM para cada empresa. A contribuição deste trabalho foi a de criar um modelo de avaliação da maturidade que também tivesse capacidade de avaliar individualmente cada critério, possibilitando visualizar as deficiências que necessitam de ações para melhoria.

Palavras-Chaves: Produção enxuta; Maturidade; Processo decisório por multicritério.

ABSTRACT

PIAIA, Maria Luiza; **Model of maturity evaluation of the implementation of Lean Manufacturing using the approach multi-criteria linguistic**. Master's Thesis in Production and Systems Engineering - Federal Technological University of Parana, Pato Branco, 2019.

As the market became competitive and demanding industries began to worry about managing their processes and meeting the demand, evidencing the need for methods and tools to assist them in decision making. In this context, in order to streamline demand, reduce costs and improve production control, companies are looking to implement Lean Manufacturing (LM), which is a management system aimed at eliminating activities that do not add up value to the product, or process, and make processes more agile and flexible. It is understood that the simple implementation of the LM tools does not guarantee that the performance is the best possible. Based on the increasing search for LM Implementation, it was verified the need to develop new instruments to measure the level of maturity that these companies are in relation to LM practices, and that, in addition, allows to better evaluate in which stage they are, classifying them as basic, intermediate and advanced level. It is known that the measurement broadens the organization's awareness of Lean deployment. This greater awareness "tends" to imply new efforts and gains in the productive system. In this scenario, this study aims to propose a model that evaluates the degree of maturity of the LM implementation in companies, including in a quantitative way, using the multicriteria approach. Regarding LM, the 2 Tuple methodology enables managers to identify critical points and make decisions in uncertain situations, also allowing an instantaneous and comprehensive view of strong areas and those in need of improvement. In the same way, it allows the directing of actions for a structured and effective implementation, contributing to the development of the companies. The accomplishment of this study is justified by the difficulty in the evaluation of the LM implantations, mainly in its degree of maturity, besides its practices. The maturity model was applied in three companies, in which feedback was generated in relation to the LM performance for each company. The contribution of this work was to create a maturity evaluation model that also had the ability to evaluate each criterion individually, making it possible to visualize the deficiencies that need improvement actions.

Keywords: Lean Manufacturing; Maturity; Decision making process by multicriteria.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Artigos do Portfólio.....	15
Quadro 2 - Composição dos indicadores de desempenho.....	20
Quadro 3 - Os 14 Princípios da Gestão da Toyota.....	25
Quadro 4 - Principais ferramentas LM.....	29
Quadro 5 - Síntese dos artigos relacionados ao tema de interesse.....	31
Quadro 6 - Classificação do porte das empresas a partir da quantidade de colaboradores.....	49
Quadro 7 - Dimensões utilizadas por outros autores.	53
Quadro 8 - Constituição dos indicadores.	55
Quadro 9 - Perfil dos especialistas - determinação dos pesos dos critérios	55
Quadro 10 - Variáveis Linguísticas para avaliar a importância dos critérios.	56
Quadro 11 - Planilha de comparação dos critérios para os especialistas.	56
Quadro 12 - Resultado da aplicação do Método <i>Fuzzy 2 - Tuppel</i>	57
Quadro 13 - Atribuição de importâncias.	57
Quadro 14 - Exemplo de classificação de importância para Qualidade.	58
Quadro 15 - Comparação das questões do mesmo critério.	58
Quadro 16 - Exemplo da constituição da complexidade.	58
Quadro 17 - Avaliação de Consistência do critério Qualidade.	59
Quadro 18 - Peso global dos critérios.	59
Quadro 19 - Avaliação de Consistência do critério Qualidade.	60
Quadro 20 - Peso específico do critério qualidade.....	60
Quadro 21 - Termos linguísticos avaliação em baixa complexidade.....	61
Quadro 22 - Termos linguísticos avaliação para média e alta complexidade.....	61
Quadro 23 - Questões de nível básico.	62
Quadro 24 - Questões de nível intermediário.....	63
Quadro 25 - Questões de nível avançado.....	63
Quadro 26 - Questionário do modelo de avaliação.	65
Quadro 27 - Perfil das empresas em análise.	66
Quadro 28 - Escala Linguística.	67
Quadro 29 - Peso básico, intermediário e avançado de cada critério.	68
Quadro 30 - Resultado da avaliação das questões do critério qualidade - Empresa Alpha.	69
Quadro 31 - Resultado da avaliação das questões do critério cliente - Empresa Alpha.	70
Quadro 32 - Resultado da avaliação das questões do critério recursos humanos - Empresa Alpha.....	71
Quadro 33 - Resultado da avaliação das questões do critério fornecedor – Empresa Alpha.	72
Quadro 34 - Resultado da avaliação das questões do critério Sistema Produtivo – Empresa Alpha.....	73
Quadro 35 - Resultado da avaliação das questões do critério Qualidade – Empresa Beta.....	75
Quadro 36 - Resultado da avaliação das questões do critério Cliente – Empresa Beta.....	76
Quadro 37 - Resultado da avaliação das questões do critério Recursos Humanos – Empresa Beta.....	77

Quadro 38 - Resultado da avaliação das questões do critério Fornecedor – Empresa Beta.....	78
Quadro 39 - Resultado da avaliação das questões do critério Sistema Produtivo – Empresa Beta.....	79
Quadro 40 - Resultado da avaliação das questões do critério Qualidade – Empresa Omega.	81
Quadro 41 - Resultado da avaliação das questões do critério Cliente – Empresa Omega.	82
Quadro 42 - Resultado da avaliação das questões do critério Recursos Humanos – Empresa Omega.	83
Quadro 43 - Resultado da avaliação das questões relacionadas ao critério Fornecedor – Empresa Omega.	84
Quadro 44 - Resultado da avaliação das questões do critério Sistema Produtivo – Empresa Omega.	85
Quadro 45 - Resultado em relação ao critério Qualidade.	87
Quadro 46 - Resultados em relação critério Cliente.....	88
Quadro 47 - Resultado em relação ao critério Recursos Humanos.	90
Quadro 48 - Resultado em relação ao critério Fornecedor.	91
Quadro 49 - Resultado em relação ao critério Sistema produtivo.	92
Quadro 50 - Avaliação global das empresas.....	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Macroetapas do Processo de Revisão Sistêmicas (ProKnow-C).....	9
Figura 2 - Eixos da pesquisa e palavras-chaves.	12
Figura 3 - Número de citações dos artigos.....	14
Figura 4 - Cruzamento do PB entre os Periódicos e referências.....	17
Figura 5 - Autores de maior destaque no PB e nas referências do PB.	18
Figura 6 - Casa do Sistema Toyota de Produção.....	26
Figura 7 - Escala Fundamental de Saaty.	41
Figura 8 - Etapas do desenvolvimento do trabalho.	44
Figura 9 - Construção do modelo.	51
Figura 10 - Critérios estabelecidos.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis Linguísticas para avaliar a importância dos critérios	56
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 IDENTIFICAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROBLEMA De pesquisa.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	5
1.2.1 Objetivo Geral.....	5
1.2.2 Objetivos Específicos.....	6
1.3 RELEVÂNCIA DO TEMA	6
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	7
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	7
2 PROCEDIMENTO DE PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1 MAPEAMENTO DO ESTADO DA ARTE DO TEMA AVALIAÇÃO DE MATURIDADE LEAN MANUFACTURING.....	10
2.1.1 Métodos utilizados para o Mapeamento.....	11
2.1.1.1 Seleção do Portfólio Bibliográfico.....	11
2.1.1.2 Seleção do Banco de Artigos Brutos.....	12
2.1.1.2.1 Filtragem no banco de artigos brutos.....	13
2.1.2 Resultados do Mapeamento.....	16
2.1.2.1 Análise Bibliométrica.....	16
2.1.2.2 Análise Sistêmica dos artigos do Portfólio Bibliográfico.....	19
2.1.3 Critérios para composição dos Indicadores.....	19
2.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO MAPEAMENTO BIBLIOGRÁFICO E SISTÊMICO	21
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	23
3.1 LEAN MANUFACTURING.....	23
3.2 FERRAMENTAS LEAN MANUFACTURING.....	28
3.3 MODELOS DE AVALIAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING	29
3.4 MÉTODOS MULTICRITÉRIO NOS MODELOS DE AVALIAÇÃO.....	33
3.4.1 Método Linguístico 2-tuple.....	36
3.4.2 O Método 2-Tuple TOPSIS.....	38
3.4.3 Método AHP.....	40
4 METODOLOGIA	44
4.1 CLASSIFICAÇÃO METODOLÓGICA	46
4.1.1 Escolha da Abordagem Metodológica.....	46
4.1.2 Quanto à Natureza dos Objetivos.....	46
4.1.3 Quanto à Abordagem do Problema.....	47
4.1.4 Quanto aos Meios de Pesquisa e Técnicas Adotadas.....	48
4.2 SETOR ALIMENTÍCIO NAS REGIÕES DA APLICAÇÃO DO MODELO.....	49
5 CONSTRUÇÃO DO MODELO DE MATURIDADE LEAN MANUFACTURING.....	51
5.1 MODELO DE AVALIAÇÃO DA MATURIDADE DE PRÁTICAS LEAN MANUFACTURING.....	51

5.1.1 Definição dos Critérios	52
5.1.2 Definição dos Indicadores	53
5.1.3 Determinação peso dos Critérios	55
5.1.4 Definição das Escalas de Medições para avaliação das empresas	60
5.2 QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DA MATURIDADE LEAN MANUFACTURING	61
6 APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO.....	66
6.1 DESCRIÇÃO DOS OBJETOS DE ANÁLISE (EMPRESAS)	66
6.2 DESCRIÇÃO DA COLETA E ANÁLISE DOS DADOS.....	66
6.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	67
6.3.1 Agregação dos pesos de cada critério	68
6.3.1.1 Empresa Alpha.....	68
6.3.1.1.1 Critério Qualidade.....	69
6.3.1.1.2 Critério Cliente.....	70
6.3.1.1.3 Critério Recursos Humanos	71
6.3.1.1.4 Critério Fornecedor.....	72
6.3.1.1.5 Critério Sistema Produtivo	73
6.3.1.2 Empresa Beta.....	74
6.3.1.2.1 Critério Qualidade.....	75
6.3.1.2.2 Critério Cliente.....	76
6.3.1.2.3 Critério Recursos Humanos	77
6.3.1.2.4 Critério Fornecedor.....	78
6.3.1.2.5 Critério Sistema Produtivo	79
6.3.1.3 Empresa Omega	80
6.3.1.3.1 Critério Qualidade.....	81
6.3.1.3.2 Critério Cliente.....	82
6.3.1.3.3 Critério Recursos humanos	83
6.3.1.3.4 Critério Fornecedor.....	84
6.3.1.3.5 Critério Sistema Produtivo	85
6.3.2 Avaliação final em relação aos critérios comparando as empresas	86
7 CONCLUSÃO.....	94
7.1 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA	95
7.2 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	95
REFERÊNCIAS.....	97

1. INTRODUÇÃO

O mercado encontra-se progressivamente competitivo e exigente, tornando incerta a permanência de empresas, sem que haja investimentos em novas estratégias e tecnologias, visando a redução de desperdícios, atendimento aos clientes e conseqüentemente redução de custos. Muitas empresas crescem desordenadamente sem a aplicação eficiente de procedimentos e ferramentas de gerenciamentos industriais. Entretanto, ao longo dos anos, observa-se a importância da mudança de paradigma e a busca por uma nova gestão empresarial. Deste modo, empenham-se continuamente em desenvolvimento de produtos, processos e volumes de produção versáteis que são preparados para atender mudanças rápidas de mercado consumidor e que, além disso, sejam inovadoras. Neste sentido surge o *Lean Manufacturing* (LM) com o intuito de reduzir a variabilidade, diminuir o tempo de produção, melhorando o fluxo produtivo e eliminando desperdícios (BOYLE; RATHJE, 2009). O objetivo principal do LM é estabelecer um sistema de alta qualidade que permita que os produtos sejam produzidos de acordo com a demanda dos clientes com o mínimo ou nenhum desperdício (SHAH; WARD, 2003).

Nas últimas décadas, as empresas iniciaram a implementação de determinadas ferramentas/práticas LM, ao mesmo tempo em que outras empresas implementaram apenas alguns elementos (HASKIN, 2010; LIKER, 2004; SINGH et al., 2010). Perante tais circunstâncias, encontram-se dificuldades na comprovação de quais organizações efetivamente possuem o LM como uma filosofia, e em qual nível é classificada, quando comparada com outras organizações. O procedimento de avaliação envolve muitas vezes um longo tempo e um alto custo para garantir a decisão final (WAN; FRANK, 2008; BICHENO; HOLWEG, 2009).

Existem diversas pesquisas que auxiliam as empresas na implementação do LM, entretanto, em relação a avaliação do grau de implementação das práticas nas empresas, estas tem obtido baixa atenção na literatura (WAN; CHEN, 2008; BHASIN, 2011). A falta de acompanhamento da implementação, e de ferramentas de avaliação, podem auxiliar no aumento de desistências de utilização do LM, bem como também podem dificultar a evolução e diagnóstico das empresas que persistem e se encontram em estágio de avaliação. A partir disto, empenhou-se na busca por oportunidades de

pesquisa e potenciais temas de interesse através da formação de um portfólio de artigos sobre o tema “avaliação de maturidade de implantações *Lean Manufacturing*”.

Em função das diversidades de entendimentos, torna-se difícil mensurar, classificar as empresas quanto á implementação de técnicas e a filosofia como um todo. Em função disto, na literatura, diversos métodos de tomada de decisão multicritérios estão sendo utilizados para auxiliar o processo de decisão. Em relação ao LM, a metodologia *2-Tuple* possibilita que os gerentes detectem as necessidades de melhoria na implementação, e a utilização de gráficos possibilitam uma visão imediata e abrangente de áreas fortes e aquelas que necessitam de melhorias (PAKDIL e LEONARD, 2014). Desta maneira busca-se criar um diagnóstico para as empresas, no que abrange nível de utilização das práticas LM, e orientação de ações para a implementação estruturada e efetiva, colaborando com o desenvolvimento das empresas. A proposta deste trabalho está vinculada ao desenvolvimento de um modelo que avalie a maturidade das implementações LM utilizando da abordagem multicritério linguística.

1.1 IDENTIFICAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROBLEMA DE PESQUISA

Nos últimos anos, verificaram-se alterações na estrutura produtiva do Brasil, sendo que os cinco setores de maiores ganhos de participação do valor da transformação industrial de 2007 para 2016 foram: Fabricação de produtos alimentícios; Extração de petróleo e gás natural; Fabricação de produtos químicos; Extração de minerais metálicos e Manutenção e Reparação e instalação de máquinas e equipamentos. Em comparação, as cinco atividades que obtiveram as maiores perdas foram: Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias; Metalurgia; Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis; Fabricação de máquinas e equipamentos e Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos. (IBGE -, 2016)

Com as alterações na estrutura produtiva, muitas empresas ao longo dos anos observaram a importância da mudança de paradigma e buscam uma nova gestão empresarial. Dentre estas, diversos ramos industriais implantaram ou adaptaram o LM, pois além das mudanças do mercado, o LM é o motivo de vida ou morte de muitas organizações, haja vista que a utilização em grande escala da metodologia LM e suas ferramentas nas montadoras automobilísticas com processos discretos (BARTOLI; SILVA, 2015). O LM é definido como um sistema de produção adaptável às oscilações de demanda (flexível), acrescentando alta qualidade e resposta ágil a demanda (ANTUNES JUNIOR; 1995).

A gestão da produção baseada no LM é uma filosofia reconhecida e praticada, em que as empresas utilizam para melhorar seu desempenho e relacionamento com seus clientes. O LM pode ser aplicado em qualquer indústria e os seus conceitos incorporados por toda a sua estrutura. Porém, as ferramentas corretas para serem aplicadas precisam ser escolhidas com base em sua finalidade para a empresa (ABOLHASSAMI et al. 2016). Apesar de existir uma ampla divulgação dos benefícios do LM, ainda existem muitas corporações que não implementaram a filosofia. Citam-se alguns pressupostos como: a falta de conhecimento do modelo; falta de compreensão dos princípios LM; falta de apoio da alta diretoria; não saber quantificar os benefícios proporcionados pelas práticas, ou ainda acreditar que haja um alto custo de investimento (SOUZA; ALVES; SILVA, 2010).

No ponto de vista de Chen (2006), interessado em “como fazer um sistema mais enxuto”, pouco esforço tem sido feito em relação à determinação de “quão LM é o sistema”. O atual nível do LM geral não é mensurado e, desta maneira, os profissionais não podem saber “como melhorar o LM” e “o que foi melhorado”, pois não possuem o conhecimento de “quão LM o sistema é” ou “quanto mais LM podem tornar-se” (CHEN, 2006). De acordo com Shaw e Costanzo (1970), "se você não pode medi-lo, você não pode gerenciá-lo".

Neste contexto, alguns estudos têm discutido sobre a utilização de práticas/ferramentas LM, como o caso do trabalho de Abolhassami et al. (2016), onde além de investigar as práticas utilizadas na indústria dos EUA, analisou a influência causada pelo porte da empresa, o tempo de implantação da filosofia e por fim confrontou tais práticas em instalações LM e as instalações que não a possuíam. Por outro lado, alguns estudos foram destinados a medir especificamente o nível de implementação LM das empresas, como o estudo de Karim e Arif-Uz-Zaman (2014), onde desenvolveram uma métrica de avaliação LM simplificada, baseando-se em atributos de eficiência e eficácia do desempenho de fabricação, para avaliação contínua da implementação do Lean. Com base nos cinco princípios enxutos, foi proposta uma metodologia sistemática de implementação LM para organizações de manufatura.

Inúmeros estudos têm sido elaborados com a finalidade de auxiliar as empresas a avaliarem o desempenho de seus esforços na implementação LM. De acordo com Duran e Batocchio (2003) a grande parte desses estudos não expõem métodos estruturados e generalizáveis a uma ampla escala de empresas. Os modelos de avaliação da maturidade LM já existentes, geralmente avaliam o nível de maturidade LM utilizando alguns critérios como qualidade, processos, fornecedores, clientes etc., além de avaliar ramos de atuação específicos como automobilísticos, alimentícios e entre outros.

Na criação deste modelo empenha-se em desenvolver um modelo geral, que possa ser aplicado em diversos ramos de atuação do mercado, além de serviços, aplicando os seguintes critérios para avaliar a maturidade LM das empresas: qualidade, recursos humanos, cliente, fornecedor, e sistemas produtivos, por meio destes almeja-se verificar os critérios que estão com níveis mais baixos e fornecer um *feedback* para as empresas avaliadas. Em termos de contribuições teóricas, este trabalho apresenta um método estruturado e generalizável da avaliação da

implementação LM. Pode-se citar como contribuição prática deste estudo para as empresas e organizações, ao fato de a proposição do instrumento de avaliação também fornecer um *feedback* da situação que se encontra cada critério que compõem o sistema LM da empresa. Com este conhecimento os gestores poderão aperfeiçoar e melhor encaminhar suas ações Lean nas organizações.

A realização deste estudo justifica-se devido ao fato de a grande parte da literatura existente não fornece um método para mensurar o nível de maturidade LM de uma empresa (BHASIN, 2011). Com relação à área de conhecimento, o estudo abordará o desenvolvimento de um modelo de avaliação da maturidade de práticas LM nas empresas, com utilização da abordagem multicritério linguística. Assuntos como, princípios do *Lean Manufacturing*, as traduções desses princípios para avaliação de modelos de maturidade são abordadas com intuito promover o melhor entendimento e, além da definição e procedimentos de desenvolvimento da metodologia *2-Tuple*.

1.2 OBJETIVOS

Nesta subseção do trabalho, apresenta-se o objetivo geral e os objetivos específicos a serem alcançados pela presente pesquisa.

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um modelo de avaliação da maturidade das implantações LM com utilização de uma abordagem multicritério linguística

1.2.2 Objetivos Específicos

Com intuito de cumprir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram estipulados:

- i. Identificar com base na literatura, conceitos e modelos de avaliação da maturidade LM. Com intuito de determinar os critérios e os indicadores de avaliação do modelo proposto.
- ii. Consultar os especialistas em LM para ponderação dos critérios do modelo desenvolvido;
- iii. Avaliar o modelo quanto seu diagnóstico nas empresas e verificando sua aplicabilidade.

1.3 RELEVÂNCIA DO TEMA

Em virtude da concorrência global e o desenvolvimento do mercado, as empresas do mundo todo estão sofrendo grandes pressões para diminuir seus custos e ampliar seu nível de serviço. Existem diversas ferramentas e estratégias que as organizações industriais podem implementar para alcançar esses objetivos, entre elas as práticas as LM, e que diversas vezes a mesma representa uma imprescindibilidade para que as empresas permanecerem no mercado.

A produção LM, a qual tem sido largamente praticada em indústrias e setores econômicos como um padrão de sistema que a produção que se dedica na eliminação de resíduos (WOMACK e JONES, 1996). Um pré-requisito evidente para uma empresa LM é possuir uma visão consistente (SIM e RODGERS, 2009). Nas fases iniciais de uma implementação LM, deve ser reforçado para os formuladores de políticas que o LM não é somente um conjunto de ferramentas e técnicas, todavia em seu coração permanecem as pessoas (SAURIN; MARONDIN; RIBEIRO, 2011).

Para comprovação do ineditismo e relevância do estudo realizou-se o desenvolvimento de uma análise bibliométrica e sistêmica, baseada na adaptação da metodologia Knowledge Development Process – Construtivist (ProKnow –C), a qual estabelece os procedimentos de seleção e análise dos resultados (ENSSLIN et al.

2010). Inicialmente o objeto de análise para aplicação do modelo de maturidade englobaram empresas das regiões sul e centro oeste do Brasil e ramos de atuação como Agronegócio e Alimentício.

Neste contexto, foi aplicado em empresas industriais que possuam o LM em desenvolvimento, o que facilitará a consolidação do modelo inicial, com posterior adaptação e aplicação nos demais ambientes, como prestadoras de serviços e outros. Deste modo, esta pesquisa busca desenvolver um modelo de avaliação da maturidade das implantações LM, que além de abrangente, considere os diversos elementos (critérios) abordados na literatura, empregando métodos multicritério para auxiliar na sua determinação.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Em relação às limitações da abordagem utilizada nessa pesquisa, constatou-se a diferença de portes das empresas, bem como disparidade no tempo de implementação LM das mesmas. Outro item observado é relacionado ao fato dos avaliadores das questões/classificações propostas apesar de possuírem grande conhecimento sobre o LM, eram de uma área específica das suas respectivas empresas. Observa-se que estes fatores podem influenciar na interpretação dos dados ao compará-los, por este motivo além da análise de comparação, buscou-se realizar um *feedback* individual para cada empresa, com intuito de auxiliar na identificação das dificuldades.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho é estruturado em sete capítulos, cuja síntese de cada um é destacada a seguir:

O capítulo 1 refere-se à Introdução, bem como apresenta a justificativa e o problema de pesquisa, da mesma maneira de que exhibe os objetivos, ineditismo,

relevância e suas delimitações e por fim retrata a estruturação da pesquisa e classificação metodológica.

O capítulo 2 retrata os procedimentos de pesquisa bibliográfica seguidos no trabalho, focalizando na abordagem metodológica e nos conceitos tecnológicos pertinentes aos métodos e técnicas empregados. Dentre outros assuntos tratados neste capítulo, pode-se justificar a escolha da abordagem de pesquisa, assim como as etapas de desenvolvimento do trabalho. No mesmo trata-se da justificativa da seleção dos objetos de análise, a descrição de como ocorre à coleta de dados e como estes são analisados. Bem como, exhibe o mapeamento do estado da arte e do tema Avaliação da maturidade *Lean Manufacturing*, pelo qual viabilizou uma aprofundada análise bibliométrica e sistêmica.

O capítulo 3 exhibe o referencial teórico do trabalho, direcionados em seus principais aspectos: *Lean Manufacturing* e Princípios LM, Ferramentas LM, Modelos de Avaliação LM e por fim os Métodos Multicritérios.

O capítulo 4 retrata a construção do modelo de Avaliação da Maturidade *Lean Manufacturing* com utilização da abordagem multicritério linguística, detalhando a composição do método e seu sistema de cálculo (pelo qual passou por participação de especialistas em *Lean Manufacturing*) e de interpretação dos dados.

O capítulo 5 apresenta a aplicação do modelo proposto, no qual é realizada a análise dos resultados, pelos quais se origina dos dados alcançados através dos Estudos de Casos, isto é, pela aplicação do Modelo de Avaliação da Maturidade *Lean Manufacturing* em empresas selecionadas.

O capítulo 6 que se refere as conclusões, retorna os objetivos do trabalho e exhibe suas principais partes conclusivas, do mesmo modo que apresenta as sugestões para trabalhos futuros.

2 PROCEDIMENTO DE PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Neste trabalho utilizou-se o *ProKnow-C*, proposto por Ensslin et al., (2010), como instrumento de intervenção (AFONSO et al., 2011; BORTOLUZZI et al., 2011; LACERDA, ENSSLIN, ENSSLIN, 2012). O processo *ProKnow-C* é composto por quatro etapas: i) seleção de um portfólio de artigos sobre o tema da pesquisa; ii) análise bibliométrica do portfólio; iii) análise sistêmica; e iv) definição da pergunta de pesquisa e objetivo de pesquisa. Para pesquisa bibliográfica utilizou-se as duas primeiras etapas ilustradas na Figura 1.

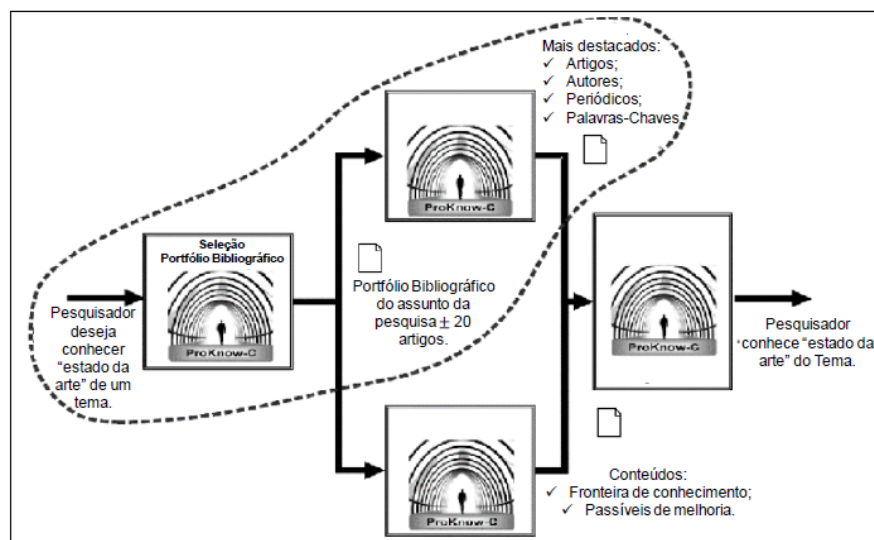


Figura 1 - Macroetapas do Processo de Revisão Sistêmica (ProKnow-C).
Fonte: Ensslin et al. (2010).

Neste trabalho, a pesquisa bibliométrica realizada através do *ProKnow-C* utilizou três eixos da pesquisa em língua inglesa, justificado pelo fato de explorar artigos em bases de dados internacionais. (i) *Lean*, (ii) *SAE J4000* e (iii) *Maturity*, a partir dos eixos definiu palavras-chaves pertinentes ao tema de interesse, como descritas a seguir: “*Lean Manufacturing*”, “*Continual Improvement*”, “*Waste Reduction*”, “*Efficiency*”, “*Best Practice*”, “*Implementation*”, “*Performance*”, “*Measures*” e “*Maturity*”. Deste modo, optou-se pelas bases *Web of Science*, *Scopus* e *Science Direct*.

Para o desenvolvimento desta dissertação, o método de pesquisa bibliográfica foi utilizado para identificar as lacunas e potenciais temas de interesse relacionados à avaliação da maturidade LM, no intuito de justificar a pesquisa (capítulo 2), identificar

modelos e métodos de avaliação existentes, e propor um modelo de avaliação baseado em dimensões e indicadores de avaliação da maturidade de implementação LM atuais (capítulo 3). Compete ressaltar que o referencial teórico foi estabelecido pela pesquisa bibliográfica realizada por meio do *ProKnow-C*, a qual gerou o Mapeamento do Estado da Arte do Tema avaliação da maturidade LM, além de outras consultas realizadas em artigos, sites, livros etc., que não obrigatoriamente fizeram parte da busca estruturada do *ProKnow-C*.

Na sequência, demonstram-se as etapas de desenvolvimento deste trabalho, pelos quais foram orientadas para a efetivação dos objetivos definidos. No qual também se apresenta o mapeamento de publicações sobre o tema Avaliação da Maturidade *Lean Manufacturing*. Complementando o mapeamento, encontram-se uma série de discussões críticas sobre o referencial teórico, buscando identificar assuntos pertinentes para o desenvolvimento do trabalho.

2.1 MAPEAMENTO DO ESTADO DA ARTE DO TEMA AVALIAÇÃO DE MATURIDADE LEAN MANUFACTURING

Nesta etapa foi conduzido um mapeamento das publicações sobre o tema Avaliação da Maturidade *Lean Manufacturing* e, através deste, composição um portfólio bibliográfico das publicações pertinentes e alinhadas de acordo com a percepção do autor desta pesquisa. Para composição do portfólio, realizou-se uma análise bibliométrica e sistêmica, com intuito de estruturar o conhecimento sobre os assuntos: autores, artigos e periódicos, tanto no portfólio bibliográfico, quanto nas referências do mesmo. Este trabalho classifica-se em caráter exploratório-descritivo, além do mais, caracterizam-se abordagens quantitativas e qualitativas através da utilização do instrumento de intervenção *Knowledge Development Process Constructivist (ProKnow-C)*.

Através do processo de análise bibliométrica extraiu-se o conhecimento necessário, com relevância científica comprovada e formando assim uma fonte de informações muito rica sobre o tema. Neste sentido, o resultado sobre o mapeamento do estado da arte do tema (Avaliação da maturidade *Lean Manufacturing*) permitiu as condições para o desenvolvimento da análise bibliométrica. Os eixos utilizados para

compor a pesquisa foram “*Lean*”, “SAE J4001” e “*Maturity*”, através destes a pesquisa exploratória busca atender o objetivo de construir conhecimento.

2.1.1 Métodos utilizados para o Mapeamento

Para o desenvolvimento do mapeamento baseou-se na adaptação da metodologia *Knowledge Development Process – Constructivist (ProKnow –C)*, a qual estabelece os procedimentos de seleção e análise dos resultados. (Ensslin et al. 2010). A estruturação do mapeamento subdividiu-se da seguinte forma: (i) os procedimentos de seleção do portfólio bibliográfico, juntamente da análise bibliométrica e (ii) a revisão sistemática que é subdividida na síntese para composição dos indicadores. Em síntese esta etapa da pesquisa pretende estabelecer um quadro conceitual em relação as oportunidades e lacunas associadas ao tema.

2.1.1.1 Seleção do Portfólio Bibliográfico

A seleção do Portfólio Bibliográfico é composta por trabalhos relevantes na área de conhecimento relacionado ao tema de pesquisa. Esta seleção do portfólio é desenvolvida por intermédio de duas etapas: a) a seleção dos artigos, constituindo o Banco de Artigos Brutos; e b) a filtragem dos artigos selecionados com base ao alinhamento da pesquisa. O método *ProKnow-C* é capaz de auxiliar os pesquisadores de diversas áreas na seleção do portfólio bibliográfico e análise bibliométrica. Como implicação direta tem-se a validação do método como instrumento de contribuição na construção do conhecimento, por meio da obtenção de avaliações quantitativas do portfólio de artigos selecionados, bem como conhecimento básico para inicialização de uma pesquisa sobre o tema. (VILELA, 2012).

2.1.1.2 Seleção do Banco de Artigos Brutos

A primeira fase da seleção concentrou-se na formação de um banco de artigos brutos, primeiramente foi necessário determinar os eixos da pesquisa, definidos em língua inglesa em bases internacionais. Os eixos foram definidos como: (i) *Lean*, (ii) SAE J4000 e (iii) *Maturity*. A seleção de banco de artigos brutos é descrita a seguir:

a) Definição das palavras chaves: A partir da composição dos eixos foi possível definir as palavras-chaves pertinentes ao tema de interesse, em cada eixo, conforme ilustra a Figura 2.

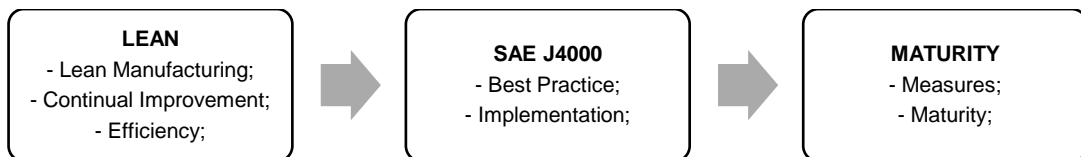


Figura 2 - Eixos da pesquisa e palavras-chaves.
Fonte: Autoria própria.

Com a utilização do operador booleano “AND” para as palavras demonstradas na Figura 2, gerou-se 24 combinações possíveis de interações entre elas, que foram utilizadas no processo de busca por artigos relacionados ao tema de interesse da pesquisa.

b) Definição dos bancos de dados e teste de aderências das palavras-chaves: As bases de dados utilizadas para a pesquisa dos artigos foram delimitadas em uma primeira etapa, pela adequação do conteúdo da base ao tema da pesquisa e, em uma segunda etapa, pela quantidade de artigos disponíveis alinhados ao tema da pesquisa. Deste modo, optou-se pelas bases *Web of Science*, *Scopus* e *Science Direct* para efetuar as buscas do portfólio bibliográfico (Afonso, Souza, Ensslin & Ensslin, 2011). Ao realizar as buscas selecionou-se títulos, palavras-chaves, resumos, artigos recentes com no máximo dez anos entre o período de 2007 a 2017 e limitando-se aos artigos no tipo de publicação. Nas buscas para composição do banco de artigos brutos, realizou-se o teste de aderência das palavras-chaves, que mostrou não haver necessidade de incluir novas palavras-chaves. Por meio desta, gerou-se um banco de

3815 artigos brutos, pelos quais importou-se para o software *Mendeley*, onde realizou-se o gerenciamento bibliográfico da pesquisa.

2.1.1.2.1 Filtragem no banco de artigos brutos

Nesta fase filtrou-se de diversas formas os artigos do banco de artigos brutos, a fim de originar o portfólio bibliográfico final:

- Filtragem quanto à redundância: excluíram-se os artigos duplicados, resultando na eliminação de 853 artigos.
- Filtragem quanto ao alinhamento dos títulos: realizou-se a verificação dos títulos relacionados com o tema da pesquisa, o que ocasionou a eliminação de 1815 artigos e permanência de 1147 artigos.
- Filtragem quanto ao alinhamento de resumos: em seguida, realizou-se a leitura dos resumos dos artigos e resultou na eliminação de 1102 artigos, restando 45 artigos no banco de artigos brutos.
- Filtragem quanto ao reconhecimento científico: verificou-se a representatividade científica dos artigos, por meio da inspeção do número de citações que os mesmos possuem no Google Acadêmico. O artigo com maior reconhecimento científico possuía 1365 citações (para facilitar visualização abstraiu-se da Figura 3), ao passo em que alguns trabalhos não possuíam nenhuma citação. Deste modo, determinou-se um ponto de corte de acordo com a pertinência do reconhecimento científico dos artigos. Constituiu-se uma nova categoria, excluindo-se artigos que possuíam menos de três citações, sendo esses, depositados no “Repertório B”, analisado posteriormente. Já os artigos com mais de três citações constituíram o “Repertório A”, sendo candidatos à inclusão direta no portfólio final de artigos. O detalhamento dessa análise é ilustrado na Figura 3.

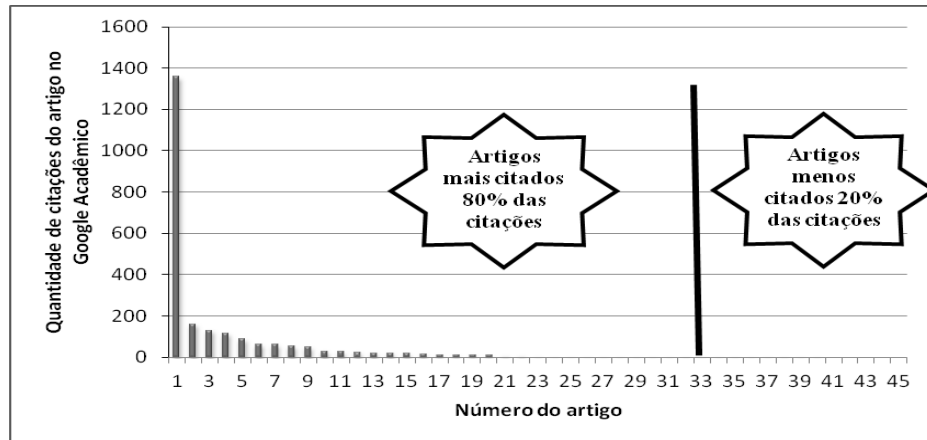


Figura 3 - Número de citações dos artigos.
Fonte: Autoria própria.

Após o aprofundamento do número de citações restaram no “Repositório A” 33 artigos, dos quais realizou-se a leitura integral. Com o intuito de verificar a pertinência de artigos que tenham sido publicados há menos de dois anos, ou que possuíam o mesmo autor dos artigos selecionados, analisou-se o “Repositório B”. Após a análise do “Repositório B”, selecionou-se apenas um artigo publicado há menos de dois anos que está alinhado ao tema da pesquisa, porém com pouco reconhecimento científico, o que se justifica pela recente publicação. Após a leitura integral dos artigos, restaram 21 artigos no portfólio final como demonstrado no Quadro 1, sobre o qual realizaram-se as análises bibliométrica e sistêmicas, cujos resultados são descritos nos tópicos que seguem.

	AUTOR	TÍTULO	PERIÓDICO	Ano
1	Abolhassani, A. et al.	Lean and US manufacturing industry: popularity of practices and implementation barriers.	International Journal of Productivity and Performance Management	2016
2	Bhasin, S.	Measuring the Leanness of an organisation.	International Journal of Lean Six Sigma	2011
3	Bhasin, S.	An appropriate change strategy for lean success	Management Decision	2012
4	Bhasin, S.	Prominent obstacles to lean.	International Journal of Productivity and Performance Management	2012
5	Cezar Lucato, W. et al.	Performance evaluation of lean manufacturing implementation in Brazil.	International Journal of Productivity and Performance Management	2014
6	Godinho Filho, M.; GANGA, G. M. D.; GUNASEKARAN, A.	Lean manufacturing in Brazilian small and medium enterprises: implementation and effect on performance.	International Journal of Production Research	2016
7	Herzog, N. V.; Tonchia, S.	An instrument for measuring the degree of lean implementation in manufacturing.	Journal of Mechanical Engineering	2014
8	Jasti, N. V.K.; Kodali, R.(a)	A literature review of empirical research methodology in lean manufacturing.	International Journal of Operations & Production Management	2014
9	Jasti, N. V. K.; Kodali, R. (C)	Development of a framework for lean production system: An integrative approach.	Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part B, Journal Of Engineering Manufacture	2016
10	Jasti, N. V. K.; Kodali, R.(b)	Validity and reliability of lean enterprise frameworks in Indian manufacturing industry.	Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part B, Journal Of Engineering Manufacture	2016
11	Karim, A.; Arif-Uz-Zaman, K.	A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations.	Business Process Management Journal	2013
12	Macchi, M.; Fumagalli, L.	A maintenance maturity assessment method for the manufacturing industry.	Journal of Quality in Maintenance Engineering	2013
13	Pakdil, F.; Leonard, K. M.	Criteria for a lean organisation: development of a lean assessment tool.	International Journal of Production Research	2014
14	Pham, D. T.; Thomas, A. J.	Fit manufacturing: a framework for sustainability.	Journal of Manufacturing Technology Management	2011
15	Salleh, N. A. M.; Kasolang, S.; Jaffar, A.	Simulation of integrated total quality management (TQM) with lean manufacturing (LM) practices in forming process using Delmia Quest.	Procedia Engineering	2012
16	Shah, R.; Ward, P. T.	Defining and developing measures of lean production.	Journal of operations management	2007
17	Shah, P. P.; Shrivastava, R. L.	Identification of performance measures of Lean Six Sigma in small-and medium-sized enterprises: a pilot study.	International Technology Management Journal of Six Sigma and Competitive Advantage	2013
18	Singh Sangwan, K.; Bhamu, J.; Mehta, D.	Development of lean manufacturing implementation drivers for Indian ceramic industry	International Journal of Productivity and Performance Management	2014
19	Susilawati, A. et al.	Fuzzy logic based method to measure degree of lean activity in manufacturing industry.	Journal of Manufacturing Systems.	2015
20	Wahab, A. N. A.; Mukhtar, M.; Sulaiman, R.	A conceptual model of lean manufacturing dimensions.	Procedia Technology	2013
21	Wan, H.; Frank Chen, F.	A leanness measure of manufacturing systems for quantifying impacts of lean initiatives.	International Journal of Production Research	2008

Quadro 1 - Artigos do Portfólio.

Fonte: Autoria própria.

Deste modo, com os 21 artigos pertinentes e alinhados ao tema deste estudo, compôs-se o Portfólio Bibliográfico. Na análise bibliométrica dos artigos do Portfólio

Bibliográfico e de suas referências, destacou-se: os periódicos “*International Journal of Productivity and Performance Management*” e “*International Journal of Production Research*”; os artigos “*Defining and developing measures of lean production*”, “*A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations*” e, “*A leanness measure of manufacturing systems for quantifying impacts of lean initiatives*”; e os autores “*Sanjay Bhasin*”, “*Naga Vamsi Krishna Jasti & Rambabu Kodali*” e “*Kuldip Singh Sangwan, Jaiprakash Bhamu & Dhvani Mehta*”.

Com o portfólio já definido, realizou-se à análise bibliométrica dos artigos, focando em: relevância dos periódicos; reconhecimento científico dos artigos; e autores de maior destaque (considerando tanto o portfólio principal quanto suas referências), cujos resultados são mostrados a seguir.

2.1.2 Resultados do Mapeamento

Nesta seção são apresentadas as características dos artigos que constituem o Portfólio Bibliográfico alinhado ao tema: Avaliação da Maturidade *Lean Manufacturing*, bem como seus periódicos em destaque e autores.

2.1.2.1 Análise Bibliométrica

A partir do portfólio de artigos científicos obtidos, realizou-se a análise bibliométrica, pelo qual é constituído o levantamento de estatísticas de um conjunto determinado de artigos para a gestão da informação e do conhecimento científico do tema de pesquisa (Ensslin et al. 2010). Para isto, realizou-se a análise bibliométrica do Portfólio Bibliográfico (PB) e das referências do PB, pela qual foi elaborada nas três etapas a seguir: a) avaliação do grau de relevância dos periódicos; b) avaliação do reconhecimento científico dos artigos; e c) aferição do grau de relevância dos autores. Destaca-se que, para a realização da análise bibliométrica, estabeleceu-se um conjunto de dados distribuídos deste modo: 21 artigos que formam o PB do tema

da pesquisa e suas respectivas referências (AFONSO et al., 2011; ENSSLIN et al., 2012).

a) Relevância dos periódicos: Para a verificação da relevância dos periódicos, analisaram-se os 15 periódicos internacionais em que estavam publicados os artigos do PB. Foram identificados os seguintes periódicos com maior ocorrência: quatro publicações “*International Journal of Productivity and Performance Management*”, três publicações “*International Journal of Production Research*” e duas publicações “*Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part B, Journal Of Engineering Manufacture*”. Em seguida realizou-se o mesmo procedimento para os periódicos das referências do PB, no qual os periódicos que obtiveram maior destaque foram: 41 publicações “*International Journal of Production Research*”, 37 publicações “*International Journal of Operations & Production Management*” e 37 publicações “*International Journal of Operations Management*”, entre outros.

Para finalizar esta etapa de identificação dos periódicos, realizou-se a análise cruzada dos periódicos como ilustrado na Figura 4, no qual considerou-se as informações dos artigos PB e o das referências do PB, cujos resultados demonstram que o “*International Journal of Production Research*” possuiu maior destaque dentre artigos do PB e das referências do PB.

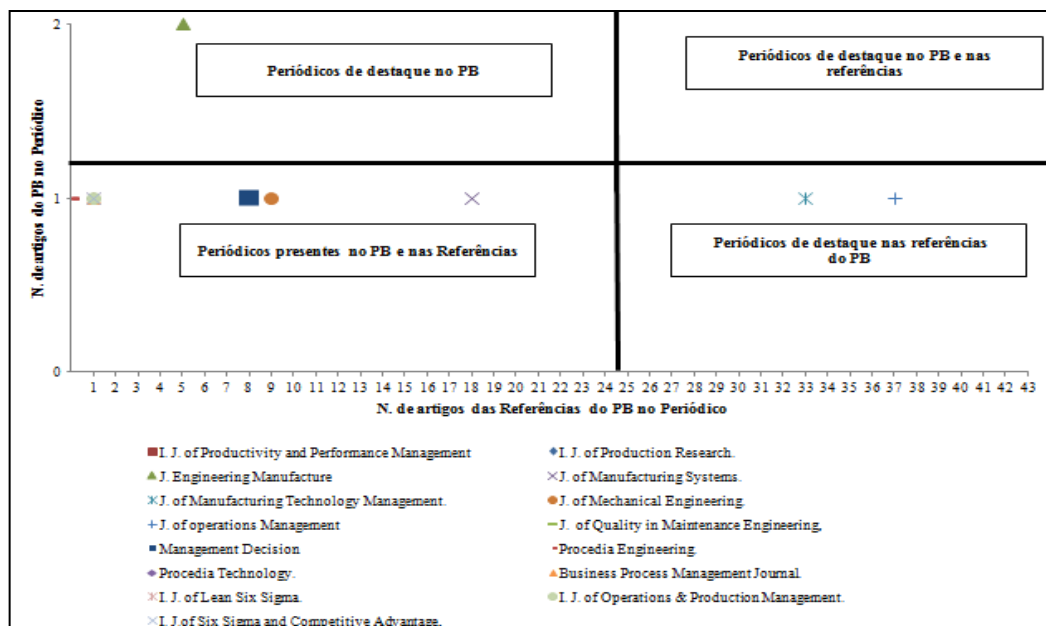


Figura 4 - Cruzamento do PB entre os Periódicos e referências.
Fonte: Autoria própria.

b) Reconhecimento científico dos artigos: Para realizar o reconhecimento científico dos artigos analisaram-se o número de citações que os mesmos possuíam no Google acadêmico. Neste contexto, o artigo com maior reconhecimento possui 1365 citações “*Defining and Developing Measures of Lean Production*”, enquanto o artigo “*Development of a framework for lean production system: An integrative approach.*” possui três citações. Na Figura 6 o reconhecimento científico dos artigos do PB está sendo exposto em forma de número de citações.

c) Autores de maior destaque no PB e nas referências do PB: Dentro desta etapa realizou-se um cruzamento entre os autores dos artigos do PB e dos autores das referências do PB, o que possibilita identificar os artigos e seus autores do -0 portfólio de maior destaque, como ilustrado na Figura 5. Na questão dos autores do PB os que obtiveram destaque são: “Sanjay Bhasin”, que faz parte do departamento de garantia de qualidade do Reino Unido e “Naga Vamsi Krishna Jasti & Rambabu Kodali” ambos possuem três artigos no PB ambos do departamento de engenharia mecânica da Índia.

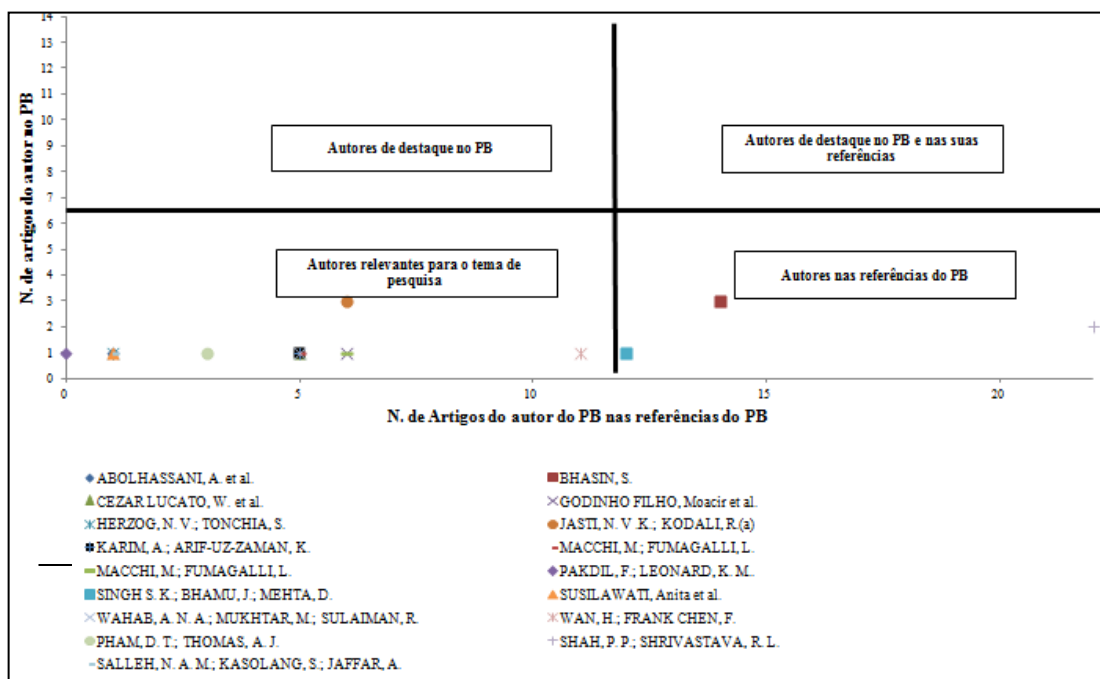


Figura 5 - Autores de maior destaque no PB e nas referências do PB.
Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Para a análise dentre os autores das referências do PB, pode-se citar: “Sanjay Bhasin” que possui citação em 14 artigos e “Kuldip Singh Sangwan, Jaiprakash

Bhamu & Dhvani Mehta”, que compõem o departamento de engenharia mecânica da Índia citados em 12 artigos.

2.1.2.2 Análise Sistêmica dos artigos do Portfólio Bibliográfico

Os critérios adotados na análise dos artigos foram baseados nas “lentes” da metodologia *ProKnow-C*, na qual buscou-se extrair uma síntese dos trabalhos analisados.

2.1.3 Critérios para composição dos Indicadores

Considerou-se que a revisão da literatura do portfólio exibiu características similares em relação aos conceitos teóricos e operacionais, com isso, deu-se continuidade ao mapeamento a fim de analisar as métricas de avaliação da manufatura enxuta. Buscou-se identificar e classificar os artigos do portfólio bibliográfico, com objetivo de extrair fragmentos de informações relacionados com a metodologia adotada pelos autores dos artigos e o estilo de aplicação das mesmas, estes então diminuem ou eliminam os diversos aspectos da variabilidade.

Diante do contexto desta pesquisa que abrange a análise bibliográfica e sistêmica de modelos de mensuração da maturidade LM, é primordial dar ênfase aos índices paramétricos estabelecidos na literatura para a composição dos indicadores de desempenho. Deste modo os indicadores apresentados no Quadro 3 são classificados em três dimensões da gestão, baseados em contextos de criação de indicadores de desempenho, dividiu-se em três níveis para compor a composição do mapeamento. A dimensão principal exhibe os fatores estratégicos de níveis macro como a gestão externa, gestão interna e sustentabilidade. Entre os componentes do nível tático, que é o nível intermediário da composição podem-se citar alguns como relacionados aos clientes, fornecedores, investimentos entre outros. E por fim, no nível operacional destacam-se os critérios que permitem a composição e mensuração dos indicadores. Esta composição possui 20 critérios, nos quais estão divididos segundo cada área de interesse, como ilustrado no Quadro 2.

Principal (Estratégica)	Intermediária (Dimensão Tática)	Indicadores (Critério mensurável) (Dimensão Operacional)	Artigo
Gestão Externa	Relacionado aos clientes	Satisfação dos clientes	[3]; [6]; [7]; [10]; [13]; [14]; [16]; [20]
		Reclamações dos clientes	[3]; [6]; [10]; [13]; [16]; [19]
	Relacionado fornecedores	Cooperação dos fornecedores	[5]; [6]; [7]; [17]; [19]; [20]
		Problemas com fornecedores	[18]
Gestão Interna	Relacionado investimentos	Impacto no desempenho Financeiro	[1]; [3]; [13]; [16]; [19]
	Relacionado aos colaboradores e cultura organizacional	Cultura orientada para colaboradores	[2]; [3]; [4]; [5]; [6]; [7]; [16]; [17]; [18]; [19]; [20]
		Resistência dos colaboradores a mudança	[3]; [18]
	Relacionado ao tempo	Tempo de ciclo	[1]; [3]; [14]; [17]
		Gestão de inventário	[3]; [7]; [10]; [14]
	Relacionado ao produto	Número de erros e defeitos	[10]; [16]; [18]; [20]
		Qualidade do produto	[2]; [4]; [16]
	Relacionado à qualidade	Qualidade do produto	[2]; [4]; [16]
		Qualidade na fonte	[10]
	Relacionado as operações/processos	Fluxo de produção	[1]; [6]; [10]
Processos e operações		[1]; [5]; [16]; [18]; [20]	
Sustentabilidade	Relacionados aos desperdícios	Eliminação de desperdícios	[1]; [4]; [7]; [7]; [9]; [10]
		Gestão de inventário	[3]; [7]; [10]; [14]
	Relacionado à sustentabilidade Lean	Lean sustentável	[2]; [4]
	Relacionado à melhoria contínua	Melhoria contínua	[2]; [4]; [7]; [10]; [17]
Mapeamento de fluxo de valor		[10]	

Quadro 2 - Composição dos indicadores de desempenho.

Fonte: Autoria própria.

Verificou-se que os critérios atribuídos no Quadro 2, fluem de maneira harmônica na composição de um modelo conceitual que visa por meio dos indicadores de desempenho abranger as principais métricas de avaliação do modelo de maturidade LM. Através da composição deste quadro, podem-se verificar a importância de avaliar a maturidade LM que tem influência nas dimensões de gestão externa, gestão interna e de sustentabilidade. De forma geral, acredita-se que essa composição de indicadores permite estabelecer no nível operacional critérios mais específicos, e o seu conjunto estabelecem uma integração entre os objetivos macros que unem as responsabilidades dos níveis táticos e estratégicos. Entre os indicadores que mais se destacaram, podem-se citar:

- Na dimensão da gestão externa os principais indicadores desenvolvidos foram satisfação dos clientes e cooperação com fornecedores. O LM é projetado para eliminar os resíduos de todas as áreas que vão desde as redes de fornecedores, relação com os clientes, design de produtos e gerenciamento de fábrica. É visualizada

como uma filosofia de fabricação que, se adotada e implementada com monitoramento, pode formar o roteiro para excelência global (PAPADOPOULOU; OZBAYRAK, 2005).

- No nível de gestão interna os indicadores que possuem destaque, são: cultura orientada para os colaboradores, impacto do investimento financeiro, qualidade do produto, fluxo de produção entre outros. As dificuldades na implantação do LM incluem falta de comprometimento da gestão, falta de conhecimento técnico, falta de compreensão dos benefícios proporcionados e acreditam que a cultura *Lean* não se encaixa na cultura da empresa (BHASIN, 2012). Neste contexto, confirmou-se a importância da gestão interna no alcance do sucesso *lean*.

- Para o nível de sustentabilidade os indicadores que obtiveram evidência foram: eliminação de desperdícios, *lean* sustentável e a melhoria contínua. Os indicadores sustentáveis se preocupam em refletir os efeitos sobre o meio ambiente dos processos e técnicas utilizadas para a realização das atividades da organização (LIMA, 2004).

2.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO MAPEAMENTO BIBLIOGRÁFICO E SISTÊMICO

O presente mapeamento buscou demonstrar os desafios apresentados por pesquisadores que desenvolveram metodologias ou estudos relacionados à medição da implantação LM em empresas. A abordagem tratada neste estudo procurou verificar os indicadores de desempenho que são mais comuns e que possuem maior importância em relação ao tema da pesquisa. Por meio do instrumento de intervenção aplicado (*ProKnow-C*), foi possível selecionar um Portfólio bibliográfico representativo contendo 21 artigos de grande importância ao tema.

Através do processo de análise bibliométrica extraiu-se o conhecimento primordial, com relevância científica comprovada e constituindo assim uma fonte de informações muito rica sobre o tema. Em relação à análise de conteúdo dos artigos de avaliação de maturidade do LM, destacou-se a preocupação que as empresas estão despertando em relação à mensuração das práticas LM. Os resultados obtidos com a pesquisa bibliométrica tem contribuição no avanço do progresso científico, além

da orientação aos leitores em relação ao tema Avaliação da Maturidade *Lean Manufacturing*, por meio da identificação das bases de dados, palavras-chaves, periódicos e autores de destaque no tema de estudo.

Nos trabalhos, verificou-se um maior número de aplicação de modelos já existentes ou adaptados de outros contextos, comparado a criação de novas metodologias de aplicação e mensuração LM. No entanto, focou-se na extração de critérios que foram utilizados para mensuração das empresas e através desses critérios extraídos dos artigos do PB foi possível criar o quadro dos indicadores de desempenho. Deste modo, identificou-se uma carência de modelos de mensuração da maturidade LM que possam ser aplicados em situações cotidianas, que consigam transparecer as análises para as empresas, e que com essas informações alcancem sucesso contínuo na implantação das práticas LM.

Essa averiguação pode ser encarada como uma lacuna a ser preenchida, já que se trata de aspectos relevantes na análise e desenvolvimento de novas pesquisas. A partir desta concepção complementa-se que o tema está em pleno progresso, o que possibilita acrescentar conhecimento através do desenvolvimento e aperfeiçoamento de instrumentos de mensuração de maturidade já existentes, do mesmo modo que colabora no desenvolvimento de novas ferramentas adaptadas ao conceito a ser analisado, que enfrentam um grande número de insucesso LM.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, apresenta-se a fundamentação teórica, pelo qual se realiza uma sucinta contextualização sobre os temas: *Lean Manufacturing*, Ferramentas *Lean Manufacturing*, Fases de Implementação *Lean Manufacturing* e Métodos Multicritério nos modelos de avaliação, explanando uma grande quantidade de requisitos relacionados aos mesmos. Este referencial teórico possui o intuito de estruturar a presente dissertação e fundamentar o trabalho através de contribuições importantes à condução da dissertação.

3.1 LEAN MANUFACTURING

Em virtude de um mercado altamente competitivo, a disputa por clientes torna-se cada vez mais acirrada. Nestas circunstâncias, as empresas que almejam permanecer no mercado buscam por metodologias, técnicas e ferramentas, que permitam um desempenho hábil e efetivo, em relação ao atendimento dos princípios solicitados por seus clientes (LOOS, 2016). Neste contexto, dentre as metodologias e ferramentas que auxiliam as empresas a permanecerem no mercado, cita-se a filosofia *Lean Manufacturing* (LM), que pode ser traduzida como produção enxuta, a qual foi difundida no ocidente nos anos 90, quando James Womack, Daniel Jones e Daniel Ross publicaram o livro “A máquina que mudou o mundo” (WOMACK et al. 1998).

Na sua essência, o LM é um programa de melhoria contínua que as empresas utilizam para tornarem-se proativas na resolução de problemas, nos quais os principais benefícios são reduções nos custos de produção, maiores saídas e menores prazos de produção (Herron; Hicks; 2008). Pode-se dizer que, tem sido praticada em indústrias e setores econômicos como um padrão de sistema de produção que se concentra na eliminação de desperdícios (Womack; Jones; 1996).

O LM é reconhecido como uma filosofia que auxilia a gestão de uma organização, sendo esta filosofia orientada por alguns princípios que buscam a satisfação total do cliente. É o cliente que recebe os produtos indicando nele o valor

correspondente e de acordo com Womack et.al (1996) são cinco os princípios, sendo eles:

a) Valor: Geralmente quando nos referimos a um produto que se compra arrisca-se a utilizar a designação valor ao avaliarmos. Quando existe satisfação afirmamos que valeu a pena a aquisição.

b) Cadeia de Valor: o passo seguinte refere-se à identificação da Cadeia de Valor. Este trata-se de um processo ou um conjunto de etapas do processo que cada produto tem que passar até estar concluído.

c) Fluxo: Na sequência, a preocupação concentra-se em determinar o Fluxo. Este fluxo é conduzido por toda a Cadeia de Valor e pretende ser contínuo, isto é, que não existam problemas que provoquem a parada ou redução de uma operação em determinadas etapas da cadeia.

d) Sistema *Pull*: O princípio de formação de um Sistema *Pull* (Sistema Puxado) vem na sequência da criação do fluxo e a partir deste, a produção passar a iniciar-se quando o cliente solicita.

e) Perfeição: Por fim, a procura por Perfeição é um objetivo ininterrupto da Cadeia de Valor, por qual, busca-se por melhoria contínua. Tem como objetivo alcançar o estado ideal e conduzir os esforços da empresa.

Além disso, podem-se citar os princípios “enxutos” como resultados da comunidade mais ampla do Japão, como resposta ao sistema de produção em massa que era desenvolvido na grande parte das empresas americanas e europeias após a Segunda Guerra Mundial (Herzog; Tonchia; 2014). De acordo com Liker (2005) os 14 princípios de Gestão da Toyota são detalhados no Quadro 3 a seguir:

14 Princípios de Gestão da Toyota	
01	Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo que em detrimento de metas financeiras de curto prazo.
02	Criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona.
03	Usar sistemas puxados para evitar a superprodução.
04	Nivelar a carga de trabalho.
05	Construir uma cultura de parar e resolver os problemas, para que deste modo, seja possível obter a qualidade desejada logo na primeira tentativa.
06	Tarefas padronizadas são à base da melhoria contínua e da capacitação dos funcionários.
07	Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto.
08	Usar somente tecnologia confiável e plenamente testada que atenda aos funcionários e processos.
09	Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, que viva a filosofia e as ensinem aos outros.
10	Desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa.
11	Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar.
12	Ver por si mesmo para compreender completamente a situação.
13	Tomar decisões sem pressa e por consenso, considerando completamente todas as opções e, após isso as implementá-las com rapidez.
14	Tornar-se uma organização de aprendizagem pela reflexão incansável e pela melhoria contínua.

Quadro 3 - Os 14 Princípios da Gestão da Toyota.
Fonte: Liker (2005).

Segundo Womack e Jones (2005), a terminologia *Lean* (enxuto) surgiu através da literatura de negócios para qualificar o Sistema Toyota de Produção. Esse conjunto era considerado *Lean* por uma série de motivos:

- Exigia menos esforço humano para projetar e produzir os veículos;
- Necessitava menos investimento por unidade de capacidade de produção;
- Atuava com menor número de fornecedores;
- Operava com uma quantidade menor de peças em estoque em cada etapa do processo produtivo;
 - Compilava um número menor de defeitos;
 - Evidenciava um menor número de acidentes do trabalho e apresentava consideráveis diminuições de tempo entre o conceito de produto e seu lançamento em demanda comercial, entre o pedido realizado pelo cliente e a entrega, e por fim entre a identificação dos problemas e a solução dos mesmos.

O LM é uma filosofia de gestão que teve como base o Sistema Toyota de produção (TPS), que visa à eliminação contínua de todos os desperdícios no processo produtivo, dentre estes, podem-se citar: superprodução, movimentação, estoque, transporte, tempo de espera, má utilização do capital humano, defeitos e

superprocessamento. Traz como exigência o estoque reduzido, resultando em menos defeitos, maior produtividade e com aumento de qualidade nos produtos (Womack et. al, 1990 e Holweg, 2007). Para compreender o TPS, que não é somente uma junção de técnicas, mas um sistema baseado em uma estrutura. Compreende como objetivo a propagação de melhores práticas desenvolvidas na Toyota para outras empresas e do mesmo modo para os fornecedores, Fujio-Cho, ex-diretor da Toyota, desenhou uma ilustração simples do TPS, chamada a – *Casa do TPS*, ilustrada na Figura 6 (Liker, 2004).

Existem diversas representações da casa do TPS, que expõem pequenas modificações, entretanto todas preservam essencialmente os mesmos elementos. De acordo com Gallardo (2007) um exemplo da casa TPS é apresentado pelo *Lean Enterprise Institute* (2003). Na Figura 6 é ilustrada a Casa TPS.

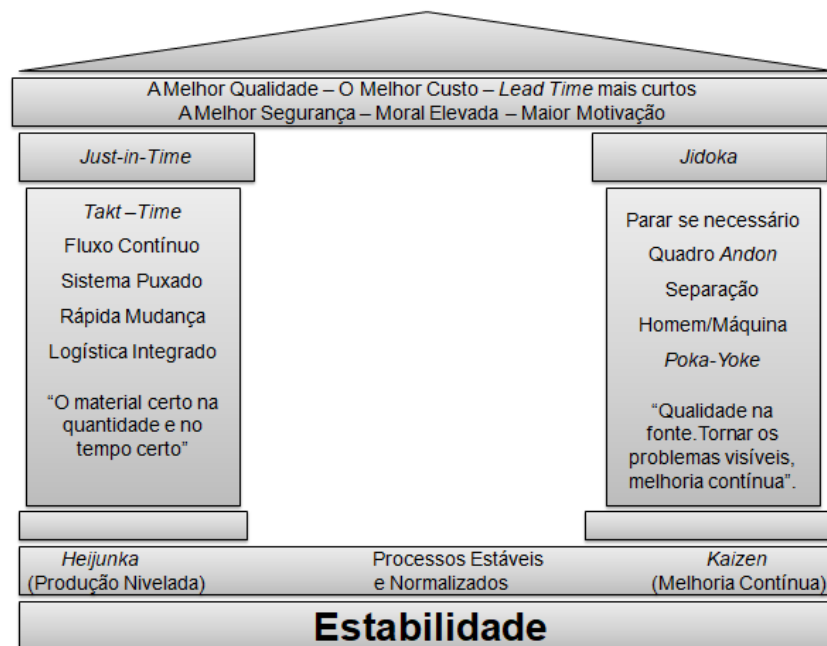


Figura 6 - Casa do Sistema Toyota de Produção.
Fonte: Adaptada de Greeting (2009) e Pinto (2008).

A razão do TPS ser representado por meio de uma casa é o fato de ilustrar o símbolo estrutural. A casa só é forte se o telhado, as colunas e as fundições são fortes. A casa é dividida em três partes, sendo elas: telhado retrata os objetivos do TPS; as colunas externas (pilares) têm como atribuição sustentar os objetivos; e por fim, as fundições são à base de todo o sistema (Liker, 2003).

Para finalizar a contextualização do LM, apresentam-se as fases do LM de acordo com Stone (2012) que realizou uma revisão sistemática da literatura

acadêmica nas últimas quatro décadas e identificou cinco fases que podem ser resumidas da seguinte forma:

a) De 1979 a 1990, a "fase de descoberta" foi reconhecida pela introdução de práticas de gestão japonesas e pela pesquisa conduzida pelo Programa Internacional de Veículos Motorizados do MIT para analisar as diferenças entre práticas de gestão japonesas e ocidentais em relação às empresas automotivas;

b) De 1991 a 1996, a "fase de difusão", na qual os princípios enxutos foram amplamente difundidos nas empresas ocidentais (sobretudo americanas), para criar um quadro para organizações interessadas em transformar as técnicas tradicionais de produção em massa para a produção enxuta;

c) De 1997 a 2000, a "fase de implementação" foi reconhecida pela utilização de métodos de investigação quantitativos e qualitativos que contribuíram para a base de conhecimentos do pensamento enxuto;

d) De 2001 a 2005, a "fase empreendimento" foi marcada pelo uso do método de fluxo de valor, além da manufatura para os setores de serviços e a avaliação das transformações enxutas nas organizações;

e) E De 2006 a 2009, a "fase de desempenho" foi conhecida pelo reconhecimento da ascensão da Toyota Motor Company como o principal fabricante automotivo do mundo, focando em medir o LM, promovendo recursos humanos e aspectos de desenvolvimento cultural.

Com o resultado da implementação das ferramentas LM os processos são modificados, as estruturas de trabalhos são revistas e melhoradas. Não é apenas modificar o que está sendo feito, mas sim melhorar recursos humanos, tecnologias e comunicação para que se encaixe perfeitamente com todos os processos (HOLDEN; 2011). O LM pode ser aplicado em qualquer indústria e os seus conceitos incorporados por toda a sua estrutura, porém, sabe-se que as ferramentas corretas para serem aplicadas devem ser escolhidas com base em sua finalidade para a empresa (ABOLHASSAMI et al. 2016).

Em relação à crescente disseminação do LM, verificou-se a necessidade de desenvolvimento de novos instrumentos para avaliar o nível de maturidade, da mesma forma que os benefícios e dificuldades enfrentadas pelas empresas (LIKER; 2004). O LM possui como finalidade a redução da variabilidade, a diminuição do tempo de

produção, o melhoramento do fluxo produtivo e a eliminação dos desperdícios (BOYLE; RATHJE; 2009).

3.2 FERRAMENTAS LEAN MANUFACTURING

As ferramentas LM auxiliam na organização das empresas, de modo que, coordenam melhor o fluxo de produção, originam ações que criam valor, melhorando a eficiência e a lucratividade dos processos. Para auxiliar na compreensão dos conceitos LM verificou-se necessário a definição de algumas práticas/ferramentas LM. Para isso foram realizadas pesquisas bibliográficas em bases conhecidas ou relevantes numa implantação LM e são resumidamente apresentadas (VIEIRA; 2017; WOMACK; JONES; 1996; MONDEN; 1984; OHNO; 1997; ROTHER; SHOOK; 2007; MOREIRA et al; 2011). Para os autores pesquisados, as principais ferramentas e ações LM são: mapeamento do fluxo de valor, métricas LM; *kanban*; *kaizen*; Padronização; 5S; troca rápida de ferramenta (SMED); Manutenção produtiva total (TPM); gestão visual - *Andon*; dispositivos de *poka-yoke* (*mistake proofing*); fluxo contínuo; SMED; *Heijunka*; desenvolvimento e melhoria de produto enxuto; integração com fornecedores; flexibilização da mão de obra. O Quadro 4 relaciona as ferramentas destacadas na literatura.

Continua

FERRAMENTA	DESCRIÇÃO
5 S	Apresentam práticas do ambiente de trabalho vitais para gestão visual, limpeza e organização, sendo traduzidas para o português como: senso de utilização; senso de organização; senso de limpeza; senso de padronização e senso de autodisciplina.
MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR	É um diagrama que engloba todas as etapas relacionadas aos fluxos de materiais e informações necessárias para atendimento do cliente desde o pedido até a entrega.
MÉTRICAS LM	Quantificar os resultados das organizações: Entre as principais métricas LM pode-se citar: tempo de ciclo (TC); lead time (LT); tempo de agregação de valor (TAV); tempo de não agregação de valor (TNAV); eficiência do ciclo do processo (PCE); taxa de saída; trabalho em processo (WIP); tempo de setup ou tempo de troca (TR); tempo takt (Takt Time - TT) entre outros.
KANBAN	Controle visual de produção e de materiais, sendo mais utilizado onde existe produção puxada, o que autoriza e permite instruções para produção ou a retiradas de produtos.
KAIZEN	É um processo de melhoria contínua que pode ser aplicado em qualquer atividade, com o intuito de eliminar ou reduzir os desperdícios e criar mais valor as mesmas.
HEIJUNKA	Significa produção nivelada e tem por objetivo: a busca pela estabilidade do processo, a redução da quantidade do estoque, redução de custos, diminuição de mão de obra e o lead time de produção.
MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM):	É um método de gestão que visa identificar e eliminar as perdas ao longo do processo produtivo, além da maximização do uso de ativo industrial e assegurar a fabricação de produtos de alta qualidade com custos competitivos.
GESTÃO VISUAL ANDON	É uma maneira de gestão à vista que informa o status da produção a toda organização, expondo em quadros, lâmpadas, sinalizadores sonoros ou visuais.
POKA-YOKE	Mecanismos utilizados para evitar erros na realização das atividades.

Continuação

TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA (SMED)	É um processo de preparação de um equipamento no menor tempo praticável.
PADRONIZAÇÃO	Determina o máximo desempenho com a minimização de desperdícios através da melhor associação das operações que abrangem homem e máquina e possui o principal objetivo de melhorar os processos.
CONTROLE DA QUALIDADE TOTAL	Fundamentado no ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act), que pode ser traduzido como: Plan, planejar; Do, fazer ou executar; Check, checar, analisar ou verificar; Action, atuar de maneira a solucionar ocasionais erros ou falhas.
FLUXO CONTÍNUO	Método de produção e movimentação ordenada, sendo um item por vez ao longo de uma série contínua de processos. As etapas são realizadas somente quando solicitadas pela etapa seguinte.
DESENVOLVIMENTO E MELHORIA DE PRODUTOS ENXUTO	Aplicação de conceitos enxutos para o desenvolvimento de novos produtos, que são produzidos com maior rapidez, com menos trabalho e redução de número de erros.
INTEGRAÇÃO COM FORNECEDORES	Relação de parceria com fornecedores, além de avaliação contínua dos desempenhos em relação à qualidade, quantidade, prazos de entrega e custos.
FLEXIBILIZAÇÃO DA MÃO DE OBRA	A mão de obra é flexível de acordo com a demanda de produção, onde os operadores são versáteis e bem treinados, além de revisão periódica de rotina.

Quadro 4 - Principais ferramentas LM.

Fonte: Autoria própria.

Para Singh et al. (2010) não existe uma receita definida para o sucesso, pois toda organização inicia com um conjunto de restrições e fatores distintos. Atualmente a aplicação da filosofia LM é identificada como um dos conceitos mais consagrados que apoiam as empresas a manter a competitividade (GODINHO FILHO; BARCO 2015).

3.3 MODELOS DE AVALIAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING

Por meio de uma análise sistêmica de trabalhos internacionais, buscou-se a caracterização dos modelos relacionados à avaliação de maturidade LM, a fim de compor o cenário com as dimensões e indicadores de desempenho aplicados em estudos anteriores. Os critérios adotados na busca e análise foram baseados na metodologia *Knowledge Development Process – Constructivist* (ProKnow-C) adaptada de Ensslin; Lacerda e Tasca, (2010), que estabelece os procedimentos de seleção e análise dos resultados, na qual buscou-se extrair uma síntese dos trabalhos analisados. No Quadro 5 encontra-se a consolidação da análise dos trabalhos internacionais identificados na bibliografia, estando descritos os métodos e ferramentas de avaliação aplicadas a cada contexto.

Continua

ARTIGO	CONTEXTO DE AVALIAÇÃO	MÉTODO/FERRAMENTAS DE INTERVENÇÃO
Abolhassani et al.2016.	Investigação da implementação de práticas LM em todo o mundo e o efeito da implementação do LM sobre o desempenho das empresas dos EUA.	Criou-se um questionário que poderia ser distribuído e concluído de forma eficiente que abrangeria a prática, aplicação, compreensão e dificuldades de implementação da manufatura enxuta. Foram estudados 34 fabricas com LM e 8 que não possuíam o <i>Lean</i> .
Bhasin, 2011.	Explora a importância de uma estratégia de mudança LM adequada, que pode resultar em uma implementação LM triunfante.	Analisou-se resultados de 68 inquéritos/questionários e sete estudos de casos consistindo em questionários e entrevistas. Posteriormente realizou-se amplas auditorias LM em 20 empresas como um exercício de validação abrangente.
Bhasin, 2012.	Explorar os obstáculos na implementação LM, que possam impedir as organizações de adotar as suas práticas ou frustrar sua implementação mais ampla.	Analisou-se 68 organizações manufatureiras britânicas que utilizam o LM em um esforço para elucidar os fatores que contribuem para o baixo número de conversões bem-sucedidas. As pesquisas foram complementadas com sete extensos estudos de caso de validação.
Bhasin, 2012.	Identificação de "uma verdadeira organização LM", através da aplicação de auditoria abrangente focada em empresas de manufatura e identificação de melhores práticas LM.	Uma auditoria extensa foi desenvolvida capaz de estabelecer a junção da jornada LM de uma organização. O projeto piloto foi aplicado dentro de 20 organizações industriais no Reino Unido. Um total de 104 índices separados foi utilizado de forma agrupada dentro de 12 categorias distintivas.
Cezar Lucato et al.2014.	Explorar o desempenho da implementação de princípios LM no Brasil, com a utilização do marco normativo padrão SAE J4000 e SAE J4001.	O trabalho propôs a utilização de dois conceitos: o grau de magreza (DOL) de um elemento de J4000 e DOL de uma empresa. Também foram testadas três hipóteses, procurando estabelecer a relação entre o DOL e a propriedade da empresa, seu tamanho e respectivo setor industrial.
Godinho Filho et al.2016.	Investigar até que ponto as práticas de fabricação LM estão sendo implementadas nas pequenas e médias empresas do Brasil	O método de pesquisa utilizado neste trabalho foi constituído por uma pesquisa exploratória, na qual utiliza o método dos mínimos quadrados com uma técnica de modelagem de equações estruturais (PLS-SEM)
Herzog e Tonchia, S.2014.	Criar um instrumento para avaliar e medir o grau de implementação LM dentro de sistemas de produção existentes.	Utilizou-se a revisão de estudos quantitativos para avaliar os possíveis efeitos causais do LM no ambiente de trabalho e na saúde e bem-estar dos colaboradores.
Jasti e Kodali, 2014.	Revisar a literatura existente sobre pesquisas empíricas no LM, fornecendo uma avaliação crítica da metodologia de pesquisa empírica.	O artigo revisou um conjunto de 178 artigos de pesquisas empíricas em LM buscando compreender melhor seu funcionamento e particularidades.
Jasti e Kodali, 2016.	Coordenação da análise da validade e da confiabilidade em estruturas existentes LM da empresa quando aplicado às organizações industriais indianas.	Um estudo transversal usando o projeto da pesquisa de exame foi conduzido em indústrias multi-seccionais escolhidas do setor manufatureiro. Um questionário de pesquisa foi preparado para coletar dados para este estudo.
Jasti e Kodali, 2016.	Desenvolvimento de uma estrutura de sistema de produção enxuta com base em análises críticas e análises comparativas sobre as estruturas existentes de sistemas de produção enxuta.	O estudo realizou análise crítica sobre a amostra de <i>frameworks</i> nos aspectos de novidade, desenvolvimento profundo de <i>framework</i> , status de verificação de <i>frameworks</i> e metodologia de verificação utilizada para verificar os <i>frameworks</i> propostos.
Karim e Arif-Uz-Zaman, 2013.	Desenvolvimento de uma métrica de avaliação LM simplificada, baseando-se em atributos de eficiência e eficácia do desempenho de fabricação, para avaliação contínua da implementação LM.	Com base em cinco princípios enxutos, foi proposta uma metodologia sistemática de implementação LM para as organizações de manufatura.
Macchi e Fumagalli, 2013.	Apresenta um método para a avaliação da maturidade de manutenção e um procedimento para utilizá-lo, a fim de identificar as criticidades nos processos.	O método pressupõe que um departamento de manutenção é avaliado em termos de suas capacidades gerenciais, organizacionais e tecnológicas. Por sua adoção, é possível analisar o nível de maturidade alcançado por uma empresa, a fim de classificar as criticidades em seus processos de manutenção;
Pakdil e Leonard, 2014.	Desenvolve uma ferramenta abrangente denominada ferramenta de avaliação da magreza (LAT), que utiliza abordagens quantitativas e qualitativas para avaliar a implementação LM.	Ferramenta de avaliação da magreza (LAT) mede o <i>Lean</i> usando oito dimensões de desempenho quantitativas: tempo efetivo, qualidade, processo, custo, recursos humanos, entrega, cliente e inventário.
Pham e Thomas, 2011.	Proposição de uma estrutura magra de fabricação (FMF), cuja adoção pode ajudar as empresas de manufatura a se tornarem economicamente sustentáveis e operar efetivamente em um mercado competitivo global.	O FMF proposto fornece uma nova perspectiva de gerenciamento de manufatura e uma nova estratégia de gerenciamento de fabricação para a criação de organizações de manufatura economicamente sustentáveis. Baseia-se nos princípios dos paradigmas de fabricação existentes, juntamente com conceitos de gestão inovadores, a fim de criar condições necessárias para a sustentabilidade. Uma aplicação-piloto do quadro em três pequenas e médias empresas apresentam resultados iniciais positivos quando avaliados em relação a quatro medidas de desempenho.

Continuação

Salleh; Kasolang, e Jaffar, 2012.	Apresentação de práticas de Gerenciamento Integrado de Qualidade Total (TQM) com LM integradas. As práticas são uma combinação de adaptação de quatro modelos de premiação, ISO/TS16949 e princípios de produção LM do Sistema de Produção Toyota, SAE J4000 e MAJAIKO <i>Lean Production System</i> .	Baseado em um estudo de caso, foi conduzido à simulação do processo e foi realizado pelo <i>Delmia Quest Software</i> . Este sistema concentra-se em alcançar a satisfação total do cliente através da remoção de oito resíduos presentes em qualquer processo de uma organização.
Shah e Ward, 2007.	Esclarece o conceito LM, além do desenvolvimento e validação de uma medida multidimensional de produção enxuta.	Com a análise da revisão da literatura foram verificados itens de medição que depois de validados com entrevista e um pré-teste, aplicou-se em um estudo piloto. A amostra foi estatisticamente trabalhada e o estudo foi validado.
Shah e Shrivastava, 2013.	Desenvolvimento e validação de medidas de desempenho para <i>Lean Six Sigma</i> (LSS), a fim de auxiliar empresas a agilizar as operações, aumentar o valor e reduzir o desperdício.	Utilizou-se uma síntese completa dos vários sistemas de gestão da qualidade (QMSs), <i>Six Sigma</i> , gestão da qualidade total (TQM), ISO, LM, etc., são identificadas sete medidas de desempenho. Com base na avaliação realizada com o <i>software</i> de computação estatística, o instrumento desenvolvido foi considerado válido e confiável.
Singh, Bhamu e Mehta, 2014.	Desenvolvimento de um modelo estatisticamente confiável e válido de drivers de implementação de fabricação LM para a indústria de cerâmica indiana através de um estudo empírico.	Baseou-se num questionário desenvolvido especificamente para o estudo, por meio da revisão da literatura e discussões realizadas com os profissionais. Utilizou-se a análise fatorial exploratória, a análise fatorial de confirmação e as técnicas de modelagem de estrutura para proposição e validação do modelo.
Susilawati et al. 2015.	Proposição de um método para avaliar a produção enxuta e compreender o conceito multidimensional.	A metodologia envolve três etapas principais (i) definição clara de princípios enxutos ao realizar a identificação de atividades de trabalho industriais, que foram julgadas relevantes ao apoiar o princípio LM, (ii) definição de um método de pontuação baseado no número <i>fuzzy</i> para definir, expressar e combinar a indefinição, o julgamento subjetivo de vários avaliadores e também a criação do questionário para coletar a fonte primária de dados e, (iii) agregação de pontuações de avaliadores para calcular a pontuação resultante combinada de vários avaliadores.
Wahab, Mukhtar e Sulaiman, 2013.	Um modelo conceitual desenvolvido e projetado para medir o LM na indústria de manufatura em dois níveis principais, além da identificação das dimensões e os fatores influenciadores.	Realizou-se um vasto levantamento da literatura sobre a produção enxuta e a avaliação <i>Lean</i> , a fim de alcançar o objetivo desta investigação. A ênfase da pesquisa está na identificação de indicadores, práticas ou ferramentas ou técnicas para a implementação de LM no processo produtivo.
Wan e Frank Chen, 2008.	Tem como proposição uma medida LM invariante à unidade com um <i>benchmark</i> independente para quantificar o nível LM dos sistemas de manufatura.	Propõe-se uma metodologia para quantificar o nível <i>Lean</i> dos sistemas de fabricação com base na técnica de análise de envolvimento de dados (DEA). As três variáveis que compõem as unidades de tomada de decisão, são custo, tempo dos processos de produção e o valor do produto.

Quadro 5 - Síntese dos artigos relacionados ao tema de interesse.

Fonte: Autoria própria.

Por meio da análise do Quadro 5, é possível verificar que a avaliação do grau de maturidade da implementação do LM é um tema bastante discutido pelos pesquisadores atuais. Entre os trabalhos, destacam-se alguns que publicaram artigos de desenvolvimento de novas ferramentas/questionários de avaliação, e que permitiram às organizações medir o grau de implementação da produção enxuta: Abolhassani et al. (2016); Bhasin (2011); Herzog e Tonchia (2015); Karim e Arif-Uz-Zaman (2014); Macchi e Fumagalli (2011); Shah e Shrivastava (2015); Singh, Bhamu e Mehta (2013); e Susilawati et al. (2008). Podemos citar o de trabalho Susilawati et al. (2008), que obteve destaque entre os demais, uma vez que, com base nos parâmetros de problemas com clientes, problemas com fornecedores, produção e gestão interna, pesquisa e desenvolvimento, perspectivas de aprendizagem e

prioridade de investimento, desenvolveu um método de pontuação baseado no modelo *Fuzzy*. A metodologia teve como objetivo definir, expressar e combinar a indefinição e o julgamento subjetivo de vários avaliadores. Um questionário específico foi desenvolvido para coletar a fonte primária de dados e agregaram-se as pontuações de avaliadores, a fim de calcular a pontuação resultante combinada de vários avaliadores.

Entre autores relacionados à reaplicação de métodos existentes estão Bhasin (2012); Cezar Lucato et al. (2014); Godinho Filho et al. (2016); Jasti e Kodali (2013); Pakdil e Leonard (2012); Pham e Thomas (2013); Salleh, Kasolang e Jaffar (2012); Shah e Shrivastava (2015); Shah e Ward (2014); Wahab et al. (2014); Wan e Frank Chen (2014), que visavam validar e compreensão das metodologias. Dentre os trabalhos, pode-se citar Cezar Lucato et al. (2014), como destaque entre os demais, devido ao fato de explorar o desempenho da implementação de princípios LM no Brasil, com a utilização do marco normativo padrão SAE J4000 - identificação e mensuração da melhor prática na implementação de operação LM e o SAE J4001 - implementação do manual de operação LM. O trabalho propôs a utilização de dois conceitos: o grau da manufatura enxuta (DOL) de um elemento de J4000 e DOL de uma empresa. Também foram testadas três hipóteses, procurando estabelecer a relação entre o DOL e a propriedade da empresa, seu tamanho e respectivo setor industrial.

Entre alguns autores que desenvolveram questionários e auditorias com intuito de avaliar o LM, pode-se citar: Abolhassani et al. (2016); Bhasin (2011); Bhasin (2012); Bhasin (2012); Cezar Lucato et al. (2016); Herzog e Tonchia (2015); Jasti e Kodali (2013); Karim e Arif-Uz-Zaman (2014); Macchi e Fumagalli (2011); Pakdil e Leonard (2012); Shah e Shrivastava (2015); Singh, Bhamu e Mehta (2013); Wan e Frank Chen (2014). Para o desenvolvimento da maioria das auditorias LM os pesquisadores utilizaram a abordagem de estudo de caso e ressaltou-se a importância da cultura e da mudança para se alcançar a implementação do LM eficazmente. Evidenciou-se que cada organização é única e suscetível a erros, além de demonstrar que a jornada LM exige compromisso humano e financeiro. (BHASIN, 2012; BHASIN, 2014). Pode-se dizer que as auditorias auxiliam os fabricantes a verificar o andamento da implementação do LM, do mesmo modo que fornecem uma boa maneira de determinar se as melhorias sugeridas foram alcançadas, ou se apenas foram negligenciadas, colaborando para o desperdício. As auditorias bem realizadas são

uma forma de avaliação final, e quando malfeitas se tornam inúteis. As auditorias tornam as pessoas conscientes de itens que necessitam melhorar. (JASTI e KODALI, 2013).

Deste modo encontraram-se lacunas a serem preenchidas na literatura em relação a modelos de avaliação LM eficazes, pelo qual o modelo de avaliação de maturidade LM proposto por este trabalho poderá preencher proporcionado um diagnóstico.

3.4 MÉTODOS MULTICRITÉRIO NOS MODELOS DE AVALIAÇÃO

Decisão Multicritério é um termo que retrata um conjunto de abordagens formais, levando em consideração diversos critérios e, tem como intuito contribuir com um indivíduo, ou um grupo de indivíduos, na determinação da decisão com maior importância (BELTON e STEWART, 2002). As dimensões que constituem uma abordagem de Decisão Multicritério envolvem: (i) abordagem formal, (ii) presença de diversos critérios, e (iii) decisões tomadas por indivíduos ou grupo de indivíduos (MENDONZA e MARTINS, 2006).

Na literatura, os métodos de apoio a decisão multicritério, vem sendo explorados, para lidar com o problema de tomada de decisão, pelo qual diversos critérios devem ser considerados no julgamento (CHAI; LIU; NGAI, 2013). Neste contexto, o autor Simão (2017) empregou métodos de apoio multicritério TOPSIS e SWING WEIGHT para avaliar os veículos leves de acordo com os critérios que visam quantificar a sua ecoeficiência. Evidenciando assim, a importância da aplicação de métodos eficientes para avaliar alternativas perante o assunto sustentabilidade.

O trabalho de Szajubok, Alencar e De Almeida (2006) teve como objetivo a construção de um modelo estruturado para facilitar o processo decisório da gestão de materiais na construção civil utilizando o modelo ELECTRE TRI, com intuito de auxiliar na análise e estruturação da complexidade do problema e na simplificação da tomada de decisão. O ELECTRE TRI é um método de sobreclassificação e constitui um dos métodos da família ELECTRE (*Elimination and Choice Translating algorithm*), que é composta pelos métodos ELECTRE I, II, III, IV, IS e TRI. Os métodos de Sobreclassificação, também denominados métodos de subordinação (termo em

inglês: *outranking*), fundamentam-se na construção de uma relação de sobreclassificação que incorpora as preferências estabelecidas pelo decisor diante dos problemas e das alternativas disponíveis.

Já os autores Neto e Ruggiero (2011) utilizaram a metodologia multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP), como ferramenta de gestão estratégica para realizar o diagnóstico e avaliação das metodologias de custeio, sendo está a análise objetiva e a equiparação de modelos propostos para a tomada de decisão com uma maior precisão. De acordo com Saaty (1996), o AHP (*Analytic Hierarchy Process*) é um método de análise multicriterial fundamentado num procedimento de ponderação ativa, em que os numerosos atributos significativos são exibidos por meio de sua importância relativa. Este método vem sendo amplamente aplicado por acadêmicos e profissionais, especialmente em aplicações que abrangem decisões financeiras relacionadas a atributos não-financeiros (SAATY, 1996).

O trabalho de Ortega 2001 propôs uma nova abordagem para os estudos de causa e efeitos, utilizando o estimador de risco Fuzzy em epidemiologia, por meio da aplicação dos conceitos de conjuntos Fuzzy e da resposta potencial individual. A análise de risco pode então ser executada por meio da aplicação da teoria de conjuntos *Fuzzy*, possibilitando o cálculo da Razão de Risco *Fuzzy* (FRR) e da Razão de Chances *Fuzzy* (FOR).

A lógica *Fuzzy* (Nebulosa) vem sendo utilizada frequentemente, para suportar os modos de raciocínio que são aproximados ao invés de exatos. A modelagem e controle *Fuzzy* de sistemas são técnicas para o tratamento de informações qualitativas de uma forma rigorosa. Derivada do conceito de conjuntos *Fuzzy*, a lógica *Fuzzy* constitui a base para o desenvolvimento de métodos e algoritmos de modelagem e controle de processos, permitindo a redução da complexidade de projeto e implementação, tornando-se a solução para problemas de controle até então intratáveis por técnicas clássicas (GOMIDE e GUDWIN, 1994).

Apesar da possibilidade de implementação das técnicas de controle por modelos matemáticos determinísticos, as implementações baseadas na lógica *Fuzzy* continuamente tem um melhor desempenho, em determinados pontos, como segue a seguir (TANSCHKEIT, 2004):

- As estratégias de controle *Fuzzy* exibem um comportamento fundamentado em regras provindas da experiência do especialista, ao invés de um controle visivelmente restrito a modelos matemáticos como equações diferenciais. Deste modo, é robusto

em sistemas não-lineares sem requerer um modelo matemático;

- O controle *Fuzzy* inclui muitas entradas, muitas das quais são apenas para condições especiais. Desta forma, algumas condições excepcionais (por exemplo, alarmes) podem ser implementadas com um esforço computacional reduzido e flexível as modificações.

Enquanto isso, Medeiros e Ferreira (2016) desenvolveram um modelo de portfólio para gestão estratégica de compras hospitalares, com a utilização do método multicritério *Fuzzy-TOPSIS*. O modelo demonstrou flexibilidade no tratamento do problema, robustez quanto aos resultados fornecidos e capacitado para assimilar a concepção do especialista perante incertezas. Para Amaro e Junior (2015) a seleção multicritério foi utilizada pelo os quais aplicaram o método *Fuzzy-TOPSIS* no apoio à seleção de fornecedores “verdes”. Na qual obtiveram a possibilidade de avaliar os pesos dos critérios e as pontuações dos fornecedores conforme os julgamentos dos especialistas, e além de ser adequado para modelar critérios quantitativos e qualitativos no auxílio da tomada de decisão.

Para este estudo escolheu-se o método *Fuzzy-TOPSIS*, influenciado por diversos fatores, dentre eles pesquisas bibliográficas que confirmam as facilidades na utilização e seus benefícios (AMARO; JUNIOR; 2015; JUNIOR E CARPINETTI; 2015):

- i. Possibilitar um número não limitado de alternativas, de critérios e não causar inversão de ranking, quando é necessária a inclusão de novas alternativas;
- ii. Requer uma quantidade menor de julgamentos que as técnicas similares, os sistemas de inferência *Fuzzy* e as redes neurais artificiais e auxiliam na agilidade da tomada de decisão;
- iii. É recomendado para apoiar situações de decisão perante incerteza, nas quais as informações a respeito do desempenho são imprecisas ou incompletas;
- iv. Auxilia o monitoramento do desempenho, no qual é necessário a inclusão ou exclusão de novos requisitos continuamente sem influenciar o desempenho dos demais.

Como o objetivo principal deste trabalho refere-se ao desenvolvimento e aplicação de um modelo capaz de medir o nível de LM das empresas, julgou-se mais apropriada a adoção do método *Fuzzy-TOPSIS*. A utilização de uma associação com números trapezoidais difusos é capaz de modelar a imprecisão de uma forma natural.

O conjunto de números *Fuzzy* através da implementação LM são considerados na atribuição de diversos especialistas, de maneira que a pontuação com resultados precisos e realistas (LIMA JUNIOR e CARPINETTI, 2015).

Em relação ao LM, a metodologia *Fuzzy* possibilita que os gerentes detectem as necessidades de melhoria na implementação. A utilização de gráficos possibilita uma visão imediata e abrangente de áreas fortes e também aquelas que necessitam de melhorias (PAKDIL e LEONARD, 2014). Em relação a outros modelos de análise multicritério, o método *Fuzzy-TOPSIS* se torna o mais atrativo na realização do estudo de avaliação da maturidade LM, pois possibilita um número não limitado de alternativas e de critérios, além de ser recomendado para dar apoio a situações de decisão diante incertezas e por auxiliar o monitoramento do desempenho dos critérios. (AMARO; JUNIOR; 2015; JUNIOR E CARPINETTI; 2015).

3.4.1 Método Linguístico *2-tuple*

Ao analisar os métodos fundamentados na representação linguística *Fuzzy* para auxiliar na tomada de decisão, os autores Herrera e Martinez (2000a) evidenciaram que os resultados alcançados no processo de agregação (saída), na maioria das vezes não correspondiam com os termos linguísticos de entrada. Graças a este acontecimento, existiu a indispensabilidade de que um processo de aproximação fosse desenvolvido com o intuito de que o resultado pudesse ser apresentado no domínio inicial. Este processo de aproximação, segundo Carlson e Fullér (2000), que produz perda extraviado de informações e incerteza na tomada de decisão.

Para solucionar esta restrição, Herrera e Martinez (2000a) conceberam a representação linguística nomeada de 2-Tuple que, segundo os autores possui como maior benefício ter continuidade no universo de expressão e tem sido empregada para colaborar na tomada de decisão de diferentes áreas. A abordagem linguística 2-Tuple é constituída por um par de valores $(S_i, \alpha) \in \bar{S} \equiv S \times [-0.5, 0.5]$. O valor $S_i \in S$ é uma expressão linguística (alto, baixo, bom, ruim etc.) e o sentença de translação simbólica $\alpha \in [-0.5, 0.5]$ e um valor numérico. Esta ilustração linguística conduz a seguinte teoria (CERVI, 2017).

- **Definição 1** – A terminologia de translação simbólica é um valor numérico no intervalo $[-0.5, 0.5]$. A mesma proporciona apoio entre a informação β analisada no intervalo de granularidade $[0, g]$ do grupo de termos S e o valor inteiro mais próximo em $\{0, \dots, g\}$ que recomenda o índice do termo linguístico próximo em S (HERRERA; MARTINEZ, 2000b).

- **Definição 2** – Seja $S = \{s_0, \dots, s_g\}$ um conjunto de termos linguísticos e $\beta \in [0, g]$ um valor proporciona apoio o resultado da operação de agregação simbólica então, um valor 2-Tuple que explana a informação análoga para β é alcançado conforme a Equação 1 (HERRERA; MARTINEZ, 2000b).

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

$$\Delta(\beta) = (s_i, \alpha), \text{ com } \begin{cases} s_i, \text{ arredondamento } (\beta) \\ \alpha = \beta - i, \alpha \in [-0.5, 0.5] \end{cases}$$

Referindo-se ao arredondamento o procedimento habitual, i o índice do grupo mãos próximo s_i para β e para α o valor da translação representativa. Do mesmo modo existe uma função inversa, demonstrada pela Equação 2 (HERRERA; MARTINEZ, 2000b).

$$\Delta^{-1} : \bar{S} \times [-0.5, 0.5] \rightarrow [0, g]$$

$$\Delta^{-1}(s_i, \alpha) = i + \alpha = \beta \quad (2)$$

Consideração 1 – A modificação de um termo linguístico em 2-Tuple significa em acrescentar um valor 0 como translação simbólica de acordo com a Equação 3 (MARTINEZ; HERRERA, 2012).

$$s_i \in S \Rightarrow (s_i, 0) \in \bar{S} \quad (3)$$

Para elucidar esta conversão, considera-se que β é um valor constituinte de uma ação de agregação simbólica para os termos $S = \{s_0: \text{Nada}, s_1: \text{Muito baixo}, s_2: \text{Baixo}, s_3: \text{Médio}, s_4: \text{Alto}, s_5: \text{Muito alto}, s_6: \text{Perfeito}\}$, a expressão 2-Tuple, para conhecimento é análoga de β é (Alto, 0.35).

Consideração 2 – O modelo linguístico 2-Tuple é capaz de ser empregado em qualquer espécie de função de pertinência que fornece o significado dos TLs (triangular, trapezoidal dentre outros) aperfeiçoando a exatidão dos métodos simbólicos clássicos, entretanto a utilização de atribuição triangulares gera soluções com maior precisão.(MARTINEZ; HERRERA, 2012).

3.4.2 O Método 2-Tuple TOPSIS

O procedimento para Ordenamento de Similaridade com a Solução Ideal (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* – TOPSIS) foi apresentado por Hwang e Yoon (1981). É fundamentado no conceito de que a alternativa com melhor desempenho possui a menor distância da distância da solução ideal positiva (SIP) e a maior distância ideal negativa (SIN). A bibliografia da versão do TOPSIS empregando a representação linguística 2-Tuple é fundamentada no trabalho de Li (2008) e é constituída de cinco etapas.

Considere $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ um grupo de $n \geq 2$ alternativas, $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ um conjunto de $m \geq 2$ tomadores de decisão para as frases de atribuição de pesos e avaliação das alternativas, $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ um conjunto de critérios / critérios, $S = \{s_i | i = 1, 2, \dots, T\}$ um conjunto de termos linguísticos para a estimativa das alternativas relacionadas aos critérios e $S' = \{s'_i | i = 1, 2, \dots, T\}$ um conjunto de termos linguísticos para a avaliação da importância dos critérios então apresenta-se as etapas.

Etapa 1 – Determinar o peso dos critérios.

Considera-se que decisores agreguem importâncias dos critérios empregando os termos linguísticos S' . As informações linguísticas são transformadas em 2-Tuple através da equação 4, na qual resulta na matriz expressa pela Equação XX.

$$P = \begin{pmatrix} (p_{11}, 0) & \dots & (p_{1n}, 0) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ (p_{m1}, 0) & \dots & (p_{mn}, 0) \end{pmatrix}$$

(4)

Na sequência, aplica-se operador de média aritmética linguística, este é utilizado a fim de que se obtenha a importância de cada critério Q_j na forma de representação linguística 2-Tuple. Para isto utiliza-se a Equação 5 (LI, 2008).

$$(p_j, \alpha_j) = \Delta \left(\frac{1}{n} \sum_{k=1}^m \Delta^{-1} (p_{kj}, 0) \right) \quad (5)$$

No qual $p_j \in S'$, $\alpha_j \in [-0.5, 0.5]$. Em seguida, o peso do critério Q_j é verificado utilizando a seguinte Equação 6 (LI, 2008).

$$w_j = \frac{\Delta^{-1}(p_j, \alpha_j)}{\sum_{i=1}^l \Delta^{-1}(p_j, \alpha_j)} \quad (6)$$

Etapa 2 – A etapa 2 é baseada na coleta das predileções dos decisores com referência a cada possibilidade com utilização dos termos linguísticos. Desta maneira, seja p_{ij}^k a averiguação do tomador de decisão e_k no tocante ao critério Q_j para a alternativa x_i , com o emprego do operador de média aritmética linguística da Equação 7 as alternativas podem ser agregadas. (LI 2008).

$$(p_{ij}, \alpha_{ij}) = \Delta \left(\sum_{k=1}^n (p_{ij}^k, 0) \right) \quad (7)$$

Desta maneira, a matriz com as avaliações dos tomadores de decisão agregadas tem o formato da Equação 8.

$$M = \begin{pmatrix} (p_{11}, \alpha_{11}) & \cdots & (p_{1l}, \alpha_{1l}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ (p_{m1}, \alpha_{m1}) & \cdots & (p_{ml}, \alpha_{ml}) \end{pmatrix} \quad (8)$$

Etapa 3 – Na etapa 3 realiza-se o cálculo da solução ideal positiva e da solução ideal negativa como descrita nas Equações 9 e 10 (LI, 2008).

$$SIP = \{(p_1^+, \alpha_1^+), (p_2^+, \alpha_2^+), \dots, (p_l^+, \alpha_l^+)\} \quad (9)$$

$$SIN = \{(p_1^-, \alpha_1^-), (p_2^-, \alpha_2^-), \dots, (p_l^-, \alpha_l^-)\} \quad (10)$$

No qual (p_i^+, α_i^+) tem o maior valor agregado nas avaliações no critério i e (p_i^-, α_i^-) tem o menor valor agregado nas avaliações no critério i .

Etapa 4 – Nesta etapa é estabelecida a distância em meio a cada alternativa e as soluções ideais positivas d_i^+ as negativas p_i^- , empregando as Equações 11 e 12 (LI, 2008).

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^l w_j \left(\Delta^{-1}(p_{ij}, \alpha_{ij}) - \Delta^{-1}(p_j^+, \alpha_j^+) \right)^2} \quad (11)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^l w_j \left(\Delta^{-1}(p_{ij}, \alpha_{ij}) - \Delta^{-1}(p_j^-, \alpha_j^-) \right)^2} \quad (12)$$

Etapa 5 – Esta etapa é baseada no cálculo do coeficiente de proximidade RC_i de acordo com a Equação 13 (LI, 2008).

$$RC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (13)$$

Por consequência, a alternativa que possui o maior valor do coeficiente de proximidade é a favorita a alternativa com valor maior baixo.

3.4.3 Método AHP

O método multicritério de apoio a decisão AHP possibilita aos usuários firmar valores referente a pesos relativos, para as variadas alternativas e verificar as relações dos critérios de forma intuitiva. O estudo comparativo dos pares para

solucionar o problema de quantificar alguma alternativa isoladamente é a grande inovação desta técnica. Desta maneira, facilita a identificação da melhor opção de atendimento (LOPES, 2004).

Empregando a Escala Fundamental de Saaty (1991) de maneira simples de acordo com a Figura 7, é capaz de atribuir valores de acordo os quais as matrizes de preferência para cada critérios são definidos.

Valor	Definição	Explicação
1	Importância igual	Contribuição idêntica das alternativas ou critérios
3	Importância Fraca	Julgamento levemente superior para uma alternativa ou critério
5	Importância Forte	Julgamento fortemente a favor de uma alternativa ou critério
7	Importância Muito Forte	Dominância reconhecida de uma alternativa ou critério
9	Importância absoluta	Dominância comprovada de uma alternativa ou critério
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Situação intermediária em relação as expostas acima

Figura 7 - Escala Fundamental de Saaty.
Fonte: Saaty, 1991.

De acordo com Saaty (1994) as características do método AHP são:

- Modelagem via estrutura hierárquica: objetivo(s), critérios e alternativas – Árvore de Decisão
- Processo para cálculo das preferências dentre componentes da árvore – Autovetor e Autovalor da Matriz de Decisão.
- Processo de Síntese Multilinear – Ranking Qualitativo das Alternativas.

De acordo com Saaty, 1991 antes da implementação do AHP, é necessário a preparação de alguns itens, sendo estes os seguintes:

Etapas de preparação do AHP

- a) Especificação do problema, meta ou objetivo a ser buscado;
- b) Identificação dos critérios que tem influência sobre o comportamento;
- c) Estruturação do problema em uma hierarquia de níveis diferentes compostos por meta, critérios (subcritérios) e alternativas.

Já para a implementação do método após estruturação do problema, segue-se os seguintes passos:

1º Passo: Comparar cada elemento no correspondente nível com base (critérios entre si e alternativas em relação a cada critério) numa escala numérica. Isto exige $n.(n-1)/2$ comparações, onde n é o número de elementos. Considerar que os elementos da diagonal principal são iguais a 1 e os outros elementos serão os recíprocos das comparações iniciais, ilustrado na Equação 14.

$$\begin{pmatrix} & \text{C1} & \text{C2} & \text{C3} \\ \text{C1} & 1 & 1/3 & 3 \\ \text{C2} & 3 & 1 & 5 \\ \text{C3} & 1/3 & 1/5 & 1 \end{pmatrix} \quad (14)$$

2º Passo: Determinar o vetor de prioridades normalizado para cada matriz de julgamentos. Na Equação 15 segue a normalização Aditiva Satty (1977) e Srdjivc (2005).

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

$$P_i = (1/m) \sum_{j=1}^m a'_{ij} \quad ij = 1, 2, \dots, m. \quad (15)$$

3º Passo: Determinar a razão de consistência (RC) para cada matriz. Se o valor de RC estiver dentro de valores especificados, os resultados dos julgamentos são considerados como válidos. Senão os julgamentos devem ser repetidos até que estes valores se encontram em um intervalo adequado. Com o método de Normalização Aditiva utiliza-se o Índice de Consistência Harmônica (Stein e Mizzi, 2007) para obter RC, como segue abaixo.

n	HRI
3	0,550
4	0,859
5	1,061
6	1,205
7	1,310
8	1,381
9	1,437
10	1,484
15	1,599
20	1,650
25	1,675

$$ICH = \left[(MH_s - n)(n+1) \right] / n.(n-1)$$

$$RC = ICH / HRI$$

RC	Tamanho da Matriz
0,05	Matriz 3 x 3
0,08	Matriz 4 x 4
0,10	Matrizes de ordem superior

(16)

4º Passo: Com os julgamentos realizados e com vetores de prioridade válidos realiza-se a classificação final das alternativas com base em uma soma ponderada.

$$R_i = \sum_{j=1}^m w_j \cdot P_{ij}$$
(17)

O apoio da análise multicritério, nesta dissertação, a partir do estudo e aplicação do método *Analytic Hierarchy Process* - AHP, como ferramenta de gestão estratégica para auxiliar no diagnóstico e avaliação de dos critérios, para uma tomada de decisão com um nível mais elevado de exatidão.

4 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado por meio das etapas descritas abaixo e ilustrada na Figura 8: I. Realização da Pesquisa Bibliográfica; II. Levantamento dos Constructos; III Integração dos Constructos; IV Aplicação do Modelo.

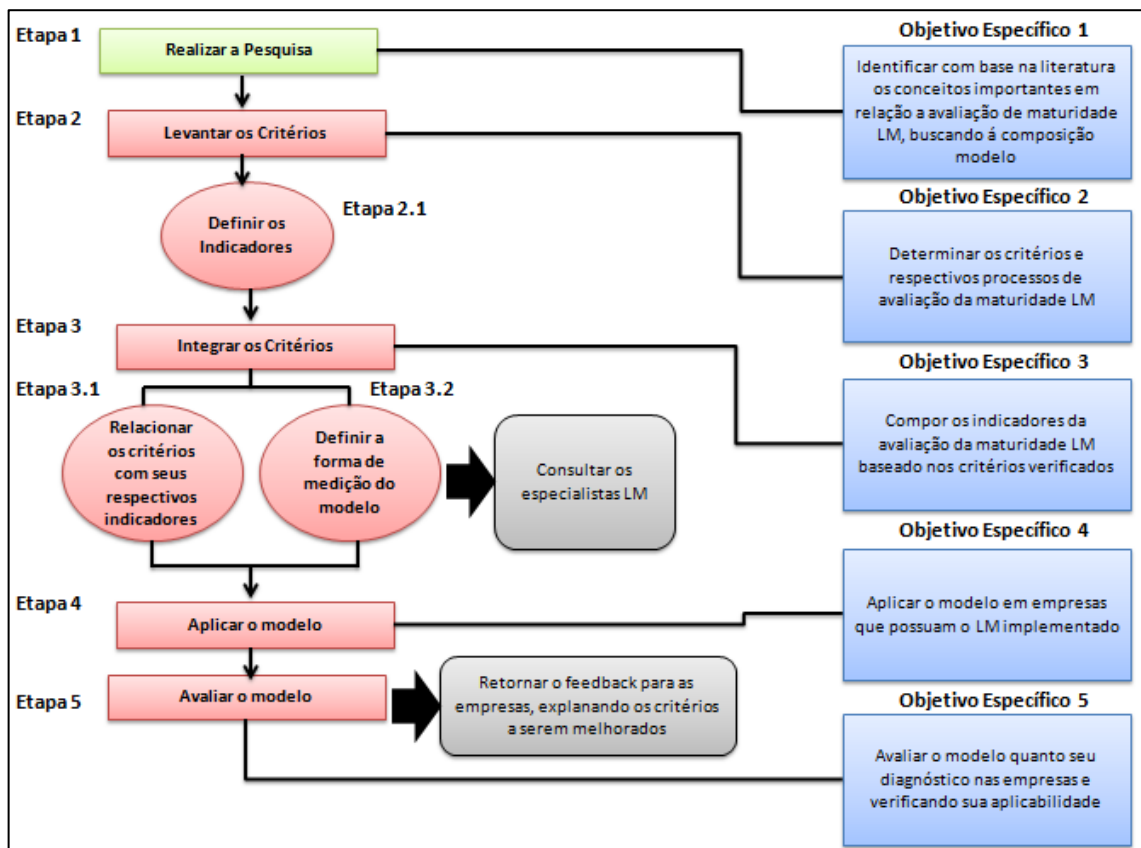


Figura 8 - Etapas do desenvolvimento do trabalho.

Fonte: Autoria Própria.

As etapas são descritas detalhadamente, como segue:

- Etapa 1. Realizar Pesquisa Bibliográfica: é composta pela elaboração da fundamentação teórica pertinente ao *Lean Manufacturing*, Ferramentas *Lean Manufacturing* e Métodos Multicritério nos Modelos de avaliação, retratada no capítulo 3. Tem como objetivo específico “Identificar com base na literatura conceitos importantes em relação à avaliação da maturidade LM, buscando a composição do modelo”.

- Etapa 2. Levantar os Critérios: compete ao levantamento, por intermédio de métodos semelhantes existentes, e através do conhecimento do pesquisador, os critérios a serem utilizados na pesquisa. Pretende cumprir ao objetivo específico “Determinar os critérios e respectivos processos da avaliação da maturidade LM”. Dentre os processos que se busca determinar, cita-se a definição dos indicadores, pelos quais serão capazes de mensurar diretamente o modelo de avaliação. Primeiramente, por meio da consulta com os especialistas os critérios receberão um peso, pelo qual será dividido nos indicadores e posteriormente servirão como base para avaliação do modelo nas empresas.

- Etapa 3 Integrar os Critérios: consiste no desenvolvimento dos critérios, facilitando desta maneira a construção do método. Almeja-se atender aos objetivos específicos, que abrangem a “Composição dos indicadores da avaliação da maturidade LM com base nos critérios verificados” e conseqüentemente, consultam-se os especialistas em LM para ponderação dos critérios do modelo desenvolvido. Esta etapa decompõe-se em outras duas: Etapa 3.1 - Relacionar os critérios com seus respectivos indicadores trata-se de definir quais indicadores pertencem a cada critério, de maneira a formar um modelo estruturado para avaliação do grau de maturidade LM. Etapa 3.2 – Definir a forma de medição do modelo: aborda a mensuração ponderada dada pelos especialistas a cada indicador de desempenho, assim como as notas de desempenho após aplicação nas empresas.

- Etapa 4 - Aplicar o Modelo: Consiste na aplicação do modelo em algumas empresas que possuam a implementação do LM e, através das suas aplicações retornar um *feedback* as mesmas, indicando os critérios que necessitam de melhorias.

- Etapa 5 – Avaliar o modelo: Consiste na avaliação quanto à aplicabilidade do modelo, para que deste modo possa ser aplicado em diversos ramos de atividades e que assim, possibilite a visualização de oportunidades de melhoria na implementação do LM.

4.1 CLASSIFICAÇÃO METODOLÓGICA

Este tópico contempla a abordagem metodológica do trabalho designado como o desenvolvimento de um modelo para avaliação da maturidade das implementações LM, empregando uma abordagem Multicritério linguística. Inicialmente, o capítulo descreve uma caracterização da escolha da estratégia metodológica da pesquisa, acompanhada pela apresentação das etapas pelas quais se desenrolou o desenvolvimento do trabalho. Na sequência, descrição da justificativa da seleção dos objetos de análise, abrangendo uma síntese do perfil das empresas em avaliação e das abordagens organizacionais adotadas para a gestão, de modo a demonstrar um cenário de onde os estudos de casos foram realizados. Posteriormente, descreve-se o modo como transcorreu à coleta e análise de dados. Por fim, o tópico descreve como a estruturação desta pesquisa.

4.1.1 Escolha da Abordagem Metodológica

A pesquisa científica é criada como um processo, terminologia que tem o significado dinâmico, modificável e evolutivo. Um processo combinado por diversas fases conexas entre si, que acontecem ou não de maneira sequencial ou consecutiva. Pesquisa é um processo composto por variadas etapas que são conectadas (SAMPIERI, COLADO e LUCIO, 2006). A pesquisa pode ser classificada quanto à sua natureza dos objetivos, a abordagem do problema, quanto aos meios das pesquisas e as técnicas utilizadas, esta pesquisa classifica-se como a descrição a seguir.

4.1.2 Quanto à Natureza dos Objetivos

De acordo com Gil (2009), a abordagem da natureza dos seus objetivos inclui três tipos de pesquisas, sendo elas: exploratória, descritiva e explicativa. A pesquisa exploratória traz como objetivo familiarizar os dados, transmitindo-o claramente, ou

levantando hipóteses. No caso da pesquisa descritiva, tem como função explicar as características de um fenômeno ou população, ou também demonstrando relações entre variáveis. A pesquisa explicativa propõe-se a definir os fatores que originam ou colaboram na causa dos fenômenos. Com base nos conceitos citados acima, essa pesquisa é classificada como exploratória e descritiva, por proporcionar maior familiaridade com o problema, com intenção de torná-lo mais visível, e por utilizar o estudo de multicasos como forma de validação do modelo em questão.

4.1.3 Quanto à Abordagem do Problema

A ação de mensurar variáveis de pesquisa é a particularidade mais notável da abordagem quantitativa. Isso, por vezes, é a única maneira de justificar a aplicação da abordagem (CAUCHICK, 2011). De acordo com Bryman (1989), os cuidados mais importantes da abordagem quantitativa são: mensurabilidade, causalidade, generalização e replicação.

Ainda segundo o autor, a abordagem qualitativa não possui aversão a quantificação de variáveis e, ocasionalmente, os pesquisadores qualitativos quantificam variáveis. “A característica em contraste com a pesquisa quantitativa, é a ênfase na perspectiva do indivíduo que está sendo estudado”. E as características qualitativas consistem em: ênfase na interpretação subjetiva dos indivíduos; delineamento do contexto do ambiente da pesquisa; abordagem não muito estruturada; múltiplas fontes de evidências; importância da concepção da realidade organizacional; e proximidade com o fenômeno estudado (BRYMAN, 1989).

Embora a abordagem qualitativa seja a mais predominante nesta pesquisa, não se descartou técnicas de abordagem quantitativa, como a utilização de abordagem *Fuzzy* para mensuração. A associação alternada ou simultânea das abordagens qualitativa e quantitativa é a designada triangulação “O conceito de triangulação está baseado na premissa de que qualquer viés inerente a um método, pesquisador e fonte de dados em particular poderia ser neutralizado quando usado em conjunto com outros métodos, pesquisadores e fonte de dados” (CRESWELL, CRESWELL, 1994).

A associação de abordagens proporciona a vantagem de uma amenização à desvantagem da outra, tendo como exemplo, a abordagem quantitativa é fraca em entender o contexto do fenômeno, ao mesmo tempo em que a qualitativa não é. Em contrapartida, a abordagem quantitativa é menos passível a vieses na coleta de dados que a abordagem qualitativa. Desta maneira, é possível fortificar as abordagens quando combinadas. (CAUCHICK, 2011). Neste contexto, para este trabalho será utilizada predominantemente a abordagem qualitativa, contudo com a utilização da triangulação nas análises de dados.

4.1.4 Quanto aos Meios de Pesquisa e Técnicas Adotadas

No que se refere aos meios de pesquisa e técnicas adotadas, este trabalho utilizou o método de pesquisa bibliográfica baseado na adaptação da *Knowledge Development Process Constructivist (ProKnow-C)*, pelo qual selecionou 21 artigos para o portfólio bibliográfico, com pesquisa em bases de dados internacionais entre o período de Abril a Junho de 2017. Na sequência realizou-se a análise bibliométrica e sistêmica dos artigos, visando extrair uma síntese entre os critérios e indicadores utilizados por outros autores. Da mesma forma utilizou estudo de caso (Múltiplos casos), visando validar o método criado para avaliação da maturidade LM de empresas.

4.1.4.1 Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica é originada de um conjunto ordenado de procedimentos de busca por soluções, dedicado ao objeto de estudo, e que, por esta razão, não pode ser aleatório (SASSO DE LIMA e TAMASO MIOTTO, 2007). Deste modo, a pesquisa bibliográfica permite um extenso alcance de informações, além de possibilitar a utilização de dados dispersos em diversas publicações, facilitando

também na construção, ou na melhor outras pesquisas (SASSO DE LIMA e TAMASO MIOTTO, 2007).

4.2 SETOR ALIMENTÍCIO NAS REGIÕES DA APLICAÇÃO DO MODELO

Ao longo dos anos, observou-se que a Produção de produtos alimentícios no Brasil conserva o primeiro lugar no ranking do valor da transformação industrial – VTI, partindo de 12,1%, em 2007, para 18,4%, em 2016 (PIA, 2016).

Observando as três atividades com maior relevância e participação industrial – VTI de unidades industriais locais, verificou-se que o setor de Fabricação de produtos alimentícios é mais forte nas regiões Centro Oeste (44,0%), Sul (25,0%), Nordeste (17,6%) e Sudeste (15,3%). Na região Centro-Oeste do Brasil, a produção de produtos alimentícios conquistou a atuação mais significativa em paralelo com as demais regiões, especialmente por possuir amplas plantas processadoras e exportadoras de produtos agroindústrias, com maior participação para o Mato Grosso, em que representa 58,2% do valor da transformação industrial – VTI do Estado, acompanhado de Goiás (43,8%) e Mato Grosso do Sul (34,2%). Já em relação a concentração da maior parte do pessoal ocupado na indústria, a Fabricação de produtos alimentícios também alcançou o primeiro lugar com participação: 1,7 milhão de pessoas em 2016. (PIA, 2016).

Realizou-se uma pequena síntese das características das empresas onde aplicou-se o modelo. Com o intuito de manter sigilo em relação ao nome das empresas as mesmas não serão identificadas. A classificação das empresas foi realizada de acordo com Sebrae (2017), no qual as empresas podem ser classificadas a partir do seu porte, levantando-se a quantidade de colaboradores que as empresas possuem. Aplicando as mesmas resoluções da lei, as empresas podem ser denominadas pelo porte, como verificado no Quadro 6.

PORTE	NÚMERO DE COLABORADORES
Microempresa	Até 19
Pequena Empresa	20 a 99
Média Empresa	100 a 499
Grande Empresa	Mais de 500

Quadro 6 - Classificação do porte das empresas a partir da quantidade de colaboradores.
Fonte: Adaptado de Sebrae (2017).

Abaixo segue o perfil das empresas analisadas, para que deste modo seja possível perceber antes de iniciar as análises que existe diferenciação do porte das empresas e isto pode impactar o resultado final.

- A empresa Alpha é de origem brasileira, possui cerca de 45 anos de fundação e atuação no setor alimentício. A unidade em estudo é a matriz, sendo está instalada na região sul do Brasil e conta com cerca de 495 funcionários diretos, desta maneira é classificado como empresa de porte médio. Possui algumas ferramentas LM implementadas há cerca de dois anos.

- Já a empresa Beta possui mais de 60 anos de história no ramo de alimentos e bebidas. É uma empresa internacional de alimentos, snacks e bebidas. A unidade em questão está localizada na região Centro-Oeste do Brasil e possui aproximadamente 650 colaboradores diretos, assim se enquadra em empresa de grande porte. Esta empresa possui o LM implementado efetivamente há cerca de três anos.

- Por fim, a empresa Omega, fornece serviços e produtos alimentícios, agrícolas e indústrias. Possui mais de 150 anos de trajetória, a unidade em estudo está localizada na região Sul do Brasil e possui cerca de 3000 funcionários diretos, deste modo, sendo considerada empresa de grande porte. A empresa Omega possui o LM implementado há cerca de 4 anos.

5 CONSTRUÇÃO DO MODELO DE MATURIDADE *LEAN MANUFACTURING*

Neste quarto capítulo, será descrito como construiu-se o modelo de avaliação de maturidade *Lean Manufacturing*, bem como todas etapas para alcançar o mesmo, sendo estas definições dos critérios, definição dos indicadores, definição da complexidade, definição das escalas, aplicação do questionário nas empresas e utilização da abordagem multicritério linguística.

5.1 MODELO DE AVALIAÇÃO DA MATURIDADE DE PRÁTICAS *LEAN MANUFACTURING*

Com o aumento da produção científica, associada à evolução tecnológica, originou-se uma grande quantidade de publicações, sendo que a utilização dos *procedimentos* tradicionais de busca e seleção dos materiais bibliográficos tornou-se limitada ao oferecer suporte à pesquisa (WAICZYK; ENSSLIN, 2013). Para o desenvolvimento da parte teórica, juntamente com o desenvolvimento do modelo proposto, utilizou-se a metodologia *Knowledge Development Process – Constructivist (ProKnow-C)* adaptada de Ensslin et al. (2010), que estabelece os procedimentos de seleção e análise dos resultados adotados. Realizou-se uma análise sistêmica de artigos nacionais e internacionais relacionados ao tema de interesse, com intuito de compor um questionário com as dimensões e indicadores de desempenho baseados nas ferramentas LM aplicadas em estudos anteriores. A construção do modelo resultou-se seguindo os passos apresentados na Figura 9.

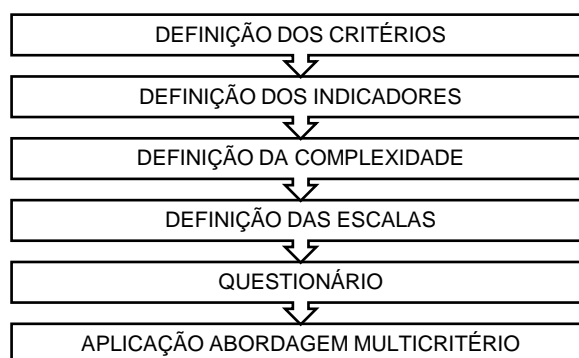


Figura 9 - Construção do modelo.

Fonte: Autoria própria

Inicialmente definiram-se os critérios, na sequência determinaram-se os indicadores pelos quais mensurou-se os critérios, em seguida, analisou-se a complexidade (nível de dificuldade) de cada indicador para auxiliar na definição das escalas linguísticas e posteriormente o questionário foi composto pela junção de todas as partes descritas. Dando continuidade na pesquisa avaliou-se as empresas por meio de um questionário e a partir deste, realizou-se a verificação dos dados a partir da metodologia multicritério abordagem multicritério linguística *2-Tuple*.

5.1.1 Definição dos Critérios

Os critérios podem ser considerados eixos que direcionam a avaliação do decisor permitindo a realização de comparações entre as alternativas. Exemplificando, podem ser Custo, Peso, volume entre outros. Em relação aos critérios adotados, pode-se afirmar que se referem aos primeiros itens definidos na composição do questionário, para estes foram estabelecidos cinco critérios qualitativos, os quais são demonstrados na Figura 10 e são descritos como: (i) qualidade; (ii) recursos humanos; (iii) cliente; (iv) fornecedor; e (v) sistema produtivo. Alguns destes critérios foram selecionados da adaptação do trabalho de Pakdil e Leonard (2014), no qual os autores utilizavam oito dimensões quantitativas (tempo, qualidade, processo, recursos humanos, entrega, cliente, estoque e custo) e cinco dimensões qualitativas (qualidade, processo, recursos humanos, entrega e cliente).



Figura 10 - Critérios estabelecidos.
Fonte: Autoria própria.

Para demonstrar a importância de todos os critérios adotados neste modelo, no Quadro 7 estão descritos os critérios e a associação destes, e as definições de alguns indicadores/parâmetros utilizados por outros autores para avaliação do LM com algumas similaridades:

CRITÉRIOS	INDICADORES UTILIZADOS POR OUTROS AUTORES
QUALIDADE:	Para Bhasin (2011), alguns itens avaliados em relação à qualidade foram: melhoria contínua, segurança geral, limpeza e ordem, e por fim, qualidade projetada no produto. Garantir que a transição em si seja levada a sério é extremamente importante para desenvolvimento da disciplina e da cultura LM, com isso mantêm-se a melhoria contínua em direção ao meio ambiente.
RECURSOS HUMANOS (RH)	De acordo com Bhasin (2012) a maior parte das implementações LM que possam fracassar são atribuídas à cultura de mudança, para impedir que isso ocorra o autor sugere a investigação e análise prévia da cultura organizacional. Já para os autores Herzog e Tonchia (2014), a variável colaboração dos funcionários e trabalho em equipe garante um fator essencial para o sucesso LM, sendo o envolvimento dos funcionários o sucesso LM, ou seja, o sucesso de uma empresa reside no RH.
CLIENTE	Para Singh Sangwan, Bhamu e Mehta (2014) os clientes devem ser integrados no processo de design o mais cedo possível, para que a especificação inicial do cliente seja compartilhada e praticada durante o planejamento do produto e seus processos. A engenharia concorrente é uma ferramenta para integrar clientes no início do processo.
FORNECEDOR	O trabalho de Abolhassami et al. (2016) conclui que é necessário ter foco em um único fornecedor que atenda a demanda, que possa realizar a redução dos estoques, para que contenha somente o necessário e, por fim mantenha o <i>feedback</i> e relacionamento de parceria.
SISTEMA PRODUTIVO	Para Herzog e Tonchia (2014) o mapeamento de fluxo de valor (VSM) permite a visualização do valor durante os processos da empresa. Já para ara Singh Sangwan, Bhamu e Mehta (2014) o fornecimento flexível no processo com a utilização do layout celular é necessário para que a carga da estação de trabalho possa ser equilibrada mesmo durante demandas flutuantes.

Quadro 7 - Dimensões utilizadas por outros autores.

Fonte: Autoria própria.

Por fim, os critérios foram de grande relevância na formação dos indicadores, pois a partir destes foram mensurados. Com auxílio da metodologia *Fuzzy-TOPSIS* averiguou-se os níveis de maturidade das empresas em relação ao LM.

5.1.2 Definição dos Indicadores

Na sequência desenvolveu-se os indicadores, os quais são basicamente as métricas para examinar detalhadamente o desempenho dos critérios e em relação aos mesmos. Pode-se afirmar que as questões foram definidas com cunho qualitativo. Em relação a este estudo, a composição dos indicadores foi estabelecida com base na adaptação dos indicadores utilizados em três diferentes estudos, Padkil (2014), Jasti e Kodali (2015) e Saurin e Ferreira (2011), os quais são pertinentes ao objetivo do mesmo. No Quadro 8, como exemplo, pode-se observar a composição de todos os indicadores.

Continua

CRITÉRIOS	INDICADORES
QUALIDADE	Q1. Em que nível se encontra o programa de organização implementado? (5S ou similar)
	Q2. Em que nível está implementado o 5W2H - Cinco porquês de análise de causa raiz está nos problemas?
	Q3. Em que nível está às inspeções de qualidade na fonte realizada pelos próprios operadores?
	Q4. O 5S está integrado no sistema de gerenciamento efetivamente?
	Q5. Em que situação se encontra o programa de melhoria Kaizen?
	Q6. Em que nível está à padronização dos procedimentos operacionais (padrão)?
	Q7. Existem grupos de melhorias, que desenvolvem atividades utilizando ferramentas da qualidade, em que nível de implementação estes grupos se encontram?
	Q8. Em que nível está o trabalho de melhoria contínua dos produtos?
	Q9. Em qual situação se encontra o controle estatístico de processos da empresa?
	Q10. Qual a situação da inspeção em 100% dos itens produzidos?
	Q11. Os dispositivos a prova de erro estão implementados no processo?
	Q12. O sistema para detecção de anormalidades e aplicação de ação corretiva, estão implementados?
	Q13. As ações para controle e redução de retrabalhos e refugos são efetivas?
	Q14. Os indicadores de processo e resultados relativos à qualidade são utilizados frequentemente?
	Q15. Em que nível se encontra a divulgação dos dados coletados no controle estatístico para os envolvidos no processo?
	Q16. Em que nível estão implementadas as auditorias da qualidade?
	Q17. Em que nível se encontra a participação do fornecedor e do cliente em programas de desenvolvimento de qualidade?
RECURSOS HUMANOS	R1. A empresa possui Lean como visão e missão efetivos?
	R2. Em que nível se encontra os treinamentos sobre filosofia, princípios e práticas Lean Manufacturing?
	R3. Em que nível está implementada a cultura de aprendizagem dentro da organização?
	R4. Em qual nível se encontra o programa de desenvolvimento efetivo de liderança?
	R5. Os treinamentos de educação multi-habilidades estão implementados em todos os níveis hierárquicos?
	R6. Existem equipes multifuncionais dentro da empresa, em que nível estão implementadas?
	R7. Em que nível está implementado o programa, no qual os operadores têm oportunidade de exercitar suas habilidades multifuncionais
	R8. Existem programas que incluem a participação dos colaboradores em todas as etapas da organização periodicamente
	R9. Em qual condição encontra-se o feedback para sugestão de melhoria dos colaboradores?
FORNECEDOR	F1. Esta implementada a política de fornecedores únicos e confiáveis?
	F2. A política de parcerias de longo prazo com fornecedores, está implementada?
	F3. Existe a checagem da qualidade dos produtos dos fornecedores implementada?
	F4. Em que nível se encontra os feedbacks aos fornecedores em relação à qualidade e desempenho de entrega?
	F5. Existe o programa de envolvimento de fornecedores no desenvolvimento de novos produtos?
	F6. Em que nível se encontra a avaliação e certificação dos fornecedores?
	F7. Em que nível se encontra a entrega JIT pelos principais fornecedores?
	F8. Existem dispositivos para puxar as entregas dos fornecedores externos com informações sobre o que é pedido, em que momento deve chegar (dia e hora), quantidade e onde armazenar?
CLIENTE	C1. Em que condição se encontra a distribuição <i>Just-in-time</i> ao cliente?
	C2. Em que nível se encontra a implementação do processo de produção puxada (encomenda) pelos clientes?
	C3. Em que nível os clientes estão envolvidos em ofertas de produtos atuais e futuras?
	C4. O programa no qual leva em considerações as especificações de valor em termos de ponto de vista do cliente está implementado?
	C5. Em que nível se encontra o programa que os clientes dão um <i>feedback</i> de qualidade do serviço/produto?
	C6. Em que nível se encontra a avaliação dos comentários realizados pelos clientes e a partir desta, planos de ações?
	C7. Em que nível se encontra as alianças estratégicas e parcerias de longo prazo entre clientes e fornecedores?
SISTEMA PRODUTIVO	S1. Em que nível se encontra o Mapeamento de fluxo de valor dos processos?
	S2. A que passo está a padronização de procedimentos operacionais e de matérias-primas?
	S3. Em que nível está a padronização de ferramentas e equipamentos?
	S4. Em que nível se encontra o conhecimento das capacidades dos processos e da fábrica?
	S5. Está implementada o sistema de produção puxada e em pequenos lotes?
	S6. O sistema de entregas Just in Time ao longo da cadeia de suprimentos está implementado?
	S7. Qual o nível de implementação do Kanban e do FIFO?
	S8. Em que nível se encontra a eficiência do ciclo do processo?
	S9. Em que situação se encontra o conhecimento sobre os tempos de setup dos equipamentos?
	S10. Existe dedicação de recursos (pessoas e equipamentos) para fabricação de famílias de produtos que possuem processos semelhantes?
	S11. Os Lead times de cada matéria-prima e produtos são conhecidos?

Continuação

S12. Em que nível se encontra a utilização dos dispositivos visuais?
S13. Qual nível de implementação da autonomia na empresa?
S14. A que passo se encontra a Manutenção produtiva total (TPM) da empresa?
S15. Em que nível se encontra a implementação do Lean Benchmarking da empresa?
S16. Em que nível está a padronização de todos os produtos da empresa?
S17. Como se encontra a identificação e planos de ação para eliminação dos 7 resíduos
S18. Em que nível se encontra a aplicação dos indicadores do processo e análise de seus resultados?

Quadro 8 - Constituição dos indicadores.

Fonte: Autoria própria.

Todos os indicadores do questionário seguiram a lógica demonstrado no Quadro 8, as letras descritas na coluna indicadores é baseada na primeira letra de cada critério (exemplo: para o critério qualidade, segue-se na sequência Q1, ..., Q17 e assim sucessivamente). Baseados nestas áreas de impacto foram definidos os indicadores, que sejam capazes de mensurar o nível de maturidade *Lean Manufacturing* e que atenda o objetivo principal da dissertação que é o desenvolvimento de um novo modelo.

5.1.3 Determinação peso dos Critérios

Os pesos são medidas da importância relativa dos critérios para o decisor (ZOPOUNIDIS, 1999). Por meio de consulta aos especialistas *Lean Manufacturing* determinou-se os pesos dos critérios em comparação a todos critérios, avaliou-se a importância de cada critério de avaliação da maturidade do *Lean Manufacturing* em empresas. Os especialistas são doutores em Engenharia de produção, com perfil observado no Quadro 9.

ATIVIDADE PROFISSIONAL	ÁREA DE ATUAÇÃO
Professor Doutor	Gestão da Cadeia de valores; Benchmarking como ferramenta de diagnóstico; Gestão de planejamento de instalações industriais;
Professor Doutor	Gestão da Cadeia de Suprimentos; <i>Lean Manufacturing</i> ; Gestão da Produção;
Professor Doutor e Consultor na área	Planejamento e controle da Produção; <i>Lean Manufacturing</i> ; Planejamento estratégico Industrial;

Quadro 9 - Perfil dos especialistas - determinação dos pesos dos critérios

Fonte: Autoria própria.

Cada um dos Especialistas realizou a classificação dos Indicadores apresentados no Quadro 8, utilizando as variáveis linguísticas apresentadas no

Quadro 10, o qual apresenta um conjunto de variáveis para avaliar a importância de cada critério em relação maturidade do *Lean Manufacturing* em empresas.

Variável Linguística	
Muito Baixa	VP
Baixa	P
Médio Baixa	MP
Média	M
Médio Alta	MG
Alta	G
Muito Alta	VG

Quadro 10 - Variáveis Linguísticas para avaliar a importância dos critérios.
Fonte: Autoria própria.

Cada especialista agregou a importância de acordo com sua visão da implementação LM no preenchimento do Quadro 11.

Critério	Importância
Qualidade (C1)	
Recursos humanos (C2)	
Cliente (C3)	
Fornecedor (C4)	
Sistema Produtivo (C5)	

Quadro 11 - Planilha de comparação dos critérios para os especialistas.
Fonte: Autoria própria.

Para a determinação do peso de cada critério utilizou-se o método de peso 2-*Tuple* na planilha de Excel, em que as variáveis linguísticas são transformadas em um número *Fuzzy* triangular ou equivalente linguístico 2-*Tuple*, no qual tem-se a descrição de etapas de aplicação do método no referencial teórico “Método Linguístico 2-*Tuple*” Segue abaixo cálculo com o método 2-tuple exposto na Tabela 1.

Tabela 1 - Variáveis Linguísticas para avaliar a importância dos critérios

Variável Linguística		Δ	Δ^{-1}
Muito Baixa	VP	$(S_0, 0)$	0
Baixa	P	$(S_1, 0)$	1
Médio Baixa	MP	$(S_2, 0)$	2
Média	M	$(S_3, 0)$	3
Médio Alta	MG	$(S_4, 0)$	4
Alta	G	$(S_5, 0)$	5
Muito Alta	VG	$(S_6, 0)$	6

Fonte: Autoria própria.

No Quadro 12 segue o resultado da aplicação do modelo linguístico *2-tuple* e seus respectivos pesos. Os pesos dos critérios foram obtidos pela normalização linear, ou seja, a divisão de cada elemento da coluna Δ^{-1} pela soma de todos os elementos dessa coluna.

Critério	E1	E2	E3	Δ (média)	Δ^{-1} (média)	Peso
Qualidade (C1)	MG	MG	MG	(S ₄ , 0)	4,00	0,176
Recursos humanos (C2)	G	G	M	(S ₄ , +0,33)	4,33	0,191
Cliente (C3)	G	G	MG	(S ₅ , -0,33)	4,67	0,206
Fornecedor (C4)	MG	G	M	(S ₄ , 0)	4,00	0,176
Sistema Produtivo (C5)	VG	VG	G	(S ₆ , -0,33)	5,67	0,250

Quadro 12 - Resultado da aplicação do Método Fuzzy 2 - Tuple.
Fonte: Autoria própria.

Na sequência os especialistas compararam cada critério (Qualidade, Recursos Humanos, Cliente, Fornecedor e Sistema Produtivo), de acordo com questões de níveis, considerado os pares: Básicos x Intermediários, Básicos x Avançados e Intermediários x Avançados. Atribuindo valores de acordo com o Quadro 13, onde na coluna definição tem-se a importância e na coluna explicação tem-se a justificativa da agregação do valor

Valor	Definição	Explicação
1	Importância Igual	Contribuição idêntica das alternativas ou critérios
2	Importância Fraca	Julgamento levemente superior para uma alternativa ou critério
3	Importância Forte	Julgamento fortemente a favor de uma alternativa ou critério
5	Importância Muito Forte	Dominância reconhecida de uma alternativa ou critério
7	Importância Absoluta	Dominância comprovada de uma alternativa ou critério
2,4,6,8	Valores Intermediários	Situação intermediária em relação as expostas acima

Quadro 13 - Atribuição de importâncias.
Fonte: Autoria própria.

No Quadro 14 encontra-se o exemplo de atribuição de valores e importância do critério qualidade, desta maneira foram atribuídos as importâncias e os valores para todos os critérios, por cada um dos especialistas, para que deste modo possa estar mais bem agrupado os indicadores dentro de cada critério.

CRITÉRIO	NÍVEL
QUALIDADE	C1 (BÁSICO)
	C2 (INTERMEDIÁRIO)
	C3 (AVANÇADO)

Quadro 14 - Exemplo de classificação de importância para Qualidade.
Fonte: Autoria própria.

Na sequência os especialistas compararam todas as questões de cada critério entre elas, de acordo com o Quadro 15, classificando-as de acordo com suas percepções de importância: como maior, menor ou igual e em seguida agregando valor correspondendo a esta comparação para cada um dos critérios qualidade, recursos humanos, clientes, fornecedores e sistemas produtivos.

Critérios/Alternativas		Importância (+, =, -)	Valor
C1	C2		
C1	C3		
C2	C3		

Quadro 15 - Comparação das questões do mesmo critério.
Fonte: Autoria própria.

Definiu-se a complexidade de cada indicador, determinada anteriormente, em Baixa (B), Média (M) e Alta (A), com o intuito de definir escalas de medição apropriadas para cada tipo de questão. O Quadro 16 demonstra um exemplo de como analisou-se a complexidade de avaliação de cada critério.

CRITÉRIO	INDICADOR	COMPLEXIDADE
C1 (Entrega)	E 1.1	Baixa (B)
	Média (M)
	E 1.5	Alta (A)

Quadro 16 - Exemplo da constituição da complexidade.
Fonte: Autoria própria.

Posteriormente a agregação de valores, utilizou-se a regra do método AHP no *software* Microsoft Excel, aonde tem-se a descrição das etapas de aplicação do método no referencial teórico “Método AHP”. No cálculo houve a necessidade de considerar apenas aqueles pesos que apresentarem inconsistência menor que 0,05 como segue exemplo Quadro 17 e já no caso daqueles com inconsistência maior que 0,05 foram descartados.

AVALIAÇÃO CONSISTÊNCIA	
MH(s)	3,038
N	3,00000
ICH	0,02538
HRI	0,5500
RC	0,0461
RCMáx.	0,05

Quadro 17 - Avaliação de Consistência do critério Qualidade.
Fonte: Autoria própria.

Em algumas situações ocorreram mais de um especialista com inconsistência menor que 0,05. A partir disto calculou-se o vetor de cada especialista consistente, na sequência tirou-se a média geométrica de cada um dos critérios, e por fim normalizaram-se os valores. Esta mesma sequência foi seguida, e com a mesma lógica, para todos os critérios. Quadro 18 Peso Global de cada critério obtido a partir da aplicação do método AHP.

CRITÉRIO	PESO GLOBAL
Qualidade	0,176
Cliente	0,191
Recursos Humanos	0,206
Fornecedor	0,176
Sistema Produtivo	0,250

Quadro 18 - Peso global dos critérios.
Fonte: Autoria própria.

Em seguida gerou-se uma matriz para cada critério em sua respectiva aba no Excel, onde alocou-se as respostas de cada especialista em colunas S0, S1 e S2 (sendo S0 básico 1, S1 intermediário e S2 avançado). Na coluna classificação utilizou-se o método *2-Tuple* para agregação do valor de acordo com as respostas dos especialistas referente a cada questão de cada critério.

Criou-se peso para nível básico, intermediário e avançado de cada critério baseado na avaliação dos três especialistas por meio da média geométrica e criou-se o número verificador. A partir deste pode-se preencher a planilha com a resposta de cada empresa, na sequência obtém-se a multiplicação com o número multiplicador e por fim o resultado de cada questão de cada critério, como exemplo no Quadro 19.

CRITÉRIOS	INDICADORES	E1	E2	E3	Classificação	Básico	Intermediário	Avançado	Multiplicador	Empresa	Resultado Avaliação
CLIENTE	C1	S2	S2	S0	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0273		0
	C2	S1	S1	S1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0273		0
	C3	S1	S2	S1	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0273		0
	C4	S2	S1	S1	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0273		0
	C5	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0273		0
	C6	S1	S0	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0273		0
	C7	S2	S2	S0	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0273		0
SOMA						1,00	4,67	1,33	0,1910		
MULT.PESO						0,0273	0,1273	0,0364			

Quadro 19 - Avaliação de Consistência do critério Qualidade.

Fonte: Autoria própria.

Para cada critério obteve-se o peso para cada nível específico básico, intermediário e avançado, para que deste modo possa independentemente de o nível da questão possibilitar ser multiplicado por seu peso correspondente, como descrito no Quadro 20.

Nível	Pesos
Básico	0,4510
Intermediário	0,5098
Avançado	0,0392

Quadro 20 - Peso específico do critério qualidade.

Fonte: Autoria própria.

O Quadro 20 será utilizado nas etapas subsequentes, na qual é possível mensurar todos os critérios nos níveis básico, intermediário e avançado, além de ser capaz de avaliar cada questão individualmente.

5.1.4 Definição das Escalas de Medições para avaliação das empresas

Para a definição das escalas de medição, baseou-se na complexidade de cada indicador, classificados como B, M e A, de acordo com a avaliação do especialista LM. Serão utilizadas duas escalas de medições diferentes, pois haveria uma diferença muito discrepante se fosse analisar as três complexidades numa mesma escala e por este motivo, preferiu-se adotar duas escalas de medição. de acordo com a complexidade de cada indicador de desempenho. Para os indicadores

que foram atribuídos níveis de complexidade baixa, serão utilizados a escala linguística descrita no Quadro 21.

DESCRIÇÃO	NÍVEL DE MATURIDADE	NÚMERO FUZZY
Não implementado	(NI)	(0;0;0,25)
Parcialmente implementado	(PI)	(0,25;0,5;0,75)
Implementado	(I)	(0,75;1,0;1,0)

Quadro 21 - Termos linguísticos avaliação em baixa complexidade.

Fonte: Autoria própria.

Para os indicadores classificados nos níveis de complexidade média e alta, será utilizada a adaptação do termo linguístico utilizado no estudo de Calili (2017), ilustrada no Quadro 22.

DESCRIÇÃO	NÍVEL DE MATURIDADE	NÚMERO FUZZY
Nenhuma implementação (NI)	(NI)	(0,00; 0,00; 0,20)
Baixa implementação (BI)	(BI)	(0,05; 0,2; 0,35)
Parcialmente implementada (PAI)	(PAI)	(0,35; 0,5; 0,65)
Implementada (I)	(I)	(0,65; 0,80; 0,95)
Plenamente implementada (PI)	(PI)	(0,80;1,00; 1,00)

Quadro 22 - Termos linguísticos avaliação para média e alta complexidade.

Fonte: Autoria própria.

As escalas de medição foram utilizadas na avaliação do questionário, que serviu para mensurar a maturidade *Lean Manufacturing* de três empresas, para que seja possível gerar uma quantidade de dados substanciais e além de avaliar empresas de diferentes portes. Os gestores foram encarregados de responder o questionário, justificado pela experiência prática e teórica vivenciada.

5.2 QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DA MATURIDADE LEAN MANUFACTURING

Na composição do questionário, são avaliados os cinco critérios e cada uma possui seus respectivos indicadores que foram alocados ordenadamente, do indicador mais rudimentar para o mais sofisticado, abrangendo no total de 59 indicadores, de acordo com a classificação dos especialistas. Em seguida verificou-se a complexidade de cada indicador para atribuir-lhes as escalas e conseqüentemente as formas de

avaliação, sendo classificadas pelos especialistas como níveis básicos, intermediários e avançados. No Quadro 25 é possível observar o questionário completo.

- Questões de Nível básico: Solicitou-se para os gestores das empresas assinalarem com um “X” as questões de acordo com a situação atual que se encontra a sua empresa levando em conta os seguintes critérios: NI (Não Implementado), PI (Parcialmente Implementado) e por fim, I (Implementado). Segue Quadro 23, que demonstra as questões classificadas em nível básico

CRITÉRIO	INDICADORES	NI	PI	I
QUALIDADE	Q1. Em que nível se encontra o programa de organização implementado? (5S ou similar)			
	Q2. Em que nível está implementado o 5W2H - Cinco porquês de análise de causa raiz está nos problemas?			
	Q3. Em que nível está às inspeções de qualidade na fonte realizada pelos próprios operadores?			
	Q4. Em que nível está à padronização dos procedimentos operacionais (padrão)?			
	Q5. O sistema para detecção de anormalidades e aplicação de ação corretiva, estão implementados?			
	Q6. As ações para controle e redução de retrabalhos e refugos são efetivas?			
	Q7. Os indicadores de processo e resultados relativos à qualidade são utilizados frequentemente?			
	Q8. Em que nível se encontra a divulgação dos dados coletados no controle estatístico para os envolvidos no processo?			
	Q9. Em qual condição encontra-se o feedback para sugestão de melhoria dos colaboradores?			
RECURSOS HUMANOS	R1. A empresa possui Lean como visão e missão efetivos?			
	R2. Em que nível se encontra os treinamentos sobre filosofia, princípios e práticas Lean Manufacturing?			
	R3. Em qual condição encontra-se o feedback para a sugestão de melhoria dos colaboradores?			
CLIENTE	C1. Em que nível se encontra o programa que os clientes dão um feedback de qualidade do serviço/produto?			
	C2. Em que nível se encontra as alianças estratégicas e parcerias de longo prazo entre clientes e fornecedores?			
FORNECEDOR	F1. Existe a checagem da qualidade dos produtos dos fornecedores implementada?			
	F2. Em que nível se encontra os feedbacks aos fornecedores em relação à qualidade e desempenho de entrega?			
SISTEMA PRODUTIVO	S1. Em que nível se encontra o Mapeamento de fluxo de valor dos processos?			
	S2. Em que nível se encontra o conhecimento das capacidades dos processos e da fábrica?			
	S3. Em que situação se encontra o conhecimento sobre os tempos de setup dos equipamentos?			
	S4. Existe dedicação de recursos (pessoas e equipamentos) para fabricação de famílias de produtos que possuem processos semelhantes?			
	S5. Os Lead times de cada matéria-prima e produtos são conhecidos?			
	S6. Em que nível se encontra a utilização dos dispositivos visuais?			
	S7. Qual nível de implementação da autonomia na empresa?			
	S8. Como se encontra a identificação e planos de ação para eliminação dos 7 resíduos			

Quadro 23 - Questões de nível básico.

Fonte: Autoria própria.

Questões de Nível intermediário e questões de nível avançado: Solicitou-se aos gestores das empresas que assinalassem com um “X” as questões de acordo com a situação que as empresas se encontravam, considerando os seguintes critérios: NI (Nenhuma implementação), P (Pouco implementado), PI (Parcialmente Implementado), I (Implementado) e PE (Plenamente implementado). Segue Quadro 24, que demonstra as questões classificadas em nível intermediário.

CRITÉRIO	INDICADORES	NI	P	PI	I	PE
QUALIDADE	Q1. Em que nível está o trabalho de melhoria contínua dos produtos?					
	Q2. Em que nível estão implementadas as auditorias da qualidade?					
	Q3. Em que nível se encontra a participação do fornecedor e do cliente em programas de desenvolvimento de qualidade?					
RECURSOS HUMANOS	R1. Os treinamentos de educação multi-habilidades estão implementados em todos os níveis hierárquicos?					
	R2. Existem programas que incluem a participação dos colaboradores em todas as etapas da organização periodicamente					
CLIENTE	C1. Em que condição se encontra a distribuição JIT ao cliente?					
	C2. Em que nível os clientes estão envolvidos em ofertas de produtos atuais e futuras?					
FORNECEDOR	F1. A política de parcerias de longo prazo com fornecedores, está implementada?					
	F2. Existe o programa de envolvimento de fornecedores no desenvolvimento de novos produtos?					
	F3. Em que nível se encontra a entrega JIT pelos principais fornecedores?					
SISTEMA PRODUTIVO	S1. O sistema de entregas Just in Time ao longo da cadeia de suprimentos está implementado?					
	S2. Em que nível se encontra a implementação do Lean Benchmarking da empresa?					
	S3. Em que nível está a padronização de todos os produtos da empresa?					

Quadro 24 - Questões de nível intermediário.

Fonte: Autoria própria.

No Quadro 25 está exposto as questões do modelo, no qual os especialistas classificaram como sendo questões de nível avançado.

CRITÉRIO	INDICADORES	NI	P	PI	I	PE
QUALIDADE	Q1. O 5S está integrado no sistema de gerenciamento efetivamente?					
	Q2. Em que situação se encontra o programa de melhoria Kaizen?					
	Q3. Existem grupos de melhorias, que desenvolvem atividades utilizando ferramentas da qualidade, em que nível de implementação estes grupos se encontram?					
	Q4. Em qual situação se encontra o controle estatístico de processos da empresa?					
	Q5. Qual a situação da inspeção em 100% dos itens produzidos?					
	Q6. Os dispositivos a prova de erro estão implementados no processo?					
RECURSOS HUMANOS	R1. Em que nível está implementada a cultura de aprendizagem dentro da organização?					
	R2. Em qual nível se encontra o programa de desenvolvimento efetivo de liderança?					
	R3. Existem equipes multifuncionais dentro da empresa, em que nível estão implementadas?					
	R4. Em que nível está implementado o programa, no qual os operadores têm oportunidade de exercitar suas habilidades multifuncionais					
CLIENTE	C1. Em que nível se encontra a avaliação dos comentários realizados pelos clientes e a partir desta, planos de ações?					
	C2. O programa no qual leva em considerações as especificações de valor em termos de ponto de vista do cliente está implementado?					
	C3. Em que nível se encontra a implementação do processo de produção puxada (encomenda) pelos clientes?					
FORNECEDOR	F1. Existem dispositivos para puxar as entregas dos fornecedores externos com informações sobre o que é pedido, em que momento deve chegar (dia e hora), quantidade e onde armazenar?					
	F2. Em que nível se encontra a avaliação e certificação dos fornecedores?					
SISTEMA PRODUTIVO	S1. A que passo está a padronização de procedimentos operacionais e de matérias-primas?					
	S2. Em que nível está a padronização de ferramentas e equipamentos?					
	S3. Está implementada o sistema de produção puxada e em pequenos lotes?					
	S4. Qual o nível de implementação do Kanban e do FIFO?					
	S5. Em que nível se encontra a eficiência do ciclo do processo?					
	S6. A que passo se encontra a Manutenção produtiva total (TPM) da empresa?					
	S7. Em que nível se encontra a aplicação dos indicadores do processo e análise de seus resultados?					

Quadro 25 - Questões de nível avançado.

Fonte: Autoria própria.

Para responder o questionário as empresas não foram informadas sobre a classificação de níveis das questões, para que deste modo não interferisse ao responderem as questões. Ressaltou-se apenas para que os respondentes

contestassem as questões de acordo com o nível de implementação das ferramentas e práticas LM em suas respectivas empresas de acordo com as escalas linguísticas.

Continua

CRITÉRIOS	INDICADORES	BÁSICO	INTERM.	AVANÇ.
QUALIDADE	Q1. Em que nível se encontra o programa de organização implementado? (5S ou similar)			
	Q2. Em que nível está implementado o 5W2H - Cinco porquês de análise de causa raiz está nos problemas?			
	Q3. Em que nível está às inspeções de qualidade na fonte realizada pelos próprios operadores?			
	Q4. O 5S está integrado no sistema de gerenciamento efetivamente?			
	Q5. Em que situação se encontra o programa de melhoria Kaizen?			
	Q6. Em que nível está à padronização dos procedimentos operacionais (padrão)?			
	Q7. Existem grupos de melhorias, que desenvolvem atividades utilizando ferramentas da qualidade, em que nível de implementação estes grupos se encontram?			
	Q8. Em que nível está o trabalho de melhoria contínua dos produtos?			
	Q9. Em qual situação se encontra o controle estatístico de processos da empresa?			
	Q10. Qual a situação da inspeção em 100% dos itens produzidos?			
	Q11. Os dispositivos a prova de erro estão implementados no processo?			
	Q12. O sistema para detecção de anormalidades e aplicação de ação corretiva, estão implementados?			
	Q13. As ações para controle e redução de retrabalhos e refugos são efetivas?			
	Q14. Os indicadores de processo e resultados relativos à qualidade são utilizados frequentemente?			
	Q15. Em que nível se encontra a divulgação dos dados coletados no controle estatístico para os envolvidos no processo?			
	Q16. Em que nível estão implementadas as auditorias da qualidade?			
	Q17. Em que nível se encontra a participação do fornecedor e do cliente em programas de desenvolvimento de qualidade?			
RECURSOS HUMANOS	R1. A empresa possui Lean como visão e missão efetivos?			
	R2. Em que nível se encontra os treinamentos sobre filosofia, princípios e práticas Lean Manufacturing?			
	R3. Em que nível está implementada a cultura de aprendizagem dentro da organização?			
	R4. Em qual nível se encontra o programa de desenvolvimento efetivo de liderança?			
	R5. Os treinamentos de educação multi-habilidades estão implementados em todos os níveis hierárquicos?			
	R6. Existem equipes multifuncionais dentro da empresa, em que nível estão implementadas?			
	R7. Em que nível está implementado o programa, no qual os operadores tem oportunidade de exercer suas habilidades multifuncionais			
	R8. Existem programas que incluem a participação dos colaboradores em todas as etapas da organização periodicamente			
	R9. Em qual condição encontra-se o feedback para sugestão de melhoria dos colaboradores?			
CLIENTE	C1. Em que condição se encontra a distribuição JIT ao cliente?			
	C2. Em que nível se encontra a implementação do processo de produção puxada (encomenda) pelos clientes?			
	C3. Em que nível os clientes estão envolvidos em ofertas de produtos atuais e futuras?			
	C4. O programa no qual leva em considerações as especificações de valor em termos de ponto de vista do cliente está implementado?			
	C5. Em que nível se encontra o programa que os clientes dão um feedback de qualidade do serviço/produto?			
	C6. Em que nível se encontra a avaliação dos comentários realizados pelos clientes e a partir desta, planos de ações?			
	C7. Em que nível se encontra as alianças estratégicas e parcerias de longo prazo entre clientes e fornecedores?			
FORNECEDOR	F1. Esta implementada a política de fornecedores únicos e confiáveis?			
	F2. A política de parcerias de longo prazo com fornecedores, está implementada?			
	F3. Existe a checagem da qualidade dos produtos dos fornecedores implementada?			
	F4. Em que nível se encontra os feedbacks aos fornecedores em relação à qualidade e desempenho de entrega?			
	F5. Existe o programa de envolvimento de fornecedores no desenvolvimento de novos produtos?			
	F6. Em que nível se encontra a avaliação e certificação dos fornecedores?			
	F7. Em que nível se encontra a entrega JIT pelos principais fornecedores?			
	F8. Existem dispositivos para puxar as entregas dos fornecedores externos com informações sobre o que é pedido, em que momento deve chegar (dia e hora), quantidade e onde armazenar?			

SISTEMA PRODUTIVO	SP1. Em que nível se encontra o Mapeamento de fluxo de valor dos processos?			
	SP2. A que passo está a padronização de procedimentos operacionais e de matérias-primas?			
	SP3. Em que nível está a padronização de ferramentas e equipamentos?			
	SP4. Em que nível se encontra o conhecimento das capacidades dos processos e da fábrica?			
	SP5. Está implementada o sistema de produção puxada e em pequenos lotes?			
	SP6. O sistema de entregas Just in Time ao longo da cadeia de suprimentos está implementado?			
	SP7. Qual o nível de implementação do Kanban e do FIFO?			
	SP8. Em que nível se encontra a eficiência do ciclo do processo?			
	SP9. Em que situação se encontra o conhecimento sobre os tempos de setup dos equipamentos?			
	SP10. Existe dedicação de recursos (pessoas e equipamentos) para fabricação de famílias de produtos que possuem processos semelhantes?			
	SP11. Os Lead times de cada matéria-prima e produtos são conhecidos?			
	SP12. Em que nível se encontra a utilização dos dispositivos visuais?			
	SP13. Qual nível de implementação da autonomia na empresa?			
	SP14. A que passo se encontra a Manutenção produtiva total (TPM) da empresa?			
	SP15. Em que nível se encontra a implementação do Lean Benchmarking da empresa?			
	SP16. Em que nível está a padronização de todos os produtos da empresa?			
	SP17. Como se encontra a identificação e planos de ação para eliminação dos 7 resíduos			
	SP18. Em que nível se encontra a aplicação dos indicadores do processo e análise de seus resultados?			

Quadro 26 - Questionário do modelo de avaliação.

Fonte: Autoria própria.

Por meio dos questionários desenvolveu-se as etapas seguintes, na qual primeiramente avaliou-se cada critério separadamente, a fim de verificar os itens que precisam ter mais atenção e os itens que estão com melhor desempenho. Na sequência avaliou-se globalmente todos os critérios e pôde-se classificar quão LM as empresas são no momento da pesquisa.

6 APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

A aplicação do modelo de avaliação LM, utilizou como objetos de análises ramos de atuação como Agronegócio e ramo Alimentício, não possuindo diferenciação de portes, mas que possuam o *Lean Manufacturing* implementado, diferentemente do tempo e do nível de aplicação do LM.

6.1 DESCRIÇÃO DOS OBJETOS DE ANÁLISE (EMPRESAS)

Um fator a ser destacado na escolha das empresas é a de que as mesmas facilitaram acesso aos dados e informações ao pesquisador. O Quadro 27 representa, de maneira sucinta, o perfil das empresas objetos de análise e o porte das empresas que se classifica de acordo com número de empregados IBGE – Critérios de Classificação do porte das Empresas:

EMPRESA	SETOR	Nº DE COLABORADORES	REGIÃO	PORTE DAS EMPRESAS	ÁREAS COM LM IMPLEMENTADO	ATUAÇÃO DO RESPONDENTE
ALPHA	ALIMENTÍCIO	495	SUL BRASIL	MÉDIA	INDUSTRIAL	GERENTE
BETA	ALIMENTÍCIO	650	CENTRO OESTE BRASIL	GRANDE	INDUSTRIAL	GERENTE
OMEGA	AGRONEGÓCIO	3000	SUL BRASIL	GRANDE	TODAS	GERENTE

Quadro 27 - Perfil das empresas em análise.
Fonte: Autoria própria.

Aplicou-se o modelo em três indústrias, sendo solicitado que para conservação de sigilo do nome das empresas, identifica-se as com nomes fantasias. As empresas objetos de análise são de diversas regiões Centro-Oeste e Sul do Brasil.

6.2 DESCRIÇÃO DA COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Como coleta de dados, seguiram-se as seguintes fontes de evidências descritas a seguir, na qual primeiramente o questionário do Modelo de Avaliação da Maturidade LM tem como objetivo avaliar o grau de maturidade LM das empresas. O

questionário é constituído de cinco critérios e 59 indicadores, todos direcionados para avaliação da maturidade LM e o nível que se encontra os critérios. O questionário foi aplicado em duas etapas, sendo:

1) Alinhamento do Método com os especialistas *Lean*: para a constituição dos pesos de cada indicador em relação à implementação LM, foram fornecidos pesos para posterior ponderação através da abordagem *TOPSIS*, o questionário foi enviado para três especialistas *Lean*, sendo que estes classificaram os indicadores em níveis básicos, intermediários e avançados, de acordo com a visão do especialista na implementação LM e atribuiu-se maior importância na comparação entre os indicadores.

2) Aplicação do questionário nas empresas: para análise de cada caso das empresas, o questionário foi avaliado pelos gestores de três empresas que foram objetos de análise citadas anteriormente, pela qual investigou os critérios e os indicadores dos mesmos, a fim de obter um grau de avaliação de cada um. A escala linguística utilizada no questionário utilizada abordagem Fuzzy-TOPSIS, como pode ser descrita a seguir no Quadro 28.

Variável Linguística	Número <i>Fuzzy</i> Triangular
Nenhuma Implementação (NI)	(0; 0; 0,02)
Pouca Implementação (PI)	(0,05; 0,2; 0,35)
Relativamente Implementada (PI)	(0,35; 0,5; 0,65)
Implementada (I)	(0,65; 0,8; 0,95)
Plenamente (P)	(0,8; 1; 1)

Quadro 28 - Escala Linguística.

Fonte: Autoria própria.

Além disso, outras fontes foram utilizadas como conversas informais com pessoas diretamente ligadas no processo de implementação LM, com o objetivo de obter conhecimento diversificado de como ocorrem as atividades em visões diversas.

6.3 ANÁLISE DOS DADOS

Nos resultados primeiramente realizou-se uma análise parcial de cada critério em relação às três empresas, para demonstrar o desempenho individual de cada uma em relação a cada questão de cada critério, sendo estes: qualidade, cliente,

fornecedor, recursos humanos e sistema produtivo. Com esta síntese realizada de cada questão, acredita-se que possa colaborar com as empresas no direcionamento de seus esforços para os critérios que apresentam o menor desempenho, a fim de que possa alcançar o sucesso *Lean Manufacturing* em todos os critérios, ou melhor em todos os requisitos dos mais básicos aos mais avançados.

6.3.1 Agregação dos pesos de cada critério

Os pesos foram distribuídos de acordo com a classificação dos três especialistas em LM, onde é descrito anteriormente no Quadro 18. A partir da atribuição de peso dada pelos especialistas foi possível obter os pesos individuais de cada nível classificando-os como básico, intermediário e avançado de cada critério de acordo com Quadro 29. O intuito foi que além de saber o quão LM a empresa é, fosse possível identificar o desempenho individual de cada critério e de cada questão avaliada posteriormente.

CRITÉRIO	QUALIDADE	CLIENTE	RECURSOS HUMANOS	FORNECEDOR	S. PRODUT.
NÍVEL	PESOS				
Básico	0,451	0,1429	0,4444	0,125	0,4259
Intermediário	0,5098	0,6667	0,5185	0,625	0,5185
Avançado	0,0392	0,1905	0,037	0,25	0,0556

Quadro 29 - Peso básico, intermediário e avançado de cada critério.
Fonte: Autoria própria.

Na sequência realizou-se o resultado da avaliação de critério de cada empresa e avaliando as questões individualmente.

6.3.1.1 Empresa Alpha

Para cada critério existem pesos para os níveis básicos, intermediário e avançado, para que deste modo fosse possível levar em consideração os pesos que especialistas agregaram e a partir disto saber quão LM é cada critério e sugerir os

pontos de melhoria. Deste modo é possível que a empresa saiba em quais questões possuem menor desempenho e assim, possa direcionar suas ações para aumentar o nível LM de sua empresa.

6.3.1.1.1 Critério Qualidade

Realizou-se uma análise para cada questão, que está descrita no Quadro 30, exemplificando para a empresa Alpha, no qual possui basicamente todo cálculo realizado para enfim encontrar o resultado da avaliação de cada questão do critério Qualidade.

CRITÉRIOS	INDICADORES	E1	E2	E3	Classificação	Básico	Intermediário	Avançado	Multiplicador	Empresa A	Resultado Avaliação
QUALIDADE	Q1	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	0,667	0,0069
	Q2	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	0,667	0,0069
	Q3	S0	S0	S1	0,33	0,67	20,33	0,00	0,0104	0,667	0,0069
	Q4	S0	S1	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0104	0,400	0,0041
	Q5	S0	S1	S0	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	0,400	0,0041
	Q6	S0	S0	S0	0,00	1,00	0,00	0,00	0,0104	0,667	0,0069
	Q7	S1	S1	S0	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0104	0,400	0,0041
	Q8	S2	S2	S0	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0104	0,400	0,0041
	Q9	S2	S1	S0	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0104	0,600	0,0062
	Q10	S1	S1	S0	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0104	0,200	0,0021
	Q11	S0	S1	S0	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	0,400	0,0041
	Q12	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	0,667	0,0069
	Q13	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	0,667	0,0069
	Q14	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	1,000	0,0104
	Q15	S1	S0	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0104	0,667	0,0069
	Q16	S1	S2	S0	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0104	0,200	0,0021
	Q17	S2	S2	S0	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0104	0,200	0,0021

Quadro 30 - Resultado da avaliação das questões do critério qualidade - Empresa Alpha.
Fonte: Autoria Própria.

Em relação ao critério Qualidade na avaliação da empresa Alpha, pode-se afirmar que a questão Q14 foi a questão que apresentou o melhor desempenho em relação as demais, entende-se que os indicadores, processos e resultados relativos à qualidade são utilizados e estão com melhor desempenho dentre todas questões do indicador qualidade.

Relacionado as questões que obtiveram o menor desempenho comparadas as demais, pode-se citar as questões Q4, Q5, Q7, Q8, Q10, Q11, Q16 e Q17, sendo estas pontos de melhoria que foram identificados com a aplicação do modelo, são as questões relacionadas: integração do 5S no sistema de gerenciamento, programa de melhoria Kaizen, grupos de melhoria, que desenvolvem atividades utilizando

ferramentas da qualidade, melhoria contínua dos produtos, inspeção de 100% dos itens produzidos, implementação dos dispositivos a prova de erro, implementação de auditorias da qualidade e participação do fornecedor e do cliente em programas de desenvolvimento da qualidade.

Em referência às questões que apresentaram desempenho intermediário dentro do critério qualidade, citam-se as questões Q1, Q2, Q3, Q6, Q9, Q12, Q13 e Q15 estas relacionadas a implementação do 5S, implementação do 5W2H, inspeção na fonte realizada pelos próprios operadores, padronização dos procedimentos operacionais padrão, controle estatístico de processos, implementação do sistema de detecção de anormalidades e aplicação de ação corretiva, ações para controle e redução de retrabalhos e refugos e divulgação dos dados coletados no controle estatístico para os envolvidos no processo.

No estudo de Vieira 2017, a prática sugestões de melhorias – kaizen encontrava-se implementada ou com inconsistências menos consideráveis na implementação. Nesta situação, verificou-se que a direção da empresa mantém pequena relação com as sugestões de melhorias dos colaboradores, constatando-se também que não existem nem programas de recompensas por atividades de melhoria contínua, como também não se evidenciou registros de treinamento dos colaboradores no tema *Lean Manufacturing*. Já em relação a prática 5S – organização e limpeza as médias empresas encontram-se implementado de forma satisfatória.

6.3.1.1.2 Critério Cliente

Realizou-se análise criteriosa para cada questão, que está descrita a seguir no Quadro 31, no qual possui basicamente todo cálculo realizado para enfim encontrar o resultado da avaliação de cada questão do critério Cliente.

CRITÉRIOS	INDICADORES	E1	E2	E3	Classificação	Básico	Intermediário	Avançado	Multiplicador	Empresa A	Resultado Avaliação
CLIENTE	C1	S2	S2	S0	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0273	0,4000	0,0109
	C2	S1	S1	S1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0273	0,6000	0,0164
	C3	S1	S2	S1	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0273	0,4000	0,0109
	C4	S2	S1	S1	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0273	0,4000	0,0109
	C5	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0273	0,6667	0,0182
	C6	S1	S0	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0273	0,6000	0,0164
	C7	S2	S2	S0	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0273	0,6667	0,0182

Quadro 31 - Resultado da avaliação das questões do critério cliente - Empresa Alpha.
Fonte: Autoria Própria.

Relacionadas as questões que demonstraram melhor desempenho dentre as demais, citam-se as questões C5 e C7, sendo estas pertinentes ao *feedback* que os clientes dão sobre serviços/produtos fornecidos pelas empresas respondentes e alianças estratégicas e parcerias de longo prazo com clientes.

Já com referência as questões com mais baixo desempenho no critério cliente que as demais, citam-se C1, C3, C4 sendo que estas abordam a distribuição JTI ao cliente, envolvimento dos clientes nas ofertas de produtos atuais e futuros, e programa de especificações do valor do ponto de vista do cliente.

Entre as questões que obtiveram desempenho intermediários, pode-se mencionar as questões C2 e C6 na qual são relacionadas a produção puxada pelos clientes e planos de ação a partir dos comentários realizados pelos clientes. Já no trabalho de Vieira 2017, a prática melhoria contínua de produtos estava implementada e nas medias empresas, a procura por melhoria nos produtos produzidos era realizada de forma contínua e com envolvimento de clientes e fornecedores.

6.3.1.1.3 Critério Recursos Humanos

Realizou-se a análise criteriosa para cada questão, que está descrita a seguir no Quadro 32, no qual possui basicamente todo cálculo realizado para enfim encontrar o resultado da avaliação de cada questão do critério recursos humanos.

CRITÉRIOS	INDICADORES	E1	E2	E3	Classificação	Básico	Intermediário	Avançado	Multiplicador	Empresa A	Resultado Avaliação
RECURSOS HUMANOS	R1	S0	S0	S0	0,00	1,00	0,00	0,00	0,0229	0,3333	0,0076
	R2	S0	S0	S0	0,00	1,00	0,00	0,00	0,0229	0,3333	0,0076
	R3	S1	S0	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0229	0,6000	0,0137
	R4	S0	S1	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0229	0,6000	0,0137
	R5	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0229	0,2000	0,0046
	R6	S1	S1	S0	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0229	0,6000	0,0137
	R7	S1	S1	S0	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0229	0,6000	0,0137
	R8	S2	S2	S0	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0229	0,2000	0,0046
	R9	S2	S1	S0	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0229	0,3333	0,0076

Quadro 32 - Resultado da avaliação das questões do critério recursos humanos - Empresa Alpha.

Fonte: Autoria Própria.

No que se refere ao critério recursos humanos as questões que obtiveram o melhor desempenho foram as questões R3, R4, R6 e R7, sendo estas questões relacionadas a cultura de aprendizagem dentro da empresa, desenvolvimento efetivo

da liderança, equipes multifuncionais e habilidades multifuncionais de operadores em diversas áreas.

As questões que alcançaram o menor desempenho dentre as demais foram a R5 e a R8, e estas questões estão relacionadas a treinamento multi-habilidades em todos níveis hierárquicos e participação dos colaboradores em todas etapas da organização.

Já com referência as questões que obtiveram desempenho intermediário citam-se as questões R1, R2 e R9, estas questões são relacionadas a visão e missão Lean efetivos dentro da empresa, treinamentos sobre a filosofia, princípios e práticas LM e *feedback* dos colaboradores com sugestões de melhoria. De acordo com Vieira 2017, a prática liderança Lean está implementada satisfatoriamente nas empresas de porte médio de seu estudo. Diante disso, foi possível verificar por meio de entrevista com gestores e operadores que, no momento que acontece algum problema, os ligados ao processo atuam eficazmente na resolução e a gestão da empresa realiza o *feedback* com os colaboradores quando estes realizam sugestões de melhorias para o processo.

6.3.1.1.4 Critério Fornecedor

Realizou-se análise criteriosa para cada questão, que está descrita a seguir no Quadro 33, no qual possui basicamente todo cálculo realizado para enfim encontrar o resultado da avaliação de cada questão do critério fornecedor.

CRITÉRIOS	INDICADORES	E1	E2	E3	Classificação	Básico	Intermediário	Avançado	Multiplicador	Empresa A	Resultado Avaliação
FORNECEDOR	F1	S1	S1	S1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0220	0,4000	0,0088
	F2	S2	S2	S1	1,67	0,00	0,33	0,67	0,0220	0,2000	0,0044
	F3	S0	S1	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0220	1,0000	0,0220
	F4	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0220	0,6667	0,0147
	F5	S2	S2	S1	1,67	0,00	0,33	0,67	0,0220	0,6000	0,0132
	F6	S1	S1	S1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0220	0,2000	0,0044
	F7	S1	S2	S1	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0220	0,2000	0,0044
	F8	S2	S1	S1	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0220	0,4000	0,0088

Quadro 33 - Resultado da avaliação das questões do critério fornecedor – Empresa Alpha.
Fonte: Autoria Própria.

Relativo as questões que apresentaram melhor desempenho dentro do critério fornecedor foram as questões F3, F4 e F5, sendo estas questões relacionadas a

checagem da qualidade dos produtos dos fornecedores, feedback aos fornecedores em relação a qualidade e desempenho da entrega.

Para as questões que obtiveram o desempenho mais baixo, citam-se as questões F2, F6 e F7, sendo estas relacionadas a política de parceria com fornecedores, avaliação e certificação de fornecedores e entrega JIT pelos fornecedores, pode-se dizer que são os pontos que a empresa precisa unir maiores esforços para conquistar o sucesso LM.

Em relação as questões de nível intermediário citam-se F1 e F8 sendo estas políticas de fornecedores únicos e confiáveis e dispositivos para puxar a entrega dos fornecedores externos com informações sobre chegada de matérias-primas. Em relação ao estudo de Vieira 2017, a integração com fornecedores está implementada de maneira satisfatória, no qual observou-se aplicação de registros de fornecedores em conformidade com o prazo de entrega, quantidade e qualidade dos produtos fornecidos. Esta avaliação possui sequência semestral, na qual produz um conceito para cada fornecedor.

6.3.1.1.5 Critério Sistema Produtivo

Realizou-se análise criteriosa para cada questão, que está descrita a seguir no Quadro 34, no qual possui basicamente todo cálculo realizado para enfim encontrar o resultado da avaliação de cada questão do critério Sistema Produtivo.

CRITÉRIOS	INDICADORES	E1	E2	E3	Classificação	Básico	Intermediário	Avançado	Multiplicador	Empresa A	Resultado Avaliação
SISTEMA PRODUTIVO	SP1	S0	S0	S0	0,00	1,00	0,00	0,00	0,0139	0,3333	0,0046
	SP2	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	0,6000	0,0083
	SP3	S1	S0	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0139	0,6000	0,0083
	SP4	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	0,6667	0,0093
	SP5	S1	S1	S1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0139	0,2000	0,0028
	SP6	S1	S2	S0	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0139	0,2000	0,0028
	SP7	S0	S1	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0139	0,6000	0,0083
	SP8	S1	S1	S1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0139	0,2000	0,0028
	SP9	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	0,6667	0,0093
	SP10	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	0,6667	0,0093
	SP11	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	0,6667	0,0093
	SP12	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	0,6667	0,0093
	SP13	S1	S0	S0	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	0,6667	0,0093
	SP14	S1	S1	S0	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0139	0,2000	0,0028
	SP15	S2	S2	S0	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0139	0,2000	0,0028
	SP16	S2	S2	S1	1,67	0,00	0,33	0,67	0,0139	0,6000	0,0083
	SP17	S0	S0	S0	0,00	1,00	0,00	0,00	0,0139	0,6667	0,0093
	SP18	S1	S1	S1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0139	0,6000	0,0083

Quadro 34 - Resultado da avaliação das questões do critério Sistema Produtivo – Empresa Alpha.

Fonte: Autoria Própria.

Referente as questões que obtiveram o melhor desempenho dentre as demais, pode-se citar as questões SP4, SP9, SP10, SP11, SP12, SP13 e SP17, sendo estas relacionadas a assuntos como, conhecimento da capacidade do processo, conhecimento sobre os tempos de setup, dedicação de recursos e equipamento para produção de família de produtos com processos semelhantes, conhecimento do *lead time* de cada matéria-prima e produtos, utilização de dispositivos visuais, implementação da automação na empresa e planos de ação para eliminação dos 7 resíduos.

Já as questões que apresentaram o menor desempenho dentre as demais e podem ser alvos de ações de melhorias, podem-se citar as questões SP5, SP6, SP8, SP14 e SP15, que são referentes ao sistema de produção puxada e em pequenos lotes de produção, o sistema JIT ao longo da cadeia de suprimentos, eficiência do ciclo do processo, situação da TPM da empresa e implementação do *Lean Benchmarking* da empresa.

Para as questões que alcançaram o nível intermediário do critério sistema produtivo, podem-se citar as questões SP1, SP2, SP3, SP7, SP16 e SP18, no qual citam-se como questões o nível de mapeamento do fluxo de valor do processo, padronização de procedimentos operacionais e de matérias-primas, padronização de ferramentas e equipamentos, implementação Kanban e do FIFO, padronização de todos os produtos da empresa e aplicação dos indicadores de processo e análise de resultados.

No trabalho de Vieira 2017, a prática gestão visual esta implementada de forma adequada, bem como foi observado que nas empresas eram utilizadas faixas demarcadas nos corredores e locais de armazenamento de matérias-primas e materiais empregados no processo produtivo.

6.3.1.2 Empresa Beta

Para cada critério existem pesos para os níveis básicos, intermediário e avançado, para que deste modo fosse possível levar em consideração os pesos que especialistas agregaram e a partir deste saber quão LM é cada critério e sugerir os

pontos de melhoria. Deste modo é possível que a empresa saiba quais questões possuem menor desempenho e assim, possa direcionar suas ações para aumentar o nível LM de sua empresa.

6.3.1.2.4 Critério Qualidade

Realizou-se análise criteriosa para cada questão, que está descrita a seguir no Quadro 35, no qual possui basicamente todo cálculo realizado para enfim encontrar o resultado da avaliação de cada questão do critério Qualidade.

CRITÉRIOS	INDICADORES	E1	E2	E3	Classificação	Básico	Intermediário	Avançado	Multiplicador	Empresa B	Resultado Avaliação
QUALIDADE	Q1	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	1,0000	0,01035
	Q2	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	1,0000	0,01035
	Q3	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	0,6667	0,00690
	Q4	S0	S1	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0104	0,8000	0,00828
	Q5	S0	S1	S0	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	1,0000	0,01035
	Q6	S0	S0	S0	0,00	1,00	0,00	0,00	0,0104	0,6667	0,00690
	Q7	S1	S1	S0	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0104	1,0000	0,01035
	Q8	S2	S2	S0	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0104	0,6000	0,00621
	Q9	S2	S1	S0	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0104	0,8000	0,00828
	Q10	S1	S1	S0	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0104	0,8000	0,00828
	Q11	S0	S1	S0	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	0,6000	0,00621
	Q12	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	0,6667	0,00690
	Q13	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	1,0000	0,01035
	Q14	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	1,0000	0,01035
	Q15	S1	S0	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0104	1,0000	0,01035
	Q16	S1	S2	S0	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0104	0,8000	0,00828
	Q17	S2	S2	S0	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0104	0,6000	0,00621

Quadro 35 - Resultado da avaliação das questões do critério Qualidade – Empresa Beta.

Fonte: Autoria Própria.

Em relação as questões que apresentaram o melhor desempenho no critério qualidade, podem-se citar as questões Q1, Q2, Q5, Q7, Q13, Q14 e Q15, nas quais incluem ações como a implementação do programa 5S, implementação do 5W2H, programa de melhoria Kaizen, grupos de melhoria desenvolvendo atividades que utilizam as ferramentas da qualidade, ações para controle e redução de retrabalhos e refugos, utilização dos indicadores de processo e resultado relativos a qualidade e nível de divulgação dos dados, divulgação dos dados relativos ao controle estatístico para envolvidos no processo.

Já em relação as questões que alcançaram o menor desempenho destacam-se as questões Q3, Q8, Q11 e Q17, que são questões relacionadas a inspeções de

qualidade na fonte realizada pelos operadores, trabalho de melhoria contínua dos produtos, implementação dos dispositivos a prova de erros no processo e participação dos fornecedores e clientes no desenvolvimento de programas da qualidade. Para as questões que obtiveram desempenho intermediário, sendo aquele que não tem um desempenho tão baixo, mas também pode melhorar, citam-se as questões Q4, Q6, Q9, Q10, Q12 e Q16, que são relacionadas a integração do 5S no sistema de gerenciamento, nível de padronização dos procedimentos operacionais padrão, controle estatístico de processo da empresa, sistema de detecção de anomalias e aplicação de ações corretivas e implementação das auditorias da qualidade.

Na análise de Vieira 2017, constatou-se que são utilizadas ferramentas da qualidade para análise dos dados relativos as perdas e retrabalhos, como exemplo de ferramenta cita-se o Brainstorming. Bem como, realiza-se auditorias internas e externas da qualidade, a fim de obter verificação da eficácia do sistema de gestão da qualidade e o cumprimento dos procedimentos documentados

6.3.1.2.5 Critério Cliente

Realizou-se análise criteriosa para cada questão, que está descrita a seguir no Quadro 36, no qual possui basicamente todo cálculo realizado para enfim encontrar o resultado da avaliação de cada questão do critério Cliente.

CRITÉRIOS	INDICADORES	E1	E2	E3	Classificação	Básico	Intermediário	Avançado	Multiplicador	Empresa B	Resultado Avaliação
CLIENTE	C1	S2	S2	S0	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0273	0,4000	0,0109
	C2	S1	S1	S1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0273	0,4000	0,0109
	C3	S1	S2	S1	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0273	0,4000	0,0109
	C4	S2	S1	S1	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0273	0,4000	0,0109
	C5	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0273	0,6667	0,0182
	C6	S1	S0	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0273	0,8000	0,0218
	C7	S2	S2	S0	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0273	0,6667	0,0182

Quadro 36 - Resultado da avaliação das questões do critério Cliente – Empresa Beta.

Fonte: Autoria Própria.

Com referência a questão que apresentou o melhor desempenho cita-se a questão C6, esta é referente aos planos de ações realizados a partir da avaliação dos comentários dos clientes. Verificou-se que dentro da empresa Beta é o melhor desempenho no que se refere aos clientes.

Em relação as questões com o menor desempenho podem-se citar as questões C1, C2, C3 e C4, sendo estas relacionadas a distribuição JIT aos clientes, implementação do processo de produção puxada pelos clientes, envolvimento dos clientes nas ofertas de produtos atuais e futuras e programa que considera as especificações de valor em termos do ponto de vista do cliente. Compreende-se que estes pontos sejam os que mais necessitam de atenção inicialmente e sabe-se que com auxílio do modelo pode-se verificar em quais pontos dedicar a atenção e os esforços da empresa.

Relacionadas as questões que obtiveram desempenho intermediário citam-se as questões C5 e C7, na qual tratam de feedback dos clientes no que se refere a qualidade do serviço e dos produtos e alianças estratégicas e parcerias de longo prazo entre fornecedores e clientes. No trabalho de Viera 2017, as médias empresas estavam implementadas, na qual as ordens de produção representam pedidos firmes de vendas e na grande parte das entregas eram previamente programadas com os clientes.

6.3.1.2.6 Critério Recursos Humanos

Realizou-se análise criteriosa para cada questão, que está descrita a seguir no Quadro 37, no qual possui basicamente todo cálculo realizado para enfim encontrar o resultado da avaliação de cada questão do critério Recursos Humanos.

CRITÉRIOS	INDICADORES	E1	E2	E3	Classificação	Básico	Intermediário	Avançado	Multiplicador	Empresa B	Resultado Avaliação
RECURSOS HUMANOS	R1	S0	S0	S0	0,00	1,00	0,00	0,00	0,0229	0,6667	0,0153
	R2	S0	S0	S0	0,00	1,00	0,00	0,00	0,0229	0,6667	0,0153
	R3	S1	S0	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0229	0,6000	0,0137
	R4	S0	S1	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0229	0,8000	0,0183
	R5	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0229	0,4000	0,0092
	R6	S1	S1	S0	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0229	0,8000	0,0183
	R7	S1	S1	S0	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0229	0,8000	0,0183
	R8	S2	S2	S0	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0229	0,6000	0,0137
	R9	S2	S1	S0	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0229	0,6667	0,0153

Quadro 37 - Resultado da avaliação das questões do critério Recursos Humanos – Empresa Beta.

Fonte: Autoria Própria.

As questões que apresentaram o melhor desempenho foram as questões R4, R6 e R7, sendo estas relacionadas ao programa de desenvolvimento efetivo de

liderança, equipes multifuncionais e oportunidade onde os operadores possam exercitar suas habilidades multifuncionais.

Já com relação à questão que obteve o pior desempenho cita-se a questão R5, que é relacionada ao treinamento de educação multi-habilidades em todos níveis hierárquicos, fica como ação que precisa de maior atenção perante a empresa. Referente as questões que obtiveram desempenho intermediário citam-se as questões R1, R2, R3, R8 e R9, sendo estas questões relacionadas a possuir Lean como visão e missão efetivos da empresa, treinamentos sobre filosofia e princípios e práticas LM, cultura de aprendizagem dentro da organização, programas que incluem a participação dos colaboradores em todas etapas da organização e feedback de sugestão de melhoria dos colaboradores.

No trabalho de Vieira 2017, o processo de resolução de problemas beneficia a oportunidade de descobrir a causa raiz dos problemas e não os seus culpados. Em relação as metas de produção, são desdobradas de maneira clara e objetiva de maneira que os colaboradores sejam capazes de contribuir com seu alcance.

6.3.1.2.7 Critério Fornecedor

Realizou-se análise criteriosa para cada questão, que está descrito a seguir no Quadro 38, no qual possui basicamente todo cálculo realizado para enfim encontrar o resultado da avaliação de cada questão do critério Fornecedor.

CRITÉRIOS	INDICADORES	E1	E2	E3	Classificação	Básico	Intermediário	Avançado	Multiplicador	Empresa B	Resultado Avaliação
FORNECEDOR	F1	S1	S1	S1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0220	0,6000	0,0132
	F2	S2	S2	S1	1,67	0,00	0,33	0,67	0,0220	0,6000	0,0132
	F3	S0	S1	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0220	1,0000	0,0220
	F4	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0220	0,6667	0,0147
	F5	S2	S2	S1	1,67	0,00	0,33	0,67	0,0220	0,6000	0,0132
	F6	S1	S1	S1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0220	0,8000	0,0176
	F7	S1	S2	S1	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0220	0,6000	0,0132
	F8	S2	S1	S1	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0220	0,4000	0,0088

Quadro 38 - Resultado da avaliação das questões do critério Fornecedor – Empresa Beta.

Fonte: Autoria Própria.

Em relação as questões que obtiveram o melhor desempenho no critério fornecedor citam-se as questões F3 e F6, sendo estas relacionadas a checagem da qualidade dos produtos dos fornecedores e avaliação e certificação de fornecedores. Já no tocante a questão que obteve o menor desempenho cita-se a questão F8, que é

relacionada aos dispositivos de puxar entregas dos fornecedores externos com as respectivas especificações. Nesta pode-se focar a atenção da empresa em relação ao critério fornecedor.

Referente as questões que alcançaram o nível intermediário destacam-se as questões F1, F2, F4, F5 e F7, sendo estas questões referentes a política de fornecedores únicos e confiáveis, a política de parcerias de longo prazo, *feedbacks* dos fornecedores relacionados a qualidade e desempenho da entrega, envolvimento dos fornecedores no desenvolvimento de novos produtos e nível da entrega JIT pelos principais fornecedores. Para Vieira 2017, concluiu-se que as entregas não eram realizadas em lotes pequenos por parte dos fornecedores pelo fato da distância que os mesmos se encontravam relativamente aos clientes.

6.3.1.2.8 Critério Sistema Produtivo

Realizou-se análise criteriosa para cada questão, que está descrita a seguir no Quadro 39, no qual possui basicamente todo cálculo realizado para enfim encontrar o resultado da avaliação de cada questão do critério Sistema Produtivo.

CRITÉRIOS	INDICADORES	E1	E2	E3	Classificação	Básico	Intermediário	Avançado	Multiplicador	Empresa B	Resultado Avaliação
SISTEMA PRODUTIVO	SP1	S0	S0	S0	0,00	1,00	0,00	0,00	0,0139	1,0000	0,0139
	SP2	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	0,6000	0,0083
	SP3	S1	S0	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0139	0,6000	0,0083
	SP4	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	0,6667	0,0093
	SP5	S1	S1	S1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0139	0,4000	0,0056
	SP6	S1	S2	S0	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0139	0,4000	0,0056
	SP7	S0	S1	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0139	0,8000	0,0111
	SP8	S1	S1	S1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0139	0,6000	0,0083
	SP9	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	1,0000	0,0139
	SP10	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	1,0000	0,0139
	SP11	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	1,0000	0,0139
	SP12	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	0,6667	0,0093
	SP13	S1	S0	S0	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	0,6667	0,0093
	SP14	S1	S1	S0	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0139	0,6000	0,0083
	SP15	S2	S2	S0	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0139	0,6000	0,0083
	SP16	S2	S2	S1	1,67	0,00	0,33	0,67	0,0139	0,6000	0,0083
	SP17	S0	S0	S0	0,00	1,00	0,00	0,00	0,0139	0,6667	0,0093
	SP18	S1	S1	S1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0139	0,8000	0,0111

Quadro 39 - Resultado da avaliação das questões do critério Sistema Produtivo – Empresa Beta.

Fonte: Autoria Própria.

No tocante as questões que obtiveram o melhor desempenho no critério sistema produtivo, citam-se as questões SP1, SP9, SP10 e SP11, sendo estas

relacionadas a mapeamento de fluxo de valor nos processos, conhecimento sobre os tempos de *setup* dos equipamentos e *Lead times* de cada matéria-prima e produtos.

Referente as questões que alcançaram o menor desempenho dentre as demais e necessitam de maior atenção podem-se citar as questões SP2, SP3, SP5, SP6, SP8, SP14, SP15 e SP16, sendo estas questões referentes a padronização de procedimentos operacionais e de matéria-prima, nível de padronização de ferramentas e equipamentos, sistema de produção puxada e por lotes pequenos, entregas JTI ao longo da cadeia de suprimentos.

Já relacionado as questões que apresentaram desempenho intermediário citam-se as questões SP4, SP7, SP12, SP13, SP17 e SP18, sendo estas questões relacionadas a conhecimento da capacidade de processos e da fábrica, implementação *Kanban* e do FIFO, utilização de dispositivos visuais, implementação da autonomia na empresa, identificação e planos de ação para eliminação dos 7 resíduos e aplicação dos indicadores de processo e análise de seus resultados.

Para Vieira 2017, o *lead time* dos produtos apresentavam variações de tempo, o que complicava a previsão de início e fim dos lotes. Já em relação a prática troca rápida de ferramenta, as empresas encontravam-se em estágio inicial de implementação, nestes casos, os operadores possuíam treinamentos sobre troca rápida de ferramentas e os espaços próximos a máquina, para realização dos setups.

6.3.1.3 Empresa Omega

Para cada critério existem pesos para os níveis básicos, intermediário e avançado, para que deste modo fosse possível levar em consideração os pesos que especialistas agregaram e deste modo saber quão LM é cada critério e sugerir os pontos de melhoria. Deste modo é possível que a empresa saiba quais questões possuem menor desempenho e assim, possa direcionar suas ações para aumentar o nível LM de sua empresa.

6.3.1.3.4 Critério Qualidade

Realizou-se análise criteriosa para cada questão, que está descrita a seguir no Quadro 40, no qual possui basicamente todo cálculo realizado para enfim encontrar o resultado da avaliação de cada questão do critério Qualidade.

CRITÉRIOS	INDICADORES	E1	E2	E3	Classificação	Básico	Intermediário	Avançado	Multiplicador	Empresa C	Resultado Avaliação
QUALIDADE	Q1	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	1,0000	0,0104
	Q2	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	1,0000	0,0104
	Q3	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	1,0000	0,0104
	Q4	S0	S1	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0104	1,0000	0,0104
	Q5	S0	S1	S0	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	1,0000	0,0104
	Q6	S0	S0	S0	0,00	1,00	0,00	0,00	0,0104	1,0000	0,0104
	Q7	S1	S1	S0	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0104	1,0000	0,0104
	Q8	S2	S2	S0	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0104	0,8000	0,0083
	Q9	S2	S1	S0	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0104	0,8000	0,0083
	Q10	S1	S1	S0	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0104	0,8000	0,0083
	Q11	S0	S1	S0	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	0,6000	0,0062
	Q12	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	1,0000	0,0104
	Q13	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	1,0000	0,0104
	Q14	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0104	1,0000	0,0104
	Q15	S1	S0	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0104	1,0000	0,0104
	Q16	S1	S2	S0	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0104	1,0000	0,0104
	Q17	S2	S2	S0	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0104	0,6000	0,0062

Quadro 40 - Resultado da avaliação das questões do critério Qualidade – Empresa Omega.
Fonte: Autoria Própria.

Em relação as questões que obtiveram o melhor desempenho, citam-se as questões Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6 e Q7, Q12, Q13, Q14, Q15 e Q16, sendo diversas questões que obtiveram pontuações semelhantes, o que quer dizer que as mesmas possuem melhor desempenho que as demais, isso não significa que estas questões não possam obter melhorias. Estas questões são relacionadas ao programa 5S e integração dele no sistema de gerenciamento, implementação 5W2H, inspeção de qualidade na fonte realizada pelos operadores, programa de Kaizen, padronização dos procedimentos operacionais, grupos de melhorias, que desenvolvem atividades utilizando ferramentas da qualidade, sistema de detecção de anormalidades e aplicação da ação corretiva, ações para redução de retrabalhos e refugos, indicadores de processo e resultados relativos a qualidade, divulgação dos dados coletados no controle estatístico do processo e implementação das auditorias da qualidade.

Notou-se que as questões que apresentaram o pior desempenho foram apenas duas questões Q11 e Q17, sendo estas relacionadas a implementação de

dispositivos a prova de erro e participação do fornecedor e cliente em programas de desenvolvimento da qualidade. Já no que se refere as questões que alcançaram desempenho intermediário no critério qualidade, refere-se as questões Q8, Q9 e Q10, sendo estas pertinentes ao trabalho de melhoria contínua dos produtos, controle estatístico de processos da empresa e a questão de inspeção de todos os itens produzidos.

Para Vieira 2017, as médias empresas de seu estudo possuíam controle estatístico do processo em estado inicial, com implementação nos principais pontos críticos do processo de produção. Além disso, observou-se a utilização de ferramentas da qualidade para análise de dados relativos a perdas e retrabalhos, como por exemplo brainstorming.

6.3.1.3.5 Critério Cliente

Realizou-se análise criteriosa para cada questão, que está descrito a seguir no Quadro 41, no qual possui basicamente todo cálculo realizado para enfim encontrar o resultado da avaliação de cada questão do critério Cliente.

CRITÉRIOS	INDICADORES	E1	E2	E3	Classificação	Básico	Intermediário	Avançado	Multiplicador	Empresa C	Resultado Avaliação
CLIENTE	C1	S2	S2	S0	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0273	0,2000	0,0055
	C2	S1	S1	S1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0273	0,2000	0,0055
	C3	S1	S2	S1	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0273	0,6000	0,0164
	C4	S2	S1	S1	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0273	0,8000	0,0218
	C5	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0273	1,0000	0,0273
	C6	S1	S0	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0273	0,6000	0,0164
	C7	S2	S2	S0	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0273	1,0000	0,0273

Quadro 41 - Resultado da avaliação das questões do critério Cliente – Empresa Omega.

Fonte: Autoria Própria.

Referente as questões que obtiveram performance melhor dentre as demais, são as questões C4, C5 e C7, sendo estas relacionadas a implementação do programa que leva em consideração as especificações em relação ao ponto de vista do cliente, feedback dos clientes em relação a qualidade do serviço e produto. Já relacionado as questões que atingiram o menor desempenho citam-se as questões C1, C2, estas questões são ligadas a distribuição JIT ao cliente e produção puxada pelos clientes. Este são os pontos que precisam de mais atenção em relação ao critério cliente. No tocante as questões que apresentaram desempenho intermediário

citam-se as questões C3 e C6, sendo estas questões relacionadas ao nível desenvolvimento dos clientes nas ofertas de produtos e avaliação dos comentários realizados pelos clientes.

6.3.1.3.6 Critério Recursos humanos

Realizou-se análise criteriosa para cada questão, que está descrita a seguir no Quadro 42, no qual possui basicamente todo cálculo realizado para enfim encontrar o resultado da avaliação de cada questão do critério Recursos Humanos.

CRITÉRIOS	INDICADORES	E1	E2	E3	Classificação	Básico	Intermediário	Avançado	Multiplicador	Empresa C	Resultado Avaliação
RECURSOS HUMANOS	R1	S0	S0	S0	0,00	1,00	0,00	0,00	0,0229	0,6667	0,0153
	R2	S0	S0	S0	0,00	1,00	0,00	0,00	0,0229	0,6667	0,0153
	R3	S1	S0	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0229	0,8000	0,0183
	R4	S0	S1	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0229	0,8000	0,0183
	R5	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0229	0,4000	0,0092
	R6	S1	S1	S0	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0229	0,6000	0,0137
	R7	S1	S1	S0	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0229	0,8000	0,0183
	R8	S2	S2	S0	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0229	0,6000	0,0137
	R9	S2	S1	S0	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0229	1,0000	0,0229

Quadro 42 - Resultado da avaliação das questões do critério Recursos Humanos – Empresa Omega.

Fonte: Autoria Própria.

Relacionado ao critério recursos humanos as questões R3, R4, R7 e R9 alcançaram a melhor performance dentre os demais, estas são relacionados a cultura de aprendizagem dentro da empresa, desenvolvimento do programa de liderança, programas onde os operadores têm oportunidade de praticar suas habilidades multifuncionais e *feedback* dos colaboradores em relação a sugestões de melhoria.

As questões R5, R6 e R8 atingiram o pior desempenho dentre as demais, sendo assim, são as questões que a empresa inicialmente precisa dar atenção para que alcance o sucesso LM, sendo estas relacionadas: treinamento de educação multi-habilidades em todos níveis hierárquicos da empresa, equipes multifuncionais e programas onde os colaboradores participam de todas etapas da organização. Já em referência as questões R1 e R2 classificou-as no nível intermediário onde a empresa possui um bom desempenho, mas pode melhorar, sendo estas ligadas a visão e missão *Lean* efetivo na empresa e treinamento sobre filosofia, princípios e práticas LM.

No modelo de Vieira 2017, as médias empresas possuíam operadores multifuncionais treinados nos procedimentos de trabalho e os treinamentos apresentavam registros numa matriz de multifuncionalidade. Também se observou, por meio de entrevista com os gestores e operadores, a existência de rodízio entre as funções de produção, na qual eram realizadas semanalmente.

6.3.1.3.7 Critério Fornecedor

Realizou-se análise criteriosa para cada questão, que está descrito a seguir no Quadro 43, no qual possui basicamente todo cálculo realizado para enfim encontrar o resultado da avaliação de cada questão do critério Fornecedor.

CRITÉRIOS	INDICADORES	E1	E2	E3	Classificação	Básico	Intermediário	Avançado	Multiplicador	Empresa C	Resultado Avaliação
FORNECEDOR	F1	S1	S1	S1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0220	0,6000	0,0132
	F2	S2	S2	S1	1,67	0,00	0,33	0,67	0,0220	1,0000	0,0220
	F3	S0	S1	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0220	0,6667	0,0147
	F4	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0220	1,0000	0,0220
	F5	S2	S2	S1	1,67	0,00	0,33	0,67	0,0220	0,8000	0,0176
	F6	S1	S1	S1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0220	0,8000	0,0176
	F7	S1	S2	S1	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0220	0,4000	0,0088
	F8	S2	S1	S1	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0220	0,6000	0,0132

Quadro 43 - Resultado da avaliação das questões relacionadas ao critério Fornecedor – Empresa Omega.

Fonte: Autoria Própria.

Relacionados ao critério fornecedor identificou-se as questões F2 e F4 como as que alcançaram o melhor desempenho dentre as demais, sendo estas questões sobre política de parcerias de longo prazo com fornecedores e *feedbacks* aos fornecedores em relação a qualidade e desempenho de entrega.

Já em relação as questões que apresentaram o menor desempenho, destacam-se as questões F1, F7 e F8, sendo estas ligadas a política de fornecedores únicos e confiáveis, entrega JIT pelos principais fornecedores e existência de dispositivos para puxar as entregas dos fornecedores externos que possuem todas informações necessárias.

Referente as questões que obtiveram desempenho intermediário citam-se as questões F3, F5 e F6, sendo estas ligadas a checagem da qualidade dos produtos dos fornecedores, envolvimento de fornecedores no desenvolvimento de novos produtos e avaliação e certificação dos fornecedores. Para o desenvolvimento de

excelentes fornecedores em tempo de entregas são cruciais, juntamente com bons relacionamentos e um fornecedor qualificado e leal (HERZOG; TONCHIA, 2014).

6.3.1.3.8 Critério Sistema Produtivo

Realizou-se análise criteriosa para cada questão, que está descrita a seguir no Quadro 44, no qual possui basicamente todo cálculo realizado para enfim encontrar o resultado da avaliação de cada questão do critério Sistema Produtivo.

CRITÉRIOS	INDICADORES	E1	E2	E3	Classificação	Básico	Intermediário	Avançado	Multiplicador	Empresa C	Resultado Avaliação
SISTEMA PRODUTIVO	SP1	S0	S0	S0	0,00	1,00	0,00	0,00	0,0139	1,0000	0,0139n
	SP2	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	0,8000	0,0111
	SP3	S1	S0	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0139	0,8000	0,0111
	SP4	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	1,0000	0,0139
	SP5	S1	S1	S1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0139	0,4000	0,0056
	SP6	S1	S2	S0	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0139	0,6000	0,0083
	SP7	S0	S1	S1	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0139	0,4000	0,0056
	SP8	S1	S1	S1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0139	0,8000	0,0111
	SP9	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	1,0000	0,0139
	SP10	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	1,0000	0,0139
	SP11	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	1,0000	0,0139
	SP12	S0	S0	S1	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	1,0000	0,0139
	SP13	S1	S0	S0	0,33	0,67	0,33	0,00	0,0139	0,6667	0,0093
	SP14	S1	S1	S0	0,67	0,33	0,67	0,00	0,0139	0,8000	0,0111
	SP15	S2	S2	S0	1,33	0,00	0,67	0,33	0,0139	0,2000	0,0028
	SP16	S2	S2	S1	1,67	0,00	0,33	0,67	0,0139	0,8000	0,0111
	SP17	S0	S0	S0	0,00	1,00	0,00	0,00	0,0139	0,6667	0,0093
	fSP18	S1	S1	S1	1,00	0,00	1,00	0,00	0,0139	0,8000	0,0111

Quadro 44 - Resultado da avaliação das questões do critério Sistema Produtivo – Empresa Omega.

Fonte: Autoria Própria.

Com referência ao indicador sistema produtivo, pode-se citar as questões SP1, SP4, SP9, SP10, SP11 e SP12 com o melhor desempenho dentre as demais, sendo estas relacionadas a mapeamento de fluxo de valor do processo, conhecimento das capacidades dos processos e da fábrica, conhecimento sobre os tempos de setup dos equipamentos, dedicação dos recursos para produção de famílias de produtos que possuem processos semelhantes, conhecimento do *Lead time* de todas matérias-primas e utilização de dispositivos visuais.

Já as questões SP5, SP6, SP7 e SP15 obtiveram o pior desempenho sendo estas ligadas a sistema de produção puxada e em pequenos lotes, sistema de entregas *Just in time* ao longo da cadeia de suprimentos, implementação Kanban e

do FIFO e implementação do *Lean Benchmarking* da empresa. Sugere-se a empresa que inicialmente foque nestas práticas e ferramentas para que melhore o desempenho da implementação LM.

Por fim, relacionado as questões que obtiveram desempenho mediano dentre todas as questões, citam-se SP2, SP3, SP8, SP13, SP14, SP16, SP17 e SP18 estas são relacionadas a padronização de procedimentos operacionais e matérias-primas, padronização de ferramentas e equipamentos, eficiência do ciclo do processo, implementação da autonomia na empresa, manutenção produtiva total, padronização de todos produtos da empresa e identificação dos 7 resíduos e plano de ação para eliminação dos mesmos.

No modelo de Vieira 2017, verificou-se a utilização de instruções de trabalho em todas as operações, os documentos têm revisão periódica e quando existe a necessidade de alterações, as mesmas são dispostas em locais de fácil visualização por parte dos colaboradores.

6.3.2 Avaliação final em relação aos critérios comparando as empresas

A empresa Alpha possui 1 (um) indicador de qualidade do questionário implementado plenamente, descrito como: o indicador de processo e resultado relativo à qualidade, a qual são utilizados frequentemente, na qual a empresa pode focar na implementação de outros indicadores ou até mesmo melhorar os existentes. Para os indicadores que não estão implementados na empresa Alpha relativos à qualidade, encontra-se cinco indicadores, entre eles, pode-se citar: implementação do 5W2H – Cinco porquês de análise de causa raiz dos problemas, auditorias da qualidade etc. Em relação aos outros indicadores de qualidade encontram-se implementados, mas necessitam de melhorias para alcançar o sucesso LM.

Em relação a empresa Beta, pode-se identificar 8 (oito) indicadores relativos a qualidade plenamente implementados, entre eles, cita-se: programa de melhoria Kaizen, programa de organização 5S ou similar e etc...Para os indicadores da empresa Beta que estão implementados, mas necessitam de melhorias, identificou-se 7 (sete) indicadores, que podem ser exemplificados por: padronização dos procedimentos operacionais padrão, trabalho de melhoria contínua dos produtos e

etc...Os outros 2 (dois) indicadores relativos o indicador qualidade ainda não estão implementados na empresa, no qual cita-se: implementação das auditorias da qualidade e participação do fornecedor e cliente em programas de desenvolvimento de qualidade.

Já no tocante a empresa Omega todos os 17 (dezesete) indicadores de qualidade estão implementados, sendo que 5 (cinco) deles precisam de melhoria, no qual pode-se citar implementação dos dispositivos a prova de erro no processo, participação do fornecedor e cliente em programas de desenvolvimento da qualidade, controle estatístico de processos na empresa, inspeção em 100% dos itens produzidos e trabalho de melhoria contínua dos produtos.

Com isto, concluiu-se que no critério qualidade a empresa Omega obteve o melhor desempenho dentre as demais com 92% de implementação do critério, seguido pela empresa Beta com 82% e 52% na empresa Alpha. O critério qualidade foi considerado pelos especialistas como um critério básico para implementação *Lean Manufacturing* e isto pode auxiliar a empresas a direcionarem seus esforços. Segundo com os autores Herzog e Tonchia (2014), as variáveis primordiais no critério qualidade são as seguintes: "alta qualidade do produto" e "qualidade do produto para a satisfação do cliente". No estudo de Vieira 2017, destacou-se que nas pequenas e médias empresas, o pilar qualidade obteve um percentual maior entre os elementos avaliados, destacando a importância do critério na implementação LM.

CRITÉRIO QUALIDADE	
EMPRESA ALPHA	52%
EMPRESA BETA	82%
EMPRESA OMEGA	92%

Quadro 45 - Resultado em relação ao critério Qualidade.
Fonte: Autoria Própria.

Em relação ao critério cliente a empresa Alpha não possui nenhum dos indicadores plenamente implementados, sendo necessário melhorar todos eles, classificam-se todos em nível parcial de implementação, como pode-se citar: programa em que os clientes dão um *feedback* de qualidade do serviço/produto, nível de envolvimento dos clientes em ofertas de produtos atuais e futuras e etc.

No que se refere a empresa Beta, pode-se verificar que nenhum dos indicadores referentes a clientes está plenamente implementados, todos eles se

encontram em processo de implementação, que podem contar com melhorias, como pode-se citar: programa em que os clientes dão um *feedback* de qualidade do serviço/produto, distribuição JIT ao clientes e etc.

A empresa Omega possui 2 (dois) indicadores relativos ao critério cliente plenamente implementados, como pode-se citar: implementação do programa em que os clientes dão um *feedback* de qualidade serviço/produto e alianças estratégicas e parcerias de longo prazo entre clientes e fornecedores. Já em relação aos indicadores não implementados, pode-se citar apenas 1 (um), no qual se refere a implementação do processo de produção puxada (encomenda) pelos clientes. Os outros indicadores do critério cliente estão implementados, mas podem ter melhorias, como pode-se citar os indicadores: avaliação dos comentários realizados pelos clientes e a partir desta, desenvolvimento de planos de ação, nível de envolvimento dos clientes em ofertas de produtos atuais e futuras etc.

Resumindo-se a análise do critério cliente, observou-se desempenho similar para as empresas Alfa e Beta e um melhor desempenho na empresa Omega, como ilustrado no Quadro 46. Percebeu-se que as três empresas possuem potencial de melhoria em relação aos seus clientes, sabe-se que para o sucesso *Lean Manufacturing* é extremamente importante o bom relacionamento com clientes, buscando sempre atendê-los da melhor maneira e no menor tempo possível, para que assim possam fidelizá-los. A primeira variável de maior valia para o critério cliente consiste em "alta qualidade do produto" e "qualidade do produto para a satisfação do cliente". O conceito de valor é representado por três variáveis: nível de satisfação do cliente, graus de garantias e capacidade de perceber as demandas dos clientes foco em nos clientes da empresa e suas necessidades (HERZOG; TONCHIA, 2014).

CRITÉRIO CLIENTE	
EMPRESA ALPHA	53%
EMPRESA BETA	53%
EMPRESA OMEGA	63%

Quadro 46 - Resultados em relação critério Cliente.
Fonte: Autoria Própria.

Em relação ao critério recursos humanos constatou-se que a empresa Alfa não possui nenhum indicador plenamente implementado, tendo como oportunidade de melhoria em todos eles. No tocante aos indicadores que ainda não possuem implementação na empresa Beta, pode-se identificar 5 (cinco) indicadores, como

pode-se citar: treinamento de educação multi-habilidades em todos os níveis hierárquicos, programas que incluem a participação dos colaboradores em todas as etapas da organização periodicamente etc. Já relacionado aos indicadores que estão parcialmente implementados, ou seja, que ainda precisam de melhorias para que estejam implementados efetivamente, citam-se alguns exemplos: implementação da cultura de aprendizagem dentro da organização, programa de desenvolvimento efetivo da liderança etc.

Com referência ao critério recursos humanos da empresa Beta, notou-se que a empresa não possui nenhum indicador implementado plenamente, porém verificou-se que todos os indicadores referentes a recursos humanos possuem alguma implementação, como pode-se citar como exemplo: feedback das sugestões de melhorias dos colaboradores, implementação de equipes multifuncionais dentro da empresa etc.

Quanto ao critério recursos humanos na empresa Omega, observou-se que possui 1 (um) indicador plenamente implementado, na qual cita-se: *feedback* para sugestão de melhoria dos colaboradores. Em relação aos outros indicadores verificou-se que todos estão parcialmente implementados, como pode-se citar: implementação da cultura de aprendizagem dentro da organização, existência de equipes multifuncionais dentro da empresa.

Em resumo ao critério recursos humanos observou-se discrepância na empresa Alpha, na qual possui menor desempenho no critério recursos humanos 42% (porcento) de implementação, enquanto a empresa Beta e Omega possuem desempenho similares neste critério 67% (porcento) e 70% (porcento) respectivamente, como exibido no Quadro 47. Sabe-se que os recursos humanos das empresas são essenciais para o sucesso *Lean Manufacturing*, quando as pessoas possuem consciência do que precisam fazer para que auxiliem a empresa a atingir o sucesso *Lean Manufacturing* o sucesso neste requisito consequentemente influencia os demais de maneira positiva.

Com as variáveis colaboração dos funcionários e trabalho em equipe, é possível afirmar que um fator crucial para o sucesso Lean é o envolvimento dos funcionários, isto é, reside nos recursos humanos de uma empresa. (HERZOG; TONCHIA, 2014).

CRITÉRIO RECURSOS HUMANOS	
EMPRESA ALPHA	42%
EMPRESA BETA	67%
EMPRESA OMEGA	70%

Quadro 47 - Resultado em relação ao critério Recursos Humanos.
Fonte: Autoria Própria.

Em relação ao critério fornecedor a empresa Alpha possui 3 (três) indicadores que não possuem implementação, como cita-se: nível de avaliação e certificação dos fornecedores, política de parcerias de longo prazo com fornecedores e nível de entrega JIT pelos principais fornecedores. Verificou-se que a empresa não possui nenhum indicador implementado plenamente, mas o restante dos indicadores está parcialmente implementado, como cita-se: checagem da qualidade dos produtos dos fornecedores, feedback aos fornecedores em relação a qualidade e desempenho de entrega etc.

A empresa Beta possui 1 (um) indicador relativo ao critério fornecedor implementado plenamente, como pode-se citar: checagem da qualidade dos produtos dos fornecedores. Em relação aos outros indicadores, verificou-se que todos estão parcialmente implementados, como pode-se exemplificar: política de parcerias de longo prazo com fornecedores, envolvimento de fornecedores no desenvolvimento de novos produtos etc.

Relacionado ao desempenho da empresa Omega em relação ao critério fornecedor, verificou-se que possui 2 (dois) indicadores implementados plenamente, como cita-se: *feedback* aos fornecedores em relação a qualidade e desempenho da entrega e política de parcerias de longo prazo com fornecedores. Averiguou-se que a empresa Omega possui todos os indicadores do critério fornecedor ao menos parcialmente implementados, como exemplifica-se: avaliação e certificação dos fornecedores, nível da entrega JIT pelos principais fornecedores etc.

Em referência ao critério fornecedor, pode-se concluir que a empresa Ômega possui o melhor desempenho relacionado aos demais 73% (porcento) e novamente a empresa Alpha 43% (porcento) precisa unir suas forças para fidelização de fornecedores, como apresentado na Quadro 48. A partir disto, sabe-se que a fidelização de fornecedores auxilia no fornecimento de matérias primas de qualidade

no menor tempo possível, diminuindo deste modo, o tempo de processamento e aumentando a agilidade de entrega dos produtos/serviços aos clientes.

Para Shah e Ward, 2007, com o *feedback* aos fornecedores é possível proporcionar aos mesmos informações sobre seu desempenho e com a entrega JIT pelos fornecedores, é possível garantir que os fornecedores entreguem a quantidade certa no momento certo e no lugar certo, isto faz com que os fornecedores estejam mais envolvidos no processo produtivo da empresa.

CRITÉRIO FORNECEDOR	
EMPRESA ALPHA	46%
EMPRESA BETA	66%
EMPRESA OMEGA	73%

Quadro 48 - Resultado em relação ao critério Forcedor.
Fonte: Autoria Própria.

Em relação ao critério sistema produtivo a empresa Alpha possui 5 (cinco) indicadores que não possuem implementação, como cita-se: mapeamento de fluxo de valor dos processos, sistema de produção puxada e em pequenos lotes etc. Os demais indicadores da empresa Alpha relativos ao critério sistema produtivo, possuem implementação parcial, como exemplifica-se: utilização de dispositivos visuais, implementação da autonomia na empresa etc.

Já a empresa Beta, em relação aos indicadores do critério sistema produtivo possui 3 (três) indicadores plenamente implementados, dentre os quais podemos citar: nível de mapeamento de fluxo de valor dos processos, conhecimento sobre os tempos de setup dos equipamentos. A empresa Beta possui todos indicadores ao menos parcialmente implementados, o qual pode-se exemplificar: os *leads times* de cada matéria-prima conhecida, utilização de dispositivos visuais, implementação de autonomia na empresa etc.

A empresa Omega possui 6 (seis) indicadores implementados plenamente, como pode-se citar: mapeamento de fluxo de valor dos processos, conhecimento sobre os tempos de setup de cada equipamento, nível de utilização dos dispositivos visuais etc. Todos os outros indicadores estão parcialmente implementados, o que quer dizer que podem obter melhoria em sua implementação, exemplifica-se ente os indicadores: eficiência do ciclo do processo, padronização dos produtos da empresa, implementação da autonomia na empresa etc.

No que se refere ao critério sistema produtivo, percebeu-se novamente, melhor desempenho na empresa Omega e menor desempenho na empresa Alpha que obtém apenas 50% de desempenho neste critério, como exposto no Quadro 49. Sabe-se que melhorando os requisitos relacionados aos sistemas produtivos, aumenta-se a qualidade do produto, reduz-se os custos de produção podendo assim melhorar as parcerias com os fornecedores e do mesmo modo as condições de venda dos produtos, fidelizando desta maneira os clientes e melhorando conseqüentemente os outros critérios. Em relação ao critério sistema produtivo, outro grupo de variáveis refere-se ao mapeamento do Fluxo de Valor (VSM), ou seja, a visualização do valor durante os processos da empresa (HERZOG; TONCHIA, 2014).

CRITÉRIO SISTEMA PRODUTIVO	
EMPRESA ALPHA	50%
EMPRESA BETA	70%
EMPRESA OMEGA	76%

Quadro 49 - Resultado em relação ao critério Sistema produtivo.
Fonte: Autoria Própria.

Na sequência avaliou-se de forma global as empresas de acordo com Quadro 50, onde pode-se verificar o quão *Lean Manufacturing* são as empresas, sendo este o objetivo principal deste trabalho, mas graças a avaliação de cada critério pode-se além disto, gerar uma análise para a empresas de todos os critérios que pela média geométrica do resultado de todos os critérios pode-se verificar quão *Lean Manufacturing* cada empresa é no momento da pesquisa.

	Qualidade	Cliente	RH	Fornecedor	Sistema Produtivo	AVALIAÇÃO Final	AVALIAÇÃO Final (%)
	0,176	0,191	0,206	0,176	0,250		
EMPRESA ALPHA	0,0918	0,1019	0,0870	0,0807	0,1250	0,4863	49%
EMPRESA BETA	0,1449	0,1019	0,1373	0,1159	0,1759	0,6759	68%
EMPRESA OMEGA	0,1615	0,1201	0,1450	0,1291	0,1907	0,7463	75%

Quadro 50 - Avaliação global das empresas.
Fonte: Autoria Própria.

Em relação as três empresas, a Omega alcançou um resultado global de maior destaque dentre as demais, sendo que atingiu a melhor pontuação no critério qualidade a qual atingiu 92% (porcento) de implementação, seguido por sistema produtivo com 76% (porcento) de implementação de acordo com o questionário

aplicado. Além disso notou-se que o critério cliente tem menor pontuação dentre os demais, neste alcançando 63% (porcento), seguido por recursos humanos com 70% (porcento) e fornecedor 73% (porcento), espera-se que com este *feedback* as empresas possam unir suas forças nos pontos de melhorias que demonstraram requerer mais atenção no modelo.

Em relação a empresa Beta que obteve um resultado intermediário dentre as demais, pode-se concluir que a mesma, também obteve os melhores desempenhos nos critérios qualidade 82% (porcento), seguido pelo critério sistema produtivo 70% (porcento) em relação ao questionário aplicado. Os critérios que obtiveram menor desempenho foram cliente 53% (porcento), fornecedor com desempenho de 66% (porcento) e recursos humanos 67% (porcento), cabe a empresa verificar com esta análise quais critérios focar para realizar as melhorias na implementação do *Lean Manufacturing*.

Já a empresa Alpha obteve o menor desempenho global dentre as demais em todos os critérios, sendo o critério com menor pontuação recursos humanos com 42% (porcento) de implementação, seguido por fornecedor com 46% (porcento) e sistema produtivo com 50% (porcento). Os critérios que obtiveram uma maior pontuação dentro da empresa Alpha foram: cliente 53% (porcento), seguido por qualidade 52% (porcento) em relação ao modelo de avaliação da maturidade LM, sabe-se que a empresa tem que trabalhar vários pontos para alcançar sucesso LM dentro de sua empresa e acredita-se que o estudo possa ajudar em seu direcionamento.

Diante da importância da mensuração da implementação LM, na qual auxiliam as empresas na redução dos custos e na melhoria da competitividade das organizações, o presente estudo teve por objetivo desenvolver um modelo capaz de medir o nível de maturidade LM com apoio de abordagem multicritério. No tópico seguinte, serão demonstradas as conclusões sintetizadas com fundamentação em estudos realizados em todas etapas da dissertação, do mesmo modo que, as contribuições da pesquisa e as sugestões de trabalhos futuros, com base no desenvolvimento desta dissertação.

7 CONCLUSÃO

Considera-se que o presente estudo alcançou o objetivo traçado de desenvolver um modelo de avaliação da maturidade LM das empresas com a utilização da abordagem multicritério.

O grande desafio deste trabalho foi a criação de um modelo de avaliação da maturidade que também tivesse capacidade de avaliar individualmente cada critério, para possibilitar a visão as questões que necessitam de melhoria e a classificação dos indicadores pelos especialistas (básico, intermediário e avançado) serviu para possibilitar a análise de quanto do básico, intermediário e avançado a empresa está atendendo. Utilizou-se a metodologia multicritério linguística para permitir este tipo de percepção. Para construção do questionário utilizado como instrumento para mensuração da avaliação LM, o pesquisador fundamentou-se em elementos existentes na literatura e no material da revisão da literatura para construção dos elementos.

Quanto aos objetivos específicos, eles foram estipulados com o intuito de resolver o problema da pesquisa, os quais também foram considerados como cumpridos:

a. Identificação dos principais conceitos e modelos de avaliação da maturidade LM baseados na literatura, sendo expostos no referencial teórico desta dissertação.

b. Determinação dos critérios e respectivos processos da avaliação da maturidade LM. Foi estabelecido cinco critérios qualitativos, os quais são descritos como: (i) qualidade; (ii) recursos humanos; (iii) cliente; (iv) fornecedor; e (v) sistema produtivo.

c. Composição dos indicadores de avaliação da maturidade LM, com base nos critérios verificados. Em relação a este estudo, a composição dos indicadores (questões) foi estabelecida com base na adaptação dos indicadores utilizados em dois diferentes estudos, Padkil (2014), Jasti e Kodali (2015) e Saurin e Fereira (2011), os quais são pertinentes ao objetivo.

d. Consulta aos especialistas LM para ponderação dos critérios do modelo desenvolvido. Primeiramente os especialistas avaliaram a importância de cada critério em relação a maturidade *Lean Manufacturing* em empresas. Na sequência os

especialistas compararam cada critério de acordo com questões de níveis: Básicos X Intermediários, Básicos X Avançados e Intermediários X Avançados. O método foi avaliado por especialistas da área do Lean, sendo algumas sugestões para melhoria do questionário realizadas, de modo a aperfeiçoar o método de estudo.

7.1 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

Em relação à contribuição teórica, esta pesquisa alcançou o objetivo de apresentar um método estruturado e generalizável da avaliação da maturidade LM. Em relação a outros trabalhos desenvolvidos com temas semelhantes, verificou-se que este método é bastante aplicável na mensuração da maturidade LM das empresas, além deste modelo utilizar a metodologia multicritério linguística que possibilita a visão imediata e abrangente de áreas que necessitam de melhorias.

Já em termo de contribuição prática a pesquisa contribuiu no fornecimento de um *feedback* detalhado do desempenho de cada critério das empresas em relação ao LM, a partir disto é possível que as empresas foquem seus esforços na busca pelo sucesso LM.

O método apresentado possibilita aos gestores das empresas a identificação dos critérios e questões que precisam de mais atenção e com isso auxiliar na tomada de decisão, além de identificar os pontos para aplicação de investimentos.

7.2 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Visando expandir a assimilação dos resultados que foram observados nesta dissertação, propõem-se potenciais sugestões que pode fornecer suporte para continuações futuras da pesquisa:

a) Verificou-se a existência de campo para que este modelo tenha seguimento e se propõem que direcione o foco em separados grupos de empresas, onde divide-se de acordo com o porte e seguimento delas, para que deste modo seja

avaliado os grupos de empresas com similaridades e possa verificar o desempenho dentre as mesmas;

b) Abranger o estudo da maturidade LM na identificação de indicadores e monitoramento dos mesmos, a fim de auxiliar as práticas LM por meio de auditorias;

c) Melhorar o modelo apresentado neste estudo em relação à identificação das mudanças organizacionais alcançadas na sequência do *feedback* as empresas de quão LM se encontram;

d) Mensurar o desempenho financeiro nos resultados das empresas fundamentado na resposta deste estudo.

REFERÊNCIAS

ABOLHASSANI, Amir et al. Lean and US manufacturing industry: popularity of practices and implementation barriers. *International Journal of Productivity and Performance Management*, v. 65, n. 7, p. 875-897, 2016.

AFONSO, Michele HF et al. Como construir conhecimento sobre o tema de pesquisa? Aplicação do processo Proknow-C na busca de literatura sobre avaliação do desenvolvimento sustentável. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 5, n. 2, p. 47-62, 2011.

ANTUNES JUNIOR, José AV. A lógica das perdas nos sistemas produtivos: uma revisão crítica. *ENCONTRO NACIONAL DA ANPAD*, v. 19, p. 357-371, 1995.

BARBOSA, Jenny Dantas; TEIXEIRA, Rivanda Meira. *Gestão estratégica nas empresas de pequeno e médio porte*. 2003.

BARTOLI, Ivan; SILVA, Messias Borges. *Lean manufacturing voltado para a indústria siderúrgica Mto*. 2015.

BELTON, V.; STEWART, T. J. *Multiple Criteria Decision Analysis. An Integrated Approach*. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 2002. p. 1-17.

BHASIN, Sanjay. Lean and performance measurement. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 19, n. 5, p. 670-684, 2008.

BHASIN, Sanjay. Measuring the Leanness of an organisation. *International Journal of Lean Six Sigma*, v. 2, n. 1, p. 55-74, 2011.

BHASIN, Sanjay. An appropriate change strategy for lean success. *Management Decision*, v. 50, n. 3, p. 439-458, 2012.

BHASIN, Sanjay. Prominent obstacles to lean. *International Journal of Productivity and Performance Management*, v. 61, n. 4, p. 403-425, 2012.

BICHENO, John; HOLWEG, Matthias. The Lean Toolbox. The Essential Guide to Lean Transformation, Buckingham. 2009.

BORTOLUZZI, Sandro César; ENSSLIN, Sandra Rolim; ENSSLIN, Leonardo. Avaliação de desempenho multicritério como apoio à gestão de empresas: aplicação em uma empresa de serviços. *Gestão & Produção*, v. 18, n. 3, p. 633-650, 2011.

BOYLE, Todd A.; SCHERRER-RATHJE, Maike. An empirical examination of the best practices to ensure manufacturing flexibility: Lean alignment. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 20, n. 3, p. 348-366, 2009.

BRYMAN, A. Research methods and organization studies. Londres: Unwin Hyman, 1989.

CALILI, Rodrigo Flora. Modelo Fuzzy AHP-TOPSIS para avaliação e seleção de tecnologias de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis. 2017. Tese de Doutorado. PUC-Rio.

CAUCHICK, Paulo; MORABITO, Reinaldo; PUREZA, Vi. Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção. Elsevier Brasil, 2011.

CERVI, André Felipe Corrêa. Fazer ou comprar: proposta de uma estrutura para o processo decisório e aplicação de métodos de decisão multicritério. 2017. Tese de Doutorado. USP.

CEZAR LUCATO, Wagner et al. Performance evaluation of lean manufacturing implementation in Brazil. *International Journal of Productivity and Performance Management*, v. 63, n. 5, p. 529-549, 2014.

CHAI, J.; LIU, J. N. K.; NGAI, E. W. T. Application of decision-making techniques in supplier selection: a systematic review of literature. *Expert Systems with Applications*, v. 40, n. 10, p. 3872-3885, 2013.

CHEN, Guanrong; PHAM, Trung Tat. Introduction to fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy control systems. CRC press, 2000.

CHEN, F. F. Measuring leanness of manufacturing systems and identifying leanness target by considering agility. Tese de Doutorado. Virginia Polytechnic Institute and State University. 2006.

CHEN, Chen-Tung; LIN, Ching-Torng; HUANG, Sue-Fn. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International journal of production economics*, v. 102, n. 2, p. 289-301, 2006.

CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. David. *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications, 2017.

ENSSLIN, Leonardo et al. ProKnow-C, Knowledge development process-constructivist. *Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. Brasil*, v. 10, n. 4, p. 2015, 2010.

GODINHO FILHO, Moacir; FERNANDES, Flavio César Faria. Manufatura enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras. *Gestão & Produção*, v. 11, n. 1, p. 1-19, 2004.

GODINHO FILHO, Moacir; BARCO, Clarissa F. A framework for choosing among different lean-based improvement programs. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 81, n. 1-4, p. 183-197, 2015.

GODINHO FILHO, Moacir; GANGA, Gilberto Miller Devós; GUNASEKARAN, Angappa. Lean manufacturing in Brazilian small and medium enterprises: implementation and effect on performance. *International Journal of Production Research*, v. 54, n. 24, p. 7523-7545, 2016.

GOMIDE, Fernando Antonio Campos; GUDWIN, Ricardo Ribeiro. Modelagem, controle, sistemas e lógica fuzzy. *SBA controle & Automação*, v. 4, n. 3, p. 97-115, 1994.

HASKIN, D. Allocating internal audit costs in a lean environment. *Internal Auditing*, v. 25, n. 4, p. 25-28, 2010.

HERRERA, F.; MARTINEZ, L. A 2-Tuple Fuzzy Linguistic Representation Model for Computing with Words. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, v. 8, n. 6, p. 746-752, 2000.

HERRERA, F.; MARTINEZ, L. An approach for combining linguistic and numerical information based on the 2-tuple fuzzy linguistic representation model in decision-making. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 2000a.

HERRERA, F.; MARTINEZ, L. An approach for combining linguistic and numerical information based on the 2-tuple fuzzy linguistic representation model in decision-making. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, v.8, n. 5, p. 539-562, 2000b.

ERRON, Colin; HICKS, Christian. The transfer of selected lean manufacturing techniques from Japanese automotive manufacturing into general manufacturing (UK) through change agents. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v. 24, n. 4, p. 524-531, 2008.

HERZOG, Natasa Vujica; TONCHIA, Stefano. An instrument for measuring the degree of lean implementation in manufacturing. *Strojniški vestnik-Journal of Mechanical Engineering*, v. 60, n. 12, p. 797-803, 2014.

HOLDEN, Richard J. Lean thinking in emergency departments: a critical review. *Annals of emergency medicine*, v. 57, n. 3, p. 265-278, 2011.

HOLWEG, Matthias. The genealogy of lean production. *Journal of operations management*, v. 25, n. 2, p. 420-437, 2007.

IBGE - Pesquisa Industrial Anual, Rio de Janeiro, v. 35, n.1, p.1-8, 2016. IBGE. Análise dos resultados. 2016. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/1719/pia_2016_v35_n1_empresa_informativo.pdf23. Acesso em: 17 março de 2019.

JASTI, Naga Vamshi Krishna;KODALI, Rambabu. A literature review of empirical research methodology in lean manufacturing. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 34, n. 8, p. 1080-1122, 2014.

JASTI, Naga Vamshi Krishna; KODALI, Rambabu. A critical review of lean supply chain management frameworks: proposed framework. *Production Planning & Control*, v. 26, n. 13, p. 1051-1068, 2015.

JASTI, Naga Vamsi Krishna; KODALI, Rambabu. Development of a framework for lean production system: An integrative approach. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, v. 230, n. 1, p. 136-156, 2016.

JASTI, Naga Vamsi Krishna; KODALI, Rambabu. Validity and reliability of lean enterprise frameworks in Indian manufacturing industry. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, v. 230, n. 2, p. 354-363, 2016.

KARIM, Azharul; ARIF-UZ-ZAMAN, Kazi. A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations. *Business Process Management Journal*, v. 19, n. 1, p. 169-196, 2013.

LACERDA, Rogério Tadeu de Oliveira; ENSSLIN, Leonardo; ENSSLIN, Sandra Rolim. A bibliometric analysis of strategy and performance measurement. *Gestão & Produção*, v. 19, n. 1, p. 59-78, 2012.

LEONARD-BARTON, D. A dual methodology for case studies: synergistic use of longitudinal single site with replicated multiple sites. *Organization Science*, v. 1, n. 3,p. 248-266, 1990.

LI, Z. A New method of supplier selection based on TOPSIS and 2-tuple linguistic. *International Seminar on Future BioMedical Information Engineering. Anais...* .p.168-171, 2008.

LIKER, J. *The Toyota Way: 14 Management Principles From the World's Greatest Manufacturer*, McGraw-Hill, New York, NY, 2004.

LIMA JUNIOR, Francisco Rodrigues; CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. A comparison between TOPSIS and Fuzzy-TOPSIS methods to support multicriteria decision making for supplier selection. *Gestão & Produção*, v. 22, n. 1, p. 17-34, 2015.

LOOS, Mauricio Johnny et al. Método para avaliação do grau de desenvolvimento de práticas lean na logística interna de empresas industriais. 2016.

MACCHI, Marco; FUMAGALLI, Luca. A maintenance maturity assessment method for the manufacturing industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v. 19, n. 3, p. 295-315, 2013.

MEDEIROS, Marlene; FERREIRA, Luciano. Aplicação do método fuzzy-topsis no problema de portfólio de compras hospitalares. *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. SBPO. 48. Vitória, ES: UFES, 2016, 2016.*

MENDONZA, G. A.; MARTINS, H. Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms. *Forest Ecology and Management*, v. 230, p. 1-22, 2006.

MONDEN, Yasuhiro. *Produção sem estoques-Uma abordagem prática ao sistema de produção da Toyota*. São Paulo: IMAM, 1984.

NETO, Arnaldo Schmidt; RUGGIERO, Sérgio. Utilização da análise multicritério para seleção de métodos de custeio: enfoque em empresas industriais ambientadas no sistema de produção enxuta. XVIII Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru, SP, 2011.

OHNO, Taiichi. *O sistema Toyota de produção além da produção*. Bookman, 1997.

ORTEGA, Neli Regina Siqueira. *Aplicação da Teoria de Conjuntos Fuzzy a problemas da Biomedicina*. São Paulo (SP): Instituto de Física/USP, 2001.

PADKIL, Fatma; LEONARD, Karen Moustafa. Criteria for a lean organisation: development of a lean assessment tool. *International Journal of Production Research*, v. 52, n. 15, p. 4587-4607, 2014.

PHAM, Duc T.; THOMAS, Andrew J. Fit manufacturing: a framework for sustainability. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 23, n. 1, p. 103-123, 2011.

SALLEH, Noor Azlina Mohd; KASOLANG, Salmiah; JAFFAR, Ahmed. Simulation of integrated total quality management (TQM) with lean manufacturing (LM) practices in forming process using Delmia Quest. *Procedia Engineering*, v. 41, p. 1702-1707, 2012.

SAMPIERI, Roberto Hernández. et al. *Metodologia de Pesquisa*. São Paulo: Mc-Graw-Hill, 3ª ed, 2006.

SASSO DE LIMA, Telma Cristiane; TAMASO MIOTO, Regina Célia. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. *Revista Katálysis*, v. 10, 2007.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15, 234-281, 1977.

SAURIN, Tarcisio Abreu; FERREIRA, Cléber Fabrício. Avaliação qualitativa da implantação de práticas da produção enxuta: estudo de caso em uma fábrica de máquinas agrícolas. *Gestão e produção*. São Carlos, SP. Vol. 15, n. 3 (set.-dez. 2008), p. 449-462, 2008.

SAURIN, Tarcisio Abreu; MARODIN, Giuliano Almeida; RIBEIRO, José Luis Duarte. A framework for assessing the use of lean production practices in manufacturing cells. *International Journal of Production Research*, v. 49, n. 11, p. 3211-3230, 2011.

SHAH, Rachna; WARD, Peter T. Defining and developing measures of lean production. *Journal of operations management*, v. 25, n. 4, p. 785-805, 2007.

SHAH, Punit P.; SHRIVASTAVA, R. L. Identification of performance measures of Lean Six Sigma in small-and medium-sized enterprises: a pilot study. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, v. 8, n. 1, p. 1-21, 2013.

SINGH SANGWAN, Kuldip; BHAMU, Jaiprakash; MEHTA, Dhvani. Development of lean manufacturing implementation drivers for Indian ceramic industry. *International Journal of Productivity and Performance Management*, v. 63, n. 5, p. 569-587, 2014.

SINGH, Bhim; GARG, S. K.; SHARMA, S. K. Development of index for measuring leanness: study of an Indian auto component industry. *Measuring Business Excellence*, v. 14, n. 2, p. 46-53, 2010.

SOUZA, J. P. E; ALVES, J. M.; SILVA, M. B. Seis sigma, manufatura enxuta e TQM: o papel da cultura organizacional baseada na motivação. *Anais... Bauru: XVII SIMPEP*, 2010.

SRDJEVIC, B. Combining different prioritization methods in the analytic hierarchy process synthesis. *Computers & Operations Research*, v. 32, 1897-1919, 2005.

STEIN, W. E.; MIZZI, P. J. The harmonic consistency index for the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 177, 488-497, 2007.

STONE, Kyle B. Four decades of lean: a systematic literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*, v. 3, n. 2, p. 112-132, 2012.

SUSILAWATI, Anita et al. Fuzzy logic based method to measure degree of lean activity in manufacturing industry. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 34, p. 1-11, 2015.

SZAJUBOK, Nadia Kelner; ALENCAR, Luciana Hazin; DE ALMEIDA, Adiel Teixeira. Modelo de gerenciamento de materiais na construção civil utilizando avaliação multicritério. *Production*, v. 16, n. 2, p. 303-318, 2006.

TANSCHAIT, Ricardo. *Sistemas fuzzy*. Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

VIEIRA, Everton Luiz. Proposta de um método de avaliação do nível de utilização das práticas lean manufacturing - estudo de caso na APL de alumínio do sudoeste do Paraná. Pato Branco: UTFPR, 2017.

VILELA, Lílian Oliveira. Aplicação do PROKNOW-C para seleção de um portfólio bibliográfico e análise bibliométrica sobre avaliação de desempenho da gestão do conhecimento. *Revista Gestão Industrial*, v. 8, n. 1, 2012.

WAHAB, Amelia Natasya Abdul; MUKHTAR, Muriati; SULAIMAN, Riza. A conceptual model of lean manufacturing dimensions. *Procedia Technology*, v. 11, p. 1292-1298, 2013.

WAICZYK, Cleomir; ENSSLIN, Eduardo Rolim. Avaliação de produção científica de pesquisadores: mapeamento das publicações científicas. *Revista Contemporânea de Contabilidade*, v. 10, n. 20, p. 97-112, 2013.

WAN, Hung-da; FRANK CHEN, F. A leanness measure of manufacturing systems for quantifying impacts of lean initiatives. *International Journal of Production Research*, v. 46, n. 23, p. 6567-6584, 2008.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. *Machine that changed the world*. Simon and Schuster, 1990.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. *Beyond Toyota: how to root out waste and pursue perfection*. *Harvard business review*, v. 74, n. 5, p. 140-&, 1996.

WOMACK J. P.; JONES, D. T. *Soluções enxutas Lean Solutions*. 1.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2005.

YIN, R. K. *Case Study Research: design and methods*. 2nd ed. Thousand Oaks: Sage, 1994.

ZOPOUNIDIS, C. Multicriteria decision aid in financial management. *European Journal of Operational Research*, V. 119, p. 404-415, 1999