

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**LAERTE FRANCISCO DA ROSA**

**MODELO DE MATURIDADE DE MANUTENÇÃO DE CLASSE MUNDIAL EM  
AMBIENTES DE MANUFATURA DE AUTOPEÇAS**

**BENTO GONÇALVES**

**2020**

**LAERTE FRANCISCO DA ROSA**

**MODELO DE MATURIDADE DE MANUTENÇÃO DE CLASSE MUNDIAL EM  
AMBIENTES DE MANUFATURA DE AUTOPEÇAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador Prof. Dr. Gabriel Vidor

**BENTO GONÇALVES**

**2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Universidade de Caxias do Sul  
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

R788m Rosa, Laerte Francisco da

Modelo de maturidade de manutenção de classe mundial em ambientes de manufatura de autopeças / Laerte Francisco da Rosa. – 2020.

75 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2020.

Orientação: Gabriel Vidor.

1. Engenharia de produção. 2. Administração de projetos. 3. Máquinas - Indústria. 4. Processos de fabricação. 5. Fábricas - Manutenção. I. Vidor, Gabriel, orient. II. Título.

CDU 2. ed.: 658.5

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)  
Ana Guimarães Pereira - CRB 10/1460

**LAERTE FRANCISCO DA ROSA**

**MODELO DE MATURIDADE DE MANUTENÇÃO DE CLASSE MUNDIAL EM  
AMBIENTES DE MANUFATURA DE AUTOPEÇAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

**Aprovado em 21 de outubro de 2020**

**Banca Examinadora**

Prof. Dr. Gabriel Vidor - Orientador  
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dr. Mateus Panizzon  
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dr. Roberto Birch Gonçalves  
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dr. Néstor Fabián Ayala  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

## **AGRADECIMENTOS**

A obtenção do grau de Mestre é um sonho recente e muito desejado. Durante muitos anos sem ao menos ser cogitado, este nível de instrução hoje é mais um passo conquistado que me enche de orgulho.

Agradeço primeiramente a Deus por estar sempre tão presente e permitir todas as minhas conquistas, sem ele nada faz sentido ou é possível.

Gostaria de agradecer a minha esposa, Cristiane, por estar sempre ao meu lado apoiando e acreditando em todos os meus sonhos e projetos. Pela sua compressão em relação ao tempo dedicado ao trabalho e aos estudos. Pelo seu incondicional apoio que me dá força a estar sempre evoluindo para ser melhor a cada dia como profissional, estudante, marido, pai e ser humano.

Agradeço ao meu filho, Pedro, que mesmo sem saber falar me inspira a ser uma pessoa melhor todos os dias, querendo sempre ser motivo de orgulho para ele.

Por último, agradeço ao professor Gabriel Vidor pela extrema dedicação como professor e orientador, sendo um exemplo de pessoa e mestre que inspira. Pessoa admirável que não mede esforços para desenvolver e ajudar os seus alunos é o tipo de professor que levamos na lembrança durante toda a vida. Foi um orgulho ser seu orientando e espero sinceramente um dia passar na vida das pessoas auxiliando e inspirando desta forma.

*“Cada sonho que você deixa pra trás, é um  
pedaço do seu futuro que deixa de existir”*

Steve Jobs

## RESUMO

A manutenção de classe mundial é um tema discutido por acadêmicos e práticos e carece de aplicações no cotidiano das organizações. Esse trabalho trata dessa lacuna e tem por objetivo desenvolver um modelo de maturidade de manutenção de classe mundial em ambientes de manufatura de autopeças. De fato, o modelo é uma ferramenta de suporte a Função Manutenção das organizações na busca dos níveis de excelência. Para atender a esse propósito foi realizada uma pesquisa dos fundamentos teóricos relacionados à manutenção de classe mundial. Essa pesquisa foi organizado por meio de uma revisão de literatura de forma a estabelecer a sua relação com os modelos de maturidade. O desenvolvimento do modelo de maturidade seguiu quatro macro etapas divididas em análise para identificação e determinação dos elementos, classificação dos pilares da manutenção de classe mundial, definição da escala para os níveis de maturidade e descrição dos níveis de cada elemento do modelo proposto. A validação do modelo foi realizada com a aplicação em seis empresas de autopeças. Essas empresas estão localizadas no Brasil, na China, na Índia e nos Estados Unidos. Efetivamente o modelo resultou na análise da situação atual de cada empresa em relação aos níveis de excelência de manutenção de classe mundial, bem como a identificação dos pontos fortes e dos pontos a melhorar. Além disso, o modelo possibilita a comparação entre empresas de um mesmo setor de negócios. Como sugestão de estudos futuros, indica-se aplicar o modelo desenvolvido em outros setores de negócios e em empresas universalmente reconhecidas como fabricantes de classe mundial. De fato, trabalhos desse tipo possibilitariam desenvolver elementos quantitativos e uma ponderação de importância dos elementos utilizados no modelo.

**Palavras-chave:** Manutenção de classe mundial. Modelo de maturidade. Sistema de avaliação.

## ABSTRACT

World-class maintenance is a topic discussed by academics and practitioners and needs applications at industries. This work addresses this gap and aims to develop a world-class maintenance maturity model in auto parts manufacturing environments. In fact, the model is a tool to support the Maintenance Function of organizations in pursuit of levels of excellence. To fulfill this purpose, a research was carried out on the theoretical foundations related to world-class maintenance. This research was organized through a systematic review in order to establish its relationship with the maturity models. The development of the maturity model followed four macro steps divided into analysis for identification and determination of elements, classification of the pillars of world-class maintenance, definition of the scale for the levels of maturity and description of the levels of each element of the proposed model. The model was validated with the application in six auto parts companies. These companies are located in Brazil, China, India and the United States. Effectively, the model resulted in the analysis of the current situation of each company in relation to the world-class levels of maintenance excellence, as well as the identification of strengths and points for improvement. In addition, the model makes it possible to compare companies in the same business sector. As a suggestion for future studies, it is recommended to apply the model developed in other business sectors and in companies universally recognized as world-class manufacturers. In fact, works of this type would make it possible to develop quantitative elements and a weighting of the importance of the elements used in the model.

**Keywords:** World class maintenance. Maturity model. Evaluation system.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Níveis de maturidade do modelo CMM.....	<b>27</b>
Figura 2 – Macro etapas para desenvolvimento do modelo de maturidade de WCM.....	<b>37</b>
Figura 3 – Fluxograma dos passos para análise .....	<b>39</b>
Figura 4 – Escala de incremento quantitativa e qualitativa do modelo de maturidade .....	<b>43</b>

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplo de indicadores e suas metas de WCM, Smith e Mobley .....	23
Quadro 2 – Exemplo de indicadores e suas metas de WCM, Imam .....	24
Quadro 3 – Grupo prático .....	38
Quadro 4 – Modelo de maturidade de WCM .....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Elementos conforme autores / consultores / organizações .....	30
Tabela 2 – Organização dos elementos de WCM.....	33
Tabela 3 – Categorização dos elementos de WCM conforme autores / consultores / organizações .....	35
Tabela 4 – Classificação e organização definitiva dos elementos de WCM.....	41
Tabela 5 – Respostas do preenchimento do modelo de maturidade - Elementos qualitativos .	56
Tabela 6 – Respostas do preenchimento do modelo de maturidade - Elementos quantitativos .....	57
Tabela 7 – Pontuação média e moda dos pilares por Caso.....	59
Tabela 8 – Ranking dos elementos de WCM orientado pela pontuação média .....	60
Tabela 9 – Frequência de respostas dos níveis de maturidade - Elementos qualitativos .....	61
Tabela 10 – Frequência de respostas dos níveis de maturidade - Elementos quantitativos .....	62
Tabela 11 – Exemplo de comparação entre diagnósticos de empresas de um mesmo grupo controlador.....	66
Tabela 12 – Exemplo de definição de metas dos níveis de maturidade do Caso1 .....	66
Tabela 13 – Exemplo de ranking dos elementos de WCM: pontuação do Caso1 .....	67

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIMAQ	Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos
ABRAMAN	Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos
AHCSM	<i>Analytic Hierarchy Constant Sum Method</i>
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior
CMM	<i>Capability Maturity Model</i>
CMMI	<i>Capability Maturity Model Integration</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OPM3	<i>Organizational Project Management Maturity Model</i>
P-CMM	<i>People Capability Maturity Model</i>
RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i>
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
WCM	<i>World Class Maintenance</i>
WCMf	<i>World Class Manufacturing</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO .....	14
1.2	JUSTIFICATIVA .....	15
<b>1.2.1</b>	<b>Justificativa teórica.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Justificativa prática .....</b>	<b>17</b>
1.3	QUESTÃO DE PESQUISA .....	18
1.4	OBJETIVOS .....	18
<b>1.4.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>18</b>
<b>1.4.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>20</b>
2.1	MANUTENÇÃO CLASSE MUNDIAL .....	20
2.2	MODELOS DE MATURIDADE.....	25
2.3	REVISÃO DE LITERATURA.....	29
<b>3</b>	<b>MÉTODO .....</b>	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>54</b>
4.1	DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	54
4.2	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	62
4.3	IMPLICAÇÕES GERENCIAIS .....	65
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>69</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>72</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O cotidiano das empresas de manufatura é pautado pela satisfação dos clientes, pontualidade nas entregas dos produtos, eficácia na execução da produção e dos processos de fabricação (DUARTE; CUNHA; CRAVEIRO, 2013). Com a finalidade de atingir estes objetivos para concorrer globalmente, uma organização necessita desenvolver o seu sistema de produção para atingir níveis de manufatura de classe mundial ou *World Class Manufacturing* (WCMf); de fato, este termo em linguagem industrial é utilizado como sinônimo de excelência. Atingir os níveis de WCMf aumenta a capacidade de enfrentar as mudanças, por meio da gestão com excelência dos produtos, tecnologias e pessoas (MISHRA; ANAND; KODALI, 2006). Na prática a Função Manutenção assume um papel estratégico, pois neste cenário é um fator crítico suportar a capacidade produtiva para que as empresas possam competir (KODALI; MISHRA; ANAND, 2009; SIMÕES; GOMES; YASIN, 2011).

A manutenção é destacada como um centro de custo pelas organizações, devido a sua contribuição para o custo total. Porém, a busca por reduções na manutenção não deve ser feita de forma deliberada, deve ocorrer ao longo do tempo como resultado da implementação de melhores práticas para o aumento no seu desempenho (WAEYENBERGH; PINTELON, 2002; IMAM, 2012). Entendendo que a Função Manutenção não está separada do restante da organização e que é um potencial gerador de lucro, eis que está sujeita a melhorias (WAEYENBERGH; PINTELON, 2002; BEKER et al., 2017), focadas em garantir a confiabilidade dos equipamentos. Assim sendo, quando gerenciada e desenvolvida adequadamente, a Função Manutenção deve alcançar competitividade de classe mundial (IMAM, 2012).

O advento da manutenção de classe mundial ou *World Class Maintenance* (WCM), surgiu nos anos 1980, conceituado como o conjunto de melhores práticas de manutenção que auxiliam as organizações a serem fabricantes de classe mundial (KODALI; MISHRA; ANAND, 2009). Consultores também definem WCM como a excelência em manutenção ou como manutenção sem desperdício (MISHRA; ANAND; KODALI, 2006). O nível WCM cria oportunidade de tornar os processos de trabalho mais eficientes e eficazes de um modo que estes sejam aplicáveis na busca pelas melhores práticas. Um sistema de manutenção aplicado ao nível de classe mundial é capaz de proporcionar uma oportunidade de negócio única, a um custo vantajoso para organização, enquanto aumenta o retorno de forma expressiva sobre os investimentos. (IMAM; RAZA; RATNAYAKE, 2013).

A literatura apresenta modelos de sistemas de WCM. Wireman (2005) destaca onze pilares para um sistema de manutenção robusto, baseado em prevenção, predição, treinamento técnico e interpessoal, sistema de fluxo de trabalho, sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado, TPM, otimização financeira, envolvimento das operações, lojas e compras, manutenção centrada na confiabilidade e melhoria contínua. Idhammar (2003) foca em nove itens, para um sistema de manutenção baseado nas melhores práticas, sendo elas liderança e organização, banco de dados técnicos, interface da engenharia com a manutenção, eliminação da causa raiz dos problemas, manutenção preventiva, interface de gerenciamento de lojas com a manutenção, instalações, planejamento e programação. Por sua vez Smith (2003) descreve o histórico dos equipamentos, os objetivos e metas, o suporte computacional, a engenharia de manutenção, treinamento, suporte e controle de materiais, medição do trabalho, planejamento e programação, manutenção preventiva e preditiva, custos e controle orçamental, governança, avaliação de status, gestão, parceria com a operação, sistema de ordem de serviço, instalações e equipamentos, satisfação da qualidade e mão de obra, controle de relatórios gerenciais, supervisão e controle, organização e plano mestre, somando um total de 23 elementos básicos para WCM. Finalmente Mishra, Anand e Kodali (2006) propõe um *framework* para sistemas de WCM, baseados em dezenove publicações de consultores, empresas e pesquisadores com onze pilares e 59 elementos de um sistema de WCM.

Essa breve análise mostra que os diferentes modelos não são concorrentes. Os modelos apresentam uma natureza convergente e complementar entre si, sendo identificada uma carência na literatura de uma categorização entre níveis de maturidade de WCM. Uma análise em profundidade dos estudos mostra uma ausência na identificação da criticidade em relação aos níveis de tomada de decisão (estratégico, tático e operacional). Se faz necessário também uma identificação quantitativa em relação aos diferentes indicadores chave de desempenho ou *Key Performance Indicator* (KPI) para determinar em que nível de maturidade de WCM uma organização está posicionada.

Nesse sentido essa dissertação versa sobre essa temática, tendo como proposta desenvolver um modelo para identificar qual nível de maturidade de WCM para organizações, considerando elementos qualitativos e quantitativos nessa composição.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O departamento de Manutenção de uma organização, assim como outros departamentos, está sob pressão contínua para apresentar resultados e cortar custos de forma a apoiar a missão da organização (MISHRA; ANAND; KODALI, 2006). A Função Manutenção figura, muitas vezes, entre as maiores contas de uma organização, no Brasil em 2017 as empresas apresentaram em média um custo de manutenção em relação ao faturamento de 4% (ABRAMAN, 2017), esta relação com custo e o aumento do nível tecnológico que traz maior valor agregado aos equipamentos, aumenta a necessidade da busca pela excelência.

De acordo com um estudo sintetizado pela Associação Belga de Manutenção e financiado por várias organizações internacionais em conjunto com a Comissão Europeia, em 10 anos 44% dos ativos industriais serão qualificados como estando no fim da vida útil (ROISIN, 2018). Segundo a ABRAMAN (2017), nos dados de seu Documento Nacional 2017, a idade média dos equipamentos no Brasil é de 17 anos com alguns setores apresentando uma idade média de 28 anos dos seus equipamentos. Esta média com as organizações aderindo a Indústria 4.0. ou *Smart Manufacturing* possui uma tendência de queda, devido a obsolescência tecnológica.

Países que dispõem de maior tecnologia possuem uma idade média dos equipamentos menor, como os Estados Unidos que possui equipamentos com idade média de 7 anos e a Alemanha com idade média de 4 anos (ABIMAQ, 2014). A evolução tecnológica dos equipamentos e a adequação das organizações a Indústria 4.0. aumenta ainda mais o nível de exigência da manutenção, seja pelo impacto de linhas produtivas paradas por inteiro devido a falha em um equipamento integrante conectado ou pela exigência de maior velocidade de atualização do conhecimento técnico, ou ainda, pelos dados em tempo real que deixam explícita a eficiência da manutenção.

O nível de WCM é uma métrica distante do cotidiano das organizações, todavia a área de Manutenção é responsável por reverter esse padrão, podendo assim ser considerada confiável (MOBLEY, 2016). Os benefícios de manter uma instalação WCM são menores custos, maior utilização do ativo, equipe enxuta, melhor eficiência energética e desempenho de segurança (EMANUEL; MASTELLARI, 2019).

Como parte deste esforço, as organizações precisam examinar a eficiência e os custos da Função Manutenção, figurando assim a importância da WCM (FROST; MCCARTHY; ANDROULAKIS, 2017). Na prática, a WCM deve contribuir na busca pela excelência,

balizando as melhorias necessárias para que a manutenção suporte a organização que compete globalmente.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A manutenção de classe mundial é um tema discutido, porém muitas vezes apresentado com definições abrangentes, são várias as necessidades definidas para a Função Manutenção atingir o nível de WCM. Diferentes autores listam diferentes características e com poucas informações quantitativas para nortear uma organização que busca este nível de excelência.

### 1.2.1 Justificativa teórica

Inicialmente, o conceito de WCM foi utilizado por empresas norte-americanas. Denominando um novo modelo para a Função Manutenção, a WCM contribui para os resultados da organização por meio de uma visão estratégica (KODALI; MISHRA; ANAND, 2006). A conceituação da WCM em grande parte das discussões apresenta uma lista de elementos que devem estar em vigor para a qualificação da Função Manutenção neste nível. Contudo, pode-se resumir no alcance de cinco elementos básicos: se estabelecer como um centro de lucro, concentrar os seus recursos para obter o maior retorno sobre os investimentos, evitar e minimizar a manutenção intrusiva, medir e maximizar os resultados e empregar um sistema de gerenciamento robusto e eficaz (SMITH; HINCHCLIFFE, 2003).

Mishra, Anand e Kodali (2006) propõem uma nova estrutura para sistemas de WCM, por meio de uma pesquisa entre autores, consultores e grandes organizações, identificam diferentes estruturas já existentes. Baseado em dezenove publicações realizam uma comparação de grupos de elementos, descritos nas publicações, comparando-os em uma matriz para identificar primeiramente os semelhantes e ainda o posicionamento ou priorização de cada elemento segundo as publicações. A partir deste apanhado de dados realizam um experimento caracterizando as melhores práticas a partir de estruturas existentes e integram essas práticas no desenvolvimento de uma nova estrutura, com onze pilares e 59 elementos, para WCM.

Utilizando do banco de dados Scopus, banco empregado como padrão pela CAPES para avaliação dos programas de pós-graduação, journals e professores, para realizar uma pesquisa de publicações correlatas a de Mishra, Anand e Kodali (2006), empregando os seguintes critérios: utilização das palavras chave (*best practices, world class maintenance, framework*) e publicações datadas do ano 2006 até 28 de novembro de 2019 (data da pesquisa)

obteve-se somente 3 novas publicações. Visto que a pesquisa correlata citada anteriormente realizou uma revisão sistemática até o ano de 2006, esta pesquisa é uma amostra da evolução do tema. As publicações evidenciadas são:

- a) Kodali, Mishra e Anand (2009), na publicação do artigo *Justification of world-class maintenance systems using analytic hierarchy constant sum method*, desenvolvem uma tentativa de entendimento dos motivos que fazem com que muitas organizações falhem na implementação da manutenção produtiva total ou Total Productive Maintenance (TPM). Buscam, também, definir o que é WCM, quais seriam as suas características e quais as diferenças em comparação com outros sistemas existentes. Outra questão abordada, é como a alta gestão defini implementar um sistema de manutenção específico em detrimento a outros. Para esta tomada de decisão os autores aplicam a técnica multicritério, método de soma constante da hierarquia analítica ou Analytic Hierarchy Constant Sum Method (AHCSM), com esta ferramenta demonstram que a implementação da estrutura de WCM resulta em um melhor desempenho da organização;
- b) Mishra, Anand e Kodali (2007), na publicação *Strengths, weaknesses, opportunities, and threats analysis for frameworks of world-class maintenance*, realizam um estudo para comparar diferentes estruturas de WCM. Por meio da análise de forças, fraquezas, oportunidade e ameaças ou Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats (SWOT) demonstram como auxiliar a decisão gerencial de qual estrutura está mais adequada a realidade da organização. Um estudo comparativo, também é realizado, entre os sistemas de manutenção para entender as semelhanças e diferenças entre eles. A aplicabilidade da análise SWOT para auxiliar a tomada de decisão estratégica de escolha da estrutura de manutenção mais adequada para a organização obter vantagens competitivas pode ser evidenciada como valida neste estudo;
- c) Mishra, Anand e Kodali (2007), no artigo *An AHP model for quantification of benefits of World-class Maintenance Systems*, utilizam da ferramenta multicritério processo de hierarquia analítica ou Analytic Hierarchy Process (AHP) para realizar uma quantificação dos benefícios da aplicação de uma estrutura de WCM nas organizações. Os elementos da estrutura de WCM avaliados surgiram de uma extensa pesquisa bibliográfica. O artigo possui como objetivo justificar a aplicação de sistema de WCM frente a alta gestão da

organização, a partir da quantificação das vantagens. O modelo, utilizando AHP resulta em uma demonstração das melhorias gerais que WCM traz a uma organização.

Os artigos citados anteriormente representam uma amostra da evolução do tema de estrutura de WCM e possuem diferentes abordagens para empreender uma comparação entre estruturas de manutenção existentes e ainda justificar a aplicação de uma estrutura de WCM. Desta forma, todas as publicações citadas defendem e demonstram ganhos que organizações podem alcançar ao dispor de uma estrutura de WCM. Porém, assim como em outras publicações, citadas neste trabalho, não é apresentado nestas pesquisas correlatas a especificação de quais os passos necessários para uma organização atingir este nível de excelência na Função Manutenção. Assim como a especificação de quais os elementos de uma estrutura de WCM, dentre tantos citados, devem ser executados primeiramente para dar base para aplicação de outros tantos mais avançados. Da mesma maneira que, não é apresentado dentre estes elementos quais as metas que representam uma WCM. Por fim, entende-se que existe uma necessidade na literatura de uma categorização de níveis de maturidade de WCM, que possa auxiliar o diagnóstico nas organizações referente a situação atual da Função Manutenção e, ainda, guie a implementação de uma estrutura de manutenção focada na excelência, como a anteriormente citada estrutura de WCM.

### **1.2.2 Justificativa prática**

A Manutenção, sendo atualmente definida em grandes empresas como um setor estratégico, necessita suportar a Manufatura na busca pela maior eficiência. Tendo como suas grandes entregas a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, mas não limitada a elas, a Manutenção necessita manter a qualidade dos produtos produzidos, possuir um custo adequado, implementar novas tecnologias, atender a requisitos legais e muitos outros. Todos estes itens devem ser atendidos com sustentabilidade e com uma equipe proativa que busca a melhoria contínua.

Não obstante à meta das organizações, que buscam ser cada vez mais eficientes, a Função Manutenção possui a obrigação de perseguir o nível de excelência em suas entregas e processos, visto que este nível de excelência ou nível de WCM pode vir a ser um diferencial competitivo da organização. Uma empresa que possui uma Manutenção de baixo nível, pode apresentar elevados custos para manter seus equipamentos, problemas de qualidade recorrentes, falha na entrega dos produtos devido a falhas em equipamentos e ainda se manter estagnada

tecnologicamente em relação aos concorrentes. Sendo assim, organizações que buscam competir no mercado global possuem como meta ser cada vez mais eficientes, atingindo as metas, cada vez mais desafiadoras, com menos recursos. Bem como, uma empresa que não busca constantemente melhorar os seus processos está fadada a fracassar concorrendo em um mercado que atualmente se modifica rapidamente.

A luz da WCM, a Função Manutenção pode alcançar a excelência, conforme difundido na literatura. Entretanto diferentes são os conjuntos de características que uma Manutenção necessita possuir, de acordo com diferentes autores da literatura, para ser considerada de classe mundial. Do mesmo modo, que poucas são as informações de como e quais são os passos necessários para atingir níveis de WCM na prática. As informações atuais são diversificadas e abstratas, gerando uma lacuna na orientação sobre quais são os passos necessários para uma organização atingir níveis de WCM. Assim como, gera dúvidas em como identificar o nível de maturidade da Manutenção de uma organização em relação a WCM. Entendendo que o modelo de maturidade acelera aprendizagem e por sua vez a evolução da organização no tema em que este é desenvolvido, o preenchimento desta lacuna auxilia na evolução da organização e ainda pode vir a ser base para o desenvolvimento do plano de obtenção de futuras certificações como ISO 55000 – Gestão de Ativos.

### 1.3 QUESTÃO DE PESQUISA

Quais as características de modelo de maturidade de manutenção de classe mundial em ambientes de manufatura de autopeças?

### 1.4 OBJETIVOS

Nessa seção são apresentados os objetivos geral e específico do trabalho.

#### 1.4.1 Objetivo geral

O objetivo do trabalho é desenvolver um modelo de maturidade de manutenção de classe mundial em ambientes de manufatura de autopeças.

### 1.4.2 Objetivos específicos

Do objetivo geral derivam-se os específicos como sendo:

- a) identificar os atributos qualitativos de uma manutenção de classe mundial;
- b) identificar indicadores e metas de uma manutenção de classe mundial;
- c) identificar oportunidades de melhorias na Função Manutenção em ambientes de manufatura de autopeças.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo são apresentados os conceitos que permitem elaborar o método e discutir os resultados apresentados nessa dissertação.

### 2.1 MANUTENÇÃO CLASSE MUNDIAL

Empresas de manufatura globais são forçadas a melhorar o desempenho dos negócios devido ao aumento da competitividade global (FERNANDEZ et al., 2003) em relação as mudanças no mercado. Estas mudanças, que ocorrem constantemente na história, fizeram com que evoluísse o termo classe mundial. Empresas que optam por atender as necessidades do mercado internacional necessitam geralmente possuir habilidades de marketing, tecnologia e produtos superiores aos seus concorrentes. Portanto, uma empresa que possui uma manufatura de classe mundial possui a capacidade de competir com concorrentes em qualquer local do mundo (MOSTAFA; DUMRAK; SOLTAN, 2015).

O gerenciamento da manutenção é um elemento crítico na estrutura de uma empresa de classe mundial. Deste modo, na busca por uma WCM as empresas aplicam algumas estratégias como: manutenção produtiva total e manutenção centrada na confiabilidade ou *Reliability Centered Maintenance* (RCM) procurando aumentar a confiabilidade dos equipamentos e desta forma aumentam a capacidade da manufatura por meio de um programa de produção mais preciso (FERNANDEZ et al., 2003; TOMLINGSON, 2007).

O nível de classe mundial é o maior objetivo da Função Manutenção nas organizações (TOMLINGSON, 2007) e o termo é utilizado com frequência (MISHRA; ANAND; KODALI, 2007). A WCM de forma simples, refere-se ao conjunto de melhores práticas, em manutenção, que devem ser adotadas pela empresa para ser um fabricante de classe mundial (FERNANDEZ et al., 2003; MISHRA; ANAND; KODALI, 2007). Porém, em vários países diferentes pesquisadores e consultores propuseram práticas diversificadas, implementando nas organizações e afirmando que estas constituem um sistema de WCM (MISHRA; ANAND; KODALI, 2007; MISHRA et al., 2015). É significativo ressaltar que o nível de classe mundial desejado pela manutenção só ocorre se a estratégia de manutenção estiver consoante com a estratégia da manufatura (FERNANDEZ et al., 2003), e ainda compreender que a implementação da WCM é um processo contínuo que implica em um esforço em energia, dinheiro, paciência, tenacidade e atenção da gerencia por um longo prazo, porém este esforço se torna compensatório em relação aos resultados obtidos (MISHRA et al., 2015).

O rótulo de classe mundial não é o mais relevante para a organização, os benefícios altamente significativos obtidos pela organização é o que dá sentido na aplicação do esforço em obter uma manutenção de nível de WCM, sendo este nível o ápice da conquista da Função Manutenção (TOMLINGSON, 2015). Auto avaliações e *benchmankings* são utilizadas para mensurar qual o patamar que as organizações estão alcançando e implantando em relação a um sistema de WCM, com o objetivo de identificar oportunidades de melhorias. Visto que, a definição e implementação de uma estrutura única a partir de uma variedade de estruturas relatadas na literatura é um desafio para a gerência de manutenção (MISHRA; ANAND; KODALI, 2007).

Segundo Frost, Mccarthy, Androulakis (2017) independente do tamanho ou alcance geográfico que a empresa de manufatura possua, tendo como objetivo dispor de um sistema de WCM, este sistema deve apresentar quatro princípios básicos:

- d) capacitação dos funcionários: é a base para os outros princípios, treinamentos em manutenção padrão e metodologia enxuta aumentam o senso de propriedade dos ativos. O sucesso no alcance do nível de WCM depende da evolução das habilidades e participação dos funcionários no desenvolvimento de novos padrões de trabalho;
- e) minimização dos custos: a redução de estoques de peças de reposição e a redução dos custos anuais a partir do aumento da eficiência da manutenção é uma boa prática essencial em uma WCM;
- f) aumento da disponibilidade dos ativos: reduzir as falhas e prolongar a vida útil dos ativos baseado na minimização da abordagem reativa na manutenção faz com melhore o atendimento a crescente demanda dos clientes. Este princípio exige melhorias contínuas na utilização dos ativos e na eficácia dos equipamentos;
- g) priorização da segurança e qualidade: em nada adianta aplicar os princípios anteriores se não for priorizado também a segurança, qualidade do produto e o impacto ambiental. Estes itens devem estar presentes em uma manutenção de nível de WCM.

Diversas são as vantagens de possuir um sistema de WCM, desde definir uma estratégia de manutenção eficaz que mantém um alto grau de disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos reduzindo o desperdício de materiais e peças de reposição (FERNANDEZ et al., 2003) até auxiliar na obtenção de zero acidentes no ambiente de trabalho (MISHRA; ANAND; KODALI, 2007).

Conforme destacam Mishra, Anand e Kodali (2007), uma manutenção de nível de WCM faz com que os recursos de manutenção sejam mais produtivos por meio da implementação de métodos de planejamento apropriados, medidas e técnicas de controle, estruturas mais adequadas e gerenciamento de manutenção integrado por computador, sendo isso para, de maneira otimizada, gerenciar e controlar processos de manutenção. Mishra, Anand, Kodali (2007) e Mishra et al. (2015), ainda trazem uma lista de vantagens da WCM, além das citadas anteriormente, conforme verifica-se a seguir:

- a) por meio de melhores práticas de manutenção desenvolve a capacidade de produção de forma mais competitiva;
- b) melhora a eficiência do sistema de produção por meio da eliminação de perdas por fornecer uma abordagem sistemática em termos de manutenção;
- c) aumenta a eficácia dos equipamentos, de forma geral, e assim mantém altos padrões de produtividade;
- d) reduz paradas emergências nos equipamentos;
- e) reduz gastos referentes a compra de peças de reposição;
- f) reduz o custo do ciclo de vida dos equipamentos a partir do envolvimento da manutenção no desenvolvimento de novos projetos de equipamentos;
- g) garante a qualidade dos produtos realizando à análise e melhoria contínua dos materiais, equipamentos e das condições do processo;
- h) auxilia na obtenção de um ambiente de trabalho limpo e saudável e por conseguinte na busca pelo zero acidente;
- i) desenvolve com especialistas internos uma organização qualificada e flexível;
- j) garante o retorno rentável nos investimentos realizados nos ativos;
- k) fornece melhores serviços às operações por meio do trabalho em equipe e o uso das tecnologias e ferramentas mais atuais.

A WCM deve estabelecer, de maneira muito consistente, padrões e metas em uma organização com a percepção de melhorar continuamente. A ISO 55000 que trata de gestão de ativos pode ser um exemplo de material para o desenvolvimento de KPI's, assim como *benchmarking* e princípios de gestão de manutenção (TOMLINGSON, 2015).

A ISO 55000 tem como escopo fornecer uma visão de gestão de ativos, com suas terminologias, princípios e benefícios oriundos da aplicação de um sistema de gestão de ativos (ISO 55000). Como norma auxilia na orientação de itens que podem ser utilizados como elementos que corroboram para estruturar e obter uma WCM. No campo da avaliação de

desempenho, indicadores e medições, a ISO de gestão de ativos recomenda vários itens, sendo de forma resumida:

- a) a organização define o que precisa ser monitorado e medido;
- b) os indicadores devem possuir um alinhamento com as estratégias e políticas da organização;
- c) o conjunto de indicadores de desempenho, desenvolvidos, devem estar relacionadas a gestão dos ativos assim como os seus resultados;
- d) é necessário que os indicadores forneçam informações úteis como: os êxitos ou necessidades de ações corretivas e melhorias;
- e) a definição das métricas de desempenho qualitativas e/ou quantitativas devem ser determinadas conforme a necessidade da organização;
- f) se faz necessário que a organização possua um alinhamento na relação entre os seus indicadores de desempenho;
- g) os processos de avaliação devem estar claramente definidos, documentados e eficazmente implementados;
- h) é necessário possuir uma definição de frequência das avaliações determinadas pelas organizações;
- i) as atividades de prestadores de serviço também devem ser monitoradas pela organização e terem os seus resultados avaliados.

Na Função Manutenção indicadores principais medem o desempenho de cada etapa dos processos de manutenção, além destes existem ainda os indicadores que medem o quão bem gerenciados foram os resultados (SMITH; MOBLEY, 2011). A seguir é apresentado no Quadro 1 e o Quadro 2 exemplos de indicadores e metas de nível WCM.

Quadro 1 – Exemplo de indicadores e suas metas de WCM, Smith e Mobley

Medida	KPI	Meta de nível de WCM
Custo	Custo de manutenção / valor da substituição do ativo	2 – 3%
	Custo de manutenção / custo de fabricação	<10 – 15%
	Custo de manutenção / unidade de produção	Contexto específico
	Custo de manutenção / total de vendas	6 – 8%

Falhas	Tempo médio entre falhas	Contexto específico
	Frequência de falhas	Contexto específico
Tempo de inatividade	Tempo de inatividade relacionada a manutenção programada (horas)	Contexto específico
	Parada de equipamentos relacionadas a manutenção (horas)	Contexto específico
Estratégia de manutenção	Porcentagem de solicitações de trabalho abertas a mais de 5 dias	20%
Planejamento	Porcentagem de ordens de trabalhos estimadas acima de 10% do tempo real de execução	<10%
	Porcentagem de ordens de serviço, durante um período específico, com todos os campos de planejamento preenchidos	>95%
	Porcentagem de ordens de serviço replanejadas devido a erros de planejamento em um mês	2 – 3%
	Porcentagem de ordens de trabalho em planejamento a mais de 5 dias	20%
Programação	Porcentagem de ordens de serviço executadas conforme a data do plano de manutenção	>95%
	Porcentagem de horas aplicadas em trabalho programado	80%
	Porcentagem de ordens de serviço em atraso devido a disponibilidade de pessoal, equipamento ou serviços	2 – 3%
Execução	Porcentagem de ordens de serviço que requerem retrabalho	<3%
	Porcentagem de ordens de serviço concluídas conforme cronograma de atividades planejadas	>90%
Acompanhamento	Porcentagem de ordens de serviço encerradas em até 3 dias após execução	>95%

Fonte: Adaptado de Smith e Mobley (2011)

Quadro 2 – Exemplo de indicadores e suas metas de WCM, Imam

Medida	KPI	Meta de nível de WCM
Estratégia de manutenção	Relação de quantidade de ordens de manutenção preventiva e preditiva para ordens de manutenção corretiva	6 : 1
	Quantidade de horas de manutenção preventiva e preditiva em relação ao total de horas aplicadas em manutenção	50%
	Quantidade de horas corretivas em relação ao total de horas aplicadas em manutenção	<10%

Custo	Custo de manutenção / valor de substituição do ativo	2,5% - 3,5%
Programação	Aderência ao cronograma de manutenção	>90%
Tempo de inatividade	Disponibilidade dos equipamentos	>90%
Nível de serviço do estoque	Quantidade de tempo que uma peça é encontrado no local correto e que a quantidade real é igual a quantidade relatada no estoque	95%
Planejamento	Quantidade de ordens de serviço definidas antes do agendamento do trabalho	≥80%
Execução	Quantidade de trabalhos de manutenção relatados em ordens de serviço.	95%
OEE	Eficiência geral do equipamento	>85%
Treinamento	Quantidade do valor da folha de pagamento de manutenção que deve ser investido em treinamento	>3%

Fonte: Adaptado de Imam (2012)

O Quadro 1 e o Quadro 2 apresentam exemplos de indicadores de manutenção sugeridos por Smith e Mobley (2011) e por Imam (2012). Os KPI's estão organizados tendo descrito na coluna um qual a sua categorização de medida, na coluna dois a descrição do KPI e na coluna três a meta necessária, quando existente, em relação aos níveis de WCM.

## 2.2 MODELOS DE MATURIDADE

As organizações necessitam constantemente desenvolver e manter vantagens competitivas, para que isso ocorra devem enfrentar as pressões a fim de aprimorar a qualidade dos produtos, desenvolver e reinventar novos produtos e serviços, reduzir o tempo de lançamento de produtos no mercado e ainda reduzir custos. Conseqüentemente as necessidades do desenvolvimento de novos modelos de maturidade aumentam, pois estes auxiliam a gestão a equilibrar os objetivos que muitas vezes se apresentam de forma divergente entre si (METTLER, 2011). De um modo mais abrangente uma empresa que utiliza o modelo de maturidade é capaz de comparar as suas entregas e estrutura em relação a uma empresa de classe mundial e utilizá-la como referência (MACCHI; FUMAGALLI, 2013)

Nos últimos anos muitos modelos de avaliação de maturidade foram desenvolvidos por acadêmicos e profissionais com o objetivo de medir e verificar aspectos dedicados dos sistemas técnicos e sociais (METTLER, 2011). Dentre estes, os modelos multiestágios se

destacam por serem modelos que permitem a compreensão das fases maturacionais em que as organizações normalmente movem-se. Estes modelos oferecem, habitualmente, um referencial teórico para o desenvolvimento dos processos organizacionais a partir da flexibilidade e a controlabilidade, auxiliando na projeção provável dos indicadores de desempenho e ações sucessivas e necessárias para a melhoria dos processos internos e busca da eficácia gerencial, tornando os esforços pelos objetivos da organização mais econômicos e controláveis (SILVEIRA, 2009).

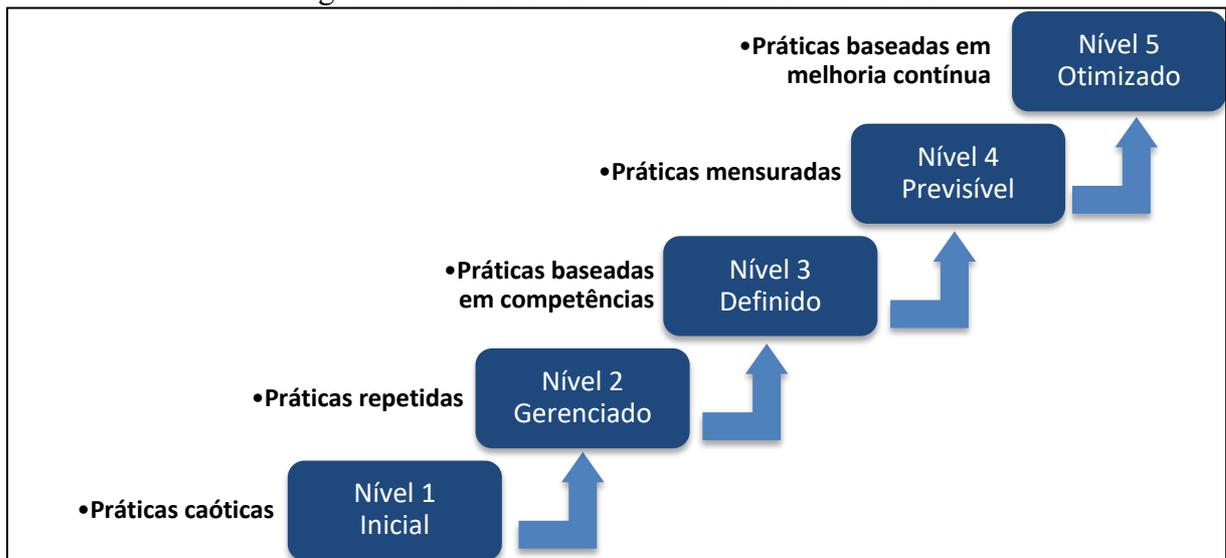
Os modelos de maturidade auxiliam as organizações na avaliação de seus processos e métodos de acordo com parâmetros externos e boas práticas de gerenciamento pré-definidas (OLIVEIRA; LOPES, 2019). A utilização do conceito de maturidade pode ser considerada, na maioria das vezes, uma forma de avaliar de forma tangível como que um processo de negócio está se desenvolvendo e performando. Em relação a Função Manutenção o método de avaliação de maturidade tem como propósito, primeiramente fazer com que os gestores entrevistados reflitam sobre o estado atual do departamento de Manutenção, outro propósito é medir a distância do status atual da empresa em relação as boas práticas propostas pelos modelos (MACCHI; FUMAGALLI, 2013) e ainda refletir sobre o que deve ser realizado para assegurar a continuidade do seu desenvolvimento até o nível de excelência pretendido (SILVEIRA, 2009).

O primeiro modelo de maturidade foi desenvolvido por Crosby em 1979 na área de gerenciamento da qualidade (OLIVEIRA; LOPES, 2019). Com o passar dos anos surgiu a exigência de maiores níveis de economia, confiabilidade e eficácia nas entregas de projetos tecnológicos e de sistemas de informação em empresas privadas, públicas e departamentos militares. Assim sendo, os modelos de maturidade multiestágios auxiliaram as organizações a definirem passos sequenciais com alto nível de controle e detalhamento, melhorando a gestão e eficácia dos processos além de constituir uma estrutura teórica importante nestes temas. Dentre os modelos existentes se destaca o modelo de maturidade em capacitação ou *Capability Maturity Model (CMM)* (SILVEIRA, 2009).

O modelo de maturidade em capacitação foi desenvolvido a pedido do Departamento de Defesa dos Estados Unidos, em 1986, por pesquisadores do Instituto de Engenharia de Software da Carnegie-Mellon University (SILVEIRA, 2009; OLIVEIRA; LOPES, 2019). O objetivo foi desenvolver uma metodologia capaz de avaliar a capacidade dos prestadores de serviço, pois o desenvolvimento de softwares para o sistema de defesa é suscetível a qualificação dos profissionais envolvidos devido a alta complexidade dos projetos (SILVEIRA, 2009). A versão 1.0 do CMM foi utilizada e revisada pela comunidade dos desenvolvedores de

software entre os anos de 1991 e 1992, sendo realizada uma oficina assistida por cerca de 200 profissionais da área no ano de 1992 (PAULK et al., 1993). Inspirado no modelo lógico, desenvolvido por Crosby, o CMM propõe uma estrutura de cinco níveis que auxiliam na identificação da posição ocupada pela organização em relação a maturidade do gerenciamento de projetos e processos (SILVEIRA, 2009; OLIVEIRA; LOPES, 2019), conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Níveis de maturidade do modelo CMM



Fonte: Adaptado de Silveira (2009)

Conforme apresentado na Figura 1, no CMM a melhoria do processo baseia-se em pequenas etapas evolutivas, organizando-as em cinco níveis de maturidade que estabelecem bases sucessivas para a melhoria contínua do processo. Estes níveis, descritos abaixo, auxiliam na identificação do posicionamento atual da organização em relação a capacidade atual do seu processo e ajudam na definição da priorização dos esforços relacionados a melhoria que esta organização almeja (PAULK et al., 1993):

- nível 1: Inicial. Neste nível a organização não fornece um ambiente estável, os processos são imprevisíveis, pouco controlados e reativos;
- nível 2: Gerenciado. Neste nível são definidas políticas para gerenciar os projetos e os procedimentos de implementação, os processos são planejados, executados e medidos pela organização;
- nível 3: Definido. São documentados e integrados a um todo de forma coerente os processos típicos de desenvolvimento de projetos, estes processos são caracterizados, compreendidos e descritos em padrões de ferramentas e métodos da organização;

- d) nível 4: Previsível. Neste nível a organização determina metas quantitativas com formatos de medição definidos e consistentes para produtos e processos, utilizando estatística e outras técnicas quantitativas;
- e) nível 5: Otimizado. No nível otimizado a organização possui meios de identificar pontos fracos e fortalecer os processos de forma proativa, os processos são melhorados continuamente com base na compreensão das causas de falha. A organização inteira está focada na melhoria contínua dos processos (PAULK al et., 1993; SILVEIRA, 2009);

Ainda que o CMM tenha se tornado um dos principais modelos de maturidade devido a sua influência nos desenvolvimentos de outros modelos, ele não é o único, outros modelos foram desenvolvidos ao longo dos anos para auxiliar as organizações a atingirem os seus objetivos. Assim sendo, outra contribuinte importante, publicado pelo Project Management Institute no final de 2003, é o modelo de maturidade em gerenciamento de projetos organizacionais ou *Organizational Project Management Maturity Model (OPM3)*. Este modelo tem como objetivo a visualização das capacidades necessárias para que seja possível a implementação da estratégia com previsibilidade e consistência. Assim, o OPM3 possibilita à organização produzir e reproduzir de forma consistente um alto desempenho no gerenciamento de projetos (OLIVEIRA; LOPES, 2019; SILVEIRA, 2009).

O modelo integrado de maturidade em capacitação ou *Capability Maturity Model Integration (CMMI)*, derivado do CMM, é um dos modelos mais citados para construir um método de avaliação da maturidade. Proposto como uma versão revisada do CMM, o CMMI já foi utilizado como base para diversos modelos de maturidade desenvolvidos nas áreas de gerenciamento de projetos, gerenciamento da cadeia de suprimentos, confiabilidade e designer (MACCHI; FUMAGALLI, 2013).

Na área de gestão de pessoas o modelo de maturidade em capacidade de pessoas ou *People Capability Maturity Model (P-CMM)* é um modelo multiestágios que tendo a sua origem em conceitos e práticas da qualidade total, desenvolvimento de competências, aprendizagem organizacional e melhores práticas em gestão de pessoas, orienta e avalia a aplicação das pessoas na organização de forma mais efetiva (SILVEIRA, 2009).

Com a finalidade de identificar, por meio de uma pesquisa piloto no Reino Unido, os fatores primordiais para o gerenciamento eficaz da manutenção, Cholausuke et al. (2004) classificaram em quatro níveis de maturidade algumas empresas participantes do estudo. O estudo teve como forma de levantamento de dados um questionário e a pesquisa foi baseada no emprego de boas práticas de manutenção e os benefícios obtidos com isso.

Com o intuito de desenvolver um modelo de maturidade com características genéricas que apresente determinada padronização. De Bruin et al. (2005) propõem por meio de uma metodologia genérica a construção de modelos de maturidade, em diferentes campos, aplicando seis fases básica de desenvolvimento:

- a) escopo: A determinação do escopo é a primeira fase no desenvolvimento de um modelo de maturidade e ela influenciará em todas as fases restantes;
- b) arquitetura: A segunda fase determinar a arquitetura que formará a base para o desenvolvimento e aplicações posteriores;
- c) estabelecer: Nesta fase ocorre a identificação do que precisa ser medido e como deve ser medido os elementos no modelo de maturidade. Em um domínio maduro esta identificação dos elementos pode ser realizada por meio de uma extensa revisão na literatura. A partir da obtenção de uma lista inicial entrevistas são usadas para validação dos construtos;
- d) teste: A quarta fase é o teste que o modelo deve possuir quanto ao rigor e relevância. É importante testar o construto do modelo para realizar a sua validação;
- e) implantar: Na implantação o modelo deve ser disponibilizado para o uso e para verificar a sua generalização e extensão;
- f) manter: Esta fase determina a forma de rastrear a evolução e o desenvolvimento do modelo.

Os modelos de maturidade podem apresentar características descritivas, prescritivas ou comparativas. Modelos descritivos focam em descrever a situação atual do que está sendo avaliado sem o objetivo de melhorar a maturidade sendo implementado de forma única. Os modelos prescritivos são desenvolvidos para abordar a melhoria da maturidade e evolução do negócio. Os modelos comparativos, por sua vez, permitem *benckmarking* entre setores ou regiões. Os modelos prescritivos possuem uma implementação inicial de forma descritiva, pois a evolução só ocorrerá com a compreensão profunda da situação atual para promover melhorias substanciais (DE BRUIN et al., 2005).

### 2.3 REVISÃO DE LITERATURA

Diferentes autores, consultores e organizações definem que para atingir o nível de classe mundial um setor de Manutenção de uma determinada organização deve possuir determinados elementos. Porém, os elementos descritos para ser uma WCM diferem entre os autores, muitas vezes, em quantidade e em especialidade. Desta forma, foi realizado uma

revisão de literatura entre diferentes autores e elementos, por eles citados, que constituem uma manutenção de excelência ou de nível de WCM. A revisão é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Elementos conforme autores / consultores / organizações

Autor/Consultor/ Organização	Título da publicação	Ano	Elementos manutenção excelência/WCM
ROHM & HASS	Assessing maintenance performance	1997	1- Liderança; 2- Manutenção planejada; 3- Confiabilidade; 4- Desenvolvimento de recursos humanos; 5- Gerenciamento de materiais de manutenção; 6- Administração de terceiros; 7- Gerenciamento efetivo da informação.
TOMPKINS ASSOCIATES	The scoreboard for maintenance excellence	1998	1- Cultura de manutenção e organização; 2- Organização e administração; 3- Autorização e controle do trabalho; 4- Controle de orçamento e custo; 5- Planejamento e programação de manutenção; 6- Depósito de manutenção; 7- Manutenção preventiva e preditiva; 8- Programa de lubrificação; 9- Eficácia geral do equipamento; 10- Manutenção baseada na operação; 11- Suporte da engenharia; 12- Segurança, limpeza e conformidade regulamentar; 13- Avaliação de habilidades técnicas; 14- Medição do desempenho da manutenção; 15- Supervisão de manutenção / liderança; 16- Sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado; 17- Instalações, equipamentos e ferramentas de manutenção; 18- Melhoria contínua da manutenção.
HEISLER	Communication is the mortar of maintenance excellence	2002	1- Planejadores de manutenção; 2- Sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado; 3- Gerenciamento de peças de reposição; 4- Processos de gerenciamento de trabalho; 5- Programa de manutenção preventiva; 6- Programa de manutenção preditiva; 7- Treinamento; 8- Rastreamento de desempenho.
IDHAMMAR	Reliability and maintenance implementation model – Step II	2003	1- Liderança e organização; 2- Planejamento e programação de operações e manutenção; 3- Prevenção de manutenção e manutenção preventiva; 4- Banco de dados técnico; 5- Eliminação da causa raiz do problema; 6- Interface de gerenciamento de lojas com a manutenção; 7- Instalações, ferramentas e oficinas; 8- Interface da engenharia com a manutenção; 9- Desenvolvimento de habilidades.

DABBS	Cultural change for success: A lumber mill's renaissance	2003	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Apoio a gestão e medidas de eficácia;</li> <li>2- Banco de dados de equipamentos;</li> <li>3- Tarefas / procedimentos de manutenção;</li> <li>4- Planejamento e programação de manutenção;</li> <li>5- Sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado;</li> <li>6- Avaliação de falhas / melhoria contínua / engenharia de confiabilidade;</li> <li>7- Habilidades / treinamento pessoal;</li> <li>8- Organização e estrutura de manutenção;</li> <li>9- Controle de trabalho;</li> <li>10- Inventário de lojas.</li> </ol>
SMITH; HAWKINS	Benchmarking maintenance organization effectiveness	2003	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Manutenção preventiva / preditiva;</li> <li>2- Engenharia de Manutenção;</li> <li>3- Histórico de equipamentos;</li> <li>4- Suporte e controle de materiais;</li> <li>5- Medição de trabalho;</li> <li>6- Planejamento de trabalho;</li> <li>7- Programação e coordenação;</li> <li>8- Suporte computadorizado;</li> <li>9- Distribuição de custos;</li> <li>10- Sistema de ordem de serviço;</li> <li>11- Princípios e conceitos de governança;</li> <li>12- Parceria cooperativa da manutenção / operações;</li> <li>13- Compromisso da gestão;</li> <li>14- Avaliação de status;</li> <li>15- Metas e objetivos;</li> <li>16- Plano mestre;</li> <li>17- Controle orçamentário;</li> <li>18- Controle de relatórios gerenciais;</li> <li>19- Organização;</li> <li>20- Supervisão e controle;</li> <li>21- Treinamento;</li> <li>22- Instalações e equipamentos;</li> <li>23- Satisfação da qualidade e mão de obra;</li> </ol>
CHOLASUKE; BHARDWA; ANTONY	The status of maintenance management in UK manufacturing organizations: results from a pilot survey	2004	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Implantação e organização de políticas;</li> <li>2- Abordagem de manutenção;</li> <li>3- Planejamento de tarefas e agendamento;</li> <li>4- Gerenciamento de informações e sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado;</li> <li>5- Gerenciamento de peças de reposição;</li> <li>6- Gestão de recursos humanos;</li> <li>7- Contratação de manutenção;</li> <li>8- Aspectos financeiros;</li> <li>9- Melhoria contínua.</li> </ol>
WIREMAN	Developing performance indicators for managing maintenance	2005	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Manutenção preventiva;</li> <li>2- Lojas e compras;</li> <li>3- Sistema de fluxo de trabalho;</li> <li>4- Sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado;</li> <li>5- Treinamento técnico e interpessoal;</li> <li>6- Manutenção preditiva;</li> <li>7- Envolvimento das operações;</li> <li>8- Manutenção centrada na confiabilidade;</li> <li>9- Manutenção produtiva total;</li> <li>10- Otimização financeira;</li> <li>11- Melhoria contínua.</li> </ol>

MISHRA; ANAND; KODALI	Development of a framework for world-class maintenance systems	2006	1- Melhoria de processo / equipamento; 2- Manutenção de propriedade; 3- Sistemas / práticas / procedimentos de manutenção; 4- Desenvolvimento de recursos humanos; 5- Manutenção de eliminação; 6- Manutenção da qualidade do processo; 7- Melhoria de sistemas de suporte; 8- Sistemas de segurança, saúde e meio ambiente; 9- Liderança e gerenciamento de mudanças; 10- Sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado; 11- Avaliação de desempenho.
CHEMWENO et al.	Asset maintenance maturity model: structured guide to maintenance process maturity	2015	1- Segurança / risco / saúde; 2- Qualidade das entregas; 3- Confiabilidade; 4- Disponibilidade; 5- Inventário de peças de reposição; 6- Decisões de substituição de bens de capital; 7- Eficácia geral do equipamento; 8- Impacto ambiental; 9- Logística; 10- Custos de manutenção; 11- Qualidade de manutenção; 12- Gerenciamento de pessoal; 13- Produtividade; 14- Otimização do ciclo de vida; 15- Manutenibilidade.
OLIVEIRA; LOPES	Evaluation and improvement of maintenance management performance using a maturity model	2019	1- Cultura organizacional; 2- Política de manutenção; 3- Gerenciamento de desempenho; 4- Manutenção de falhas; 5- Planejamento e programação de atividades de manutenção preventiva; 6- Sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado; 7- Gerenciamento e inventário de peças de reposição; 8- Padronização e controle de documentos; 9- Gestão de recursos humanos; 10- Gerenciamento de resultados (custos de manutenção e qualidade).

Fonte: Adaptado de Mishra, Anand e Kodali (2006)

A Tabela 1 demonstra a contribuição de autores, consultores e organizações para a literatura, a partir de publicações referentes a elementos necessários que uma manutenção de excelência ou de nível de WCM necessita possuir. Na coluna um são listados os autores, consultores ou organizações, coluna dois apresenta o título da publicação, coluna três o ano de publicação e a coluna quatro os elementos e a ordem em que eles são categorizados pelos autores. A partir dos dados apresentados, na coluna quatro da Tabela 1, é possível observar que as quantidades de elementos para uma WCM diferem entre os autores, porém identificam-se elementos similares ou mesmo iguais entre diferentes autores. Assim sendo, para uma definição

adequada dos elementos se faz necessário a fusão de itens com o mesmo significado e exclusão dos itens repetidos, esta organização está disposta na Tabela 2.

Tabela 2 – Organização dos elementos de WCM

<b>Elementos de WCM</b>
<p>           Conceitos e princípios de governança;            Cultura e política de manutenção organizacional;            Organização e estrutura de manutenção;            Segurança e conformidade regulamentar;            Impacto ambiental;            Liderança e compromisso da gestão;            Gerenciamento da mudança;            Definição e gerenciamento de KPI's;            Medição do desempenho da manutenção;            Avaliação de status;            Medição da disponibilidade;            Medição da eficácia geral dos equipamentos;            Interação no gerenciamento de oficinas de manutenção;            Controle e relatórios de gerenciamento;            Decisões de substituição de bens de capital;            Instalação da manutenção, equipamentos e ferramentas;            Gestão e desenvolvimento de recursos humanos;            Avaliação de habilidades técnicas e desempenho;            Desenvolvimento de habilidades técnicas e interpessoais;            Programa de treinamento;            Satisfação da mão de obra e da qualidade;            Programa de manutenção planejada;            Programa de manutenção preventiva;            Programa de manutenção preditiva;            Planejamento e programação da manutenção;            Plano mestre de manutenção;            Melhoria de processo / equipamento;            Programa de lubrificação;            Análise de causa raiz do problema;            Gerenciamento de peças de reposição;            Gerenciamento de terceiros;            Controle orçamental;            Sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado;            Sistema de ordem de serviço;            Banco de dados técnico de equipamentos;            Gerenciamento efetivo da informação;            Suporte de engenharia;            Melhoria em sistemas de suporte da manutenção;            Controle e definição dos processos de trabalho;            Controle de documentação e padronização;            Sistemas de manutenção, práticas e procedimentos;            Engenharia de confiabilidade;            Manutenção produtiva total;            Otimização estatística financeira;            Otimização do ciclo de vida;            Manutenibilidade;         </p>

Melhoria contínua da manutenção;  
Envolvimento da operação;  
Manutenção autônoma;  
Parceria cooperativa entre manutenção e operação;

---

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

A coluna um da Tabela 2 agrupou os elementos de forma a condensá-los sem possuir repetição de definição. Muitos elementos mencionados na Tabela 1 foram citados por mais de um autor, para verificar quais são os elementos mais citados pelos autores pesquisados foi desenvolvida a Tabela 3. Nesta tabela os elementos organizados, na Tabela 2, foram distribuídos identificando quais autores os citaram, de forma direta ou citando outro de mesmo significado, e qual a categorização, ou posição numérica, que o autor citou aquele elemento na sua publicação.

A Tabela 3 apresenta na coluna um os elementos de WCM, organizados na Tabela 2, e relaciona com os autores descritos na linha um. A relação é executada com o número categorizado por cada autor. Os números de categorização relacionados se repetem, pois há autores que citam mais de um item organizado na Tabela 2 na publicação correspondente. No entanto, outros elementos estão relacionados com mais de um item citado pelo autor, devido a condensação dos itens similares realizados também na organização apresentado na Tabela 2.

A revisão de literatura extrai e organiza os elementos de WCM que serão utilizados para construção do modelo de maturidade, desta forma torna-se o ponto predecessor para a execução do capítulo responsável por apresentar o método utilizado neste trabalho.

Tabela 3 – Categorização dos elementos de WCM conforme autores / consultores / organizações

Autor/Consultor/Organização	ROHM & HASS (1997)	TOMPKINS ASSOCIATES (1998)	HEISLER (2002)	IDHAMMAR (2003)	DABBS (2003)	SMITH; HA WKINS (2003)	CHOLASUKE; BHARDWA; ANTONY (2004)	WIREMAN (2005)	MISHRA; ANAND; KODALI (2006)	CHEMWENO et al. (2015)	OLIVEIRA; LOPES (2019)
Elementos de WCM											
Conceitos e princípios de governança; Cultura e política de manutenção organizacional; Organização e estrutura de manutenção; Segurança e conformidade regulamentar; Impacto ambiental;		1 2 12			8	11 19	1 2		8 8	9 1 8	1/2
Liderança e compromisso da gestão; Gerenciamento da mudança; Definição e gerenciamento de KPI's; Medição do desempenho da manutenção; Avaliação de status; Medição da disponibilidade; Medição da eficácia geral dos equipamentos; Interação no gerenciamento de oficinas de manutenção; Controle e relatórios de gerenciamento; Decisões de substituição de bens de capital; Instalação da manutenção, equipamentos e ferramentas;	1	15 14 9 17	8	1 6 7	1 9	13 5/15 14 18/20 22			9 9	2/11 4 7 13 6	3 10

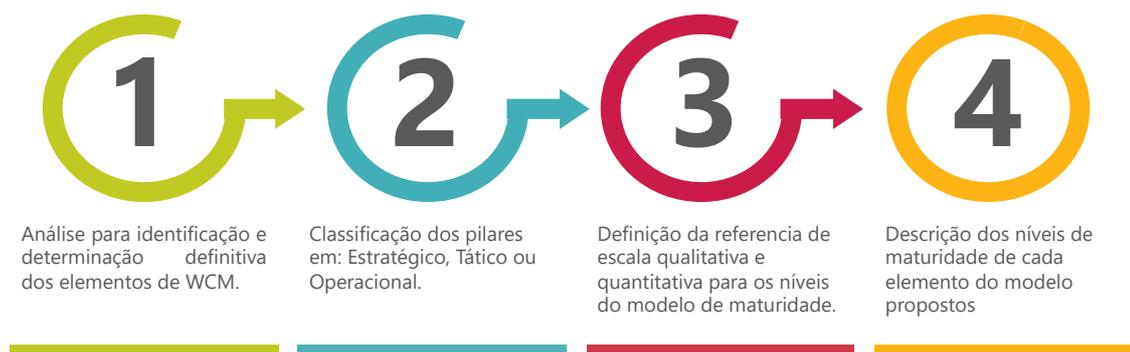
Gestão e desenvolvimento de recursos humanos; Avaliação de habilidades técnicas e desempenho; Desenvolvimento de habilidades técnicas e interpessoais; Programa de treinamento; Satisfação da mão de obra e da qualidade;	4	13	7	9	7	21 23	6	5	4 11	12	9
Programa de manutenção planejada; Programa de manutenção preventiva; Programa de manutenção preditiva; Planejamento e programação da manutenção; Plano mestre de manutenção; Melhoria de processo / equipamento; Programa de lubrificação;	2	7 7 5 8	5 6 1	3 2	4	1 1 6/7 16	3	1 7	5 1		5
Análise de causa raiz do problema; Gerenciamento de peças de reposição; Gerenciamento de terceiros; Controle orçamental; Sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado; Sistema de ordem de serviço; Banco de dados técnico de equipamentos; Gerenciamento efetivo da informação; Suporte de engenharia; Melhoria em sistemas de suporte da manutenção; Controle e definição dos processos de trabalho; Controle de documentação e padronização; Sistemas de manutenção, práticas e procedimentos;	5 6 7	6 4 16 11 3	3 2 4 8	5 4	6 10 2 3 3	4 9/17 8 10 3 2	5 7 8 4	2 4 3	5 10 7 6 3	5 10	4 7 6 8
Engenharia de confiabilidade; Manutenção produtiva total; Otimização estatística financeira; Otimização do ciclo de vida; Manutenibilidade; Melhoria contínua da manutenção;	3	18			6 6			8 9 10 11		3 14 15	
Envolvimento da operação; Manutenção autônoma; Parceria cooperativa entre manutenção e operação;		10				12		6	2		

Fonte: Adaptado de Mishra, Anand e Kodali (2006)

### 3 MÉTODO

Dispondo da Revisão de literatura como etapa predecessora, o método de desenvolvimento do modelo de maturidade de WCM utilizou quatro macro etapas, conforme disposto na Figura 2.

Figura 2 – Macro etapas para desenvolvimento do modelo de maturidade de WCM



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

A Figura 2 apresenta as quatro macro etapas de desenvolvimento do modelo de maturidade WCM, estando apresentadas na seguinte ordem: análise para identificação e determinação definitiva dos elementos de WCM; classificação dos pilares em estratégico, tático ou operacional; definição da referência de escala qualitativa e quantitativa para os níveis do modelo de maturidade e descrição dos níveis de maturidade de cada elemento do modelo proposto.

Segundo Oliveira e Lopes (2019), o passo inicial para o desenvolvimento de um modelo de maturidade é a identificação dos fatores que contribuem de forma significativa para o desenvolvimento de uma determinada área. Assim sendo, para iniciar a primeira etapa macro do desenvolvimento do modelo de maturidade foi necessário realizar uma análise dos resultados da Tabela 3, apresentada na Revisão de literatura, validando a ordem de importância e a exclusão de elementos de menor significância, descrito pelos autores, foi definido um Grupo prático. Este Grupo prático apresentado no Quadro 2, também foi responsável por validar o agrupamento dos elementos por similaridade e determinar a nomenclatura dos pilares que melhor representassem cada grupo de elementos. Todas as definições realizadas pelo Grupo prático foram determinadas mediante a reuniões, as determinações e validações só ocorreram com o consenso de todos os participantes do grupo.

Quadro 3 – Grupo prático

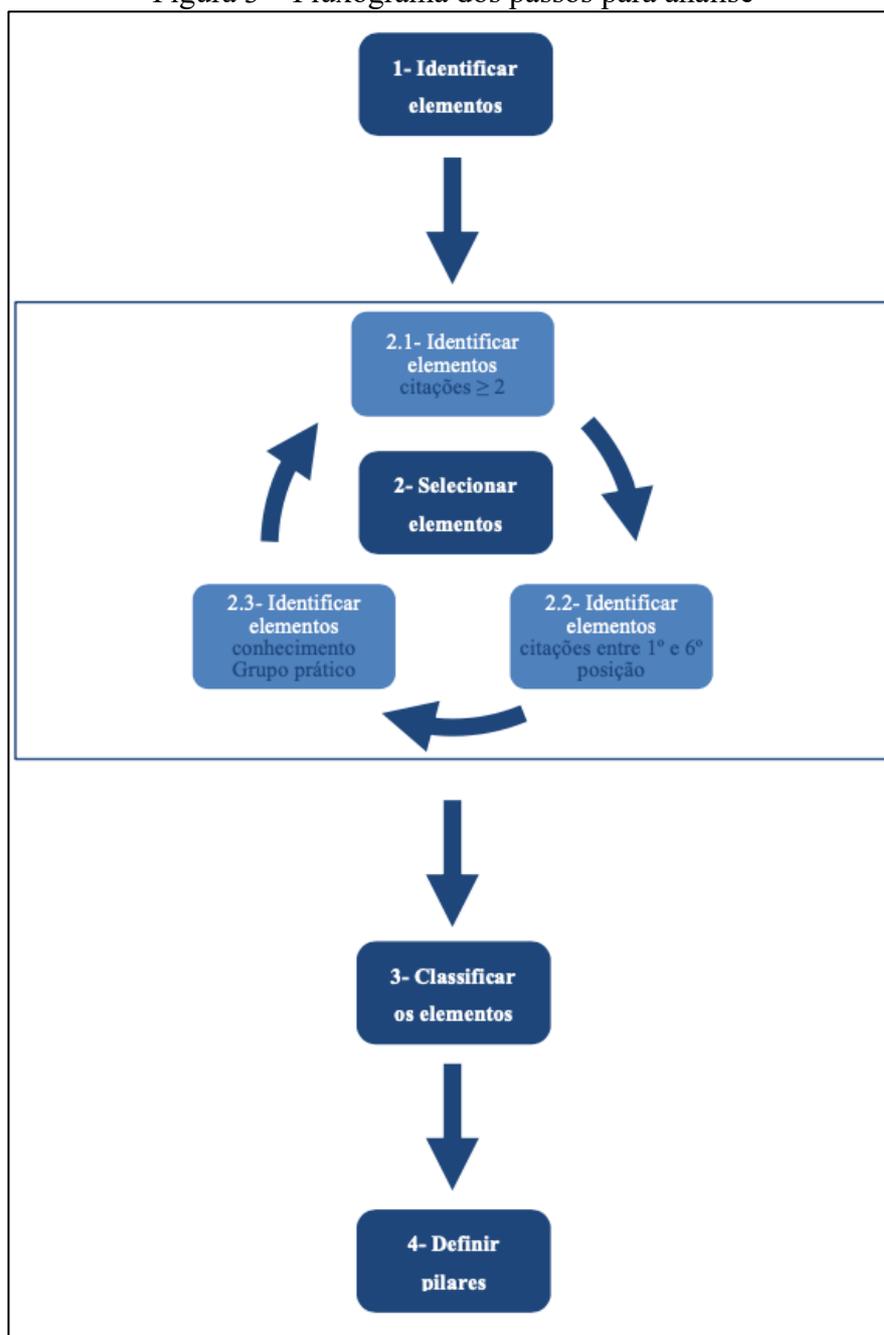
<b>Integrante</b>	<b>Formação acadêmica</b>	<b>Experiência em manutenção</b>
Coordenador de manutenção	Engenheiro de Produção Pós graduação em Engenharia de Manutenção Pós graduação em Gestão Empresarial	20 anos
Líder de manutenção	Engenheiro Mecânico	11 anos
Líder de manutenção	Engenheiro Mecânico	20 anos
Engenheiro de manutenção	Engenheiro Eletricista Pós graduação em Engenharia Industrial	30 anos
Engenheiro de manutenção	Engenheiro Eletricista Pós graduação em Gestão Empresarial Mestrado em Eletrônica de Potência e Controle	16 anos
Analista de manutenção	Tecnólogo em Automação	13 anos
Analista de manutenção	Engenheiro de Produção	9 anos
Pesquisador	Engenheiro de Produção Mestrando em Engenharia de Produção	12 anos

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

No Quadro 2 é apresentado o Grupo prático com a descrição do cargo funcional de cada integrante na coluna um, além da denominação da participação do pesquisador. Na coluna dois listou-se a formação acadêmica de cada integrante e por fim, na coluna três a quantidade de anos de experiência que cada um possui.

A análise para identificação e determinação definitiva dos elementos de WCM utilizados foi realizada seguindo os passos indicados na Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma dos passos para análise



Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

A Figura 3 apresenta em formato de fluxograma o sequenciamento de passos realizados para identificação e determinação definitiva dos elementos de WCM, estes passos são descritos como segue:

- a) **identificar elementos:** A identificação dos elementos foi realizada a partir de uma revisão sistêmica na literatura e descrita com mais detalhes no capítulo de Fundamentação Teórica;
- b) **selecionar elementos:** A seleção dos elementos foi realizada com base na execução de três sub-passos de seleção:

- 2.1- Citações  $\geq 2$ : Realizando a contagem do número de citações que cada elemento recebeu, na Tabela 3, dos autores selecionados, foram identificados todos os elementos que possuíram duas ou mais citações nas publicações dos autores. Após a execução deste passo foram selecionados 30 elementos de um total de 50 elementos relacionados na revisão sistêmica;
- 2.2- Citações entre 1º e 6º posição: Identificando os elementos que possuem menos de duas citações, porém foram categorizados nas publicações entre a 1º e 6º posição na prevalência relatada pelo autor. Na execução deste passo foram selecionados mais 6 elementos;
- 2.3- Conhecimento Grupo prático: Por meio do conhecimento tácito do Grupo prático foram identificados, dentre os elementos que não foram selecionados na execução dos passos 2.1 e 2.2, elementos que necessitariam estar presentes em uma WCM. Executando este passo foram selecionados mais 1 elemento.

c) **classificar os elementos:** A classificação dos elementos foi realizada a partir do agrupamento dentre os elementos similares, formando assim grupos que possuem a origem ou a finalidade em comum. Posteriormente, foi realizado a categorização dos elementos dentro de cada grupo, comparando a posição de classificação, realizada pelos autores nas publicações, de cada elemento. A categorização de forma numérica dos elementos de cada grupo é importante para que seja identificada a ponderação entre estes elementos, ou seja, qual a prevalência em relação ao grau de importância que cada um exerce dentro do grupo;

**definir pilares:** A definição de uma nomenclatura que representasse cada grupo de elementos classificados, os pilares, foi realizada e validada pelo Grupo prático. Foi identificado que vários dos elementos selecionados convergem para os pilares da TPM, como os elementos de *Desenvolvimento de habilidades técnicas e interpessoais* e *Programa de treinamento* para o pilar de Educação e treinamento, *Programa de manutenção preventiva* e *Programa de manutenção preditiva* para o pilar de Manutenção planejada, *Segurança e conformidade regulamentar* e *Impacto ambiental* para o pilar de *Segurança, saúde e meio ambiente*, assim como tantos outros elementos. Contudo, foram definidos nomes de pilares distintos aos do sistema TPM, ainda que intrinsecamente estes façam parte do modelo de maturidade de WCM. Dado que, o WCM é um sistema de TPM aprimorado baseado nos seus fundamentos, porém supera as suas limitações podendo ser considerado uma evolução do TPM (MUGANYI; MBOHWA, 2017).

Por meio de discussão realizada pelo Grupo prático dois elementos considerados redundantes, *Medição do desempenho da manutenção* e *Definição e gerenciamento de KPI's*, foram condensados em somente um item, mantendo a nomenclatura do segundo elemento. Mediante a execução dos passos, anteriormente citados, os elementos de WCM foram reduzidos de 50 para 36, sendo eles organizados e categorizados em grupos.

Conforme Marquez e Gupta (2006) os níveis de negócio, estratégico, tático e operacional, relacionados a manutenção podem ser definidos da seguinte forma:

- a) estratégico, são as prioridades de manutenção decorrentes das prioridades da organização que advém das ações do nível estratégico. O atendimento a estas prioridades auxiliam na definição das estratégias de médio e longo prazo para desenvolver lacunas e potencializam o desempenho da manutenção;
- b) tático, as ações deste nível definem a atribuição correta de uma fonte de recursos, sendo ela material, equipamentos, determinadas habilidades, etc para cumprir um determinado plano;
- c) operacional, as ações do nível operacional certificam que as tarefas sejam executadas seguindo os procedimentos corretos e usando as ferramentas adequadas.

A luz da descrição dos níveis estratégico, tático e operacional de Marquez e Gupta (2006) aliado com os conhecimentos do Pesquisador e validado pelo o Grupo prático os pilares que comportam os elementos de WCM foram classificados em estratégico, tático e operacional. A classificação e organização definitiva dos elementos de WCM é retratada na Tabela 4.

Tabela 4 – Classificação e organização definitiva dos elementos de WCM

Níveis	Pilares	Elementos de WCM
Estratégico	Cultura organizacional	1- Cultura e política de manutenção organizacional; 2- Organização e estrutura de manutenção; 3- Segurança e conformidade regulamentar; 4- Impacto ambiental;
	Gestão de pessoas	1- Gestão e desenvolvimento de recursos humanos; 2- Desenvolvimento de habilidades técnicas e interpessoais; 3- Programa de treinamento; 4- Avaliação de habilidades técnicas e desempenho;

Tático	Gestão	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Liderança e compromisso da gestão;</li> <li>2- Medição da disponibilidade;</li> <li>3- Definição e gerenciamento de KPI's;</li> <li>4- Decisões de substituição de bens de capital;</li> <li>5- Interação no gerenciamento de oficinas de manutenção;</li> <li>6- Medição da eficácia geral dos equipamentos;</li> <li>7- Instalação da manutenção, equipamentos e ferramentas;</li> <li>8- Controle e relatórios de gerenciamento;</li> <li>9- Gerenciamento da mudança;</li> </ol>
	Estratégia	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Programa de manutenção preventiva;</li> <li>2- Planejamento e programação da manutenção;</li> <li>3- Programa de manutenção preditiva;</li> <li>4- Melhoria de processo / equipamento;</li> <li>5- Programa de manutenção planejada;</li> </ol>
	Manutenção avançada	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Engenharia de confiabilidade;</li> <li>2- Melhoria contínua da manutenção;</li> </ol>
Operacional	Boas práticas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Gerenciamento de peças de reposição;</li> <li>2- Banco de dados técnico de equipamentos;</li> <li>3- Sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado;</li> <li>4- Suporte de engenharia;</li> <li>5- Controle e definição dos processos de trabalho;</li> <li>6- Sistemas de manutenção, práticas e procedimentos;</li> <li>7- Análise de causa raiz do problema;</li> <li>8- Gerenciamento de terceiros;</li> <li>9- Gerenciamento efetivo da informação;</li> <li>10- Controle orçamental;</li> </ol>
	Coparticipação da operação	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Manutenção autônoma;</li> <li>2- Envolvimento da operação;</li> </ol>

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

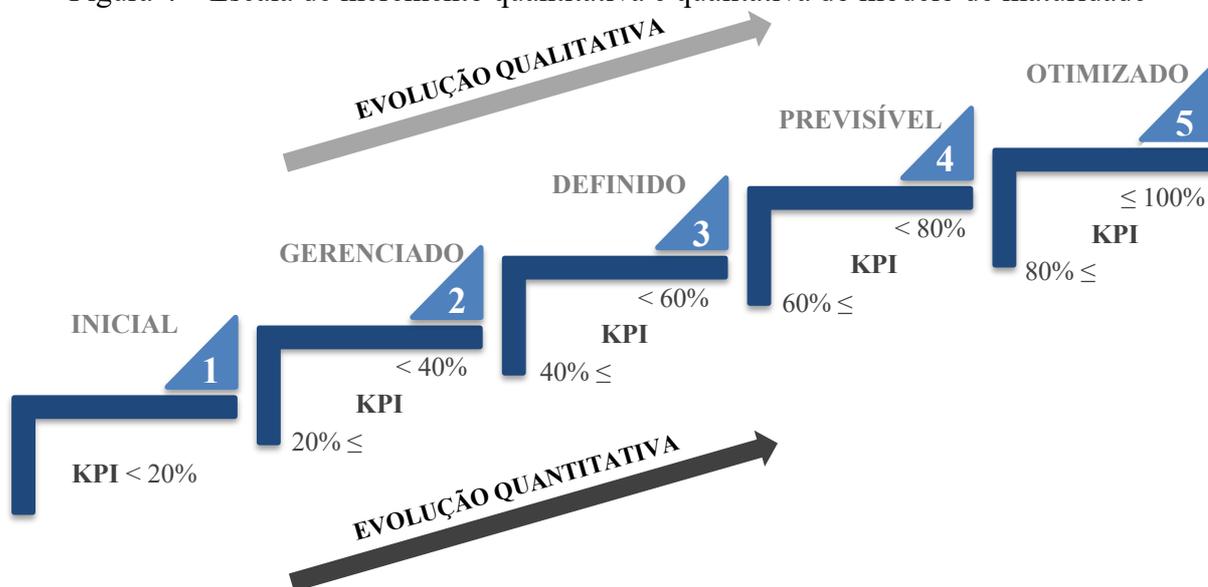
A Tabela 4 demonstra de forma definitiva elementos de WCM, pilares e níveis. Na coluna um é identificado os níveis (estratégico, tático e operacional) de cada pilar apresentado na coluna dois e na coluna três os elementos de cada pilar classificados por grau de prevalência.

Para desenvolvimento do modelo de maturidade de WCM foram utilizados cinco níveis, assim como o modelo de maturidade CMM. Na determinação dos critérios dos elementos de WCM descritos em cada nível utilizou-se como base, conforme Figura 4, a referência de escala de critérios qualitativos e quantitativos conforme a especificidade de cada elemento.

A Figura 4 demonstra na parte superior as referências da evolução da escala qualitativa, na parte inferior as referências da evolução da escala quantitativa, sendo estas referências utilizadas como base para a determinação da evolução de cada elemento que constitui o modelo de maturidade de WCM, conforme demonstra o Quadro 4. A determinação entre a utilização da escala quantitativa e a escala qualitativa sucedeu de acordo com a especificidade de cada elemento. As metas dos elementos quantitativos foram definidas a partir dos dados apresentados na Revisão de literatura, sendo que ocorreu o enquadramento da meta

de classe mundial ao nível 5 de maturidade da escala quantitativa. Posteriormente a determinação das metas dos níveis restantes foram definidas a partir do ajuste proporcional conforme os percentuais apresentados na Figura 4.

Figura 4 – Escala de incremento quantitativa e qualitativa do modelo de maturidade



Fonte: Adaptado de Silveira (2009) e Chemweno et al.( 2015)

O Quadro 4 apresenta o modelo de maturidade de WCM, na sua primeira coluna os níveis relacionados em estratégico, tático e operacional, na coluna dois os pilares, na coluna três os elementos de WCM e nas colunas de quatro à oito as descrições dos níveis de maturidade para cada elemento.

Quadro 4 – Modelo de maturidade de WCM

Níveis	Pilares	Elementos de WCM	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Estratégico	Cultura organizacional	<b>Cultura e política de manutenção organizacional</b>	A organização compreende a manutenção como um mal necessário, gerando somente custo. As mudanças não são aceitas e a manutenção não evolui.	A organização compreende a manutenção como um mal necessário, gerando custo. Algumas mudanças são aceitas com dificuldade. Iniciativas as vezes são reconhecidas.	A organização compreende a manutenção como importante para os seus objetivos. As mudanças são aceitas e consideradas importantes. Iniciativas são reconhecidas.	A organização compreende a manutenção como importante para os seus objetivos, envolvendo-a nas decisões estratégicas. As mudanças são incentivadas e iniciativas são reconhecidas	A organização compreende a manutenção como setor estratégico, sendo um centro de lucro, envolve e coloca suas metas em seu planejamento estratégico. Apóia a mudança e a incentiva, reconhecendo os resultados obtidos.
		<b>Organização e estrutura de manutenção</b>	A empresa não possui estrutura de manutenção dedicada. Os trabalhos são realizados conforme demanda e sem nenhum tipo de padronização ou organização de processos.	A empresa possui uma estrutura de manutenção dedicada, porém com estrutura hierárquica que responde para área produtiva. Os trabalhos são realizados conforme demanda e possuem iniciativas de trabalhos planejados. Existe uma padronização ou organização para alguns processos básicos.	A empresa possui uma estrutura de manutenção dedicada, com estrutura hierárquica definida e independente. Os trabalhos são realizados conforme demanda e de forma planejada. Existe padronização ou organização para os processos mais importantes.	A empresa possui uma estrutura de manutenção dedicada, com estrutura hierárquica definida e independente, possuindo voz junto a Alta gestão. Os trabalhos são realizados conforme demanda e de forma planejada. Existe padronização ou organização para a maioria dos processos.	A empresa possui uma estrutura de manutenção robusta com estrutura hierárquica dedicada em diversos níveis possuindo voz ativa junto a Alta gestão para implementar e promover mudanças. Os trabalhos são realizados conforme demanda e de forma planejada. A manutenção possui organização e processos claros e definidos para melhoria contínua e o faz com excelência.
		<b>Segurança e conformidade regulamentar</b>	A equipe e gestão não apresentam conscientização de segurança. Não existem reuniões relacionadas a segurança dos funcionários. A equipe não faz avaliação de segurança antes de iniciar a execução de um trabalho. Não existe conhecimento e cumprimento de procedimentos relacionados as NR's.	A equipe e gestão apresentam iniciativas de conscientização de segurança. Existem reuniões de forma eventual relacionadas a segurança dos funcionários. A equipe faz avaliação de segurança antes de iniciar a execução de um trabalho de modo informal. Existe conhecimento e cumprimento parcial de procedimentos relacionados as NR's.	A equipe e gestão apresentam conscientização de segurança. Existem reuniões mensais relacionadas a segurança dos funcionários. A equipe faz avaliação de segurança antes de iniciar a execução de um trabalho por meio de procedimento definido. Existe conhecimento e cumprimento dos procedimentos relacionados as NR's.	A equipe e gestão apresentam conscientização de segurança. Existem reuniões semanais relacionadas a segurança dos funcionários. A equipe executa procedimento definido e devidamente documentado para avaliação de segurança antes de iniciar a execução de um trabalho. Existem procedimentos definidos e devidamente documentados para o cumprimento dos procedimentos relacionados as NR's.	A equipe e gestão apresentam grande conscientização de segurança e promovem ações de melhorias relacionadas a segurança. Existem reuniões diárias relacionadas a segurança dos funcionários para conscientização e divulgação de boas práticas. A equipe executa procedimento definido e devidamente documentado para avaliação de segurança antes de iniciar a execução de um trabalho. Existem procedimentos definidos e devidamente documentados para o cumprimento dos procedimentos relacionados as NR's.
			Acidentes $\geq 6$ em 1 ano	6 > Acidentes $\geq 4$ em 1 ano	4 > Acidentes $\geq 2$ em 1 ano	2 > Acidentes em 1 ano	0 = Acidentes $\geq 2$ anos

		<b>Impacto ambiental</b>	Não existe política definida de descarte de resíduos e ações voltadas ao meio ambiente.	Existem iniciativas de descarte de resíduos (coleta seletiva, descarte de graxa e óleo...).	Existem processos definidos de descarte de resíduos e ações de reaproveitamento e/ou diminuição do consumo (filtragem de óleo, técnicas de preditiva...).	Existem processos definidos de descarte de resíduos e ações de reaproveitamento e diminuição do consumo (filtragem de óleo, técnicas de preditiva...). São definidas metas com revisão periódica das ações de reaproveitamento e diminuição de consumo de resíduos.	Existem processos definidos de descarte de resíduos e ações de reaproveitamento e diminuição do consumo (filtragem de óleo, técnicas de preditiva...). São definidas metas com revisão periódica das ações de reaproveitamento e diminuição de consumo de resíduos. São realizados projetos relacionados a diminuição de consumo de energéticos e sustentabilidade.
<b>Gestão de pessoas</b>		<b>Gestão e desenvolvimento de recursos humanos</b>	Não existe descrição de cargos relacionados as funções da manutenção.	Existe a definição de cargos relacionados as funções da manutenção de forma resumida, considerando somente conhecimento técnico.	Existe a definição de cargos relacionados as funções da manutenção de forma detalhada considerando conhecimento técnico e formação necessária.	Existe a definição de cargos relacionados as funções da manutenção de forma detalhada considerando conhecimento técnico, formação necessária e entregas interpessoais.	Existe a definição de cargos relacionados as funções da manutenção de forma detalhada considerando conhecimento técnico, formação necessária e entregas interpessoais.
		<b>Desenvolvimento de habilidades técnicas e interpessoais</b>	Os tipos e níveis de habilidades técnicas e interpessoais não são definidos.	Existem iniciativas de definições dos tipos de habilidades técnicas necessárias para cada nível.	Os tipos e níveis de habilidades técnicas e interpessoais são bem definidos.	Os tipos e níveis de habilidades técnicas e interpessoais são bem definidos e servem de base para as avaliações.	Os tipos e níveis de habilidades técnicas e interpessoais são bem definidos e servem de base para as avaliações e plano de desenvolvimento dos colaboradores com revisão periódica determinada.
		<b>Programa de treinamento</b>	Não existe programa de treinamento definido.	Treinamentos são realizados de forma aleatória e sem processo definido da escolha dos participantes.	Treinamentos são realizados a partir de um processo determinado de escolha dos participantes.	Treinamentos são realizados a partir de um processo determinado de escolha dos participantes considerando a avaliação de habilidades técnicas.	Treinamentos são realizados a partir da matriz de competências, considerando a avaliação de habilidades técnicas.
			Valor da folha de pagam. de manut. investido em treinamento < 0,8%	$0,8\% \leq$ Valor da folha de pagam. de manut. investido em treinamento < 1,5%	$1,5\% \leq$ Valor da folha de pagam. de manut. investido em treinamento < 2,3%	$2,3\% \leq$ Valor da folha de pagam. de manut. investido em treinamento < 3%	$3\% \leq$ Valor da folha de pagam. de manut. investido em treinamento

		<b>Avaliação de habilidades técnicas e desempenho</b>	Não existe avaliação de habilidades técnicas e desempenho.	Existe avaliação de habilidades técnicas e desempenho, porém não existe obrigatoriedade de realização e processo definido.	Existe avaliação de habilidades técnicas e desempenho com obrigatoriedade de realização, periodicidade e processo definido.	Existe avaliação de habilidades técnicas e desempenho com obrigatoriedade de realização, periodicidade e processo definido. Avaliação é baseada em descrições de cargos e serve de entrada para matriz de competências.	Existe avaliação de habilidades técnicas e desempenho com obrigatoriedade de realização, periodicidade e processo definido. Avaliação é baseada em descrições de cargos e serve de entrada para matriz de competências que determina realização de treinamentos e evoluções de carreira. Avaliação possui periodicidade de revisão definida.
<b>Tático</b>	<b>Gestão</b>	<b>Liderança e compromisso da gestão</b>	A liderança executa somente a supervisão dos trabalhos realizados.	A liderança gerencia indicadores e processos com análise crítica.	A liderança gerencia indicadores e processos com análise crítica buscando ações de melhorias.	A liderança gerencia indicadores e processos com análise crítica buscando ações de melhorias. Se compromete com mudanças que estão alinhadas com a evolução da manutenção e participam ativamente destas mudanças.	A liderança gerencia indicadores e processos com análise crítica buscando ações de melhorias. Se compromete com mudanças que estão alinhadas com a evolução da manutenção e participam ativamente destas mudanças.
		<b>Medição da disponibilidade</b>	Não existe a medição da disponibilidade dos equipamentos.	Existe a medição da disponibilidade somente de alguns equipamentos chave.	Existe a medição da disponibilidade de todos os equipamentos com metas definidas e acompanhamento da evolução mensal.	Existe a medição da disponibilidade de todos os equipamentos com metas definidas, acompanhamento da evolução mensal. Existe processo de análise definido para determinar ações de correção para o não atendimento das metas.	Existe a medição da disponibilidade de todos os equipamentos com metas definidas, acompanhamento da evolução mensal. Existe processo de análise definido para determinar ações de correção para o não atendimento das metas. Existe análise e ajuste das metas anualmente para a evolução crescente da disponibilidade dos equipamentos.
			Disponibilidade. < 23%	23% ≤ Disponibilidade < 45%	45% ≤ Disponibilidade < 68%	68% ≤ Disponibilidade < 90%	90% ≤ Disponibilidade ≤ 100%

		<b>Definição e gerenciamento de KPI's</b>	Não existem KPI's para gerenciamento.	Existem KPI's básicos de gerenciamento (disponibilidade, acidentes, custos de manutenção).	Existem KPI's básicos de gerenciamento (disponibilidade, acidentes, custos de manutenção), com metas e monitoração periódica.	Existem KPI's de gerenciamento amplificados (disponibilidade, MTBF, MTTR, acidentes, custos de manutenção, aderência ao plano de preventiva, quantidade de corretivas X planejadas, monitoramento da alocação de mão de obra, valor financeiro de armazenamento de peças de reposição...).	Existem KPI's de gerenciamento amplificados (disponibilidade, MTBF, MTTR, acidentes, custos de manutenção, aderência ao plano de preventiva, quantidade de corretivas X planejadas, monitoramento da alocação de mão de obra, valor financeiro de armazenamento de peças de reposição...). São realizadas reuniões de avaliação periódica com determinação de ações e posterior análise da eficácia das ações definidas.
		<b>Decisões de substituição de bens de capital</b>	Não existe nenhum critério de definição de substituição de bens de capital.	Os critérios de substituição de bens de capital são subjetivos ou impulsionados somente pela Eng. de Processo sem a participação da manutenção.	Os critérios de substituição de bens de capital são bem definidos com participação ativa da manutenção.	Os critérios de substituição de bens de capital são bem definidos com participação ativa da manutenção e consideram a confiabilidade atual do equipamento.	Os critérios de substituição de bens de capital são bem definidos com participação ativa da manutenção e consideram a confiabilidade atual do equipamento. Os critérios possuem periodicidade de revisão definida.
		<b>Interação no gerenciamento de oficinas de manutenção (item para sistema de manutenção descentralizadas)</b>	Não existe qualquer tipo de interação no gerenciamento das oficinas de manutenção.	Existe interação entre as oficinas somente para empréstimo de recursos (mão de obra, ferramentas, peças de reposição...).	Existe interação entre as oficinas para empréstimo de recursos (mão de obra, ferramentas, peças de reposição...) e na padronização dos indicadores monitorados.	Existe interação entre as oficinas para empréstimo de recursos (mão de obra, ferramentas, peças de reposição...), na padronização dos indicadores monitorados, nos processos básicos e nas definições/decisões em conjunto.	Existe interação entre as oficinas para empréstimo de recursos (mão de obra, ferramentas, peças de reposição...), na padronização dos indicadores monitorados, nos processos, na gestão visual, no compartilhamento de boas práticas e definições/decisões em conjunto.
		<b>Medição da eficácia geral dos equipamentos</b>	Não existe a medição da eficácia geral dos equipamentos.	Existe algumas iniciativas de medição da eficácia geral dos equipamentos em alguns equipamentos chave. A manutenção faz uso desta informação como um de seus indicadores de performance.	Existe a medição da eficácia geral dos equipamentos, definidos pela empresa baseado em critérios pré-determinados. A manutenção faz uso desta informação como um de seus indicadores de performance.	Existe a medição da eficácia geral dos equipamentos, definidos pela empresa baseado em critérios pré-determinados e revisados conforme período determinado. A manutenção faz uso desta informação como um de seus indicadores de performance.	Existe a medição da eficácia geral dos equipamentos, definidos pela empresa baseado em critérios pré-determinados e revisados conforme período determinado. A manutenção faz uso desta informação como um de seus indicadores de performance e realiza análise periódica para determinar ações de melhoria.
			OEE < 21%	21% ≤ OEE < 42%	42% ≤ OEE < 64%	64% ≤ OEE < 85%	85% ≤ OEE ≤ 100%

		<b>Instalação da manutenção, equipamentos e ferramentas</b>	A manutenção não possui um local definido para oficina e suas ferramentas e equipamentos são precários.	A manutenção possui um local definido, porém com baixos recursos (iluminação inapropriada, local sujo, pouco espaço...), os equipamentos e ferramentas são antigos e não funcionam bem ou são adaptados constantemente.	A manutenção possui um local definido e adequado (iluminação adequada, local limpo, com pintura adequada, demarcações e identificações de cada item, espaço adequado para as atividades), os equipamentos e ferramentas estão em pleno funcionamento e atendem as necessidades.	A manutenção possui um local definido e adequado (iluminação adequada, local limpo, com pintura adequada, demarcações e identificações de cada item, espaço adequado para as atividades), escritórios adequados, os equipamentos e ferramentas estão em pleno funcionamento e atendem as necessidades.	A manutenção possui um local definido e adequado (iluminação adequada, local limpo, com pintura adequada, demarcações e identificações de cada item, espaço adequado para as atividades), escritórios adequados, os equipamentos e ferramentas estão em pleno funcionamento e atendem as necessidades, existem computadores disponíveis para execução de trabalhos internos e pesquisas necessárias.
		<b>Controles e relatórios de gerenciamento</b>	Não existem controles e relatórios de gerenciais da manutenção.	Existem controles e relatórios de itens básicos como disponibilidade dos equipamentos.	Existem controles e relatórios do desempenho da manutenção em relação as entregas e aos processos administrativos.	Existem controles e relatórios do desempenho da manutenção em relação as entregas e aos processos administrativos. Existe processo definido para a gestão dos controles e relatórios.	Existem controles e relatórios do desempenho da manutenção em relação as entregas e aos processos administrativos. Existe processo definido para a gestão dos controles e relatórios de análise dos problemas de desempenho.
		<b>Gerenciamento da mudança</b>	Não existe iniciativas de gerenciamento da mudança em relação aos processos internos e externos da manutenção.	Existem alguns elementos de gerenciamento da mudança sendo aplicados em alguns projetos da manutenção.	Existe uma abordagem abrangente de gerenciamento da mudança sendo aplicada em vários projetos da manutenção.	Existe um método definido de gerenciamentos da mudança para aplicar em todos os projetos de manutenção.	Existe um método definido de gerenciamentos da mudança para aplicar em todos os projetos de manutenção. O método possuiu revisão periódica definido.
<b>Estratégia</b>		<b>Programa de manutenção preventiva</b>	Não existe programa de manutenção preventiva e a equipe trabalha somente em ações corretivas.	Existe um programa de manutenção preventiva implementado somente em equipamentos chave.	Existe um programa de manutenção preventiva implementado nos equipamentos conforme critérios definidos.	Existe um programa de manutenção preventiva implementado nos equipamentos conforme critérios definidos e com equipe dedicada para execução.	Existe um programa de manutenção preventiva implementado nos equipamentos conforme critérios definidos, com revisões periódicas pré-determinadas e com equipe dedicada para execução.

		<b>Planejamento e programação da manutenção</b>	Não existe equipe ou responsável pelo planejamento e programação de manutenção preventiva e/ou preditiva.	Existe equipe ou responsável pelo planejamento e programação de manutenção preventiva e/ou preditiva.	Existe equipe ou responsável pelo planejamento e programação de manutenção preventiva e/ou preditiva. Existe processo de criação de planos de manutenção e programação definidos.	Existe equipe ou responsável pelo planejamento e programação de manutenção preventiva e/ou preditiva. Existe processo de criação de planos de manutenção e programação definidos. O método de programação é compartilhado com PCP e produção de forma antecipada e possui medição da sua eficácia.	Existe equipe ou responsável pelo planejamento e programação de manutenção preventiva e/ou preditiva. Existe processo de criação de planos de manutenção e programação definidos. O método de programação é compartilhado com PCP e produção de forma antecipada e possui medição da sua eficácia. Os métodos de planejamento e programação possuem revisões periódicas.
			Aderência ao plano < 24%	$24\% \leq$ Aderência ao plano < 48%	$48\% \leq$ Aderência ao plano < 71%	$71\% \leq$ Aderência ao plano < 95%	$95\% \leq$ Aderência ao plano $\leq$ 100%
			Aderência ao cronograma < 23%	$23\% \leq$ Aderência ao cronograma < 45%	$45\% \leq$ Aderência ao cronograma < 68%	$68\% \leq$ Aderência ao cronograma < 90%	$90\% \leq$ Aderência ao cronograma $\leq$ 100%
		<b>Programa de manutenção preditiva</b>	Não existe programa de manutenção preditiva e a equipe trabalha somente em ações corretivas.	Existe um programa de manutenção preditiva implementado somente em equipamentos chave.	Existe um programa de manutenção preditiva implementado nos equipamentos conforme critérios definidos.	Existe um programa de manutenção preditiva implementado nos equipamentos conforme critérios definidos e com equipe dedicada para execução.	Existe um programa de manutenção preditiva implementado nos equipamentos conforme critérios definidos, com revisões periódicas pré-determinadas e com equipe dedicada para execução. Existem monitoração online de preditiva em equipamentos chave.
		<b>Melhoria de processo / equipamento</b>	Não existem iniciativas de melhoria de processo / equipamento.	Existem iniciativas de melhoria de processo / equipamento de forma aleatória sem a existência de estudos.	Existe processo definido de melhoria de processo / equipamento, com entrada exclusiva a partir de análise de falhas.	Existe processo definido de melhoria de processo / equipamento, com entradas a partir de análise de falhas, análise de indicadores e outros definidos.	Existe processo definido de melhoria de processo / equipamento, com entradas a partir de análise de falhas, análise de indicadores e outros definidos. Existe equipe técnica multidisciplinar definida como responsável pelo desenvolvimento e implementação destas melhorias.
		<b>Programa de manutenção planejada</b>	Total de horas de manutenção preventiva/preditiva reportadas em ordens de serviço < 12%	$12\% \leq$ Total de horas de manutenção preventiva/preditiva reportadas em ordens de serviço < 25%	$25\% \leq$ Total de horas de manutenção preventiva/preditiva reportadas em ordens de serviço < 37%	$37\% \leq$ Total de horas de manutenção preventiva/preditiva reportadas em ordens de serviço < 50%	$50\% \leq$ Total de horas de manutenção preventiva/preditiva reportadas em ordens de serviço < 100%

	<b>Manutenção avançada</b>	<b>Engenharia de confiabilidade</b>	Não existem iniciativas relacionadas a Engenharia de confiabilidade.	Existem iniciativas de pequenos estudos relacionados a confiabilidade.	Existe processo com método definido para desenvolver a confiabilidade dos equipamentos.	Existe a análise estatística de confiabilidade e um processo com método definido para desenvolver a confiabilidade dos equipamentos.	Existe a análise estatística de confiabilidade e um processo com método definido para desenvolver a confiabilidade dos equipamentos, com equipe técnica definida como responsável para o desenvolvimento da confiabilidade dos equipamentos.
		<b>Melhoria contínua da manutenção</b>	Não existem iniciativas do desenvolvimento da melhoria contínua na manutenção.	Existem iniciativas para o desenvolvimento da melhoria contínua da manutenção.	Existem processos definidos que fomentam o desenvolvimento da melhoria contínua da manutenção.	Existem processos definidos que fomentam o desenvolvimento da melhoria contínua da manutenção. Existe um planejamento estratégico que fortalece a manutenção e planeja os próximos passos a fim que a melhoria contínua da manutenção seja constante.	Existem processos definidos que fomentam o desenvolvimento da melhoria contínua da manutenção. Existe um planejamento estratégico que fortalece a manutenção e planeja os próximos passos a fim que a melhoria contínua da manutenção seja constante. Existe equipe de estudos responsável por buscar na literatura e em benchmarking oportunidades de melhoria contínua.
<b>Operacional</b>	<b>Boas práticas</b>	<b>Gerenciamento de peças de reposição</b>	Não existe nenhum tipo de organização no gerenciamento de peças de reposição	O gerenciamento de peças de reposição possui sistema de inventário preciso.	O gerenciamento de peças de reposição possui sistema computadorizado com inventário preciso.	O gerenciamento de peças de reposição possui sistema computadorizado com inventário preciso, estoque mínimo calculado e ponto de pedido determinado. As peças de reposição são gerenciadas pela logística e não existem estoques paralelos.	O gerenciamento de peças de reposição possui sistema computadorizado com inventário preciso, estoque mínimo calculado e ponto de pedido determinado. As peças de reposição são gerenciadas pela logística e não existem estoques paralelos. As peças de reposição são revisadas periodicamente para retirada de itens obsoletos e inclusão de novos itens a partir de procedimento devidamente definido e documentado. O valor financeiro de estoque é definido e controlado.
		<b>Banco de dados técnico de equipamentos</b>	Não existe um banco de dados técnicos dos equipamentos.	Existem dados técnicos de alguns equipamentos armazenados de forma física.	Existem dados técnicos de todos os equipamentos ou grande parte, armazenados de forma física.	Existem dados técnicos de todos os equipamentos ou grande parte, armazenados de forma digital e gerenciados a partir de software.	Existem dados técnicos de todos os equipamentos ou grande parte, armazenados de forma digital e gerenciados a partir de software. Os dados são atualizados periodicamente conforme a necessidade.

	<b>Sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado</b>	Não existe um sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado.	Existe o módulo de manutenção no sistema computadorizado da produção.	Existe um sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado dedicado a manutenção.	Existe um sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado dedicado à manutenção. O sistema possui módulos que auxiliam a execução, histórico em banco de dados e acesso a documentação.	Existe um sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado dedicado à manutenção. O sistema possui módulos que auxiliam a execução, histórico em banco de dados, acesso a documentação, programação e planejamento e funcionam de forma <i>mobile</i> .
		Trabalhos de manut. relatados em ordem de serviço < 24%	$24\% \leq$ Trabalhos de manut. relatados em ordem de serviço < 48%	$48\% \leq$ Trabalhos de manut. relatados em ordem de serviço < 71%	$71\% \leq$ Trabalhos de manut. relatados em ordem de serviço < 95%	$95\% \leq$ Trabalhos de manut. relatados em ordem de serviço < 100%
	<b>Suporte de engenharia</b>	Não existe suporte da engenharia em relação as questões de manutenção.	Existe suporte ocasional de engenharia as questões de manutenção.	Existe suporte constante de engenharia as questões de manutenção.	Existe engenheiros dedicados a dar suporte as questões de manutenção.	Existe um setor de Engenharia de manutenção responsável por definições, projetos e suporte à manutenção.
	<b>Controle e definição dos processos de trabalho</b>	Não existe controle e definição de processos de trabalho.	Existem iniciativas de controle com algumas definições de processos de trabalho.	Existem controles e definições dos processos de trabalhos.	Existem controles e definições dos processos de trabalhos e todos estão devidamente documentados.	Existem controles e definições dos processos de trabalhos e todos estão devidamente documentados e possuem revisões periódicas definidas.
	<b>Sistemas de manutenção, práticas e procedimentos</b>	Não existem práticas e procedimentos de manutenção definidos, somente a prática de manutenção corretiva.	Existe iniciativas de práticas de manutenção programada e programas de lubrificação.	Existe práticas de manutenção programada, programa de lubrificação, manutenção preventiva e manutenção preditiva.	Existe práticas de manutenção programada, programa de lubrificação, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e monitoramento de condições.	Existe práticas de manutenção programada, programa de lubrificação, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva, monitoramento de condições e manutenção centrada na confiabilidade.
	<b>Análise de causa raiz do problema</b>	Não existem análises de causa raiz de falhas em equipamentos.	Existem iniciativas de análises de causa raiz de falhas em equipamentos.	Existe análise de causa raiz de falhas em equipamentos com método definido e devidamente documentado.	Existe análise de causa raiz de falhas em equipamentos com método definido, devidamente documentado e com definição clara de quando e em quais equipamentos a análise deve ser aplicada (gatilho).	Existe análise de causa raiz de falhas em equipamentos com método definido, devidamente documentado e com definição clara de quando e em quais equipamentos a análise deve ser aplicada (gatilho). Existe verificação periódica se as ações definidas na análise foram efetivas e retroalimentam nova análise caso seja necessário.

		<b>Gerenciamento de terceiros</b>	Não existe nenhum tipo de organização no gerenciamento de terceiros.	Existem iniciativas para gerenciamento de terceiros.	Existem processos definidos para o gerenciamento das entregas dos terceiros.	Existem processos definidos para o gerenciamento das entregas dos terceiros e indicadores de medição de desempenho.	Existem processos definidos para o gerenciamento das entregas dos terceiros e indicadores de medição de desempenho. Existem avaliações periódicas do histórico de desempenho das empresas terceiras, a fim de executar <i>feedback</i> e determinar a necessidade de substituição da empresa.
		<b>Gerenciamento efetivo da informação</b>	Não existe gerenciamento efetivo da informação.	Existe iniciativas de gerenciamento da informação.	Existe processo definido para gerenciamento da informação.	Existe processo definido para gerenciamento da informação com suporte de software e banco de dados.	Existe processo definido para gerenciamento da informação com suporte de software e banco de dados. Existe revisão periódica do processo de gerenciamento da informação.
		<b>Controle orçamental</b>	Não existe controle orçamental.	Existem iniciativas de controle orçamental sem padronização e com pouca efetividade.	Existe formas de controle orçamental no formato reativo, não sendo possível prever os custos futuros.	Existe controle orçamental no formato preventivo, com controle de custos mensais a fim de atender as metas. O orçamento é realizado com base em uma projeção realista das necessidades e não somente com dados de orçamentos anteriores.	Existe controle orçamental no formato preventivo, com controle de custos mensais a fim de atender as metas. O orçamento é realizado com base em uma projeção realista das necessidades e não somente com dados de orçamentos anteriores. As principais variações de custos são analisadas e são propostas ações de compensação para manter as metas.
			Custo de manut. < 1,5% do faturamento	$1,5\% \leq$ Custo de manut. < 3% do faturamento	$3\% \leq$ Custo de manut. < 4,5% do faturamento	$4,5\% \leq$ Custo de manut. < 6% do faturamento	$6\% \leq$ Custo de manut. $\leq$ 8% do faturamento
<b>Coparticipação da operação</b>	<b>Manutenção autônoma</b>	Não existe manutenção autônoma.	Existem iniciativas de manutenção autônoma por meio de práticas de limpeza em alguns equipamentos.	Existem ações determinadas com matriz de controle de limpeza de equipamentos em todos os equipamentos.	Existem ações determinadas com matriz de controle de limpeza de equipamentos e inspeções diárias em todos os equipamentos.	Existem ações determinadas com matriz de controle de limpeza de equipamentos e inspeções diárias em todos os equipamentos.	Existem ações determinadas com matriz de controle de limpeza de equipamentos e inspeções diárias e pequenos reparos em todos os equipamentos. Os operadores são periodicamente treinados para a execução das atividades e apresentam senso de propriedade em relação a prevenção de problemas de manutenção.

		<b>Envolvimento da operação</b>	Não existe envolvimento da operação em processos da manutenção.	A operação apresenta envolvimento nos processos da manutenção somente no apontamento de problemas de equipamentos.	A operação apresenta envolvimento nos processos de análise de problemas de forma proativa a fim auxiliar na evolução.	A operação apresenta envolvimento nos processos de análise de problemas, sugestões de melhorias e compra de novos equipamentos de forma proativa a fim auxiliar na evolução.	A operação apresenta envolvimento nos processos de análise de problemas, sugestões de melhorias e compra de novos equipamentos de forma proativa a fim auxiliar na evolução. A operação e manutenção possuem relação próxima e complementar na busca por melhores resultados.
--	--	---------------------------------	---	--	---	--	---

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

## 4 RESULTADOS

Nesse capítulo são apresentados os resultados do trabalho. De fato, o modelo desenvolvido foi testado em seis casos de análise. Uma descrição dos casos, bem como dos resultados é apresentada e, posterior, uma discussão dos pontos fracos e fortes do modelo é desenvolvida.

### 4.1 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O modelo de maturidade de WCM foi aplicado para coleta de resultados em seis empresas de manufatura de autopeças do mesmo grupo controlador com diferentes características, conforme descrito a seguir:

- a) Caso 1: Empresa multinacional localizada no Brasil, com faturamento de R\$ 925.581.000,00 registrado em 2019 por meio da venda de pastilhas de freio, lona de freio, revestimento de embreagem e outros itens de fricção. A empresa possui 1890 funcionários, sendo que 129 integram a equipe de manutenção. A equipe de manutenção possui 112 técnicos, 07 analistas, 05 engenheiros e 05 pessoas em funções de gestão;
- b) Caso 2: Empresa multinacional localizada no Brasil, com faturamento de R\$ 1.998.427.080,20 registrado em 2019 por meio da venda de componentes para implementos rodoviários. A empresa possui 3028 funcionários, sendo que a equipe de manutenção possui 81 pessoas. Destes, 67 são técnicos, 09 são analistas, 02 são engenheiros e 03 exercem funções de gestão;
- c) Caso 3: Empresa multinacional localizada no Brasil com faturamento de R\$ 956.968.000,00 registrado em 2019 por meio da venda de componentes de sistemas de suspensão. A empresa possui 608 funcionários, sendo 38 em funções na equipe de manutenção. A equipe de manutenção possui 33 técnicos, 03 analistas, 01 engenheiro e 01 gestor;
- d) Caso 4: Empresa multinacional localizada na China com faturamento de R\$ 52.535.000,00 registrado em 2019 por meio da venda de pastilhas de freio, lona de freio, revestimento de embreagem e outros itens de fricção. A empresa possui 330 funcionários, sendo que 05 integram a equipe de manutenção, 04 na função técnica e 01 na função de gestão;

- e) Caso 5: Empresa multinacional localizada na Índia com faturamento de R\$ 25.205.157,18 registrado em 2019 por meio da venda de pastilhas de freio, lona de freio, revestimento de embreagem e outros itens de fricção. A empresa possui 130 funcionários, sendo que 16 integram a equipe de manutenção, 15 funcionários na função técnica e 01 na gestão.
- f) Caso 6: Empresa multinacional localizada nos Estados Unidos com faturamento de R\$ 176.565.000,00 registrado em 2019 por meio da venda de pastilhas de freio, lona de freio, revestimento de embreagem e outros itens de fricção. A empresa possui 72 funcionários, sendo a equipe de manutenção é formada por 07 técnicos e 01 analista;

Para aplicação do modelo de maturidade o pesquisador realizou uma reunião inicial com um representante de cada empresa de forma individual. Esta reunião objetivou instruir os respondentes do modelo e definir algumas métricas pré-determinadas para que o modelo não apresentasse interferências de interpretação na avaliação dos elementos de WCM. Dois itens foram destacados, para os representantes das empresas, como extremamente importantes no momento do preenchimento do modelo de maturidade:

- a) todos os indicadores quantitativos deveriam utilizar o período de tempo de um ano, sendo utilizado como ano base 2019. Este item foi ressaltado devido a padronização necessária para realizar a comparação entre a medição dos indicadores e realizar a exclusão do advento da pandemia em 2020 que influenciou algumas empresas, podendo ter ocasionado disfunções no modo de operação;
- b) para definir o nível que representa a maturidade de um elemento a empresa necessita possuir 100% dos itens descritos no nível. Este fator é importante, pois muitas empresas estão em um nível de maturidade determinado, porém possuem iniciativas que estão descritas no nível seguinte ou ainda dois ou três níveis a frente. Para não gerar dúvidas no preenchimento foi determinado este atendimento completo dos itens do nível para que este seja definido.

Após realizar uma rodada inicial do preenchimento do modelo de maturidade surgiram algumas dúvidas por parte dos respondentes em relação ao indicador de disponibilidade no elemento de *Medição da disponibilidade* e ao indicador de custo de manutenção no elemento de *Controle orçamental*, desta forma mais duas métricas foram determinadas e esclarecidas:

- a) *Medição da disponibilidade* – Indicador de disponibilidade, o indicador deverá ser calculado por meio da média da disponibilidade que todos os equipamentos apresentaram no período de um ano em 2019;

- b) *Controle orçamental* – Indicador de custo de manutenção, o custo de manutenção é definido como: o valor total para manter a equipe de manutenção (custo salarial, equipamentos de proteção individual...) + custos de manutenção com os equipamentos – custos relacionados a manutenção de ferramentas produtivas – custos relacionado a licenças de software – custos relacionado a mudanças de layout. Todos estes custos em um período de um ano em 2019.

Estas novas determinações foram repassadas para todos os representantes das empresas para que refizessem as avaliações nestes dois elementos e, desta forma, a padronização fosse mantida. No momento do preenchimento do modelo de maturidade de WCM pelos respondentes também foram identificados alguns itens não aplicáveis em alguns casos, como *Interação no gerenciamento de oficinas de manutenção e Medição da eficácia geral dos equipamentos* (item quantitativo) para empresas que não possuem mais de uma oficina de manutenção e não possuem a implementação do OEE. Nestes casos foram utilizados no local da pontuação o código NA – não se aplica.

Os resultados da aplicação do modelo de maturidade de WCM foram dispostos na Tabela 5 para os elementos qualitativos e na Tabela 6 para os elementos quantitativos. Os resultados foram divididos em tabelas distintas para auxiliar a análise, visto que os elementos qualitativos elevam os seus níveis de maturidade por intermédio de ações, enquanto os elementos quantitativos elevam o nível de maturidade mediante o atingimento de metas. Por meio da Tabela 5 e Tabela 6, é possível identificar a classificação do nível de maturidade de cada caso, ou seja, desempenho em relação ao elemento de WCM. É possível também realizar uma comparação do desempenho dos elementos entre os casos.

Tabela 5 – Respostas do preenchimento do modelo de maturidade - Elementos qualitativos

Níveis	Pilares	Elementos de WCM	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6
Estratégico	Cultura organizacional	Cultura e política de manutenção organizacional	4	3	3	3	2	4
		Organização e estrutura de manutenção	4	4	3	3	2	2
		Segurança e conformidade regulamentar	4	4	2	1	1	2
		Impacto ambiental	4	2	3	2	1	3
	Gestão de pessoas	Gestão e desenvolvimento de recursos humanos	3	4	4	3	2	3
		Desenvolvimento de habilidades técnicas e interpessoais	3	4	2	2	1	2
		Programa de treinamento	2	3	2	1	1	2
		Avaliação de habilidades técnicas e desempenho	2	3	2	1	1	3
Tático	Gestão	Liderança e compromisso da gestão	4	4	4	1	1	2
		Medição da disponibilidade	3	4	5	2	2	3
		Definição e gerenciamento de KPI's	5	4	5	2	2	4
		Decisões de substituição de bens de capital	1	2	2	2	1	1

		Interação no gerenciamento de oficinas de manutenção	4	3	NA	NA	NA	NA
		Medição da eficácia geral dos equipamentos	5	1	4	3	1	2
		Instalação da manutenção, equipamentos e ferramentas	5	5	5	2	2	2
		Controles e relatórios de gerenciamento	5	2	3	1	2	2
		Gerenciamento da mudança	2	2	2	2	1	1
Estratégia		Programa de manutenção preventiva	5	3	3	3	2	3
		Planejamento e programação da manutenção	3	3	4	3	1	1
		Programa de manutenção preditiva	1	2	3	4	2	3
		Melhoria de processo / equipamento	5	3	3	2	2	2
Manutenção avançada		Engenharia de confiabilidade	2	1	2	1	1	1
		Melhoria contínua da manutenção	4	3	2	2	1	3
Operacional	Boas práticas	Gerenciamento de peças de reposição	5	3	3	2	1	2
		Banco de dados técnico de equipamentos	3	3	3	2	2	3
		Sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado	4	4	3	1	1	3
		Suporte de engenharia	5	5	2	2	2	2
		Controle e definição dos processos de trabalho	4	5	3	1	2	1
	Coparticipação da operação	Sistemas de manutenção, práticas e procedimentos	3	3	3	1	2	3
		Análise de causa raiz do problema	4	5	4	1	2	2
		Gerenciamento de terceiros	3	5	2	1	1	1
		Gerenciamento efetivo da informação	4	4	2	1	1	3
		Controle orçamental	3	4	4	1	2	2
		Manutenção autônoma	2	2	2	1	1	1
		Envolvimento da operação	2	2	2	1	1	1
		MODA	4	3	2	1	1	2

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Tabela 6 – Respostas do preenchimento do modelo de maturidade - Elementos quantitativos

Níveis	Pilares	Elementos de WCM	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6
Estratégico	Cultura organizacional	Segurança e conformidade regulamentar	3	3	4	5	1	4
	Gestão de pessoas	Programa de treinamento	1	2	1	1	1	2
Tático	Gestão	Medição da disponibilidade	5	5	4	2	2	2
		Medição da eficácia geral dos equipamentos	4	NA	4	3	NA	3
	Estratégia	Planejamento e programação da manutenção - Aderência ao plano	5	3	4	5	1	5
		Planejamento e programação da manutenção - Aderência ao cronograma	5	3	4	5	1	1
		Programa de manutenção planejada	2	4	4	1	2	1
Operacional	Boas práticas	Sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado	5	5	4	2	2	3
		Controle orçamental	3	3	2	1	2	5
		MODA	5	3	4	5	1	2

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

A Tabela 5 e Tabela 6 retratam a relação de respostas da aplicação do modelo de maturidade de WCM. Na coluna um são apresentados os níveis, na coluna dois os pilares e na

coluna quatro à nove as respostas do nível de maturidade de cada elemento determinado para os casos aplicados. As Tabelas 5 e 6 também retratam uma escala de cor para cada pontuação definida com intuito de facilitar a identificação dos níveis de maturidade mais elevados e mais baixos. A última linha da Tabela 5 e Tabela 6 foi utilizada para apresentar a moda em relação as pontuações de cada caso, com o intuito de identificar qual o nível de maturidade que mais se repete na pontuação dos casos. A moda foi acrescentada de forma a agregar mais um item de auxílio á análise de cada caso. Sendo que, este fator deve ser analisado de forma detalhada, pois ele não possui o intuito de representar o nível de maturidade geral do caso estudado. Podendo ser citado como exemplo o Caso 4, que possui moda 1 para os elementos qualitativos e moda 5 para os elementos quantitativos. Realizando uma análise aprofundada em relação a esta discrepância, cita-se alguns motivos para determinada ocorrência. Primeiramente a questão matemática, pois possuindo um número menor de itens, os elementos quantitativos, tendem a apresentar a moda mais suscetíveis a erros em relação a representação geral do caso. Tendo nove elementos avaliados, o Caso 4 apresentou três elementos com pontuação 5, um com pontuação 3, dois com pontuação 2 e três com pontuação 1, logo somente 33% dos elementos pontuaram como estando no nível 5 de maturidade. Outro item que influenciou nesta discrepância é a origem de dois dos três elementos que receberam pontuação 5, dois destes são elementos relacionados a manutenção preventiva, que neste caso específico é realizado por uma equipe técnica terceirizada e especializada neste tipo de estratégia de manutenção. Logo, a equipe de manutenção da empresa possui pouca ou nenhuma relação com este resultado de excelência.

A análise das pontuações dos elementos nas tabelas anteriores possibilitou realizar a pontuação média e a moda de cada pilar, apresentado na Tabela 7. Identificando, portanto, quais os pilares com melhor desempenho de cada caso e novamente sendo possível realizar uma comparação entre os casos. A pontuação individual dos pilares simplifica uma possível necessidade de priorização em relação a definição dos grupos de elementos em que a organização pode iniciar ações para elevação da maturidade. Estando aplicado o modelo de maturidade entre empresas de um mesmo grupo controlador ou em setores de uma mesma empresa, esta análise comparativa pode direcionar a realização de *benchmarking* nas empresas ou setores que apresentam maior pontuação. A utilização do *benchmarking*, nestes casos, pode minimizar o tempo de elevação da maturidade, visto que existem elementos de WCM bem estruturados dentro da mesma empresa ou entre empresas de um mesmo grupo, facilitando a replicação das boas práticas.

Tabela 7 – Pontuação média e moda dos pilares por Caso

Níveis	Pilares	Caso 1		Caso 2		Caso 3		Caso 4		Caso 5		Caso 6	
		Média	Moda										
Estratégico	Cultura organizacional	3,80	4	3,20	3	3,00	3	2,80	3	1,40	1	3,00	4
	Gestão de pessoas	2,20	3	3,20	4	2,20	2	1,60	1	1,20	1	2,40	2
Tático	Gestão	3,91	5	4,00	3	3,80	4	2,00	2	1,56	2	2,20	2
	Estratégia	3,71	5	3,00	3	3,57	4	3,29	3	1,57	2	2,29	1
	Manutenção avançada	3,00	-	2,00	-	2,00	-	1,50	-	1,00	-	2,00	-
Operacional	Boas práticas	3,83	3	4,08	5	2,92	3	1,33	1	1,67	2	2,50	3
	Coparticipação da operação	2,00	-	2,00	-	2,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Por meio da Tabela 7 foi apresentado na coluna um os níveis de cada pilar, na coluna dois os pilares do modelo de maturidade, na coluna três a média em relação a pontuação dos elementos de cada pilar do Caso 1, na coluna quatro a moda em relação a pontuação dos elementos de cada pilar do Caso 1. As colunas seguintes apresentam sucessivamente a média e a moda dos elementos de cada pilar de todos os casos aplicados. A Tabela 7 apresenta uma escala de cor para a melhor identificação das pontuações mais elevadas das médias e modas dos pilares de cada caso. Nos pilares de *Manutenção avançada* e *Coparticipação da operação* não foi utilizado o cálculo da moda dos elementos dos casos, devido a estes pilares possuírem somente dois elementos cada, resultando em uma reduzida significância do cálculo deste indicador.

Tendo como objetivo identificar os elementos de WCM que obtiveram menor desempenho entre os casos aplicados, foi formatada a Tabela 8. Por meio do cálculo da média das pontuações obtidas pelos elementos nos casos aplicados, estes foram ranqueados sob a orientação do menor ao maior valor médio. Conjuntamente foi calculado o desvio padrão entre a notas obtidas por cada elemento. Desta forma, utilizando destes dois indicadores é possível analisar quais elementos possuem uma pontuação baixa ou elevada em todos os casos aplicados, sendo confirmado por um desvio padrão baixo. Bem como quais elementos possuem uma média de pontuação baixa ou elevada, porém com algum caso sendo antagônico a média, elemento este que apresenta um desvio padrão elevado. Novamente sendo aplicado o modelo de maturidade entre empresas de um mesmo grupo controlador ou em setores de uma mesma empresa, elementos que possuem pontuação média baixa, porém com um desvio padrão elevado sinaliza casos individuais de melhores resultados. Desta forma, a utilização do *benchmarking*, nestes casos, pode novamente minimizar o tempo de elevação da maturidade por meio da replicação de boas práticas.

Tabela 8 – Ranking dos elementos de WCM orientado pela pontuação média

Níveis	Pilares	Elementos de WCM	Média	Desvio padrão
Tático	Manutenção avançada	Engenharia de confiabilidade	1,33	0,52
Tático	Gestão	Decisões de substituição de bens de capital	1,50	0,55
Operacional	Coparticipação da operação	Manutenção autônoma	1,50	0,55
Operacional	Coparticipação da operação	Envolvimento da operação	1,50	0,55
Estratégico	Gestão de pessoas	Programa de treinamento	1,58	0,67
Tático	Gestão	Gerenciamento da mudança	1,67	0,52
Estratégico	Gestão de pessoas	Avaliação de habilidades técnicas e desempenho	2,00	0,89
Operacional	Boas práticas	Gerenciamento de terceiros	2,17	1,60
Estratégico	Gestão de pessoas	Desenvolvimento de habilidades técnicas e interpessoais	2,33	1,03
Tático	Estratégia	Programa de manutenção planejada	2,33	1,37
Estratégico	Cultura organizacional	Impacto ambiental	2,50	1,05
Tático	Gestão	Controles e relatórios de gerenciamento	2,50	1,38
Tático	Estratégia	Programa de manutenção preditiva	2,50	1,05
Tático	Manutenção avançada	Melhoria contínua da manutenção	2,50	1,05
Operacional	Boas práticas	Sistemas de manutenção, práticas e procedimentos	2,50	0,84
Operacional	Boas práticas	Gerenciamento efetivo da informação	2,50	1,38
Tático	Gestão	Liderança e compromisso da gestão	2,67	1,51
Operacional	Boas práticas	Gerenciamento de peças de reposição	2,67	1,37
Operacional	Boas práticas	Banco de dados técnico de equipamentos	2,67	0,52
Operacional	Boas práticas	Controle e definição dos processos de trabalho	2,67	1,63
Operacional	Boas práticas	Controle orçamental	2,67	1,23
Estratégico	Cultura organizacional	Segurança e conformidade regulamentar	2,83	1,40
Tático	Estratégia	Programa de manutenção preventiva	2,83	1,11
Tático	Estratégia	Melhoria de processo / equipamento	2,83	1,17
Estratégico	Cultura organizacional	Organização e estrutura de manutenção	3,00	0,89
Tático	Gestão	Medição da eficácia geral dos equipamentos	3,00	1,33
Operacional	Boas práticas	Suporte de engenharia	3,00	1,55
Operacional	Boas práticas	Análise de causa raiz do problema	3,00	1,55
Operacional	Boas práticas	Sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado	3,08	1,38
Estratégico	Cultura organizacional	Cultura e política de manutenção organizacional	3,17	0,75
Estratégico	Gestão de pessoas	Gestão e desenvolvimento de recursos humanos	3,17	0,75
Tático	Estratégia	Planejamento e programação da manutenção	3,17	1,58
Tático	Gestão	Medição da disponibilidade	3,25	1,29
Tático	Gestão	Interação no gerenciamento de oficinas de manutenção	3,50	0,71
Tático	Gestão	Instalação da manutenção, equipamentos e ferramentas	3,50	1,64
Tático	Gestão	Definição e gerenciamento de KPI's	3,67	1,37

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

A Tabela 8 apresenta por meio da coluna um os níveis dos pilares, na coluna dois os pilares de cada elemento, na coluna três os elementos de WCM, na coluna quatro o valor médio

de cada elemento em relação a pontuação dos casos aplicados e na coluna cinco o desvio padrão em relação as pontuações dos elementos dos casos aplicados. A orientação da Tabela 8 foi realizada por meio da coluna quatro na forma crescente dos valores médios, nesta coluna foi utilizada também uma escala de cores para melhorar a identificação visual das diferenças entre valores.

A fim de identificar qual o percentual de frequência de respostas para cada nível de maturidade em relação aos elementos de WCM para os casos aplicados foi desenvolvido a Tabela 9, para elementos qualitativos e a Tabela 10, para itens quantitativos. Estas tabelas auxiliam na análise de qual nível de maturidade tem maior frequência de respostas para cada elemento nos casos aplicados. Podendo ser identificado quais os níveis dominantes de maturidade nos casos aplicados.

Tabela 9 – Frequência de respostas dos níveis de maturidade - Elementos qualitativos

Elementos de WCM	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Cultura e política de manutenção organizacional	0%	17%	50%	33%	0%
Organização e estrutura de manutenção	0%	33%	33%	33%	0%
Segurança e conformidade regulamentar	33%	33%	0%	33%	0%
Impacto ambiental	17%	33%	33%	17%	0%
Gestão e desenvolvimento de recursos humanos	0%	17%	50%	33%	0%
Desenvolvimento de habilidades técnicas e interpessoais	17%	50%	17%	17%	0%
Programa de treinamento	33%	50%	17%	0%	0%
Avaliação de habilidades técnicas e desempenho	33%	33%	33%	0%	0%
Liderança e compromisso da gestão	33%	17%	0%	50%	0%
Medição da disponibilidade	0%	33%	33%	17%	17%
Definição e gerenciamento de KPI's	0%	33%	0%	33%	33%
Decisões de substituição de bens de capital	50%	50%	0%	0%	0%
Interação no gerenciamento de oficinas de manutenção	0%	0%	33%	33%	0%
Medição da eficácia geral dos equipamentos	33%	17%	17%	17%	17%
Instalação da manutenção, equipamentos e ferramentas	0%	50%	0%	0%	50%
Controles e relatórios de gerenciamento	17%	50%	17%	0%	17%
Gerenciamento da mudança	33%	67%	0%	0%	0%
Programa de manutenção preventiva	0%	17%	67%	0%	17%
Planejamento e programação da manutenção	33%	0%	50%	17%	0%
Programa de manutenção preditiva	17%	33%	33%	17%	0%
Melhoria de processo / equipamento	0%	50%	33%	0%	17%
Engenharia de confiabilidade	67%	33%	0%	0%	0%
Melhoria contínua da manutenção	17%	33%	33%	17%	0%
Gerenciamento de peças de reposição	17%	33%	33%	0%	17%
Banco de dados técnico de equipamentos	0%	33%	67%	0%	0%
Sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado	33%	0%	33%	33%	0%
Suporte de engenharia	0%	67%	0%	0%	33%

Controle e definição dos processos de trabalho	33%	17%	17%	17%	17%
Sistemas de manutenção, práticas e procedimentos	17%	17%	67%	0%	0%
Análise de causa raiz do problema	17%	33%	0%	33%	17%
Gerenciamento de terceiros	50%	17%	17%	0%	17%
Gerenciamento efetivo da informação	33%	17%	17%	33%	0%
Controle orçamental	17%	33%	17%	33%	0%
Manutenção autônoma	50%	50%	0%	0%	0%
Envolvimento da operação	50%	50%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

**Tabela 10 – Frequência de respostas dos níveis de maturidade - Elementos quantitativos**

Elementos de WCM	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Segurança e conformidade regulamentar	17%	0%	33%	33%	17%
Programa de treinamento	67%	33%	0%	0%	0%
Medição da disponibilidade	0%	50%	0%	17%	33%
Medição da eficácia geral dos equipamentos	0%	0%	33%	33%	0%
Planejamento e programação da manutenção - Aderência ao plano	17%	0%	17%	17%	50%
Planejamento e programação da manutenção - Aderência ao cronograma	33%	0%	17%	17%	33%
Programa de manutenção planejada	33%	33%	0%	33%	0%
Sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado	0%	33%	17%	17%	33%
Controle orçamental	17%	33%	33%	0%	17%

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Nas Tabelas 9 e 10 são apresentados na coluna um os elementos de WCM e nas colunas dois à seis o percentual de respostas, realizado pelo grupo de casos, aplicado a cada nível de maturidade no respectivo elemento.

A aplicação do modelo de maturidade de WCM, realiza em um primeiro momento um diagnóstico da situação atual da Função Manutenção na empresa em que se aplica, como apresentado acima, em relação a WCM. Ademais, além da possibilidade da visualização dos pontos fortes e os pontos que necessitam de melhoria a segmentação em níveis de maturidade faz com que a gestão da manutenção possa utilizar o modelo para determinar as metas de evolução para cada elemento e a priorização entre os elementos para esta evolução. O modelo de maturidade também permite utilizar da descrição dos níveis para definir de forma prática as determinações de um plano de ação para uma possível evolução desejada.

## 4.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O desenvolvimento do modelo de maturidade de WCM apresentado neste trabalho busca de forma prática auxiliar as organizações a diagnosticar e desenvolver a Função Manutenção para níveis de excelência relacionados a WCM.

Conforme Frost, McCarthy, Androulakis (2017) um sistema de WCM possui quatro princípios básicos, independente do alcance geográfico e tamanho da empresa, sendo estes princípios a capacitação dos funcionários, minimização dos custos, aumento da disponibilidade dos ativos e priorização da segurança e qualidade. O modelo de maturidade proposto possui elementos que suprem as necessidades destes quatro princípios. Em relação ao princípio de capacitação dos funcionários, o modelo de maturidade elenca elementos presentes no pilar de *Gestão de pessoas*, elementos estes que focam em medir a evolução das empresas em relação as habilidades técnicas e interpessoais, descrição de cargos, programas de treinamentos e avaliação das competências. Quanto ao princípio de minimização dos custos o modelo de maturidade apresenta o elemento de *Controle orçamental* relacionado diretamente e outros que minimizam o custo de forma indireta, como o elemento *Programa de treinamento, Definição e gerenciamento de KPI's, Decisões de substituição de bens de capital, Controles e relatórios de gerenciamento, Programa de manutenção preditiva* e outros. Relacionado ao princípio de aumento da disponibilidade dos ativos pode-se citar os elementos dos pilares de *Estratégia e Manutenção avançada*, além de alguns outros elementos como *Medição da disponibilidade, Análise de causa raiz do problema, Gerenciamento de peças de reposição* e outros que influenciam de forma indireta. Por último em referência ao princípio de priorização da segurança e qualidade é possível elencar os elementos de WCM de *Segurança e conformidade regulamentar, Impacto ambiental e Melhoria de processo / equipamento*.

No capítulo de Revisão de literatura foram identificadas onze publicações que relacionam elementos que a Função Manutenção deve possuir para ser considerada em nível de WCM, entre estas publicações algumas foram identificadas como pesquisas correlatas a este trabalho. Uma pesquisa correlata é a de Mishra, Anand e Kodali (2006) que desenvolveram uma estrutura para sistemas de WCM com onze pilares e 59 elementos baseado em dezenove publicações. Comparando o modelo de maturidade proposto neste trabalho com a publicação de Mishra, Anand e Kodali (2006) identificamos que não sendo aplicado em uma empresa o artigo não apresenta uma descrição dos elementos de WCM de forma prática para que a empresa possa analisar se atende aos requisitos dos elementos. O modelo de maturidade desenvolvido neste trabalho facilita a aplicação prática, pois define o que a Função Manutenção deve apresentar em cada nível para cada elemento, buscando desta forma sair do campo da subjetividade e podendo assim ser utilizado como instrumento de comparação entre empresas e departamentos de Manutenção.

Outra pesquisa correlata identificada na Revisão de literatura foi o painel de avaliação para diagnosticar e identificar oportunidades de melhorias relacionadas a excelência na

manutenção de Tompkins Associates (1998). A ferramenta apresenta 18 principais elementos funcionais da manutenção de excelência, sendo que cada elemento possui alguns subitens de avaliação. O painel de avaliação possui a descrição da meta de manutenção e o critério de avaliação descrito para cada subitem com uma pontuação a ser preenchida pelo respondente em uma escala percentual. Os subitens possuem descrição detalhada que auxilia o respondente, porém em alguns subitens com características qualitativas a determinação do percentual para realizar a pontuação se torna interpretativa. Visto que, não possui a descrição do que deve ser realizado para atingir cada percentual de evolução, em comparação com o modelo de maturidade, proposto neste trabalho, que possui uma descrição individual para os cinco níveis de maturidade de cada elemento.

Oliveira e Lopes (2019) desenvolveram um modelo de maturidade para avaliar o estado atual da área de manutenção das organizações, sendo, portanto, mais uma pesquisa correlata. O modelo foi aplicado em três empresas de áreas distintas, uma empresa têxtil, uma empresa ótica e uma empresa de materiais plásticos. O modelo possui a descrição detalhada dos 10 elementos relacionados para os cinco níveis de maturidade. Em comparação ao modelo de maturidade desenvolvido neste trabalho o modelo apresentado por Oliveira e Lopes (2019) possui elementos de origem somente qualitativa, além de não possuir o agrupamento dos elementos por pilares, item que se justifica devido ao número restrito de elementos. O reduzido número de elementos e a não inclusão de itens quantitativos, facilita uma aplicação mais abrangente, do modelo de Oliveira e Lopes (2019), podendo ter a sua utilização difundida em empresas de diversas áreas de atuação, diferentemente do modelo proposto neste trabalho que se restringe a medir o nível de maturidade de WCM em empresas de manufatura de autopeças.

O modelo de maturidade de manutenção de ativos elaborado por Chemweno et al. (2015) que considera cálculos estatísticos de ponderação para pesos distintos dos elementos de manutenção conforme a classificação das empresas, foi reconhecido como mais uma pesquisa correlata. Confrontando o modelo de maturidade de Chemweno et al. (2015) em relação ao modelo proposto neste trabalho, este não possui uma descrição detalhada de forma prática da aplicação do elemento para cada empresa e também não possui um agrupamento por pilares, novamente justificado, visto que o modelo relaciona somente 15 elementos. Contudo o modelo proposto neste trabalho não difere de forma ponderada os pesos de cada elemento de WCM como o modelo anteriormente citado, este item poderia direcionar de forma ainda mais assertiva as prioridades para elevação dos níveis de cada elemento e pilares em relação a WCM. Entre as pesquisas identificadas como correlatas o modelo de Chemweno et al. (2015) é o único que classifica os elementos de manutenção entre os níveis como estratégico, tático e operacional,

assim como o modelo apresentado que classifica nos mesmos níveis os pilares do modelo de maturidade.

O presente trabalho apresenta um modelo de maturidade de WCM que busca integrar diversos itens da literatura de forma a ser o mais robusto possível, com fácil aplicação prática e com menor nível de subjetividade possível na sua aplicação. Desta forma, ele caracteriza diversos elementos de WCM citados por diferentes autores com descrições práticas para cada nível de maturidade. Sendo que estes elementos possuem origens qualitativas e quantitativas, pretendendo equilibrar itens de desempenho de indicadores com itens de desempenho não mensuráveis por indicadores. O modelo agrupa os itens em pilares e os pilares em níveis que se apresentam do operacional ao estratégico para que a análise em diferentes níveis de gestão da empresa seja facilitada e para que as ações possam ser orientadas de forma fácil sem a necessidade de uma análise detalhada por todos os níveis da gestão.

### 4.3 IMPLICAÇÕES GERENCIAIS

Diversas empresas buscam ser fabricantes de classe mundial, visto que os benefícios refletem direta e indiretamente nos resultados financeiros das organizações. A Função Manutenção é extremamente importante para as organizações nesta busca, pois as empresas não evoluem para níveis de excelência sem possuir uma confiabilidade alta em seus ativos. Conseqüentemente uma organização só chegará à níveis de classe mundial se a Função Manutenção acompanha-la, perseguindo atingir níveis de WCM.

A WCM é citada de diversas formas na literatura e em diferentes campos onde os profissionais de manutenção transitam, contudo não existe uma clareza prática de qual o caminho a ser trilhado pela Função Manutenção para atingir este nível de excelência. O modelo de maturidade de WCM foi desenvolvido para auxiliar a organização, de forma prática, a evoluir seu setor de Manutenção para atingir níveis de excelência.

A aplicação do modelo de maturidade de WCM realiza o diagnóstico da Função Manutenção em relação a WCM, podendo ser ferramenta de comparação entre empresas de um mesmo grupo controlador, de empresas distintas ou de setores de manutenção de uma mesma empresa de manufatura de autopeças. Este movimento de comparação acelera a evolução, uma vez que é possível realizar *benchmarking* em outras empresas que possuem maior evolução em determinados elementos. A Tabela 11 apresenta um exemplo de comparação de avaliação entre empresas de um mesmo grupo controlador.

Tabela 11 – Exemplo de comparação entre diagnósticos de empresas de um mesmo grupo controlador

Níveis	Pilares	Elementos de WCM	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6
Estratégico	Cultura organizacional	Cultura e política de manutenção organizacional	4	3	3	3	2	4
		Organização e estrutura de manutenção	4	4	3	3	2	2
		Segurança e conformidade regulamentar	4	4	2	1	1	2
		Impacto ambiental	4	2	3	2	1	3
Estratégico	Gestão de pessoas	Gestão e desenvolvimento de recursos humanos	3	4	4	3	2	3
		Desenvolvimento de habilidades técnicas e interpessoais	3	4	2	2	1	2
		Programa de treinamento	2	3	2	1	1	2
		Avaliação de habilidades técnicas e desempenho	2	3	2	1	1	3

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

O exemplo de comparação entre diagnósticos de empresas, exposto na Tabela 11, apresenta na coluna 1 os níveis, na coluna dois os pilares, na coluna três os elementos de WCM e nas colunas quatro à nove exemplos de pontuação obtidos em empresas em que o modelo de maturidade foi aplicado.

Por meio do modelo de maturidade podem ser determinadas as metas em relação a qual nível de evolução a organização quer possuir em determinado elemento, visto que as organizações possuem especificidades e muitas vezes não irão buscar a excelência em todos os elementos e sim um resultado de excelência da Função Manutenção como um todo. Esta possibilidade de determinação de metas segmentadas na evolução em relação a WCM é importante também em elementos que apresentam níveis baixos de maturidade. Pois, pode-se determinar evoluções parciais para níveis intermediários com prazos mais curtos, realizando uma evolução consistente e robusta ao longo do tempo, conforme exemplo apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 – Exemplo de definição de metas dos níveis de maturidade do Caso 1

Níveis	Pilares	Elementos de WCM	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Estratégico	Cultura organizacional	Cultura e política de manutenção organizacional				X	O
		Organização e estrutura de manutenção				X	O
		Segurança e conformidade regulamentar				X	O
		Impacto ambiental				X	O
Estratégico	Gestão de pessoas	Gestão e desenvolvimento de recursos humanos			X	O	
		Desenvolvimento de habilidades técnicas e interpessoais		X	O		
		Programa de treinamento		X	O		
		Avaliação de habilidades técnicas e desempenho		X	O		

Legenda: X - Situação atual

O - Meta de evolução

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

A Tabela 12 apresenta um exemplo baseado no diagnóstico realizado no Caso 1 de como podem ser definidas as metas de evolução dos níveis de maturidade para a WCM. Na coluna um a Tabela 12 descreve os níveis, na coluna dois os pilares, na coluna três os elementos de WCM e entre as colunas quatro e nove as demarcações da situação atual e a meta de evolução do nível de maturidade pretendido.

A descrição prática que cada elemento possui para atingir determinado nível no modelo de maturidade auxilia na determinação de um plano de evolução para Função Manutenção e em futuras medições para identificar se as ações do plano de ação produziram o resultado esperado.

Por meio do modelo de maturidade de WCM a Alta gestão da empresa pode identificar a situação atual e a evolução de itens que impactam diretamente no modo de operação da empresa como: disponibilidade dos equipamentos, OEE, custo de manutenção em relação ao faturamento, investimentos em treinamento técnico, número de acidentes e outros que forem determinados como importantes para a empresa em que o modelo está sendo aplicado. A Tabela 13 demonstra um exemplo, por meio do Caso 1, de formato para auxiliar a gestão na visualização do posicionamento atual dos elementos.

Tabela 13 – Exemplo de ranking dos elementos de WCM: pontuação do Caso1

Níveis	Pilares	Elementos de WCM	Pontuação
Tático	Gestão	Decisões de substituição de bens de capital	1,00
Tático	Estratégia	Programa de manutenção preditiva	1,00
Estratégico	Gestão de pessoas	Avaliação de habilidades técnicas e desempenho	2,00
Tático	Gestão	Gerenciamento da mudança	2,00
Tático	Estratégia	Programa de manutenção planejada	2,00
...			
Estratégico	Gestão de pessoas	Gestão e desenvolvimento de recursos humanos	3,00
Estratégico	Gestão de pessoas	Desenvolvimento de habilidades técnicas e interpessoais	3,00
Operacional	Boas práticas	Banco de dados técnico de equipamentos	3,00
Estratégico	Gestão de pessoas	Programa de treinamento	3,50
...			
Estratégico	Cultura organizacional	Cultura e política de manutenção organizacional	4,00
Estratégico	Cultura organizacional	Organização e estrutura de manutenção	4,00
Estratégico	Cultura organizacional	Impacto ambiental	4,00
Tático	Gestão	Liderança e compromisso da gestão	4,00
...			
Estratégico	Cultura organizacional	Segurança e conformidade regulamentar	4,50
Operacional	Boas práticas	Sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado	4,50
Tático	Gestão	Definição e gerenciamento de KPI's	5,00
Tático	Gestão	Instalação da manutenção, equipamentos e ferramentas	5,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

O ranking dos elementos de WCM orientado do menor ao maior valor da pontuação na coluna quatro, exibido na Tabela 13, identifica os itens com menor nível de maturidade do Caso 1. Quanto aos elementos que possuem mais de um item de pontuação no modelo de maturidade, estes possuíram a média aritmética calculada para possibilitar a classificação em comparação com os elementos que dispõem de somente um item de pontuação na coluna quatro. A Tabela 13 também exibe na coluna um os níveis, na coluna dois os pilares e na coluna três os elementos de WCM.

Portanto o modelo de maturidade de WCM pode ser utilizado tanto como uma ferramenta de diagnóstico e desenvolvimento da evolução da Função Manutenção como uma ferramenta de gestão em diversos níveis da organização.

## 5 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo de maturidade de WCM em ambientes de manufatura de autopeças, para tal o método de desenvolvimento deste modelo pode ser dividido em quatro macro etapas tendo como ponto de partida a revisão de literatura realizada no capítulo de Fundamentação teórica. As macro etapas foram divididas da seguinte forma: análise para identificação e determinação definitiva dos elementos de WCM; classificação dos pilares em estratégico, tático ou operacional; definição da referência de escala qualitativa e quantitativa para os níveis do modelo de maturidade e descrição dos níveis de maturidade de cada elemento do modelo proposto. Para validação e coleta de resultados o modelo de maturidade desenvolvido neste trabalho foi aplicado em seis empresas de manufatura de autopeças, realizando um diagnóstico na Função Manutenção de cada empresa em relação a WCM e podendo ser utilizado de base para um plano de evolução da maturidade em relação aos elementos de WCM.

No sentido de atender o objetivo geral, este trabalho foi organizado por meio de três objetivos específicos. O primeiro objetivo definido, foi identificar os atributos qualitativos de uma WCM e pode-se afirmar que este foi atendido na sua totalidade, uma vez que foi realizado uma revisão de literatura na literatura identificando 50 elementos de WCM e utilizando da primeira etapa macro do método foram selecionados 35 elementos com atributos qualitativos.

O segundo objetivo específico foi identificar indicadores e metas de uma WCM. Para o atendimento deste objetivo além da revisão de literatura foi utilizado referências apresentadas no capítulo da Fundamentação teórica e utilizado novamente da primeira etapa macro do método para realizar a seleção. Desta forma, foram identificados 9 indicadores e metas de WCM, sendo que 8 foram utilizados para quantificar o desempenho de elementos qualitativos já selecionados e 1 foi acrescentado, sendo este último de origem somente quantitativa, totalizando 36 elementos de WCM. A partir do descrito anteriormente, pode-se afirmar que este objetivo também foi atendido na sua totalidade.

O terceiro e último objetivo específico foi identificar oportunidades de melhorias na Função Manutenção em ambientes de manufatura de autopeças. Este objetivo foi, mais uma vez, totalmente atendido, pois para tal o modelo de maturidade foi aplicado de forma prática em seis empresas de manufatura de autopeças, sendo três localizadas no Brasil, uma nos Estados Unidos, uma na China e uma na Índia. A partir da aplicação do modelo de maturidade, compilação dos resultados e comparação entre as empresas, ficou nítida as oportunidades de melhoria da Função Manutenção de cada uma delas e ainda foi possível identificar quais os

itens que possuem maior prioridade de desenvolvimento por estarem em níveis de maturidade mais baixos.

Com base em pesquisas relacionadas à WCM na literatura identificou-se uma lacuna de detalhamento em relação aos aspectos práticos que a Função Manutenção deve apresentar para ser considerada no nível de WCM. O modelo de maturidade de WCM desenvolvido e proposto neste trabalho trás no seu formato itens de avaliação prática bem definidos para cada nível de maturidade descrito, juntando elementos qualitativos e quantitativos. Além de classificar estes elementos em pilares e estes pilares em níveis como estratégico, tático e operacional.

O modelo foi desenvolvido através de uma pesquisa na literatura aliada ao conhecimento tácito de um Grupo prático, trazendo desta forma o conhecimento acadêmico e o conhecimento de anos de experiência de profissionais de manutenção. Através da aplicação prática do modelo de maturidade foi possível identificar que empresas similares apresentam resultados distintos ao aplicar o mesmo modelo, ou seja, o modelo de maturidade não está elencando itens inalcançáveis ou tendo um nível de criteriosidade muito baixo. Assim sendo a aplicação prática pode medir se o modelo de maturidade possuía critérios ajustados com a realidade das empresas de manufatura de autopeças em diferentes locais do mundo, visto que foi aplicado em empresas localizadas em três continentes diferentes.

Quanto a utilização do modelo de maturidade para auxiliar a Função Manutenção na busca por atingir níveis de WCM, este não foi desenvolvido com o intuito de ser somente uma ferramenta de diagnóstico. Possuindo descrições detalhadas e práticas em cada nível, o modelo pode servir de base para o desenvolvimento do plano de ação para evolução da Função Manutenção. Ademais o modelo de maturidade pode servir de ferramenta de gestão para diversos níveis da organização, auxiliando na definição de recursos para determinadas empresas ou setores, sabendo que uma WCM é extremamente importante para que a empresa se torne uma fabricante de classe mundial.

Quanto a itens de melhoria do modelo de maturidade de WCM desenvolvido neste trabalho, o mesmo restringe-se a um estudo e aplicação em empresas de manufatura de autopeças, ou seja, não possui indicações para utilização em outros setores. Outro item possível de melhoria do modelo seria o desenvolvimento de uma ponderação entre os pesos dos elementos de WCM, visto que o trabalho atual não difere os elementos elencando pesos distintos. Em determinadas empresas de forma prática esta ponderação aproximaria o modelo ainda mais a realidade prática da Função Manutenção. A determinação de mais elementos quantitativos seria outro aspecto do modelo passível de melhoria, pois a escassez de publicações

que determinam metas para indicadores de WCM faz com que os indicadores e metas sejam baseados em poucas publicações do gênero.

Como sugestão de estudos futuros a partir do modelo de maturidade de WCM desenvolvido neste trabalho indica-se a aplicação do modelo de maturidade em outros setores além das empresas de manufatura de autopeças para identificação de possíveis melhorias no modelo atual ou uma validação do mesmo em outros setores. A aplicação do modelo de maturidade em empresas universalmente reconhecidas como fabricantes de classe mundial poderia também auxiliar na consolidação dos elementos de WCM propostos e ainda poderia enriquecer com dados de definições de indicadores e metas para os elementos quantitativos. Por último, a aplicação de um modelo matemático para ponderação dos pesos dos elementos de manutenção em relação aos setores de atuação das organizações seria uma evolução na contribuição deste trabalho para a literatura.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos. Medidas do governo. **ABIMAQ**, 08 ago. 2014. Disponível em: <http://www.abimaq.org.br/site.aspx/Abimaq-Informativo-Mensal-Infomaq?SumarioClipping=47>. Acesso em: 19 out. 2019.

BEKER, Ivan et al. Improvement of the maintenance management process of complex technical systems which demand high reliability. **Tehnički vjesnik**, v. 24, n. 5, p. 1543-1550, 2017.

CHEMWENO, Peter et al. Asset maintenance maturity model: structured guide to maintenance process maturity. **International Journal of Strategic Engineering Asset Management**, v. 2, n. 2, p. 119-135, 2015.

CHOLASUKE, Chuenusa; BHARDWA, Ramnik; ANTONY, Jiju. The status of maintenance management in UK manufacturing organizations: results from a pilot survey. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, 2004.

DABBS, Tom. Cultural change for success: A Lumber Mill's Renaissance. **EP Editorial Staff**, 2 nov. 1997. Disponível em: <https://www.efficientplantmag.com/2003/04/cultural-change-for-success-a-lumber-mills-renaissance/>. Acesso em: 29 set. 2019.

DE BRUIN, Tonia et al. Understanding the main phases of developing a maturity assessment model. In: **Australasian Conference on Information Systems (ACIS)**, 2005, Sydney. Australasian Chapter of the Association for Information Systems, 2005, Sydney. Disponível em: [https://eprints.qut.edu.au/25152/1/Understanding\\_the\\_Main\\_Phases\\_of\\_Developing\\_a\\_Maturity\\_Assessment\\_Model.pdf](https://eprints.qut.edu.au/25152/1/Understanding_the_Main_Phases_of_Developing_a_Maturity_Assessment_Model.pdf). Acesso em: 6 set. 2020.

DUARTE, José; CUNHA, Pedro F.; CRAVEIRO, João T. Maintenance database. **Procedia CIRP**, v. 7, p. 551-556, 2013.

EMANUEL, Dale; MASTELLARI, Jorge. Critical Factors to Achieve World-Class Manufacturing Reliability. **Reliabilityweb**, 05 jan. 2019. Disponível em: <https://reliabilityweb.com/articles/entry/critical-factors-to-achieve-world-class-manufacturing-reliability>. Acesso em: 19 out. 2019.

FERNANDEZ, Oscar et al. A decision support maintenance management system. **International Journal of Quality & Reliability Management**, 2003.

FROST, Thomas; MCCARTHY, Jamie; ANDROULAKIS, Dimitrios. How World-Class Maintenance Can Boost Global Manufacturing. **BCG**, 16 mai. 2017. Disponível em: <https://www.bcg.com/publications/2017/lean-operations-how-world-class-maintenance-can-boost-global-manufacturing.aspx>. Acesso em: 19 out. 2019.

HEISLER, Randy. Communication is the mortar of Maintenance Excellence. **EP Editorial Staff**, 2 jul. 2002. Disponível em: <https://www.efficientplantmag.com/2002/07/communication-is-the-mortar-of-maintenance-excellence/>. Acesso em: 29 set. 2019.

IDHAMMAR, Christer. Reliability and Maintenance Implementation Model – Step II. **IDCON**, 04 jun. 2003. Disponível em: <https://www.idcon.com/resource-library/leadership-in-maintenance/reliability-maintenance-implementation-model-2/>. Acesso em: 29 set. 2019.

IMAM, S. F.; RAZA, Jawad; RATNAYAKE, RM Chandima. World Class Maintenance (WCM): Measurable indicators creating opportunities for the Norwegian Oil and Gas industry. In: **IEEE International Conference**, 2013, Bangkok. Industrial Engineering and Engineering Management. Bangkok: IEEM, 2013. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Jawad\\_Raza2/publication/263736049\\_World\\_Class\\_Maintenance\\_WCM\\_Measurable\\_indicators\\_creating\\_Opportunities\\_for\\_the\\_Norwegian\\_Oil\\_and\\_Gas\\_industry/links/0c96053bcdd8be67aa000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jawad_Raza2/publication/263736049_World_Class_Maintenance_WCM_Measurable_indicators_creating_Opportunities_for_the_Norwegian_Oil_and_Gas_industry/links/0c96053bcdd8be67aa000000.pdf). Acesso em: 5 out. 2019.

IMAM, Syeda. **Developing framework to analyze world-class maintenance (wcm) indicators: gap analysis to highlight challenges and opportunities for the Norwegian petroleum industry**. 2012. Dissertação (Mestrado em Offshore Technology) - University of Stavanger, Norway, 2012.

JONES, Edwin; ROSENTHAL, David. Assessing maintenance performance. **EP Editorial Staff**, 2 nov. 1997. Disponível em: <https://www.efficientplantmag.com/1997/11/assessing-maintenance-performance/>. Acesso em: 29 set. 2019.

KODALI, Rambabu; MISHRA, Rajesh; ANAND, G. Justification of world-class maintenance systems using analytic hierarchy constant sum method. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 15, n. 1, p. 47-77, 2009.

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.

MARQUEZ, Adolfo; GUPTA, Jatinder. Contemporary maintenance management: process, framework and supporting pillars. **Omega**, v. 34, n. 3, p. 313-326, 2006.

METTLER, Tobias. Maturity assessment models: a design science research approach. **International Journal of Society Systems Science (IJSSS)**, v. 3, n. 1/2, p. 81-98, 2011.

MISHRA, Rajesh P. et al. Development of a framework for implementation of world-class maintenance systems using interpretive structural modeling approach. **Procedia CIRP**, v. 26, p. 424-429, 2015.

MISHRA, Rajesh; ANAND, G.; KODALI, Rambabu. An AHP model for quantification of benefits of world-class maintenance systems. **International Journal of Industrial and Systems Engineering**, v. 2, n. 2, p. 166-194, 2007.

MISHRA, Rajesh; ANAND, G.; KODALI, Rambabu. Development of a framework for world-class maintenance systems. **Journal of Advanced Manufacturing Systems**, v. 5, n. 02, p. 141-165, 2006.

MISHRA, Rajesh; ANAND, G.; KODALI, Rambabu. Strengths, weaknesses, opportunities, and threats analysis for frameworks of world-class maintenance. Proceedings of the Institution

of Mechanical Engineers, Part B: **Journal of Engineering Manufacture**, v. 221, n. 7, p. 1193-1208, 2007.

MOBLEY, Keith. Maintenance really is really not the problem. **Life Cycle Engineering**, 04 fev. 2016. Disponível em: <https://www.lce.com/Maintenance-Really-is-Really-Not-the-Problem-2024.html>. Acesso em: 19 out. 2019.

MOSTAFA, Sherif; DUMRAK, Jantanee; SOLTAN, Hassan. Lean maintenance roadmap. **Procedia Manufacturing**, v. 2, p. 434-444, 2015.

MUGANYI, Peter; MBOHWA, Charles. Comparative Aspects between TPM and World Class Maintenance–Literature Review. In: **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**, 2017, Bogota. Disponível em: <http://ieomsociety.org/bogota2017/papers/266.pdf>. Acesso em: 5 set. 2020.

OLIVEIRA, Marcelo; LOPES, Isabel. Evaluation and improvement of maintenance management performance using a maturity model. **International Journal of Productivity and Performance Management**, 2019.

PAULK, Mark C. et al. Capability maturity model, version 1.1. **IEEE software**, v. 10, n. 4, p. 18-27, 1993.

ROISIN, Jean-Luc. BEMAS spreads the word on Maintenance & Asset Management. **BEMAS**, ago. 2018. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/10R9I8fkuhrZlbWHFjLjFzUzoEFEaU0MD/view>. Acesso em: 19 out. 2019.

SILVEIRA, Victor. Os modelos multiestágios de maturidade: um breve relato de sua história, sua difusão e sua aplicação na gestão de pessoas por meio do People Capability Maturity Model (P-CMM). **Revista de Administração Contemporânea**, v. 13, n. 2, p. 228-246, 2009.

SIMÕES, Jorge; GOMES, Carlos; YASIN, Mahmoud. A literature review of maintenance performance measurement: A conceptual framework and directions for future research. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 17, n. 2, p. 116-137, 2011.

SMITH, Anthony; HINCHCLIFFE, Glenn. **RCM-Gateway to world class maintenance**. Elsevier, 2003.

SMITH, Ricky; HAWKINS, Bruce. Benchmarking maintenance organization effectiveness. **Plant Engineering**, Charleston, 10 dez. 2003. Disponível em: <https://www.plantengineering.com/articles/benchmarking-maintenance-organization-effectiveness/>. Acesso em: 29 set. 2019.

SMITH, Ricky; MOBLEY, R. Keith. **Rules of thumb for maintenance and reliability engineers**. 1. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2011.

TOMLINGSON, Paul D. **Achieving world class maintenance status**. *Engineering and Mining Journal*, v. 208, n. 2, p. 38, 2007.

TOMLINGSON, Paul. Achieving World-class Mining Maintenance: Step 1-Identify Needs and Priorities. **Engineering and Mining Journal**, v. 216, n. 11, p. 50, 2015.

Tompkins Associates. The scoreboard for maintenance excellence. **Tompkinsinc**, 1998. Disponível em: <http://repository.sustech.edu/bitstream/handle/123456789/11574/Appendix-B-%20.pdf?sequence=5&isAllowed=y>. Acesso em: 29 set. 2019.

WAEYENBERGH, Geert; PINTELON, Liliane. A framework for maintenance concept development. **International journal of production economics**, v. 77, n. 3, p. 299-313, 2002.

WIREMAN, Terry. **Benchmarking Best practices for maintenance, reliability and asset management**. 3. ed. Nova York: Industrial Press, 2014.

WIREMAN, Terry. Climbing the ladder to world class maintenance status. **Engineering and Mining Journal**, v. 202, n. 8, p. S2, 2001.

WIREMAN, Terry. **Developing performance indicators for managing maintenance**. Industrial Press Inc., 2005.