

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**CASSIANO VARGAS STEMPKOWSKI**

**AVALIAÇÃO DE MATURIDADE PARA A INDÚSTRIA 4.0: UM ESTUDO DE CASO EM UMA  
INDÚSTRIA MULTINACIONAL BRASILEIRA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2019**

**CASSIANO VARGAS STEMPKOWSKI**

**AVALIAÇÃO DE MATURIDADE PARA A INDÚSTRIA 4.0: UM ESTUDO DE CASO  
EM UMA INDÚSTRIA MULTINACIONAL BRASILEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Mecânica da Coordenação de Engenharia Mecânica – COEME – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Adamczuk  
Oliveira  
Co-orientadora: Profa. Dr. Geocris  
Rodrigues

PATO BRANCO

2019

## FOLHA DE APROVAÇÃO

### Avaliação de Maturidade para Indústria 4.0: Um Estudo de Caso em uma Indústria Multinacional Brasileira

Cassiano Vargas Stempkowski

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado no dia 26/11/2019 como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Mecânico, do curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco (UTFPR-PB). O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora julgou o trabalho **APROVADO**.

---

Prof. Dr. Bruno Bellini Medeiros  
(UTFPR – Departamento de Mecânica)

---

Prof. Dr. Sergio Luiz Ribas Pessa  
(UTFPR – Departamento de Mecânica)

---

Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira  
(UTFPR – Departamento de Mecânica, Orientador)

---

Prof. Dr. Paulo Cezar Adamczuk  
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Mecânica

\*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica

## DEDICATÓRIA

À minha família, pela constante inspiração.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço minha família e meus amigos por todo o apoio. Sou grato, especialmente, aos meus pais, Ivelise e Valdir, pelo suporte incondicional. Obrigada, Caroline, minha irmã, por sempre ser um exemplo a ser seguido. Não posso deixar de dedicar um agradecimento especial aos amigos e professores que me influenciaram e contribuíram com a minha trajetória acadêmica, especialmente ao Professor Gilson, responsável pela orientação do meu projeto, a professora Geocris pela Co orientação e ao professor Bruno pelas ótimas conversas durante os trabalhos no projeto de eficiência energética veicular.

## EPÍGRAFE

Às vezes, quando você inova, você comete erros. É melhor admiti-los rapidamente, e seguir em frente para melhorar suas outras inovações. (JOBS, Steven, 2009).

## RESUMO

STEMPKOWSKI, Cassiano. **Avaliação De Maturidade Para A Indústria 4.0: Um Estudo de Caso em uma Indústria Multinacional Brasileira**. .2019. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.

O aumento da complexidade dos cenários econômico, social, ambiental e tecnológico nos quais as organizações estão inseridas, gera a necessidade de novas estratégias para melhorar a qualidade de seus processos em toda sua cadeia de valor. O presente trabalho utiliza um *framework* especialmente desenvolvido para avaliação de maturidade de empresas situadas em países em desenvolvimento para investigação do estágio tecnológico de uma organização multinacional brasileira. Apontando a principal direção para onde a organização deve alocar seus recursos visando um maior crescimento. O modelo apresenta sete dimensões agrupada em três aspectos organizacionais: Tecnologia, Organização e Pessoas. Após aplicação da ferramenta, conforme esperado, constatou-se que a organização não está totalmente alinhada com os conceitos da Indústria 4.0 principalmente com relação ao aspecto “Tecnologia”. Porém, quando se trata do aspecto “Organização” a empresa objeto de estudo se mostra bastante desenvolvida. Desta forma conclui-se que a empresa, está em um nível 3 de 5, tem o tema “Indústria 4.0” difundido dentro da organização, porém precisa investir no desenvolvimento de tecnologias aderentes a dimensão de gerenciamento de dados, e passar a tomar as decisões baseadas em dados.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0, Avaliação de maturidade, Países em Desenvolvimento.

## ABSTRACT

STEMPKOWSKI, Cassiano. **MATURITY ASSESSMENT FOR INDUSTRY 4.0: A CASE STUDY IN A BRAZILIAN MULTINATIONAL INDUSTRY**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.

The increasing complexity of the economic, social, environmental and technological scenarios in which organizations are inserted generates the need for new strategies to improve the quality of their processes throughout their value chain. The present work uses a framework specially developed for maturity assessment of companies located in developing countries to investigate the technological stage of a Brazilian multinational organization. Pointing out the main direction where the organization should allocate its resources for further growth. The model has seven dimensions grouped into three organizational aspects: Technology, Organization and People. After applying the tool, as expected, it was found that the organization is not fully aligned with the concepts of Industry 4.0, especially with regard to the “Technology” aspect. However, when it comes to the “Organization” aspect, the company under study is quite developed. Thus, it is concluded that the company, is at a level 3 of 5, has the theme “Industry 4.0” widespread within the organization, but needs to invest in the development of technologies that adhere to the data management dimension, and make the decisions. based on data.

**Keywords:** Industry 4.0, Maturity Rating, Developing Countries.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Principais transformações das revoluções industriais.....	17
Figura 2 - Framework conceitual proposto.....	28
Figura 3 - Níveis de maturidade para a Indústria 4.0.....	29
Figura 4 - Etapas da pesquisa.....	30
Figura 5 – Aspectos e dimensões para avaliação de maturidade no conceito da Indústria 4.0.....	32
Figura 6 – Níveis de maturidade por aspectos .....	48
Figura 7 - Níveis de maturidade por aspectos.....	48

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Modelos de maturidade para Industria 4.0 .....	25
Quadro 2 - Critérios observados nas dimensões .....	32

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.2 OBJETIVOS .....	14
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
1.3 JUSTIFICATIVA .....	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>17</b>
2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA .....	17
2.2 INDÚSTRIA 4.0 .....	19
2.2.1 CONCEITO .....	19
2.2.2 INTERNET DAS COISAS (IoT) .....	21
2.2.3 SISTEMAS CIBER-FÍSICO (CPS) .....	22
2.2.4 <i>BIG DATA</i> .....	23
2.3 MODELOS DE MATURIDADE PARA INDÚSTRIA 4.0 .....	24
2.3.1 VISÃO GERAL DOS MODELOS DE MATURIDADE .....	24
2.3.2 FRAMEWORK DE MATURIDADE PARA PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO .....	27
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>30</b>
3.1 <i>FRAMEWORK</i> ADOTADO PARA AVALIAÇÃO DA MATURIDADE PARA INDÚSTRIA 4.0 .....	30
3.1.1 DIMENSÕES DO MODELO DE MATURIDADE .....	31
3.1.2 INFLUÊNCIAS EXTERNAS .....	33
3.1.3 NÍVEIS DE MATURIDADE .....	34
3.2.4 MODELO DE MATURIDADE I4.0PME.....	36
3.2 SELEÇÃO DO MÉTODO OBTENÇÃO DE DADOS E DE ANÁLISE .....	36
3.3 APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO SEMI ESTRUTURADO.....	37

3.4 ANÁLISE DE CONTEÚDO.....	38
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>40</b>
4.1 UNIDADE DE PESQUISA.....	40
4.2 INFORMAÇÕES DO ENTREVISTADO.....	40
4.3 IMPLANTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 .....	41
4.4 AVALIAÇÃO DE MATURIDADE .....	42
4.4.1 TECNOLOGIA.....	42
4.4.1.1 TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO .....	42
4.4.1.2 GERENCIAMENTO DE DADOS .....	43
4.4.1.3 INTERNET DAS COISAS.....	44
4.4.2 ORGANIZAÇÃO .....	45
4.4.2.1 ESTRATÉGIAS ORGANIZACIONAIS .....	45
4.4.2.2 CULTURA ORGANIZACIONAL .....	46
4.4.3 PESSOAS .....	46
4.4.3.1 ABERTURA PARA INOVAÇÃO E COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA.....	46
4.4.4 FATORES EXTERNOS.....	47
4.5 DISCUSSÃO .....	47
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As organizações batalham para não sucumbirem diante dos desafios que os cenários econômico, social, ambiental e tecnológico lhes impõem. Mudanças estas que exigem novas estratégias para melhorar a qualidade em seus processos e em toda a sua cadeia de valor (GRIGOR; HOLCOMB, 2012).

Segundo o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC, órgão que integra a estrutura da administração pública federal, a participação do setor industrial na transformação do PIB era de 21,6% em 1985, 16,5% em 2000 e 11,9% em 2016, essa queda se dá justamente pela dificuldade em atender as mudanças apresentadas anteriormente.

Apesar de atualmente o Brasil subordinar às indústrias condições extremamente desafiadoras, desenvolver o setor é fator central para o desenvolvimento do país. Mapear as tecnologias emergentes e atividades econômicas, tradicionais ou inovadoras, converteu-se em uma das principais medidas das políticas industriais modernas (MIGUEZ, et al 2018).

Órgãos estão trabalhando para encontrar novas alternativas para o crescimento. A Confederação Nacional da Indústria - CNI, órgão máximo do sistema sindical patronal da indústria, que tem como objetivo representar a indústria na promoção de um ambiente favorável aos negócios, defende a política de inovação como um dos principais eixos do desenvolvimento industrial. Para potencializar esse eixo o CNI afirma ser fundamental a disponibilidade de recursos financeiros federais para a ciência e a tecnologia, principalmente através de incentivos como a Lei do Bem.

A mesma confederação realizou uma pesquisa com 753 empresas de grande porte de dez setores industriais, buscando identificar o atual panorama brasileiro em relação ao conceito da indústria 4.0 ou Manufatura Avançada. Foi constatado que apenas 1,6% das indústrias brasileiras produz na fronteira tecnológica. Também constatou que o setor automotivo lidera o ranking dos setores que já operam no modelo com 2,9%. Em seguida aparecem os setores de bens de consumo com 2%, e agroindústria com 1,8% (CNI, 2018).

Para empresas de pequeno porte o cenário é ainda mais complexo. Tendo em vista a necessidade de um grande investimento de capital para implementar esse modelo de negócio. É de suma importância que os processos de produção estejam

totalmente amadurecidos, somente assim a alteração será efetiva possibilitando uma maior eficiência na cadeia de valor (JÄGER *et al.* 2016).

Por esse motivo se faz necessário uma metodologia de análise para avaliar a maturidade das organizações em relação aos critérios da Indústria 4.0. Maturidade segundo Schumacher *et al.* (2016) é quando existe uma potencialização das capacidades em relação a um objetivo pré-estabelecido. Para Kohlegger *et al.* (2009) usa-se modelos de maturidade para classificar as potencialidades do amadurecimento e priorizar as iniciativas para elevar o nível de maturidade.

A tomada de decisão normalmente envolve diversos fatores como: diferenças de ponto de vista, variedade e complexidade de informações e objetivos, transformando a priorização sobre quais iniciativas devem ser tomadas uma ação de alta complexidade. O objetivo principal é maximizar os ganhos e minimizar as perdas, criando um comparativo entre o antes e o depois, onde o agente decisor possa analisar se houve ganho entre os dois cenários (GOMES; GOMES 2014).

Tendo em vista as questões apresentadas, pode-se afirmar que existem múltiplos critérios a serem considerados. Sendo assim, se faz necessário flexibilizar o processo de tomada de decisão através da consideração de dados quantitativos e qualitativos, portanto, deve-se apoiar o processo decisório em um instrumento de análise multicritério (GOMES; GOMES 2014). Considerando este contexto, o presente estudo tem o propósito de investigar um *framework* de avaliação de maturidade que diz respeito ao domínio da Indústria 4.0 em uma indústria multinacional brasileira.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar através de *framework* o nível de maturidade que uma indústria multinacional brasileira se encontra em relação as características da Indústria 4.0 e priorizar indicadores que visem a evolução rumo ao desenvolvimento no conceito.

### 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo principal os seguintes objetivos específicos devem ser alcançados:

- Atualizar os conhecimentos relativos a Indústria 4.0 e modelo de maturidade para países em desenvolvimento, por meio de revisão de literatura;
- Realizar entrevista semiestruturada com agentes envolvidos com a iniciativa na organização
- Com base nos dados coletados da indústria avaliar a maturidade do conceito da indústria 4.0 aplicando análise qualitativa.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Identifica-se que existem problemas referente ao entendimento do conceito da Indústria 4.0. As empresas acreditam que os conceitos são altamente complexos, não tem uma ideia clara dos benefícios oferecidos pelo novo modelo e, não possuem capacidade de avaliar o potencial de adaptação da sua organização, isso impede que iniciativas sejam priorizadas (Schumacher *et al.* 2016).

Logo, é fundamental a avaliação da maturidade de uma empresa no conceito da Indústria 4.0. Esta avaliação necessita de uma ferramenta de análise detalhada. A ferramenta vai trazer confiabilidade para avaliação, e facilitar a priorização de ações que levem a organização a caminho do novo modelo.

A pesquisa justifica-se pela relevância no contexto industrial e tecnológico, apresentando contribuições teóricas e práticas. A contribuição teórica está relacionada à revisão bibliográfica dos estudos recentes ao tema de pesquisa, e pela inspeção do framework de avaliação do nível de maturidade das indústrias de um país em desenvolvimento em relação à Indústria 4.0. A contribuição prática é pela aplicação da ferramenta proposta em uma organização, o que com devidos ajustes, pode ser aplicada em qualquer indústria do mesmo porte em um país em desenvolvimento como o Brasil.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O “Capítulo 1”, apresenta a introdução da pesquisa e seus elementos pré-textuais. O “Capítulo 2”, apresenta a revisão bibliográfica da dissertação, desenvolvida a partir de uma revisão da literatura. O “Capítulo 3” apresenta a abordagem metodológica da pesquisa, bem como a descrição de suas etapas de execução. Os resultados obtidos são apresentados no “Capítulo 4”, e é seguida pelas referências utilizadas no texto.



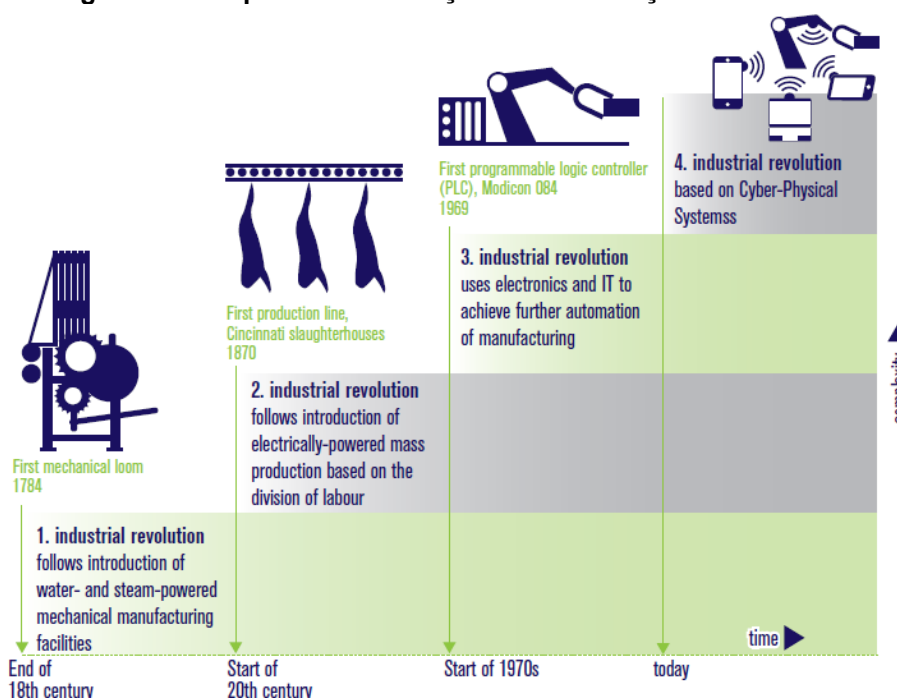
## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA

O desenvolvimento da indústria está diretamente ligado com a evolução tecnológica da sociedade. Segundo o relatório apresentado na feira de Hannover em 2011, pela Academia Alemã de Ciência da Engenharia - ACATECH, organização que busca aconselhar a sociedade em questões de ciência e tecnologia e política tecnológica, a sociedade estava prestes a passar por uma nova revolução industrial, conhecida no Brasil atualmente como Indústria 4.0 ou Manufatura Avançada.

ACATECH (2013) o ilustra esquematicamente na Figura 1 as três revoluções industriais que a sociedade passou ao longo da sua história, e como cada um desses marcos transformou totalmente as técnicas de produção de bens. E ainda, mostra que estamos vivenciando a quarta revolução industrial.

Figura 1-Principais transformações das revoluções industriais.



Fonte: ACATECH (2013).

Para identificar de que maneira a Indústria 4.0 pode afetar a produção de bens industriais em países em desenvolvimento, inicialmente é necessário revisar de que maneira as revoluções anteriores transformaram a indústria.

A primeira revolução industrial começou entre 1760 e 1840 na Inglaterra, segundo Wilde (2014), durante este período processos de produção foram bastante reforçados devido à introdução de novas tecnologias, tais como o motor a vapor, os teares mecânicos e o uso de produtos químicos. Para Coelho (2016), essa transformação foi gerada pela exploração do carvão como energia alternativa à madeira e outros biocombustíveis. Dentre os setores produtivos, Armes (2015) afirma que, o mais beneficiado durante este período foi a indústria têxtil, resultando em um aumento significativo na produção e conseqüentemente na geração de empregos. A partir deste primeiro marco tornou-se comum as organizações empresariais empregarem centenas de pessoas.

A segunda revolução industrial começou nos Estados Unidos da América na década de 1840 (MCCRAW, 1997). Essa, impulsionada por uma variedade de inovações técnicas, como a eletricidade, a transformação do ferro em aço, avanços nos meios de transportes e, posteriormente dos meios de comunicação, e ainda o desenvolvimento da indústria química e avanços de outros setores (SILVA, GASPARIN, 2005). As inovações técnicas foram a base para o princípio da produção em massa através da linha de montagem e divisão do trabalho, iniciativas essas que potencializaram a taxa de eficiência no chão de fábrica. O setor automobilístico foi o maior beneficiado pela segunda transformação. Especificamente a Ford Motor Company, que através de uma estrutura altamente verticalizada, passou a regular cada fase da cadeia de suprimentos, alcançando taxas de rendimentos inimagináveis até o momento (ARMES, 2015).

Na terceira revolução, segundo Coelho (2016), nas décadas de 1950 e 1970, a evolução tecnológica se estende aos eletrônicos e tecnologia da informação aplicada ao processo de produção. Kelly (2013) afirma que os computadores comerciais quando inventados possibilitaram a existência da internet, através da alteração das operações das planilhas. Os computadores programáveis permitiram o controle assistido através da automação dos sistemas, aprimorando assim os processos de fabricação. Já a internet, como um novo meio de comunicação, permitiu a internacionalização do comércio (AERMES, 2015).

A mecanização, eletricidade e tecnologia da informação são resultados das revoluções apontadas acima. Agora, a introdução da Internet de todas as Coisas, computação em nuvem e Big Data no ambiente de produção está inaugurando uma

quarta revolução industrial. “No futuro, as empresas estabelecerão redes globais que incorporarão suas máquinas, sistemas de armazenamento e instalações de produção na forma de Sistemas Ciber-físicos (Cyber-Physical System - CPS)” (ACATECH, 2013).

## 2.2 INDÚSTRIA 4.0

### 2.2.1 CONCEITO

A Indústria 4.0 implementará as fábricas uma estrutura de processamento e monitoramento dos processos físicos através de um *Cyber-physical system (CPS)*. O sistema vai integrar toda a rede de fornecedores do globo, tendo essa comunicação por meio da *Internet of Things*, a cooperação pode acontecer em tempo real. Ainda a criação de cópias virtuais de toda a cadeia possibilitará simulação de cenários. Todas essas ferramentas trarão para a organização a possibilidade de uma tomada de decisão descentralizada. Baseada nessas colocações pode-se definir o conceito de indústria 4.0 como um conjunto de tecnologias e conceitos de uma cadeia de valor organizacional (Hermann, Pentek e Otto, 2015).

A quarta revolução industrial promete quando consolidada não apenas influenciar internamente as organizações, mas criar uma ampla gama de oportunidades de negócios, e ao mesmo tempo alguns desafios. Como resultado, muitos países estão introduzindo estratégias para posicionar as organizações para esta transformação futura (FIESP, 2018).

A discussão sobre o tema é bastante recente no Brasil, segundo reportado uma pesquisa pela Federação das Indústria do Estado de São Paulo - FIESP (2018), maior órgão industrial do país, representando mais de cento e trinta indústrias de todos os portes e setores, somente 41% das indústrias utilizam o *Lean Manufacturing*, ou sistema de produção enxuta. E 32% dos entrevistados não tinham ouvido falar em quarta revolução industrial, Indústria 4.0 ou Manufatura Avançada, participaram do estudo 227 empresas, 55% pequenas, 30% médias e 15% grandes. Destas, 154 empresas já ouviram falar da Indústria 4.0, 90% concordam que a indústria 4.0 é uma oportunidade e não um risco, apenas 5% se sentem preparados para os desafios da mudança. Ainda, 30% das indústrias já estão planejando ou buscando ações para se adequarem a indústria 4.0.

Para definir iniciativas cruciais para alcançar o nível de desenvolvimento da Indústria 4.0 em países em desenvolvimento, é preciso revisar os principais pilares que definem esse conceito.

Segundo o Prof. Dr. Henning Kagermann (ACATE 2013) um dos criadores do conceito, a Indústria 4.0 possui nove pilares:

- *Big Data*;
- Robótica autônoma;
- Sistema Ciber-Físico;
- Integração de sistemas horizontal e vertical;
- Internet das Coisas;
- Computação em Nuvem;
- Segurança cibernética de dados;
- Manufatura aditiva;
- Realidade aumentada.

O presente trabalho revisará os conceitos dos três pilares com maior destaque nas bibliografias consultadas, são eles os pilares bases do novo modelo industrial:

- Internet das Coisas (IoT);
- Sistema Ciber-Físico;
- *Big Data*.

Os impactos das atuações conjuntas destes três conceitos vão além da digitalização, promovem também a inovação baseada em uma combinação complexa de múltiplas tecnologias. O novo modelo industrial está transformando as formas como as organizações gerenciam seus negócios (COELHO, 2016). As quatro principais mudanças são :

- Passagem do modelo operacional para o digital;
- Transformação dos modelos de colaboração;
- Bens de consumo inteligentes com maior produtividade;
- Modificações nas expectativas dos clientes.

Estes fatores sugerem que o modelo evolui da produção em massa para a customização em massa. Atualmente se busca manter os custos da produção em

massa, porém, alcançar um grau elevado de satisfação do cliente através de bens de consumos personalizados de acordo com os interesses de cada indivíduo (SCHWAB, 2016; COELHO, 2016).

### 2.2.2 INTERNET DAS COISAS (IoT)

A referência do termo “*The Internet of Things*” está relacionado a ligação entre objetos físicos e virtuais conectados a uma rede. Tem-se a entrada da internet das coisas integrada com a internet dos serviços nos processos como o evento de início da quarta revolução industrial (KAGERMANN et al, 2013). A empresa Cisco Internet Business Solution Group (CISCO IBSG), defende que o termo surgiu entre os anos de 2008 e 2010, e que cinquenta bilhões de dispositivos até 2020, estarão interligados à internet das coisas (EVANS, 2012).

A Cisco através de seus trabalhos constatou a necessidade de expandir o conceito de internet das coisas para internet de todas as coisas (IoE). A “*Internet of Everything*” se caracteriza em quatro componentes: pessoas, coisas, data e processos (EVANS, 2012).

O conceito “Pessoas”, representa os perfis detalhados de cada indivíduo e as diferentes maneiras de acesso à Internet, redes sociais, notebooks, smartphones. Este pilar possibilita as organizações a produção de produtos destinados a cada indivíduo com suas especificidades atendidas (AERMES, 2015).

O conceito “Coisas” representa os dispositivos conectados à internet, dispositivos estes responsáveis pelas interações, que por serem mais inteligentes terão capacidade de processar os dados (AERMES, 2015).

“*Data*” representa toda a gama de informações coletadas pelas “Coisas” e outras várias fontes. O conceito de IoE renova a maneira de processamento de dados, no modelo antigo (IoT) os dados eram centralmente processados, ou seja, os itens que sofrem a ação do problema tinham papel apenas de coleta de dados brutos. Com a evolução tecnológica da “Coisa”, torna-se possível processar os dados direto no meio onde esta ocorrendo o problema, tornando o processo mais ágil (AERMES, 2015).

“Processos” representa o relacionamento entre pessoas, coisas e data. A integração entre os pilares, IoE, Big Data, CPS gera valor à Indústria 4.0. Da mesma

maneira, à integração entre os conceitos internos gera valor para a Internet de todas as coisas (AERMES, 2015).

### 2.2.3 SISTEMAS CIBER-FÍSICO (CPS)

Maior agilidade, capacidade de processamento e menor preço dos computadores, sensores e tecnologias de comunicação, possibilitaram o desenvolvimento de sistemas modernos capazes de revolucionar toda a cadeia de produção de bens (COELHO, 2016). Esses sistemas chamados Sistemas Ciber-Físicos (CPS), são sistemas de integração entre computadores, redes e processos físicos que interagem mutuamente. O controle ocorre através de *loops de feedbacks* onde os processos físicos afetam a computação e vice-versa (LEE, 2008).

Lee (2008) afirma que no mundo físico a passagem do tempo é inevitável e a necessidade de combate está intrínseca, já no mundo virtual nenhuma dessas variáveis está presente. Os CPS podem estar presentes como aplicações em dispositivos médicos de alta confiança, vida assistida, controle de tráfego, sistemas automotivos avançados, robótica distribuída. Quando fala-se em aplicação do CPS na engenharia de produção, imagina-se um sistema de auxílio no planejamento e controle da produção, criando uma malha de controle de todos os subsistemas. Desta maneira um processo industrial de grande complexidade pode ser gerenciado como um todo (SCHUH et al, 2014).

Um engenheiro está sempre pressionado a projetar componentes previsíveis e confiáveis utilizando sempre o mínimo de recurso possível (COELHO, 2016). O paralelo entre o mundo real e o mundo virtual vai possibilitar aos engenheiros realizarem projetos que atendam quase que totalmente estes requisitos. Porém, nenhum componente é perfeitamente confiável e o ambiente real sempre trata condições inesperadas (LEE, 2008).

Atualmente 98% dos microprocessadores estão conectados com o mundo real através de sensores. Esse indicador tende a crescer ainda mais, transformando o modo de operação de equipamentos. A fusão do mundo real com o virtual apresenta desafios e um deles está relacionado a segurança (ACATECH, 2011). Com todos equipamentos conectados em rede e integrados a internet, o risco de invasões em busca de informações sigilosas é considerável. A grande complexidade está nas diferenciações das exigências do sistema. As particularidades do novo modelo trazem

diferentes exigências de segurança e confiabilidade daqueles de computação convencional (LEE, 2008).

Lee (2008) ainda defende que existe um grande potencial econômico a ser explorado, porém se faz necessário grande investimentos. Os CPS auxiliam no desenvolvimento de inovação e aplicação, interferindo em soluções que vão além da indústria, adentrando setores como fontes de energia, sustentabilidade, segurança, cidades inteligentes e muitas outras (ACATECH, 2011).

#### 2.2.4 *BIG DATA*

Os modelos de negócios baseados em *Big Data* são o motor da transformação industrial. Big Data é conjunto de informações compartilhada na rede de alguma maneira. O termo não pode ser traduzido literalmente, na realidade Big Data é muito mais abrangente que apenas “Grandes Dados”, o conceito é estruturado por 3 três pilares “Volume”, “Velocidade” e “Variedade” (EUROPEAN COMMISSION, 2018).

O “Volume” se refere a grande oferta de informações analisadas buscando encontrar tendências (AERMES, 2015). A “Velocidade” se refere ao grande número de novas informações que são produzidas e inseridas na rede. Segundo a IBM (2015), aproximadamente 400 milhões de ações são realizadas no Twitter e 30 bilhões no Facebook diariamente, acessar os dados em tempo real traz uma grande vantagem estratégica. Por fim o terceiro, “Variedade”, traduz as múltiplos formatos que as informações podem ser compartilhadas (MCAFEE e bRYNJOLFSSON, 2012) .

Existem duas categorias de dados, os dados estruturados e os não estruturados. Os dados estruturados são facilmente rotulados, armazenados e obtidos de forma convencional. Já os dados não estruturados são muito difíceis de serem processados, são gerados através de informações obtidas em fontes como vídeos e mídias sociais, representando a maior parcela dos dados coletados atualmente (AERMES, 2015).

ACATECH (2017) defende que os algoritmos desenvolvidos atualmente tem a capacidade de mudar as formas como entendemos o comportamento do consumidor e os fluxos de material e capital. O sistema em geral além de consumir os

dados processados produz novos dados alimentando o fluxo das informações e potencializando ainda mais esses valores.

## 2.3 MODELOS DE MATURIDADE PARA INDÚSTRIA 4.0

O termo maturidade em geral se refere ao estado ou condição de ter atingido um “estado de ser completo, perfeito ou pronto” quando relacionado a um determinado aspecto (KOHLEGGER et al, 2009). As empresas têm dificuldade de entender o nível de maturidade em que se encontram, por esse motivo, se veem despreparadas para enfrentar os desafios propostos pelo novo modelo industrial. Os modelos de maturidade têm como objetivo possibilitar rigorosamente o entendimento da empresa do seu estado de desenvolvimento em relação a visão da Indústria 4.0 ou Manufatura Avançada (SCHUMACHER *et al.* 2016).

### 2.3.1 VISÃO GERAL DOS MODELOS DE MATURIDADE

Kohlegger (2009) defende o uso dos modelos de maturidade para promover o início do processo de desenvolvimento, capturando o avanço em relação a um estado-alvo específico, de maneira qualitativa ou quantitativa, discreta ou contínua.

No que diz respeito a metodologia de desenvolvimento de modelos de maturidade, o desenvolvimento carece de uma base teórica bastante sólida. Existe pouca documentação sobre como desenvolver um modelo testado e amplamente aceito (TONELLI et al. 2016).

É sabido que modelos de maturidade são estruturados com o intuito de uso nas áreas gestão da produção, gestão da energia e manufatura enxuta. No conceito da Indústria 4.0, o modelo de maturidade tem como objetivo oferecer informações detalhadas sobre os procedimentos existentes nas organizações, permitindo exatidão na tomada de decisão (SCHUMACHER *et al.* 2016).

Apenas nos últimos anos, alguns autores sugeriram modelos de maturidade e métodos de desenvolvimento destas ferramentas (TONELLI et al. 2016). Foram publicados alguns modelos de maturidade para a Indústria 4.0, como apresentado na Tabela 1.



Quadro 1 - Modelos de maturidade para Indústria 4.0

Modelo	Fonte	Nome do Modelo	Descrição do Modelo
M1	(Ganzarain and Errasti 2016)	<i>Three Stage Maturity Model</i>	Modelo de processo de três estágios com uma escala de nível de maturidade de cinco níveis. Este modelo foi construído especificamente para que SMEs (pequenas e médias empresas) possam identificar novas oportunidades de negócio dentro do tema Indústria 4.0.
M2	(Schumacher, Erol, and Sihn 2016)	<i>Industry 4.0 Maturity Model</i>	Modelo com nove dimensões e com 62 itens atribuídos para avaliar a maturidade da Indústria 4.0. Utiliza a escala de Likert para determinar o nível de maturidade em cada dimensão. O modelo foi desenvolvido utilizando uma abordagem multi-metodológica, incluindo uma revisão sistemática da literatura, modelagem conceitual e métodos qualitativos e quantitativos para validação empírica. Esta validação ocorreu em uma empresa com, aproximadamente, 400 funcionários.
M3	(Tonelli et al. 2016)	<i>MVMM - Manufacturing Value Modeling Methodology</i>	Modelo é baseado em cinco etapas: Mapa de Valor, Modelo de Maturidade, Gap e Análise de Processo, Definição de Áreas de Validação e Melhoria. Este modelo não apenas determina o nível de maturidade como constrói um roteiro de intervenções que determina quais atividades precisam ser melhoradas. O modelo utiliza uma abordagem estruturada com o objetivo de divulgar os pontos fortes/fracos, metas, objetivos e perspectivas futuras do negócio. A metodologia relacionada tem como objetivo ter uma visão clara da empresa tanto a nível estratégico quanto operacional.
M4	(Jæger and Halse 2017)	<i>IoT Technological Maturity Model</i>	Modelo baseado em oito níveis de maturidade, onde o primeiro nível é considerado indústria 3.0 e o último nível indústria 4.0. O modelo foi aplicado em quatro grandes empresas onde três dessas empresas possuíam uma pontuação correspondente ao nível três, na escala de maturidade, enquanto uma das empresas atingiu o nível quatro em oito níveis.
M5	(De Carolis et al. 2017)	<i>DREAMY - Digital Readiness Assessment Maturity Model</i>	O modelo utiliza as dimensões cinco dimensões: <i>design</i> e engenharia, gerenciamento de produção, gerenciamento de qualidade, gerenciamento de manutenção e gerenciamento de logística para determinar a descrição normativa das práticas em cada área. Utiliza um método de pontuação para avaliação de maturidade, a fim de identificar as criticidades na implementação da transformação digital e posteriormente impulsionar a melhoria de todo o sistema.
M6	(Kravčik, Ullrich, and Igel 2017)	<i>ADAPTION - Migration to the Cyberphysical Production System</i>	O modelo inclui diretrizes de avaliação para as dimensões da tecnologia, organização e pessoas (T-O-P). Como o modelo não está pronto, não há informações detalhadas de como é feito a classificação, porém os autores descrevem o modelo como uma ferramenta que ajudará as empresas a migrarem para o Cyber Physical Production Systems, apoiando a conscientização e a reflexão nas empresas em seu status atual e objetivos relacionados à Indústria 4.0.

M7	(Leyh et al. 2017)	<i>SIMMI 4.0 - System Integration Maturity Model Industry 4.0</i>	Este modelo que utiliza quatro dimensões: Integração Vertical, Integração Horizontal, Desenvolvimento de Produtos Digitais e Cross-Sectional Technology Criteria. Para cada dimensão é atribuído uma classificação que, ao final, determina o nível de maturidade da organização. Este nível é dividido em cinco estágios: Basic Digitization Level, Cross-Departmental Digitization, Horizontal and Vertical Digitization, Full Digitization and Optimized Full Digitization.
M8	(Gökalp, Şener, and Eren 2017)	<i>Industry 4.0-MM</i>	Modelo que utiliza cinco dimensões: Asset Management, Data Governance, Application Management, Process Transformation, and Organizational Alignment. O modelo é conduzido utilizando um passo-a-passo com o qual é possível estabelecer um dos seis níveis de capacidade: Incomplete, Performed, Managed, Established, Predictable and Optimizing.

Fonte: SCHUMACHER et al. (2016), OLIVEIRA et al. (2018).

Os modelos de maturidade tabelados têm características em comum, todos utilizam dimensões como critérios e escalas para determinar os avanços rumo à Indústria 4.0. Segundo Oliveira (2018), pode-se identificar quatro iniciativas em comum dentro das premissas de cada modelo, são elas:

- Identificar chance de negócio: M1 promove a investigação de oportunidades para variabilidade de negócios dentro das áreas da Indústria 4.0. Possuindo três dimensões: *Vision, Roadmap e projects*. Já o nível de maturidade é categorizado em cinco níveis: *Initial, Managed, Defined, Transform e Detailed*.
- Definir quais tecnologias devem ser utilizadas: M4 e M6 tem como proposta promover a seleção das tecnologias a serem utilizadas. O modelo M4 é voltado para a Internet das coisas logo todos os seus esforços são focados na infraestrutura. O modelo M6 além da consideração da infraestrutura é levada em consideração os objetivos das empresas e o potencial de trabalho dos recursos humanos.
- Propor iniciativas para a organização dar entrada no novo modelo industrial: M3 e M5 não se limitam em apenas medir o nível de maturidade do conceito nas organizações, permitem a construção de um roteiro de intervenções que determina quais iniciativas devem ser melhoradas.

- Detectar o nível de maturidade da organização: O modelo M2, distribui 62 itens em nove dimensões, se mostrou útil à diferentes modelos de organizações, também, é o modelo com maior número de citações dentre os avaliados. O modelo M7, assim como o M2 é bastante citado, porem trabalha em 5 dimensões apenas.

Oliveira (2018) ainda observa que apenas o modelo M1 é voltado para pequenas e médias empresas (SMEs), e defende o desenvolvimento de um framework voltado para pequenas e médias empresas em países em desenvolvimento.

### 2.3.2 FRAMEWORK DE MATURIDADE PARA PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

O framework de maturidade para pequenas e médias empresas em países em desenvolvimento, foi desenvolvido por Oliveira (2018). Atualmente segue sendo um *framework* desenvolvido para a avaliar, a maturidade de indústrias em países em desenvolvimento em relação aos conceitos da Indústria 4.0. O autor propõe que o desenvolvimento do modelo de maturidade deve ser um processo iterativo de três etapas:

- Desenvolvimento de modelo;
- Aplicação de modelo;
- Validação de modelo.

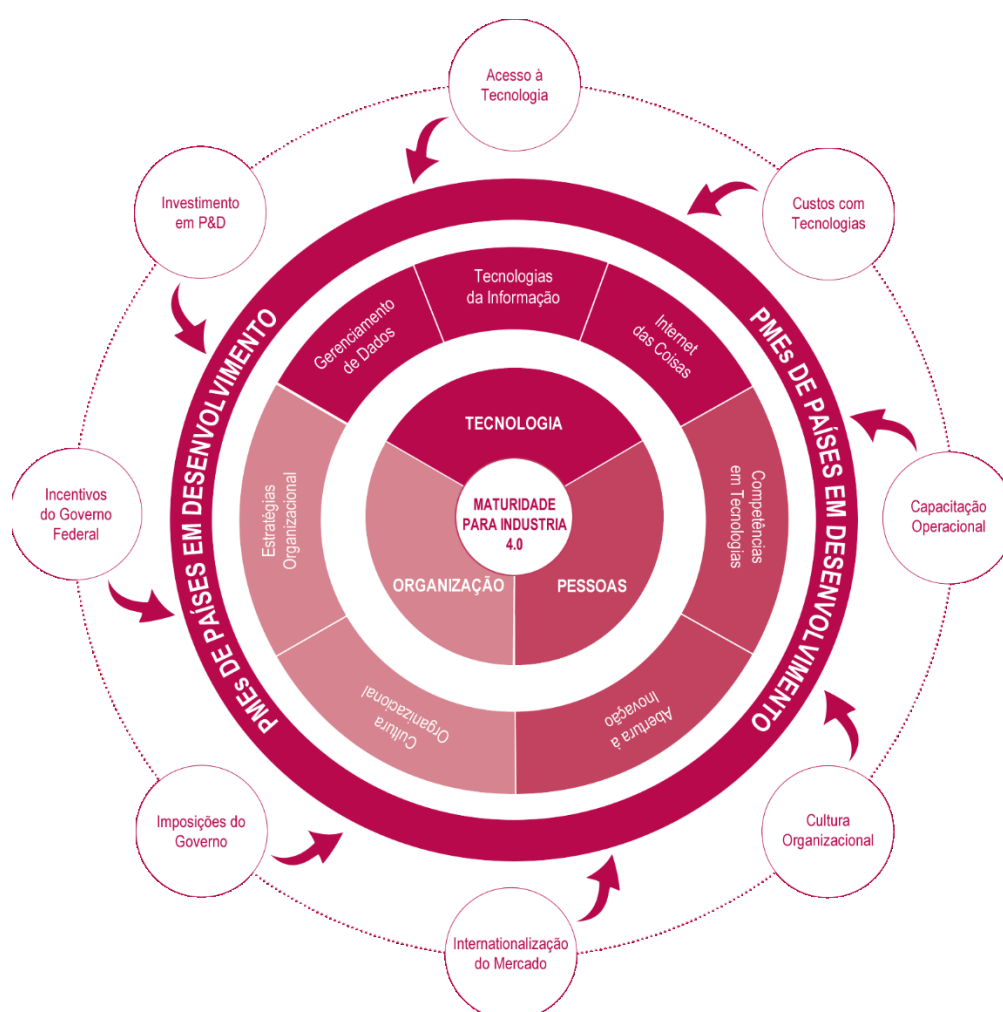
Os desafios da adaptação ao novo modelo industrial exige uma adaptação além dos ativos tecnológicos. Os processos organizacionais devem receber incentivos para a inovação. Logo pode-se notar que para uma empresa tornar-se digital é necessária uma evolução em múltiplas etapas, sendo necessárias mudanças tecnológicas e organizacionais (OLIVEIRA, 2018). Como consequencia das mudanças tecnológicas e organizacionais o autor defende que deve-se ocorrer uma evolução dos recursos humanos envolvidos. As evoluções trazem um cenário de maior complexidade e conseqüentemente, exigem maior qualificação e variabilidade de perfis. É fundamental, para o autor, permitir acesso dos recursos humanos a *workshops* e seminários o que facilitará a adaptação dos novos métodos e tecnologias de trabalho.

Tendo em vistas as argumentações anteriores, como para agrupar as dimensões para o modelo de maturidade considera-se os seguintes aspectos (OLIVEIRA, 2018):

- Tecnologia;
- Organização;
- Pessoas.

Como é melhor exposto na Quadro 2:

**Figura 2 - Framework conceitual proposto**



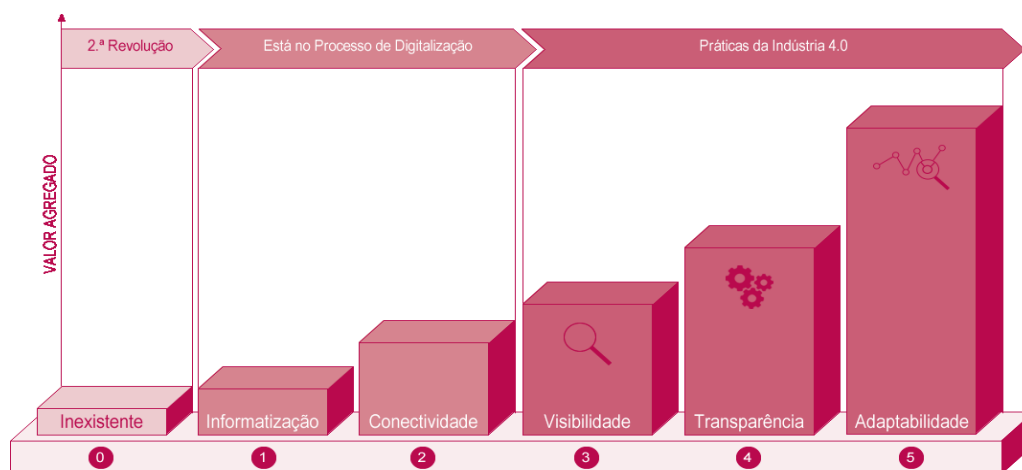
**Fonte: OLIVEIRA et al. (2018).**

Posteriormente Oliveira (2018) define as dimensões que compõem cada um dos aspectos. Para definir as dimensões da “Tecnologia”, o autor considerou o conjunto de tecnologias, ferramentas, métodos e práticas, que possibilitam a manufatura uma maior capacidade dentro do conceito da Indústria 4.0.

Ainda o autor defende que as condições extremas dos cenários nos quais as organizações estão inseridas sofrem influências externas, são elas:

- Acesso à tecnologia;
- Custos em tecnologia;
- Capacitação operacional;
- Imposições do governo;
- Incentivos do governo;
- Internacionalização do mercado;
- Investimento em P&D.

**Figura 3 - Níveis de maturidade para a Indústria 4.0**



Fonte: OLIVEIRA et al. (2018).

Na conclusão da elaboração do modelo Oliveira (2018), pontuou que a indústria nacional ainda se encontra em grande parte na mudança da segunda revolução para a terceira revolução. Assim nivelou os níveis de maturidade de acordo com a Figura 3. Tais níveis são detalhados na metodologia, por ser essa a abordagem escolhida para esse trabalho, em virtude de se tratar de uma investigação que considerou o contexto de países em desenvolvimento.

### 3 METODOLOGIA

Tendo em vista as informações coletadas na revisão bibliográfica, este capítulo tem como objetivo solucionar a problemática proposta. Através de uma ferramenta de análise de conteúdo, será avaliada a maturidade de uma organização multinacional do ramo de produção de componentes eletrônicos e elétricos.

O ranqueamento dos critérios propostos pelo *framework* para avaliação de maturidade para organizações situadas em países em desenvolvimento, vai possibilitar aos decisores uma maior transparência durante o processo de priorização das iniciativas organizacionais rumo ao novo modelo industrial.

O desenvolvimento do projeto foi idealizado em quatro fases: Revisão de bibliográfica e análise do *framework* conceitual, definição do método de obtenção de dados e de análise, obtenção de dados e análise de conteúdo considerando aspectos dimensões e critérios do *framework* estudado. A Figura 3 ilustra as fases do projeto:

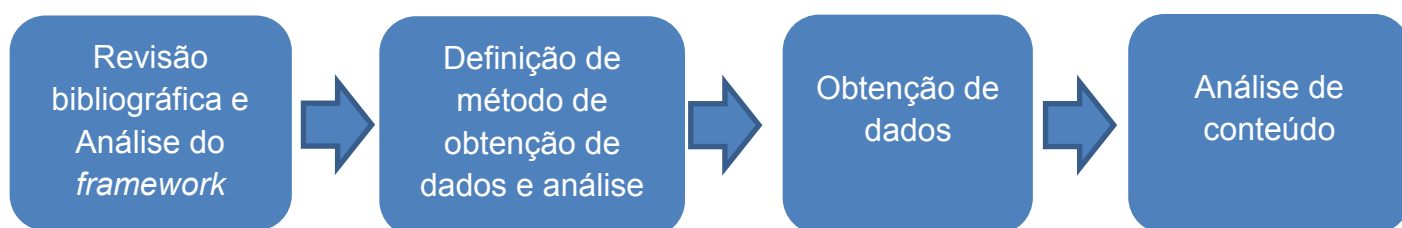


Figura 4 - Etapas da pesquisa  
Fonte: Autoria própria

#### 3.1 *FRAMEWORK* ADOTADO PARA AVALIAÇÃO DA MATURIDADE PARA INDÚSTRIA 4.0

Primeiramente foi feita uma revisão bibliográfica dos principais tópicos a serem trabalhados, buscando criar uma base conceitual para a resolução do problema. Em sequência, considerando a grande complexidade do cenário do ambiente para indústria nos países em desenvolvimento se fez necessário estudar um modelo de avaliação de maturidade adaptado a este cenário. Oliveira (2018) defende em seu estudo que a adequação das organizações ao novo modelo industrial não é apenas uma transição tecnológica, mas sim, uma evolução através de múltiplas

etapas, etapas de mudança tecnológica e organizacional. Assim, tem-se os dois primeiros aspectos a serem avaliados: tecnologia e organização. Considerando o aumento da complexidade das relações dentro da organização o autor referenciado aponta a necessidade de os colaboradores se capacitarem e buscarem competências para atender as demandas futuras, assim temos o terceiro aspecto a ser avaliado: Pessoas.

### 3.1.1 DIMENSÕES DO MODELO DE MATURIDADE

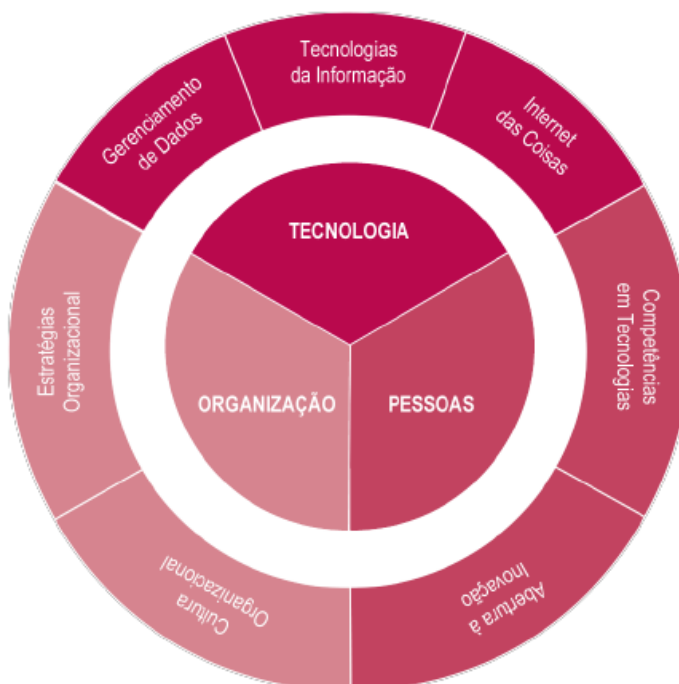
O próximo passo realizado por Oliveira (2018) foi partir os aspectos em dimensões. Ele reforça que os impactos da indústria 4.0 afetam os processos organizacionais e as relações essenciais entre as pessoas inseridas no cenário.

O conjunto de dimensões aderentes ao aspecto tecnologia foi composto considerando-se conjuntos de tecnologias, métodos e ferramentas que ajudam as organizações a evoluir rumo ao novo modelo industrial, são elas: Tecnologias da informação; Gerenciamento de dados; Internet das coisas.

Quando relacionado a organização as “Dimensões” observadas foram: Estratégias organizacionais; Cultura organizacional. Visando observar o quanto as estratégias das organizações estão alinhadas com os conceitos da manufatura avançada e o quanto a organização gere os conhecimentos adquiridos para potencializar seus ganhos em toda a cadeia produtiva.

Por fim, para o aspecto de “Pessoas” foram definidas dimensões visando avaliar o quanto os recursos humanos das organizações estão abertos e capacitados para evoluir rumo a “Indústria 4.0”. As dimensões distribuídas em seus respectivos critérios são representadas na Figura 5.

**Figura 5 – Aspectos e dimensões para avaliação de maturidade no conceito da Indústria 4.0**



Fonte: OLIVEIRA et al. (2018).

Ainda, visando detalhar a avaliação, Oliveira et al (2018) propuseram desdobrar as dimensões em variados critérios apresentados nos quadros 2 a 8.

Dimensões	Critérios
Tecnologia da informação	O uso de ferramentas informatizadas no processo de manufatura
	Utilização de ferramentas de simulação
	Presença de robôs na linha de produção para automatização de trabalhos
	Utilização de recursos de computação em nuvem (Cloud computing)
	Ambiente com conectividade e integração entre os sistemas (ERP, MSE etc.)
	Implementação de mecanismos de segurança para Indústria 4.0
Gerenciamento de dados	Utilização da computação em nuvem para armazenamento de dados
	Uso de ferramentas para análise de dados



Internet das coisas	Utilização de sensores no processo produtivo
	Conectividade dos sensores ou máquinas
Estratégia organizacional	Uso de ferramentas que permite adaptação do modelo de negócio
	Considera o parâmetro “Indústria 4.0” no planejamento estratégico
	Tem por prática o investimento em inovação tecnológica
Cultura organizacional	Existem práticas de Gestão do Conhecimento dentro da organização
	Existe a cultura do aprendizado baseado em dados
	Utilização de programa de aperfeiçoamento pessoal
	Existe a cultura de mudança difundida na organização
Abertura a inovação	Existe abertura dos funcionários às novas tecnologias e inovações tecnológicas
	A característica de disposição a mudanças pode ser identificada nos funcionários
Competência tecnológica	Os funcionários possuem competências para as tecnologias envolvidas com a Indústria 4.0
	Existe o esforço individual para capacitação pessoal

**Quadro 2 – Critérios observados nas dimensões**

### 3.1.2 INFLUÊNCIAS EXTERNAS

Tendo em vista a grande diversidade das relações do setor industrial frente ao cenário global o autor defende que existem fatores externos que impactam diretamente nas dimensões dentro de um país em desenvolvimento. Oliveira aponta que “Acesso à Tecnologia”, “Custos com Tecnologia” e “Capacidade operacional” como fatores limitantes das indústrias brasileiras quando comparado com indústrias localizadas em países desenvolvidos. Também agrupa influências aderentes a capacidade social dentro do fator “Cultura Organizacional”, São eles: Nível educacional; Instituições políticas, comerciais, industriais e financeiras.

Oliveira 2018 considera também “Imposições do Governo”, “Incentivos do Governo” e “Internacionalização do Mercado” pela forte influência dos fatores econômicos na competitividade global das organizações.

Por fim, Oliveira defende “Investimento em P&D” como um fator de influência externa às dimensões da organização, considerando que nos países em desenvolvimento poucas empresas investem em P&D ao contrário das empresas alocadas em países em desenvolvidos.

### 3.1.3 NÍVEIS DE MATURIDADE

Para a definição dos níveis de maturidade Oliveira (2018) realizou um painel com especialistas. Tendo em vista que a indústria nacional em grande parte se encontra na transição entre a indústria 2.0 e 3.0, optou-se por adaptar os níveis de maturidade do modelo ACATECH apresentado por Schuh et al. (2017). Oliveira (2018) defende que conforme a organização avança dentro dos níveis de maturidade, agrega-se valor a toda cadeia produtiva. Os níveis de maturidade são cinco (Figura 3):

- Nível 0 – Inexistente: As práticas de aspecto básico são parcialmente alcançadas ou ainda não há implementação. A organização apenas se concentra nas operações fundamentais, tais como: análise de requisitos, aquisição, produção e vendas;
- Nível 1 – Informatização: Neste nível, diferentes tecnologias de informação são usadas isoladamente umas das outras dentro da empresa. A informatização já está bem avançada na maioria das empresas e é usada principalmente para executar tarefas repetitivas com mais eficiência. No entanto, ainda é possível encontrar muitas máquinas sem uma interface digital;
- Nível 2 – Conectividade: : No estágio de conectividade, a implantação isolada de tecnologia da informação é substituída por componentes conectados. Os aplicativos de negócios amplamente usados estão todos conectados entre si e refletem os principais processos de negócios da empresa. Conectividade significa que, uma vez que um projeto tenha sido criado na engenharia, seus dados podem ser enviados para

produção, de modo que as etapas de produção possam ser executadas de acordo com os pré-determinados pela engenharia. Após a conclusão da etapa de fabricação, a confirmação pode ser fornecida automaticamente e em tempo real para um sistema de produção, por exemplo;

- Nível 3 – Visibilidade: Os sensores permitem que os processos sejam capturados do início ao fim com um grande número de pontos de dados. Isto significa que se tem dados em tempo real de toda a empresa e não apenas em áreas individuais como células de fabricação, como era o caso anteriormente. É este nível que se tem as primeiras visões dos benefícios da Indústria 4.0 dentro da organização;
- Nível 4 – Transparência: A empresa que estiver neste nível já passou da etapa de simplesmente vislumbrar os benefícios da Indústria 4.0. Neste nível a empresa começa entender que algo está acontecendo e usa esse entendimento para produzir conhecimento por meio de análises de causa raiz (SCHUH et al., 2017). Neste nível que se começa a utilizar novas tecnologias que permitem a análise de dados heterogêneos para que sejam processados e combinados. Como regra, os aplicativos deste tipo são implantados em paralelo aos sistemas de aplicativos comerciais, como sistemas ERP ou *Manufacturing Execution Systems* (MES).
- Nível 5 – Adaptabilidade: Neste nível, a empresa é capaz de simular diferentes cenários futuros e identificar os mais prováveis. Com isto, são capazes de antecipar desenvolvimentos futuros para que possam tomar decisões e implementar as medidas apropriadas em tempo hábil (SCHUH et al., 2017). As empresas que estão neste nível conseguem ter uma adaptação contínua a qual lhe permite que sejam delegadas determinadas decisões aos sistemas de TI para que ela possa se adaptar a um ambiente de negócios em mudança o mais rápido possível. Como exemplo pode se considerar a alteração da sequência de ordens de produção planejadas devido a falhas esperadas na máquina ou para evitar atrasos na entrega.

### 3.2.4 MODELO DE MATURIDADE I4.0PME

Oliveira (2018) nomeia o *framework* de avaliação maturidade no conceito da Indústria 4.0 em países em desenvolvimento como “I4.0PME”. Conforme ilustrado na Figura 2 ele apresenta centralizados os aspectos e suas respectivas dimensões já mencionadas. Na parte mais externa apresenta os fatores de externos que impactam nas organizações sediadas em países que passam pelo processo de desenvolvimento. Após a etapa de avaliação do *Framework* se fez necessário selecionar um método de análise.

### 3.2 SELEÇÃO DO MÉTODO DE OBTENÇÃO DE DADOS E DE ANÁLISE

Para a realização de uma investigação robusta e efetiva, se fez necessária a definição do método de obtenção de dados e posteriormente a definição do método de análise dos dados. A observação participante possibilita enquanto método de investigação obter uma perspectiva abrangente sobre os tópicos a serem inspecionados, porém os investigadores não devem focar apenas neste tipo de observação (Mónico et al. 2017). Segundo Mónico 2017, a integração dois ou mais métodos de obtenção de dados possibilita um entendimento da problemática em análise sobre não apenas uma perspectiva, gerando maior confiabilidade das informações.

Sendo assim foram definidos dois métodos de obtenção de dados para avaliação da maturidade da organização multinacional brasileira. O primeiro, uma observação participativa, situação na qual o analista se torna agente de captação de informações através da imersão no cenário inspecionado.

O segundo, aplicação de um questionário semiestruturado a um influenciador do cenário a ser inspecionado. O indivíduo entrevistado necessariamente terá conhecimento sobre todos os aspectos e dimensões definidos no *framework* em questão. Devido à grande complexidade do cenário frente aos métodos convencionais de avaliação de informações, se faz necessário o uso de uma ferramenta capaz de abstrair resultado de maneira efetiva.

Bardin (2011) defende a análise de conteúdo como um método que se ocupa de descrição objetiva sistemática e quantitativa do conteúdo extraído das respectivas interpretações. Sendo assim a transcrição da entrevista semiestruturada será submetida a uma análise de conteúdo e posteriormente adicionada as inferências destacadas pelo analista investigador.

### 3.3 APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO SEMI ESTRUTURADO

Foi aplicado questionário a um colaborador estrategicamente selecionado por sua atuação relativa à Indústria 4.0 na empresa estudada. O cargo deste colaborador o coloca em contato com todas as dimensões contempladas pelo *framework* estudado. Atualmente ele ocupa a função de coordenador técnico da iniciativa de adequação da organização aos conceitos do novo modelo industrial da Indústria 4.0. Bardin (2011) classifica entrevistas como um método de investigação específico, podendo ser ele diretivo ou não diretivo. O presente trabalho utiliza do método de entrevista semiestruturada. Segundo Duarte (2004) entrevistas semiestruturadas fornecem material empírico rico e denso para se tornar uma fonte de investigação, porém, demanda preparo teórico e competência técnica por parte dos pesquisadores.

Duarte (2004) pontua exigências para realização de uma entrevista válida:

- (1) Objetivos de pesquisas bem definidos;
- (2) Conhecimento com certa profundidade do contexto do ambiente investigado;
- (3) Engajamento pelo entrevistador;
- (4) Segurança e autoconfiança do entrevistador;
- (5) Executar com certo nível de informalidade sem perder de vistas os objetivos da investigação.

Tendo em vista a fundamentação de Duarte (2004), preparou-se uma entrevista não diretiva, com objetivo de avaliar a maturidade da organização dentro das dimensões definidas por Oliveira (2018), assim é considerado o tópico 1 atendido. Pode-se considerar o tópico 2, 4 e 5 atendidos, o entrevistador e os entrevistados

trabalham no contexto investigado a aproximadamente sete meses. O tópico 3 foi atendido com a realização de uma preparação prévia antes da realização da entrevista oficial.

A entrevista foi estruturada em fases. Inicialmente objetivou-se obter informações sobre o entrevistado, na sequência informações sobre processo de implantação do novo modelo industrial na organização, em uma terceira encaminhar o diálogo para todas as dimensões e aspectos do *framework*.

### 3.4 ANÁLISE DE CONTEÚDO

Na quarta etapa do trabalho foi aplicado o método de análise de conteúdo definido por Bardin (2011), estruturado em quatro etapas:

- Pré-análise: Onde o material foi organizado para compor o *corpus* da pesquisa. Além da transcrição da entrevista semiestruturada como fonte de inspeção temos a formulação das hipóteses ligadas aos níveis de maturidades propostos a serem avaliados;
- Exploração de material: Onde o material bruto foi tratado e transformado em unidades de análise ligadas às dimensões e aspectos do *framework*;
- Inferência: Fase onde foi realizada a dedução lógica dos aspectos a serem inspecionados conectados ao contexto geral da organização;
- Interpretação: Fase onde o nível de maturidade é definido de forma sistemática tendo como base as inferências.

Os resultados dos 4 passos serão somados as inferências e interpretações sintetizadas pelo agente integrado ao cenário avaliado. O agente trabalhará na iniciativa de adequação da organização rumo aos conceitos da manufatura avançada durante cinco meses, tendo oportunidade de realizar uma pesquisa interativa. A avaliação dos critérios definidos pelo *framework* é facilitada através da imersão no cenário da organização.

Dessa forma é possível ter a visão prática de como os colaboradores se comportam frente as mudanças do novo cenário industrial, como a organização planeja toda essa implantação e como acontece a evolução das tecnologias rumo ao

novo conceito. Para isso os critérios serão sistematicamente avaliados durante o período de trabalho na organização. Tal avaliação ocorreu durante 5 meses em contato com especialistas em sensoriamento de chão de fábrica, inteligência artificial, manufatura aditiva e robótica avançada.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 UNIDADE DE PESQUISA

A organização estudada trata-se de um multinacional brasileira situada na região sul do Brasil. Tem como produtos principais motores elétricos industriais. Está contida em um dos maiores grupos de fabricantes de equipamentos elétricos do mundo, atuante em áreas como geração e distribuição de energia, comando e proteção, variação de velocidade, automação de processos, tintas e vernizes industriais e veiculares, negócios digitais voltado a manufatura avançada entre outros produtos.

Com mais de 50 anos de história é considerada uma das maiores multinacionais brasileiras e aposta na estrutura organizacional verticalizada como potencial competitivo. A organização controla praticamente todas as etapas do processo produtivo, desde o plantio da madeira das suas embalagens, fundição de suas carcaças até a produção da sua tinta de acabamento de motores e alimentação de seus colaboradores. A cultura do controle dos processos de manufatura, naturalmente é estendida para todos os departamentos da organização. Sendo assim o desenvolvimento de tecnologias se torna vital para garantir a robustez de toda a estrutura organizacional e conseqüentemente a manutenção da competitividade de seus produtos. Tais características a tornam um grande laboratório potencial para estudar a implantação dos conceitos do novo modelo industrial.

### 4.2 INFORMAÇÕES DO ENTREVISTADO

O entrevistado selecionado é engenheiro mecânico, atualmente atua na função de coordenador técnico da iniciativa de adequações da organização aos conceitos da indústria 4.0. Iniciou sua trajetória profissional em 2001 na Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC auxiliando em pesquisas de mestrado e doutorado na área de usinagem. Em 2005 teve a oportunidade de trabalhar em um instituto de pesquisa na Alemanha.

Trabalha na organização desde 2007, atuando sempre na área de engenharia de processos. Atuou em várias seções dentro do departamento de engenharia de processos como: Usinagem, Montagem e bobinagem; Melhoria



contínua; Desenvolvimento de processos para novos produtos e Projetos industriais. Durante a conversa foi perceptível o vasto conhecimento do entrevistado em todas dimensões da organização.

### 4.3 IMPLANTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

Um dos grandes desafios identificados para o ramo de negócios da organização é a concorrência de países asiáticos como China, Tailândia e Índia. Atualmente esses países possuem preços competitivos e produtos de boa qualidade. A organização possui uma grande participação no mercado *marketshare* nacional, porém, no mercado internacional, principalmente no asiático possui uma pequena parcela, principalmente pela valorização que os produtos nacionais têm para os empresários locais.

Outro dos grandes desafios identificados é a crescente demanda de produtos individualizados pelo cliente, com soluções customizadas em um curtíssimo prazo de entrega. Os clientes não querem mais aguardar um período de desenvolvimento de novas soluções. O mercado busca algo modular que possa ser combinado para atender aos requisitos especificados, neste cenário entra o desafio de flexibilizar a produção para atingir um nível competitivo e atender ao mercado.

O conceito da nova revolução industrial vem para contribuir para a superação destes desafios. Dentro da organização é possível identificar que a evolução rumo a manufatura avançada vem auxiliando na diminuição do tempo de resposta aos problemas gerados também pela grande flexibilização dos processos de manufatura. É evidenciado que com a informação da causa dos problemas a tomada de decisão é acelerada para diminuição de perdas em geral.

Para alcançar uma evolução rumo a indústria 4.0 a organização tem uma estratégia bem definida. Trata-se de duas frentes de trabalhos integradas através de um conselho, o qual é liderado por um gestor da área de P&T e tem como decisores gestores da área de engenharia de processos, engenharia de produto e departamento de qualidade.

Uma das frentes olha para o cliente externo, busca no mercado as necessidades para desenvolvimento de novos produtos, dentro do mercado de motores elétricos os clientes buscam principalmente solução de conectividade, a acompanhamento em tempo real de *status* dos componentes, buscam também

interagir com o produto em *dashboards* interativos, buscando evitar paradas de máquinas e prever necessidade de manutenções.

A segunda frente, não menos importante trata da aplicação dos conceitos da indústria 4.0 nos processos internos. Tendo em vista que a organização é extremamente verticalizada e possui uma grande robustez no controle dos processos produtivos. O desenvolvimento tecnológico interno é primordial para a garantia do potencial competitivo no mercado.

A organização acredita estar na fase de informatização dos processos. Por esse motivo define como estratégia estudar e atualizar as tecnologias ligadas aos processos, visando deixar o mais transparente possível, implementando o sensoriamento, descobrindo o que de fato é importante em cada fase dos processos, para posteriormente pensar em como interligar isso para tomada de decisão.

Tal concepção de maturidade parte apenas da experiência do agente entrevistado, a organização não aplicou nenhum tipo de método de avaliação de maturidade tecnológica para avaliar o estágio de desenvolvimento de seus processos.

#### 4.4 AVALIAÇÃO DE MATURIDADE

Nesta seção será apresentada a avaliação da maturidade da organização em cada um dos aspectos considerando suas respectivas dimensões e critérios.

##### 4.4.1 TECNOLOGIA

###### 4.4.1.1 TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO

Dentro da dimensão “Tecnologia da Informação” foi avaliada a infraestrutura de comunicação da organização. Uso de ferramentas informatizadas no processo de manufatura; Utilização de ferramentas de simulação; Utilização de recursos de computação em nuvem; ambiente de conectividade e integração entre os sistemas; Implementação de mecanismos de segurança para indústria 4.0.

A infraestrutura de comunicação da organização é bastante informatizada, o armazenamento das informações se dá através de servidores físicos distribuídos em pontos estratégicos, porém já existe certo volume de dados armazenados em nuvem.

Possui muitas ferramentas para transmissão de informações entre departamentos, tais ferramentas possuem ampla utilização por parte dos colaboradores. Existe grande volume de dados compartilhados entre os departamentos através do sistema de ERP (Enterprise Resource Planning). O sistema permite um acompanhamento em tempo real dos processos, por exemplo, a engenharia encaminha um desenvolvimento com necessidade de avaliação para a operação subsequente, o responsável acessa o processo no sistema e faz a liberação para a produção, todas as informações necessárias para a produção estão integradas no sistema. Em contra partida a conectividade que existe entre os clientes internos não é replicada para os clientes externos.

Quando se trata do assunto segurança da informação a organização possui um setor dedicado. Dentro da rede integrada é possível instalar um software depois da avaliação e aprovação de colaboradores deste setor, porém principalmente a segurança da informação se dá através da cultura organizacional e do treinamento dos colaboradores. Com as novas demandas existe novos softwares de segurança em desenvolvimento.

Para alimentar todo o sistema de informação existe um grande número de ferramentas de simulação difundidos na organização, por exemplo: *Software* de simulação de fluxo de processos (logística, layout); *Software* de simulação de postos de trabalho (segurança e ergonomia); *Software* de simulação de células robotizadas; *Software* de simulação de transferência de calor, elementos finitos (fundição, injeção, estampagem).

Sendo assim pode-se dizer que a organização alcança um nível de visibilidade para a dimensão tecnologia da informação, tendo um alto nível de informatização dos processos de manufatura, ampla utilização de ferramentas de simulação, utilização de computação em nuvem, alto grau de integração vertical (entre setores e produção) e parcial nível de integração horizontal, integração esta difundida apenas para clientes interno e ausente para clientes externos, por fim os mecanismos de segurança para a indústria 4.0 estão em desenvolvimento.

#### 4.4.1.2 GERENCIAMENTO DE DADOS

A dimensão “Gerenciamento de dados” busca avaliar a utilização da computação em nuvem para armazenamento de informações e até que nível a

organização faz uso de ferramentas para análise dos dados armazenados. O uso de ferramentas para tomada de decisão está em fase piloto. Existe o piloto de gestão da cadeia de produção de um produto, o sistema teria como saída a melhor configuração de toda a cadeia produtiva. Além disso o analista esteve envolvido em um projeto de ferramenta de auxílio a tomada de decisão que utilizava de análise multicritério para priorização de projetos de capacitação dentro de robótica avançada.

Sendo assim considera-se que a dimensão de “Gerenciamento de dados” encontra-se no nível de maturidade “Informatização”, pois as tecnologias estão sendo utilizadas isoladamente dentro da empresa.

#### 4.4.1.3 INTERNET DAS COISAS

A utilização de sensores no processo produtivo e a conectividade destes sensores ou entre as máquinas são critérios a serem avaliados na dimensão de internet das coisas. O sensoriamento do chão de fábrica está bem difundido na organização. Existe uma solução própria de coleta de dados, uma solução de hardware e software integrado em 350 máquinas. O sistema faz a coleta dos problemas apresentados pelas máquinas e gera gráficos de eficiência global de equipamentos, tal funcionalidade permite tomar decisões de forma sistemática. O projeto está em fase expansão do sensoriamento para outros parques fabris e dentro da matriz está em processo de desenvolvimento da conexão entre os sensores.

Logo, pode-se considerar que a organização faz uso de sensores no processo produtivo, mas ainda está em fase de desenvolvimento do sistema integrado entre máquinas e sensores. Senso assim, pode-se considerar que este sensoriamento permite um certo nível de visibilidade para tomada de decisão, porém não em toda a empresa, desta forma considera-se um “Nível 2” de maturidade para a dimensão “Internet das coisas”.

## 4.4.2 ORGANIZAÇÃO

### 4.4.2.1 ESTRATÉGIAS ORGANIZACIONAIS

A dimensão “Estratégias Organizacionais” tem como principal objetivo avaliar o quanto as estratégias estão alinhadas com os conceitos da indústria 4.0, abordando critérios como uso de ferramentas que permitem adaptação do modelo de negócio, consideração do tópico evolução rumo ao novo conceito industrial no planejamento estratégico da organização e praticar investimento em inovações para evoluir rumo a este novo conceito.

Um dos diferenciais da organização é permitir uma grande individualização do produto visando atender com exatidão as necessidades das aplicações dos clientes. O cliente pode customizar quase que totalmente o produto, tal flexibilidade se dá principalmente por estratégias organizacionais definidas. A primeira delas é a definição de um departamento nomeado “Engenharia de aplicações” responsável por avaliar as demandas de produtos customizados informados pelo setor de vendas e apresentar uma solução otimizada. A segunda é a presença da seção de “Desenvolvimento de novos produtos”. Para permitir a produção de produtos individualizados é necessária uma grande flexibilidade de processos, por este motivo o setor é responsável por avaliar quais são as adequações necessárias para atendimento dos requisitos dos produtos pelos processos, este setor está ligado com toda a cadeia produtiva da organização e garante que o produto será precificado de acordo com os custos de produção.

Levando em consideração o critério “Investimento em inovação”, evidencia-se que a organização sempre buscou investir em inovação, principalmente dado o alto nível de verticalização da cadeia. Porém recentemente desenvolveu uma equipe multidisciplinar composta por colaboradores da engenharia de processos, pesquisa e inovação tecnológica e engenharia de desenvolvimento de produtos dedicados exclusivamente em buscar adequar a organização aos conceitos da manufatura avançada.

Tendo tudo isto em vista pode-se evidenciar um alto nível de alinhamento das estratégias organizacionais com critérios de avaliação para maturidade no conceito da indústria 4.0, por este motivo para esta dimensão será considerado o “Nível 4” de maturidade.

#### 4.4.2.2 CULTURA ORGANIZACIONAL

Considerando a cultura organizacional como o principal agente do processo de transformação de recursos em resultados, avalia-se se existem práticas de gestão do conhecimento dentro da organização, se existe o aprendizado baseado em dados, existe a utilização de programas de aperfeiçoamento pessoal, se existe a cultura da mudança na organização.

A cultura da mudança está inserida na organização de diversas maneiras, desde a missão que defende o crescimento sem deixar de lado a simplicidade, até o sistema de gestão que tem como principal propósito a melhoria contínua.

O sistema de gestão defende rigidamente o mapeamento e avaliação das lições aprendidas no passado antes da realização de um novo projeto, por exemplo para capacitar uma área produtiva com um equipamento desenvolvido internamente, é necessário anexar um documento com registro de problemas, justificativas e possíveis soluções integradas desenvolvidas em conjunto pelos departamentos envolvidos.

O aperfeiçoamento pessoal é mapeado por sistema de RH, é utilizada ferramenta do gráfico de radar, os colaboradores têm seus treinamentos e as competências registradas para ocupação de determinadas vagas. Existem programas de treinamentos EAD, e programas de especialização ministrados no centro de formação técnica da empresa. Com isso pode-se concluir que a dimensão “Cultura Organizacional” ocupa o “Nível 4” do *framework* de avaliação de maturidade.

#### 4.4.3 PESSOAS

##### 4.4.3.1 ABERTURA PARA INOVAÇÃO E COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA

A dimensão “Abertura para inovação” tem como objetivo perceber o quanto os agentes inseridos no cenário tecnológico estão abertos às mudanças impostas pela Indústria 4.0. Os critérios observados foram “Abertura dos colaboradores para novas tecnologias” e “Disposição para Mudanças”.

A dimensão competência tecnológica tem como objetivo inspecionar o conhecimento dos agentes inseridos no ambiente sobre as tecnologias aderentes aos

aspectos. Os critérios “Habilidades dos colaboradores para a Indústria 4.0” e “Competência em Tecnologias”.

Foi evidenciado na organização uma grande disposição dos colaboradores para alcançar os conceitos da Indústria 4.0, a aceitação pode ser vista em vários níveis da cadeia hierárquica organizacional, desde a parte operacional até a alta gestão. A organização está começando a treinar pessoas para se tornarem especialista nas tecnologias aderentes a manufatura avançada.

Sendo assim a primeira pelo grande nível de interesse em se capacitar pode-se considerar como “Nível 4” enquanto a segunda pela falta de conhecimento sobre as tecnologias aderentes considera-se “Nível 2”.

#### 4.4.4 FATORES EXTERNOS

Por fim avalia-se a interferência dos fatores externos no desenvolvimento da organização para alcançar a Indústria 4.0. De fato, a organização tem parcela do seu mercado em países em desenvolvimento, mas possui uma estrutura realmente muito robusta, sendo assim não tem problemas para acesso a tecnologias ou custos da tecnologia. Não sofre com imposições do governo e não depende de incentivos do governo para buscar tecnologia. A organização também já possui um departamento de pesquisa e desenvolvimento bem estruturado sendo assim não considera impactado por este fator.

De fato, a internacionalização do mercado e falta de capacitação operacional dos colaboradores podem interferir no desenvolvimento da Indústria 4.0 na empresa estudada, porém a alta maturidade organizacional pode sobrepor facilmente estes fatores.

#### 4.5 DISCUSSÃO

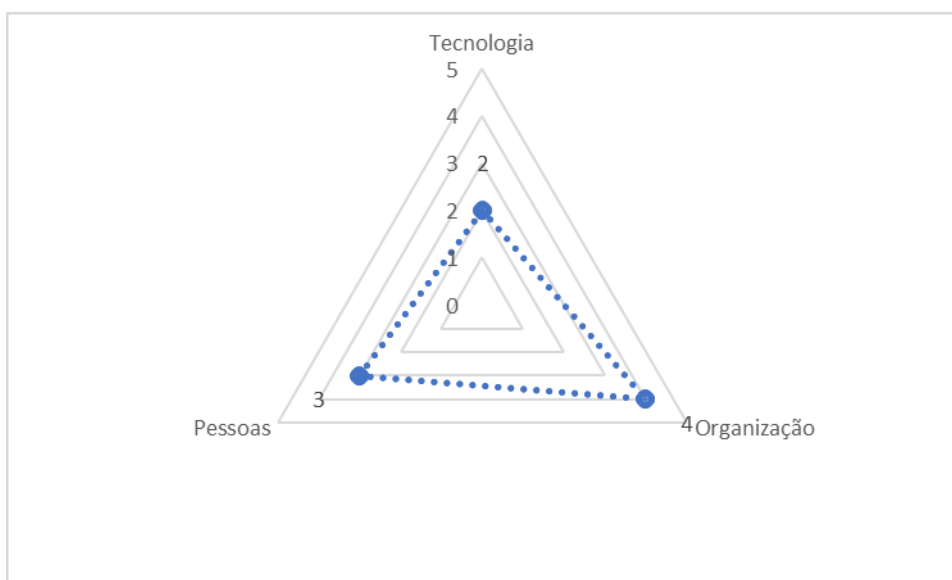
Em resumo com a aplicação dos métodos de análise de conteúdo e análise participativa fundamentados pelos critérios, definido pelo *framework* de avaliação de maturidade de organização em países em desenvolvimento possibilitou uma avaliação sistemática sobre o estágio de desenvolvimento frente aos aspectos organizacionais.

Para melhor entender os resultados criaram-se gráficos apresentados nas figuras 6 e 7.



**Figura 6 – Níveis de maturidade por dimensão**

O através do gráfico de radar apresentado na Figura 6 pode-se observar visualmente que as dimensões aderentes ao aspecto “Organização” alcançam um nível mais elevado de maturidade frente as outras. Isso se dá também como consequência do alto nível de maturidade da dimensão “Abertura para inovação”. Tendo colaboradores abertos a novas ideias e gestores conscientes da necessidade de adequar-se ao novo modelo industrial para se manter competitivo. Respaldados pela cultura organizacional, as estratégias tendem a interceder por uma evolução.





### **Figura 7 – Níveis de maturidade por aspectos**

Tecnologia é desenvolvida por pessoas inseridas em um ambiente organizacional sólido e estruturado. Apesar do baixo apontamento do nível de maturidade no aspecto tecnológico, durante análise pode-se evidenciar uma variedade de novas tecnologias em fase de projetos pilotos e estudos de desenvolvimento. Para garantir a evolução tecnológica a organização deve investir na capacitação de seus colaboradores principalmente nas tecnologias aderentes a gerenciamento de dados, mas especificamente em tomada de decisão baseada em dados, tendo em vista que já possui ferramentas internas para sensoriamento de informações. Apenas após uma estrutura tecnológica bem fundamentada pelo sensoriamento e pela capacidade de usar as informações coletadas a organização deve imergir no universo da conectividade entre máquinas.

Conclui-se que a organização estudada se encontra no nível 3 de maturidade para os conceitos da Indústria 4.0, tendendo a dar um salto de maturidade reflexo de definições de estratégias focadas, cultura organizacional propícias ao desenvolvimento e colaboradores engajados.

## 5 CONCLUSÕES

A presente monografia teve como objetivo avaliar através de *framework* o nível de maturidade que uma indústria multinacional brasileira se encontra em relação as características da Indústria 4.0 e priorizar indicadores que visem a evolução rumo ao desenvolvimento no conceito. A avaliação de maturidade foi precedida por uma revisão bibliográfica buscando criar uma base conceitual para o estudo. Primeiramente foi estudada a evolução histórica da indústria, abordando relações entre as alterações dos padrões de consumo da sociedade com as revoluções tecnológicas. Em sequência foram revisadas tecnologias aderentes ao conceito da Indústria 4.0 como “*Big Data*”, “Internet das Coisas” e “Sistemas Cyber-físicos. Concluindo a revisão, foi detalhadamente estudado o *framework* de avaliação de maturidade para indústria 4.0 em países em desenvolvimento.

Para coleta de informações de análise, um colaborador estrategicamente escolhido foi submetido a uma entrevista semiestruturada, as entrevistas semiestruturadas fornecem material rico para se tornar uma fonte de investigação. Também como ferramenta de coleta de informações o estudo utilizou uma pesquisa interativa, o analista inserido no cenário da organização permitiu uma visão prática e dinâmica da empresa.

Por fim as informações coletadas por meio de entrevista foram processadas por análise de conteúdo, a ferramenta de análise de conteúdo permitiu uma exploração sistemática do material através do destacamento de palavras chaves presentes no discurso, o processamento destas palavras gerou as inferências que foram integradas com as interpretações do analista imerso no cenário do objeto de estudo.

Desta forma foi possível avaliar a maturidade da organização desrespeito as definições do *framework*. Foi constatado um alto nível de desenvolvimento por parte do aspecto “Organização”. Sobre o aspecto “Pessoas” foi observado um alto nível de engajamento dos colaboradores, porém um baixo nível de capacitação tecnológica. Por último foi constatado um baixo nível de maturidade tecnológica, sendo sugerido a priorização dos projetos voltados para o gerenciamento de dados e o uso deles para a tomada de decisão. Concluindo o estudo pode-se observar que em média entre os aspectos a organização ocupa um nível 3 de maturidade, isso quer

dizer que ela está tendo as primeiras visões dos benefícios da indústria 4.0 em sua estrutura.

O estudo tem limitações pela pequena quantidade de entrevistados e a avaliação de maturidade aqui realizada, sob o ponto de vista da empresa, deve ser refinada e validada entre seus gestores. Por fim como trabalhos futuros pretende-se usar o modelo utilizado para captação de informações e análise qualitativa para coletar dados. Tais dados dariam entrada para um sistema de análise quantitativa, desenvolvido usando ferramenta de análise multicritério. Tal avaliação, se tomada pela alta gerência, permitirá um melhor entendimento de como a empresa deve se adaptar ao novo paradigma produtivo da Indústria 4.0.

## REFERÊNCIAS

OLIVEIRA JR, Liborio; MODELO DE MATUIDADE PARA INDÚSTRIA 4.0 PARA PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE RAÇÃO ANIMAL. 2018, Dissertação de Engenharia de Produção e Sistemas – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

ACATECH POSITION PAPER. Cyber-physical systems. Driving force for innovation in mobility, health, energy and production. Acatech—National Academy of Science and Engineering, 2011.

ACATECH POSITION PAPER. Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0. Acatech—National Academy of Science and Engineering, 2013.

FURTADO, André Tosi; CARVALHO, Ruy De Quadros. Padrões de intensidade tecnológica da indústria brasileira: um estudo comparativo com os países centrais. *São Paulo em Perspectiva*, v. 19, p. 70–84, 2005.

Germany Trade and Invest, (2012) 'Industrie 4.0 –Smart manufacturing for the future'. Available at: (Accessed: 04 Out 2018).

LINS, Theo. *Industria 4.0 - Desafios Parte 1*. Disponível em: <<http://www.decom.ufop.br/imobilis/industria-4-0-desafios-parte-1/>>. Acesso em: 24 set. 2018.

LOBO, Ana Paula. *Empresas brasileiras admitem investir pouco na Inovação - Convergência Digital - Inovação*. Disponível em: <<http://www.convergenciadigital.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?UserActiveTemplate=site&infoid=39579&sid=3>>. Acesso em: 13 out. 2017.

McCraw T. (1997) 'Creating Modern Capitalism How Entrepreneurs, Companies, and Countries Triumphed in Three Industrial Revolutions'. Harvard University Press.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. *Produção*, v. 17, n. 1, p. 216–229, 2007.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. 2. ed. São Paulo: Elsevier - Campus, 2011.

PEREIRA, Adriano; SIMONETTO, Eugênio de Oliveira. Indústria 4.0: Conceitos e Perspectivas Para o Brasil. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, v. 16, p. 1–9, 2018. Disponível em: <<http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/4938>>.

PERESHYBKINA, Anna *et al.* How will the industry 4 . 0 transformations affect SMEs in Germany by 2030 ? n. July, 2017

PIRES, Ana Maria de Britto. *O poder do jogo como mediador da atividade de inovação em micro, pequenas e médias empresas.* . Salvador, Bahia: [s.n.], 2014.

PRADO, Svante. *The British Industrial Revolution in Global Perspective.* [S.l.]: Cambridge University Press, 2010. v. 58. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03585522.2010.503593>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

PRADO, Svante. *The British Industrial Revolution in Global Perspective.* [S.l.]: Cambridge University Press, 2010. v. 58. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03585522.2010.503593>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

VERMULM, Roberto. *Políticas para o desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil.* . São Paulo: [s.n.], 2018. Disponível em: <<http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15486>>.

DA SILVA, Márcia Cristina Amaral; GASPARIN, João Luiz. A SEGUNDA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E SUAS INFLUÊNCIAS SOBRE A EDUCAÇÃO ESCOLAR BRASILEIRA – Universidade Estadual de Maringá, 2005. Acesso em: 04 Out. 2018.

Kelly, K. (2012) 'Benefits of the Second Industrial Revolution vs the Benefits of the Third Industrial Revolution'. Available at: [http://p2pfoundation.net/Benefits\\_of\\_the\\_Second\\_Industrial\\_Revolution\\_vs\\_the\\_Benefits\\_of\\_the\\_Third\\_Industrial\\_Revolution](http://p2pfoundation.net/Benefits_of_the_Second_Industrial_Revolution_vs_the_Benefits_of_the_Third_Industrial_Revolution)(Accessed 26 April 2015).

FURTADO, André Tosi; CARVALHO, Ruy de Quadros. PADRÕES DE INTENSIDADE TECNOLÓGICA DA INDÚSTRIA BRASILEIRA. Scielo.br, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/spp/v19n1/v19n1a06.pdf>>. Acesso em: 04 Out. 2018.

AGÊNCIA INDUSNET FIESP. FIESP IDENTIFICA DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL E APRESNETA PROPOSTAS. Federação das indústrias do estado de São Paulo - 2018.

HERMANN, M; PENTEK, T; OTTO, B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Disponível em: [http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4\\_0-Scenarios.pdf](http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf). Acesso em: 15 out. 2016.

Kagermann, H.; Wahlster, W.; Held, J.; (Hrsg.) : Bericht der Promotorengruppe Kommunikation. Im Fokus: Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Forschungsunion, 2012

Cisco (2008) 'Asset Tracking Application — Can It Drive Business Efficiencies ?' , pp.1–7. Available at: [http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/borderless-networks/context-aware-mobility-solution/solution\\_overview\\_c22-475177.pdf](http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/borderless-networks/context-aware-mobility-solution/solution_overview_c22-475177.pdf) (Accessed 11 outubro 2018).

Evans, D. (2012) 'The Internet of Everything – How More Relevant and Valuable Connections Will Change the World'. CISCO Internet Business Solution Group (IBSG), pp.1–9.

LEE, E. A. (2008). Cyber Physical Systems: Design Challenges. 1th IEEE Symposium on Object Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC), (pp. 363-369).

SCHUH, G; POTENTE, T; THOMAS, C; HEMPEL, T. Short-term cyber-physical Production Management. In: International Conference on Digital Enterprise Technology, 8., 2014.

EUROPEAN COMMISSION. *Digital transformation*. Disponível em: <[http://ec.europa.eu/growth/industry/policy/digital-transformation\\_en](http://ec.europa.eu/growth/industry/policy/digital-transformation_en)>. Acesso em: 17 out. 2018.

McAfee, A. & Brynjolfsson, E. (2012) 'Big Data: The Management Revolution'. Harvard Business Review, 90, pp.60–68.

IBM (2015) 'The Four V's Of Big data'. Available at: <http://www.ibmbigdatahub.com/infographic/four-vsbig-data> (Accessed 17 out 2018).

MIGUEZ, T; DAUDT, G; PLATTEK, B; WILLCOX, L; SCHMITT, S. Uma visão de política industrial para o Brasil: Resultados a partir de uma proposta de matriz tecnológica. Disponível em: < <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15703>>. Acesso em: 20 Out. 2018.

GOMES, L. F.; GOMES, C. F. S.; Tomada de Decisão Gerencial: um enfoque multicritério. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

PESSÔA, Isabela Cristina. Estatística das Aplicações de Métodos Multicritério nas Áreas da Engenharia de Produção., 2016. Acesso em: 21 Out. 2018.

Lanza, Gisela, Benjamin Haefner, and Alexandra Kraemer. 2015. "Optimization of Selective Assembly and Adaptive Manufacturing by Means of Cyber-Physical System Based Matching." CIRP Annals - Manufacturing Technology 64 (1). CIRP:399–402. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2015.04.123>.

David M. Gligor and Mary C. Holcomb, "Understanding the role of logistics capabilities in achieving supply chain agility: a systematic literature review," *Supp Chain Mngmnt*, vol. 17, no. 4, pp. 438–453, Jun.2012.

TROJAN, Flávio. Modelos multicritério para apoiar decisões na gestão da manutenção de redes de distribuição de água para a redução de custos e perdas. 2012. 131 f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) Programa de Pós Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal Pernambuco, Pernambuco, 2012.

TONELLI, F. *et al.* A Novel Methodology for Manufacturing Firms Value Modeling and Mapping to Improve Operational Performance in the Industry 4.0 Era. *Procedia CIRP*, v. 57, p. 122–127, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.022>>.

SAATY, T. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. North-Holland. *European Journal of Operational Research* 48,1990.

BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011

DUARTE, Rosalia, *Entrevistas em pesquisas qualitativas*. Curitiba 2004

LISETE, S; VALENTIM, R; PAULO, A; PEDRO, M. . 2017. *A Observação Participante enquanto metodologia de investigação qualitativa*.