

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

MATHEUS GIOVANE PICOLOTO

**TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0: INTEGRAÇÃO VERTICAL EM UMA PME DO SETOR DE
MANUFATURA DE EQUIPAMENTOS FLORESTAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2020

MATHEUS GIOVANE PICOLOTO

**TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0: INTEGRAÇÃO VERTICAL EM UMA PME DO
SETOR DE MANUFATURA DE EQUIPAMENTOS FLORESTAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica – DAMEC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Adamczuk
Oliveira

PATO BRANCO

2020

FOLHA DE APROVAÇÃO

Tecnologias Da Indústria 4.0: Integração Vertical Em Uma PME Do Setor De Manufatura De Equipamentos Florestais

Matheus Giovane Picoloto

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado no dia 17/11/2020 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. Marcelo Gonçalves Trentin
(UTFPR – Departamento de Elétrica)

Prof. Dr. Dalmarino Setti
(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

Dedico este trabalho ao meu pai, minha mãe e minha irmã, por sempre terem tido dedicação máxima aos meus sonhos, e por sempre me apoiar, independentemente da situação

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro momento por acompanhar e abençoar toda a jornada acadêmica.

Agradeço aos meus pais e minha irmã, por serem as pessoas que sempre pude contar, desde o momento em que vim para esta realidade. Agradeço também todos meus familiares que sempre me apoiaram nesta trajetória.

Agradeço todos meus colegas e amigos que estiveram presentes durante estes cinco anos, em especial agradeço ao Fabio Abreu, Gabriel Dalla Valle e Lucas Bernardon, por sempre estarem presente nos momentos de alegria e de dificuldade, se não fosse pela nossa parceria, com certeza não teria conseguido chegar neste momento.

Agradeço ao meu melhor amigo, que também é meu avô paterno, Seu Olívio, obrigado por ser minha fonte de inspiração, por nunca me abandonar e estar sempre ajudando nos problemas da vida.

Agradeço ao meu professor orientador de trabalho, Gilson Adamczuck por aceitar a mudança de tema de trabalho, por me propor este desafio, mostrando que a engenharia vai do que é mostrado durante a graduação.

Agradeço a todos os servidores e docentes da instituição UTFPR, em especial do DAMEC, que cuidaram e guiaram todos os passos desde o primeiro momento em que estive presente na universidade.

EPÍGRAFE

“The moment you give up is the moment you let someone else win” (Kobe Bryant, 2020)

“No momento em que você desiste, é o momento em que deixa outra pessoa vencer.” (Kobe Bryant, 2020)

RESUMO

PICOLOTO, Matheus. Tecnologias da indústria 4.0: integração vertical em uma PME do setor de manufatura de equipamentos florestais. 2020. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do

Nas últimas décadas o Brasil sofreu um processo severo de desindustrialização. Para iniciar o processo de evolução de modelo de negócio para o da Indústria 4.0, o ideal é melhorar as etapas de coleta e análise de informações, as tecnologias de integração vertical tem como objetivo conectar todos os setores da empresa, desde o chão de fábrica até a diretoria, por isto o objetivo deste trabalho é analisar as tecnologias de integração vertical presentes na empresa, esta análise será feita através de dados coletados, para isto primariamente foi realizada uma revisão bibliográfica, onde foram abordadas as tecnologias da Indústria 4.0 com foco nas tecnologias da integração vertical, a coleta de dados se sucedeu de três maneiras, documentos cedidos pela empresa, observação participativa do autor dentro da empresa e entrevista semiestruturada. Com os dados coletados foi realizada uma análise foi concluído que a empresa já possui tecnologias referentes ao tema da integração vertical, porém estão em estágio inicial. Feita a análise com base em cada tema da integração vertical individualmente, os pontos em que existem tecnologias de integração vertical na empresa foram pontuados e quais os impactos que estas tecnologias causam no processo produtivo. Por fim uma breve apresentação foi realizada aos membros da unidade de estudo, onde um relatório simplificado com as principais constatações deste trabalho foi apresentado e também foram apresentadas propostas para mudanças e evolução do tema “Integração vertical” e “Tecnologias da Indústria 4.0” dentro da empresa.

Palavras-chave: Integração Vertical, Indústria 4.0, Pequenas e Médias empresas.

ABSTRACT

PICOLOTO, Matheus. Technologies of industry 4.0: vertical integration in an SME in the forestry equipment manufacturing sector. 2020. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2020.

In the last decades, Brazil has undergone a severe process of deindustrialization. To start the process of evolving the business model to that of Industry 4.0, the ideal is to improve the stages of information collection and analysis, vertical integration technologies aim to connect all sectors of the company from the factory floor to the main board, therefore the objective of this work is to analyze the vertical integration technologies present in the company, this analysis will be done through collected data for this purpose, a bibliographic review was carried out, where the technologies of Industry 4.0 were approached with a focus on vertical integration technologies, data collection took place in three ways, documents provided by the company, participatory observation of the author within the company and semi-structured interviews. With the data collected, an analysis was carried out and concluded that the company already has technologies related to the theme of vertical integration, however, they are in an early stage. The analysis was made based on each vertical integration theme individually, the points where there are vertical integration technologies in the company were scored and what are the impacts that these technologies cause in the production process. Finally, a brief presentation was made to the members of the study unit, where a simplified report with the main conclusions of this work was presented and proposals were also presented for changes and evolution of the theme “Vertical integration” and “Technologies of Industry 4.0” within the company.

Keywords: Vertical Integration, Industry 4.0, Small and mediums sized Brazilian companies,

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Desindustrialização brasileira ao longo dos anos	14
Figura 2 - Evolução da Produção Industrial.....	19
Figura 3 - Tecnologias base Indústria 4.0	22
Figura 4 - Tecnologias da Indústria 4.0	24
Figura 5 - Níveis Hierárquicos Integração Vertical	31
Figura 6 - Condução Estudo de Caso	39
Figura 7 - Etapas de desenvolvimento do trabalho	40
Figura 8 - Exemplo Ordem de Produção 1	50
Figura 9 - Exemplo de Ordem de Produção 2	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tecnologias Manufatura Inteligente	28
---	----

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CLP	Controlador Lógico Programável
CNI	Confederação Nacional da Indústria
ERP	Sistema Integrado de Gestão Empresarial
ledi	Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial
IEL	Instituto Evaldo Lodi
IoT	Internet of Things (Internet das Coisas)
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MES	Sistema de Execução da Manufatura
PME	Pequenas e médias empresas
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SLA	Service Level Agreement

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo Principal	16
1.1.2	Objetivos Específicos	16
1.2	JUSTIFICATIVA	17
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA INDÚSTRIA	19
2.1.1	Primeira Revolução Industrial	19
2.1.2	Segunda Revolução Industrial	20
2.1.3	Terceira Revolução Industrial	21
2.1.2	Quarta Revolução Industrial	22
2.2	TECNOLOGIAS DE BASE	24
2.2.1	Internet das Coisas (IoT)	24
2.2.2	<i>Cloud Computing</i>	25
2.2.3	<i>Big Data</i>	26
2.3	<i>FRONT-END-TECHNOLOGIES</i>	27
2.3.1	<i>Smart Manufacturing</i>	27
2.3.2	<i>Smart Product</i>	28
2.3.3	<i>Smart Supply Chain</i>	29
2.3.4	<i>Smart Working</i>	30
2.4	INTEGRAÇÃO VERTICAL	30
2.4.1	Sensores, Atuadores e Controlador Lógico Programáveis (CLP)	32
2.4.2	Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA)	33
2.4.3	Sistema de Execução da Manufatura (MES)	33
2.4.4	Sistema Integrado de Gestão Empresarial (ERP)	34

2.4.5 Comunicação Máquina-Máquina (M2M Communication).....	35
3 METODOLOGIA.....	37
3.1 MODELO DE AVALIAÇÃO.....	37
3.2 ESTUDO DE CASO	38
3.3 ETAPAS PARA A ELABORAÇÃO DO TRABALHO	39
3.4 ESTRUTURA CONCEITUAL-TEÓRICA	40
3.5 COLETA DE DADOS	41
3.5.1 Formulação do Protocolo de Entrevista.....	42
3.6 ANÁLISE DE CONTEÚDO	43
3.7 EMPRESA ESTUDADA	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
4.1 TECNOLOGIAS DE BASE	46
4.2 INTEGRAÇÃO VERTICAL	47
4.2.1 Sensores, Atuadores e Controladores Lógico Programáveis	47
4.2.2 Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA)	48
4.2.3 Sistema de Execução de Manufatura (MES).....	49
4.2.4 Sistema de Gerenciamento Empresarial (ERP)	52
4.2.5 Comunicação Máquina-Máquina.....	53
4.2.6 Discussão.....	53
4.2.7 Retorno à Empresa	56
5 CONCLUSÕES	58
REFERÊNCIAS.....	60
APÊNDICE A.....	65

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a indústria brasileira encontra-se em uma situação muito vulnerável, segundo dados do Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial – IEDI (2018), a indústria brasileira é umas das que apresentaram maior recuo no mundo em quase 50 anos. Como pode ser visto na Figura 1, a porcentagem que a indústria de transformação contribui para o PIB vem diminuindo ano após ano, no final dos anos 80 a participação da indústria no PIB era 27,3%, e em 2018 11,3%. Segundo o IBGE em 2019 o percentual da participação da indústria no PIB diminuiu mais ainda, chegando ao valor de 11%. Para Rafael Cagnin, economista chefe do IEDI, a desindustrialização brasileira é bastante particular e aconteceu de uma forma muito precoce “É normal que a indústria perca espaço quando a renda per capita das famílias começa a crescer, já que elas consomem mais serviços e menos bens”, explica, porém o recuo da indústria brasileira é anormal, e deve ser analisado cuidadosamente, pois esta desindustrialização que nosso país está passando não é normal, visto que não atingiu se ainda o auge da potência industrial devido a algumas particularidades da economia e infraestrutura deficitária (CNI, 2017, El Pais, 2018; IBGE,2019; IEDI, 2018;).

Figura 1 - Desindustrialização brasileira ao longo dos anos



Fonte: IBGE (2018)

Com o objetivo do aperfeiçoamento da indústria nacional o Projeto Indústria 2027 foi lançado pela Confederação Nacional da Indústria – CNI em parceria com o Instituto Euvaldo Lodi – IEL e Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, este

projeto tem como objetivo avaliar os impactos que as novas tecnologias apresentadas pela Indústria 4.0 devem causar em uma nas empresas nos próximos anos, para identificar o atual panorama da indústria brasileira em relação aos conceitos da Indústria 4.0 foi realizada uma pesquisa entre 753 empresas de grande porte que tem unidades fabris no Brasil, e foi constatado que apenas 1,6% das produzem produtos na fronteira tecnológica (CNI, 2018)

A indústria brasileira ainda não é suficientemente competitiva para concorrer com os países que estão mais adiantados na transição para a Indústria 4.0, segundo um estudo realizado pela Firjan (2016), a indústria nacional ainda se encontra em grande parte na transição do que seria a Indústria 2.0, que tem como principais características a utilização de energia elétrica e de linhas de montagem, para a Indústria 3.0, que aplica sistemas de automação através da eletrônica, robótica e programação. Para que seja possível uma transição para a Indústria 4.0, Segundo Wermulm (2018), é necessário que as fábricas retomem o investimento no setor, amadureçam seus processos, modernizem suas estruturas e elaborem modelos de negócios adequados.

O cenário das pequenas empresas é ainda mais complicado, devido ao grande esforço e investimento de capital demandado pela implementação, Segundo Kagermann (2013), os processos de produção da empresa devem estar em sua totalidade amadurecidos, somente assim será possível ocorrer a transição para a Indústria 4.0.

A grande dificuldade de implementar um modelo semelhante a Indústria 4.0 nas pequenas e médias empresas, é que para isso os processos de produção estejam completamente amadurecidos. Por conta de toda a aquisição de tecnologia e o investimento, a implementação do modelo de manufatura inteligente pode causar grandes impactos no modelo de negócio por isso as pequenas e médias empresas se mostram receosas na transição de seu modelo de negócio (JÄGER et al., 2016).

Segundo um dos precursores da ideia da Indústria 4.0, Kaggerman (2013) as tecnologias mais relevantes são: a Internet das Coisas (*IoT*), Computação em Nuvem (*Cloud Computing*), Coleta de Dados (*Big Data*) e Ferramentas de Análise (*Analytics*), estas tecnologias fazem parte dos chamados pilares da Indústria 4.0 e serão abordadas com maiores detalhes no capítulo 2.

O conceito de manufatura inteligente (*Smart Manufacturing*), basicamente é a implementação da Indústria 4.0 no chão de fábrica, e só será possível utilizando

as tecnologias de integração vertical, virtualização, automação, rastreabilidade, flexibilização e gerenciamento de energia são exemplos. As tecnologias visam melhorar a capacidade de compartilhamento de informações, com objetivo final de aprimorar a produtividade, qualidade do produto, eficiência energética e segurança (AHUETT-GARZA e KURFESS, 2018).

A integração vertical da fábrica assimila todos os níveis hierárquicos da fábrica, desde o chão de fábrica até o alto escalão da gerência, a integração vertical apenas pode ser aplicada em uma empresa que tenha todos os objetos físicos digitalizados, por exemplo, sensores e atuadores em todas as máquinas para ter informação do histórico de produção dela (SCHUH et al., 2017).

Considerando este contexto, o presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo de caso a respeito das tecnologias da Indústria 4.0 e como elas podem aumentar a produtividade e reduzir gastos em uma empresa de médio porte do ramo de equipamentos florestais.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Principal

Identificando a relação dos novos conceitos de indústria, com a atual situação das pequenas e médias fábricas brasileiras, este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo principal realizar um estudo de caso por meio dos conceitos de integração vertical em uma empresa do setor de manufatura de equipamentos florestais.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para que o objetivo principal deste trabalho seja alcançado, os seguintes objetivos específicos devem ser realizados:

- I. Apresentar os conceitos relativos Indústria 4.0 e suas tecnologias, por meio de uma revisão bibliográfica.
- II. Realizar uma entrevista semiestruturada com um gestor de uma empresa.

- III. Com base nos dados coletados na entrevista, e com as informações adquiridas durante a revisão bibliográfica, identificar tecnologias dentro da empresa que possibilitem a transição para a Indústria 4.0, e apresentar sugestões com base nas informações coletadas.

1.2 JUSTIFICATIVA

A grande maioria dos gestores de indústrias de pequeno e médio porte acreditam que os conceitos relacionados a Indústria 4.0 são extremamente complexos e impossíveis de se colocar em prática nas suas empresas, também existe um certo receio pelo investimento necessário para adotar um modelo de negócio gerido pela teoria de Indústria 4.0, isto dificulta que as iniciativas relacionadas a Indústria 4.0 sejam feitas em pequenas e médias empresas (SOMMER, 2015).

As condições adversas que as pequenas e médias empresas são submetidas, desenvolver o setor torna-se o objetivo principal para o desenvolvimento do país, e proporcionar a evolução dos processos produtivos relacionando os conceitos de conectividade apresentados pela Indústria 4.0 (VERMULM, 2018).

Atualmente tem se percebido ainda mais a conectividade dos setores da sociedade, e no contexto industrial não é diferente, por isso um estudo de caso em uma instituição pode mostrar que o investimento em tecnologia para aprimorar a integração dos setores pode reduzir os custos de operação desta forma garantindo a competitividade no mercado da empresa.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

No primeiro capítulo, são tratados a contextualização, problema, objetivos e justificativa do trabalho.

No capítulo dois, a revisão bibliográfica é detalhada, apresentando ao leitor os principais componentes deste trabalho, tais como a análise individual do portfólio literário utilizado; os aspectos de avaliação visando a interação com as abordagens utilizadas.

O terceiro capítulo exhibe a metodologia proposta para o desenvolvimento do trabalho, desde o método de revisão de literatura, até os facilitadores utilizados, como serão abordados e utilizados na sequência do estudo; com destaque nos resultados e revisões.

No quarto capítulo, é feita a apresentação da unidade de estudo.

No quinto capítulo, os resultados e discussões são apresentados conforme o estudo de caso foi proposto

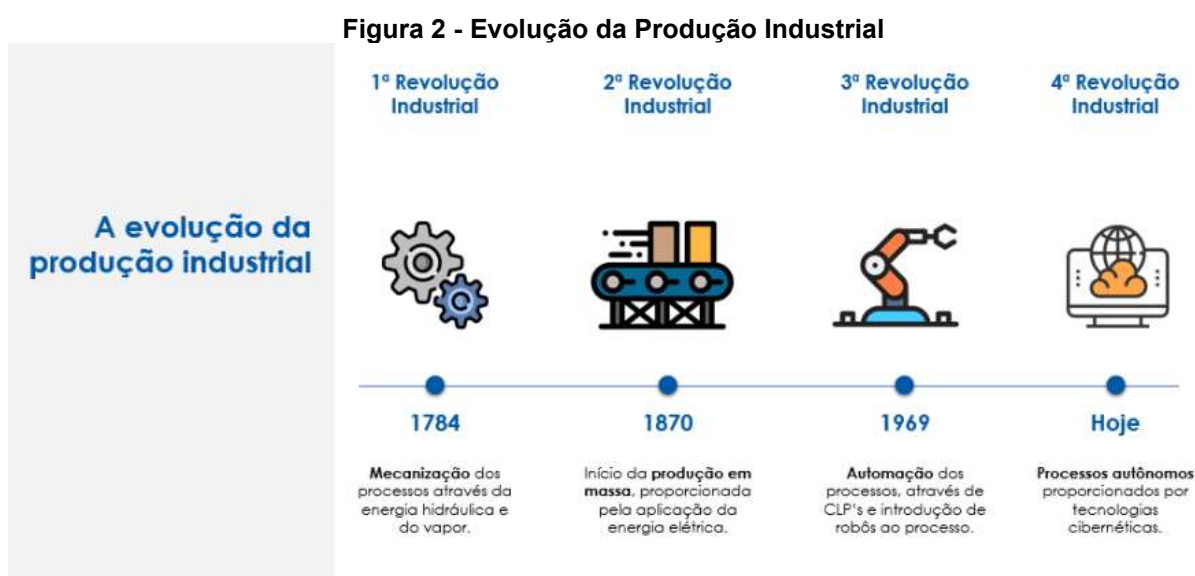
No sexto capítulo, as considerações finais deste trabalho são descritas, abordando os pontos mais significativos seguindo a metodologia prevista no capítulo três.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA INDÚSTRIA

As revoluções industriais, assim chamadas as grandes evoluções ligadas a indústria, mudaram completamente a percepção da sociedade sobre a produção de produtos (KAGERMANN et al., 2013).

Na Figura 2 está ilustrada a evolução histórica das revoluções industriais, e as principais características delas.



Fonte: DynamicWeb (2019)

Para que contextualizar a Indústria 4.0, primeiramente é necessário fazer uma breve revisão das revoluções industriais anteriores, para observar de que forma que esses eventos impactaram a sociedade.

2.1.1 Primeira Revolução Industrial

A primeira revolução industrial ocorreu na Inglaterra por volta do final do século XVIII e início do século XIX, cujo marco foi a transformação de energia em força mecânica, através de caldeiras e máquinas a vapor, o que viabilizou uma grande evolução nas indústrias manufatureiras, em especial o setor têxtil (ALMEIDA, 2005). Uma série de eventos, como a invenção das máquinas a vapor e do tear mecânico ocorreu uma revolução principalmente na indústria do algodão que transformou a antiga forma de produção que era baseada em produção totalmente artesanal, no

sistema fabril (CONCEIÇÃO, 2012). Assim observou-se uma queda brusca no preço dos tecidos de algodão e, em contrapartida, um aumento exorbitante da produção (DRUCKER, 2000).

De acordo com Conceição (2012), A o sistema industrial se beneficiou muito durante a primeira revolução industrial, pois as inovações que surgiram na época permitiram melhorar a qualidade dos produtos e reduzir o custo de produção, o que proporcionou um grande avanço para a indústria metalúrgica no século XVIII.

Para Drucker (2000), a estrada de ferro criada em 1829, foi o principal elemento da primeira revolução industrial. Segundo o autor, tal revolução transformou efetivamente a economia, sociedade e política da época, mas principalmente transformou completamente a concepção do espaço geográfico, concedendo mobilidade real para as pessoas.

A partir desse momento, todo o processo produtivo era dominado pela equipe, e não havia divisão do trabalho, as organizações empresariais da época tinham como principal preocupação a eficiência de produção, rapidez e quantidade, caracterizado pelo modelo de produção em vigor (ANDRADE, 2017).

2.1.2 Segunda Revolução Industrial

Segundo Costa (2002), a segunda revolução industrial baseou-se em conhecimentos científicos para proporcionar as mudanças. As mudanças ocorridas durante essa revolução basearam-se principalmente sobre a eletricidade e a química, tais elementos proporcionaram a invenção dos motores elétricos e a combustão interna, avanço nos meios de transporte, comunicação e nos processos de fabricações, como por exemplo a transformação do ferro em aço.

Ocorreu um aprofundamento das descobertas técnicas e científicas, sendo que as inovações nos campos da química, telemática e indústria metalúrgica impulsionaram a transformação do padrão organizacional produtivo e trabalhista (MORAES; FADEL, 2008).

Nesta época houve uma mudança no método de administração de produção deixou de ser generalista, e passou a seguir os conceitos de Taylor da Administração Científica, que se baseiam na produção em massa, repartição de tarefas, separação entre os cargos de concepção e execução e o trabalho individualizado (FRANCO, 2011).

Segundo Moraes Neto (1986), o fordismo, modelo de produção que se desenvolveu durante a segunda revolução industrial, é uma evolução do modelo de Taylor. No fordismo o trabalhador é fixado em seu posto de trabalho e o objeto é transportado até o ele, um modelo conhecido como linha de produção, com o objetivo principal de reduzir o tempo gasto na produção e aumentar a produtividade.

A segunda revolução industrial, alterou completamente os métodos de fabricação da época, e as invenções da época aliadas com as novas políticas de produção, proporcionaram um cenário ideal para o surgimento de uma indústria altamente verticalizada e focada na manufatura em massa, devido a isso alcançou-se taxas de nunca antes vistas (LIPIETZ; LEBORGNE, 1988).

2.1.3 Terceira Revolução Industrial

A terceira revolução industrial ocorreu nas décadas de 1950 a 1970. Neste período houve a difusão do autosserviço, causado pela substituição do trabalho humano pelo computador, isso porque diversas atividades que antes era necessário um colaborador para realizar, após esse período poderiam ser realizadas pelo próprio usuário (SINGER, 1996).

A Terceira revolução industrial foi marcada pelo desenvolvimento de circuitos eletrônicos, microchips e o surgimento da internet. Tais fatos alteraram rapidamente os meios de informação e comunicação (ALMEIDA, 2005).

Para Moraes e Fadel (2008), o surgimento do computador foi essencial para a evolução dos meios de comunicação e gestão de trabalho.

Segundo Arnes (2015), a introdução de novas tecnologias, permitiu que os antigos métodos de produção evoluíssem, tornando-se automatizados e assistidos por computador, assegurando produtos com qualidade superior aos antepassados.

As grandes evoluções ocorridas durante a primeira, a segunda e a terceira revolução industrial, possibilitaram um cenário ideal para o surgimento de um novo estágio industrial dos sistemas de fabricação, integrando um conjunto de tecnologias emergentes e convergentes que agregam valor a todo ciclo de vida do produto (DALENOGARE et al., 2018). Todos esses fatores somados a incorporação das tecnologias básicas da Indústria 4.0, internet das coisas, *Big Data*, *Cloud Computing* e sistemas Ciber-Físico estão acarretando uma nova revolução industrial, onde a

principal inovação será a integração da máquina com a rede (KAGERMANN et al., 2013).

2.1.2 Quarta Revolução Industrial

A quarta revolução industrial, também conhecida como Indústria 4.0 foi originada por iniciativa do governo alemão em parceria universidades e empresas privadas, tinha como principal objetivo desenvolver sistemas de produção avançados com foco em aumentar a produtividade e eficiência da indústria nacional alemã (KAGERMANN et al. 2013). É um movimento nas organizações manufatureiras que utiliza a interconectividade do mundo físico e virtual, desta maneira toda a cadeia produtiva é alterada desde o produto final até as etapas de engenharia, são digitalizados e interligados, para compartilhar as informações quase que em tempo real nas cadeias de nível horizontal e vertical (LEYH, CHRISTIAN *et al.*, 2016).

Na concepção da Indústria 4.0, foram definidas algumas tecnologias necessárias para que ocorra a simbiose da evolução dos processos produtivos para esta nova metodologia de produção.

Os pilares da Industria 4.0 estão mostrados na Figura 3.

Figura 3 - Tecnologias base Indústria 4.0



Fonte: Portal Ind 4.0 (2020)

Segundo a FIESP (2018), quando consolidada a Indústria 4.0 promete não apenas influenciar internamente as organizações, mas criar grandes oportunidades de novos negócios e também novos desafios. Governos em todo o mundo perceberam a importância dessa nova geração da indústria, e para facilitar a implantação nas indústrias locais programas de conscientização, incentivo, investimento em infraestrutura, suporte, patrocínio e benefícios fiscais foram criados

Na Alemanha, onde foi originado o conceito da Indústria 4.0, e onde encontra-se em um estágio mais avançado comparado ao resto do mundo o programa de incentivo a Indústria 4.0 chama-se “*High-Tech Strategy 2025*”, nos Estados Unidos foi estabelecido o “*Advanced Manufacturing Partnership*” e na China o programa é conhecido como “*Made In China 2025.*” (KAGERMANN et al., 2013; RAFAEL et al., 2014; LI, 2018). No Brasil o programa é chamado de “Rumo a Indústria 4.0” criado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) em conjunto com outras iniciativas do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) (ABDI, 2017). Todos os programas, tanto em países desenvolvidos como em países emergentes, têm como objetivo difundir o conceito e a iniciativa da Indústria 4.0 nas empresas locais. No entanto a adesão de tecnologias, meios de produção mais tecnológicos e conscientização das indústrias locais são um grande desafio aos países emergentes (KUMAR, SIDDHARTAN, 2013).

A Indústria 4.0 é resultado da incorporação e desenvolvimento de um conjunto de tecnologias de base digital, esse conjunto de tecnologias pode variar de acordo com a percepção de diferentes analistas (VERMULM, 2018).

Segundo Frank et al. (2019), as tecnologias da Indústria 4.0 (Figura 4) podem ser divididas em dois grupos, as tecnologias de *Front-End* e as tecnologias de base, conforme o *framework* ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Tecnologias da Indústria 4.0



Fonte: Adaptado Frank et al. (2019)

2.2 TECNOLOGIAS DE BASE

As tecnologias de base, *Base Technologies*, têm como função auxiliar os itens do *Front-End* fornecendo conectividade e inteligência (TAO et al. 2018). Segundo Thoben et al. (2017) e Wang et al. (2016), as tecnologias de base são o que habilitam o conceito de Indústria 4.0 diferenciando dos estágios industriais anteriores, isso ocorre porque as tecnologias de base permitem as tecnologias de *Front-End* a estarem conectadas em um sistema de produção completamente integrado. Essas tecnologias são consideradas base porque estão presentes em todas os aspectos das tecnologias de *Front-End* e em diferentes tecnologias de tais dimensões.

Segundo Frank et al. (2019), o grupo das tecnologias de base pode ser dividido em quatro principais tecnologias.

- Internet das Coisas (*IoT*);
- *Cloud Computing*;
- *Big Data*;
- *Analytics*.

2.2.1 Internet das Coisas (IoT)

A Internet das Coisas é uma extensão da Internet atual, que proporciona aos objetos com capacidade computacional e de comunicação, se conectarem à Internet. A conexão com a rede mundial de computadores viabilizará, primeiramente controlar remotamente os objetos e, após isso permitirá que os próprios objetos sejam

acessados como provedores de serviços. Estas novas habilidades, dos objetos comuns, geram um grande número de oportunidades tanto no âmbito acadêmico quanto no industrial. Todavia, estas possibilidades apresentam riscos e acarretam amplos desafios técnicos e sociais (SANTOS et al., 2016).

O termo Internet das Coisas está ligado diretamente a ligação de sistemas físicos a sistemas virtuais conectados a uma rede. A conexão da internet com os processos representa o início da quarta revolução industrial (KAGERMANN et al., 2013).

Segundo Westmoreland (2016), a IoT auxilia a criação de fabricas inteligentes, que terão controle total sobre a sua mobilidade, logística, produto e rede.

A IoT representa a integração de sensores e computação em um ambiente de Internet por meio de comunicação sem fio (TAO et al., 2018).

Os avanços recentes na internet permitiram com sucesso a comunicação de vários objetos, alcançando esse conceito. Isso também foi possível graças a redução de custos de sensores nos últimos anos (SCHUH et al., 2017).

2.2.2 *Cloud Computing*

O Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia – NIST, define que a computação em nuvem é um modelo que permite acesso onipresente, conveniente e sob demanda da rede a um conjunto compartilhado de recursos de computação configuráveis (MELL; GRACE, 2011).

Essa tecnologia tem capacidade para armazenar dados em um provedor de servidores da Internet, que podem ser facilmente recuperados através de acesso remoto (YU; XU, 2015).

Os serviços em nuvem facilitam a integração de diferentes dispositivos, pois não necessitam estar fisicamente próximos para compartilhar informações e coordenar atividades (YU et al., 2015).

Pode ser feito monitoramento e controle de recursos, garantindo transparência para o provedor e usuário do serviço. Normalmente é utiliza-se a abordagem baseada em nível de serviço SLA (*Service Level Agreement*). O SLA fornece informações sobre níveis de disponibilidade, desempenho, funcionalidade ou outros atributos do serviço, podendo até aplicar penalidades caso o nível de acesso seja violado (MELL; GRACE, 2011). O modelo de computação em nuvem foi

desenvolvido com o objetivo de fornecer serviços de fácil acesso e de baixo custo e garantir características tais como disponibilidade e escalabilidade. A computação em nuvem está cada vez mais presente nas indústrias, apesar do receio das mesmas em implantar um sistema que seu *data center* está localizado na nuvem, sendo gerenciado por uma empresa desconhecida, a implantação impacta diretamente na redução de custos da empresa na aquisição de uma infraestrutura física, na flexibilidade e na facilidade de acesso e troca de informações (SOUSA et al., 2009).

2.2.3 *Big Data*

Segundo Pereira e Simonetto (2018), *Big Data* é definido como grande quantidade de dados que podem ser obtidos por diretas fontes, como equipamentos de produção, sistema de gestão de empresas e clientes, estes dados são utilizados para tomada de decisão em tempo real. A combinação do uso da IoT e da nuvem permite que diferentes equipamentos sejam conectados, coletando uma quantidade enorme de dados, o que resulta no armazenamento de *Big Data* (LU, 2017).

O gerenciamento e a distribuição de dados no ambiente de Big Data são críticos para alcançar máquinas autoconscientes e de autoaprendizagem (LEE; KAO; YANG, 2014).

Big Data consiste na coleta de dados de sistemas e objetos, como leitura de sensores (PORTER; HEPPERMAN, 2015). A transparência na coleta e análise de dados é essencial para novas oportunidade de negócios, e redução de custos dentro da empresa, como por exemplo realizar uma manutenção preditiva e evitar que a máquina fique parada, causando um grande tempo de inatividade na fábrica (MCGUIRE et al., 2012).

O *Big Data* juntamente com a IoT e a nuvem, permitem que seja criado um banco de dados com informações históricas, e posteriormente, a apropriada análise permite alcançar uma capacidade preditiva que é capaz de identificar eventos que podem alteara a produção antes que aconteçam (SCHUH et al., 2017).

A combinação de *Big Data* e as ferramentas de análise (*analytics*) podem cooperar a auto-organização das linhas de produção e otimizar as atividades de tomada de decisão em todas as dimensões da fábrica (WANG et al., 2016).

A tecnologias mencionadas acima tem papel fundamental na transformação das empresas para Indústria 4.0, a IoT tem como principal objetivo

solucionar os problemas de comunicação entre os objetos da fábrica, enquanto os serviços de nuvem facilitam o acesso à informação e serviços. Por fim, o *Big Data* e as ferramentas de análise são elementos chave para a evolução da Indústria 4.0, uma vez que para montar um banco de dados com informações históricas confiável é necessário que muitas informações sejam coletadas e também é preciso uma ferramenta capaz de analisar estes dados obtidos.

2.3 FRONT-END-TECHNOLOGIES

As tecnologias de *Front-End* são as que consideram as transformações das atividades de fabricação com base em tecnologias emergentes (*Smart Manufacturing*) e a forma com que o produto é oferecido no mercado (*Smart Product*) (DALENOGARE et al., 2018) deve ser considerado a maneira que a matéria prima e produtos que não foram processados ainda são entregados (*Smart Supply Chain*) (ANGELS, 2009) e também as novas maneiras que os trabalhadores desempenham suas atividades com o apoio das novas tecnologias (*Smart Working*) (STOCK et al. 2018).

2.3.1 Smart Manufacturing

A *Smart Manufacturing* é a principal das quatro tecnologias de *Front-End*, no *framework* da Figura 4 por isso ela está localizada no centro das demais tecnologias de *Front-End* e das tecnologias de base, ela funciona como pilar das atividades de operações internas, a *Smart Manufacturing* atua impactando diretamente os produtos fabricados pela empresa, estabelecer um sistema de *Smart Manufacturing* dentro da empresa é o primeiro passo para a implantação da indústria 4.0, por isso ela é considerada a principal tecnologia de *Front-End* (AHUETT-GARZA e KURFESS, 2018).

As tecnologias de *Front End* são subdivididas em seis grupos conforme está representado no Quadro 1.

Quadro 1 - Tecnologias Manufatura Inteligente

Categorias	Tecnologias Manufatura Inteligente
Integração Vertical	Sensores, Atuadores, Controlador Lógico Programável Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA) Sistema de Execução da Manufatura (MES) Sistema Integrado de Gestão Empresarial (ERP) Comunicação Máquina a Máquina
Virtualização	Delegação de Tarefas Virtual Simulação do Processo Inteligência Artificial Para Manutenção Preditiva Inteligência Artificial Para Planejamento de Produção
Automação	Comunicação Máquina a Máquina Integração de Robôs Identificação Automática de Não Conformidades Na Produção
Rastreabilidade	Identificação e Rastreabilidade de Matéria Prima Identificação e Rastreabilidade de Produtos Prontos
Flexibilização	Manufatura Aditiva Linhas de Produção Flexíveis e Autônomas
Gerenciamento de Energia	Sistema de Monitoramento de Eficiência Energética Sistema de Melhoria de Eficiência Energética

Fonte: Adaptado Frank et al. (2019)

2.3.2 *Smart Product*

A ideia de *Smart Product* compreende o conceito de produtos inteligentes que sejam capazes de transmitir informações sobre desempenho e manutenção e também realizar comunicação entre si resultando em produtos que possam otimizar-se autonomamente (ZHONG et al.; 2017). A implementação de sensores nos produtos é essencial para transformar um produto comum, em inteligente. Os sensores podem fornecer capacidade de monitoramento em itens físicos, através da implantação de algoritmos analíticos, os produtos podem ter funções de otimização, melhorando o desempenho com base em diagnósticos preditivos que informam as correções necessárias (Porter e Heppelmann; 2014).

O monitoramento de produtos pode fornecer informações uteis aos fabricantes, que podem usar essas informações para criar padrões de uso para segmentação de mercado ou desenvolvimento de novos produtos. Isso também possibilita o sistema de serviço de produtos PSS (*Product-System-Service*), no qual

os fabricantes podem oferecer serviços adicionais as mercadorias e até mesmo oferecê-las como serviço (AYALA et al.; 2017).

Segundo Kaggermann (2013), muitas empresas se concentram em fornecer produtos inteligentes para o cliente final, porém o conceito de Indústria 4.0 pressupõe que tanto os produtos internos fabricados, quanto os externos devem ser conectados e integrados.

2.3.3 *Smart Supply Chain*

A *Smart Supply Chain* atua fora da fábrica, seu papel é fornecer tecnologias que auxiliem na integração horizontal da planta com fornecedores externos para otimizar a entrega da matéria prima e do produto, aprimorar essa logística impacta diretamente nos custos operacionais e no tempo em que o item levará para ser fabricado e entregue (MARODIN et al., 2017).

Segundo Pfohl (2017), A integração horizontal que a *Smart Supply Chain* provê para a fábrica, envolve a troca de informações em tempo real sobre ordens de produção com fornecedores e centro de distribuições.

Enquanto o *Smart Manufacturing* inclui processos de rastreabilidade interna de materiais outras tecnologias são necessárias para conectar a fábrica a processos externos. As plataformas digitais são tecnologias que atendem a esse requisito, pois fornecem um fácil acesso através da nuvem e desta maneira é possível que haja a integração entre fornecedor e fabricante (PFOHL et al., 2017).

O rastreamento de produtos pode ser monitorado, e dessa forma é possível manter um nível de estoque otimizado reduzindo o custo com mercadorias estocadas.

Plataformas digitais podem integrar diferentes unidades de uma mesma fábrica, ou até mesmo empresas subsidiárias compartilhando informações sobre atividades operacionais entre elas (SIMCHI-LEVI et al., 2004).

A *Smart Supply Chain* auxilia a fábrica na conexão com sua cadeia de fornecedores, reduzindo custos com o armazenamento de produtos e matéria prima estocado e otimizando o sistema de entrega, também conecta a fábrica aos clientes promovendo um processo pós venda otimizado.

2.3.4 *Smart Working*

O *Smart Working* atua principalmente dentro da fábrica dando suporte às tarefas dos trabalhadores, permitindo que sejam mais produtivos e flexíveis para atender aos requisitos do sistema de fabricação (Stock et al., 2018). As tecnologias *Smart Working* têm como objetivo fornecer melhores condições para os trabalhadores, a fim de aumentar sua produtividade (KAGGERMANN et al., 2013).

A Indústria 4.0 também considera o controle remoto das atividades operacionais por meio de dispositivos móveis, o que melhora os processos de tomada de decisão e melhora a visibilidade das informações do processo, dois aspectos que contribuem para o *Smart Working* (El Kadiri et al., 2016).

As ferramentas virtuais integram parte essencial do *Smart Working*, na manutenção da manufatura, a realidade virtual acelera os treinamentos dos trabalhadores com uma simulação imersiva das rotinas de manutenção, por exemplo para ocorrer a qualificação de um soldador, é necessário muito tempo e material no seu treinamento, com um *software* de realidade virtual essa quantidade de material usado no treinamento é reduzido a zero, e somente quando ele estiver qualificado que começará a utilizar material de soldagem (Gorecky et al., 2017; Turner et al., 2016).

Nas atividades de desenvolvimento de produtos, essas ferramentas criam modelos virtuais do produto, ajudando a detectar falhas durante seu uso sem a necessidade de protótipos físicos (Tao et al., 2018).

Em níveis avançados de maturidade da Indústria 4.0, robôs colaborativos serão implantados nas fábricas, os robôs colaborativos são projetados para trabalharem cooperativamente com humanos e apoiar suas atividades, desta forma a taxa de erro é reduzida a praticamente zero devido ao alto nível de confiabilidade desses robôs colaborativos (WANG et al., 2015).

As tecnologias de *Smart Working* são fundamentais na implementação da Indústria 4.0, pois elas oferecem suporte para necessidades focadas principalmente na integração do sistema de produção com o de manufatura.

2.4 INTEGRAÇÃO VERTICAL

Integração vertical é o nome dado a um grupo de tecnologias da Indústria 4.0, que visam assimilar vários sistemas de TI em diferentes níveis hierárquicos de

um sistema de produção, como níveis de atuadores e sensores, níveis de controle de qualidade, gerenciamento de produção, fabricação e execução e por fim nível de planejamento de recursos corporativos (BITKOM, 2015). Ou seja, a integração vertical incorpora todos os níveis hierárquicos da empresa Figura 5, desde o chão de fábrica aos altos escalões da gerência.

Figura 5 - Níveis Hierárquicos Integração Vertical



Fonte – Marciano et al., 2019

Segundo Albertin et al. (2017), a integração vertical permite um sistema flexível e reconfigurável, visto que as máquinas inteligentes e conectadas formam um sistema auto-organizável que pode ser reconfigurado dinamicamente para se adaptar a diferentes tipos de produto, os sensores possibilitam a coleta de informações sobre todas as funções executadas pela máquina, estas informações aliadas a uma ferramenta de análise são um grande artifício para tornar o processo produtivo totalmente transparente.

Para Stock e Seliger (2015), as máquinas possuem sensores para monitorar os processos e adquirir informações mais detalhadas sobre a atividade. Os atuadores terão como principal função de alteração do ciclo do equipamento, seja por identificação do sistema inteligente de coleta de dados ou por decisão humana.

Para Frank et al. (2019) as principais tecnologias que compõem o campo da integração vertical, são elas:

- Sensores, Atuadores e Controlador Lógico Programável (CLP);

- Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA);
- Sistema de Execução da Manufatura (MES);
- Sistema Integrado de Gestão Empresarial (ERP);
- Comunicação Máquina-Máquina (M2M Communication);

As tecnologias relacionadas a integração vertical serão desenvolvidas ao longo deste capítulo.

2.4.1 Sensores, Atuadores e Controlador Lógico Programáveis (CLP)

O primeiro passo para implantar o conceito de Indústria 4.0 dentro de uma fábrica, é adquirir o maior número de dados possível, para isso nas máquinas da empresa devem ser instalados sensores, fazendo o rastreamento dos processos executados pela máquina, pode ser coletadas informações sobre os ciclos realizados e sobre o produto, por exemplo: custo, tempo de produção, perda de matéria prima (OKS e FRITZSCHE, 2017).

Há muito tempo os sensores são importantes dispositivos nas indústrias de processo e manufatura, com o avanço da tecnologia e as tecnologias de nuvem acessíveis eles se tornaram um dos protagonistas da Indústria 4.0, pois permitem coleta de informações em grande escala e com alta confiabilidade. Os dados do sistema de produção podem ser obtidos em tempo real por sensores instalados em máquinas no “chão de fábrica” (KHANG et al. 2016).

Atuadores são equipamentos que convertem energia elétrica, hidráulica ou pneumática em energia mecânica. Os atuadores são utilizados na Indústria 4.0 para alterar o setup de uma máquina remotamente após os sensores identificarem alguma alteração na linha de produção (CYRINO, 2018).

Para gerenciar a comunicação entre os sensores e atuadores, é necessária uma interface de controle, por isto o Comando Lógico Programável (CLP) é ideal, pois ele consegue identificar os sinais emitidos pelos sensores, e ativar os atuadores para desempenhar a função desejada (IEL, 2015).

Os sensores, atuadores e controladores lógicos programáveis, permitem a chamada virtualização da fábrica, que significa que os sistemas ciber-físicos são capazes de monitorar os processos físicos através de cópias virtuais das fábricas inteligentes, utilizando-se dos sensores e atuadores da planta. Permitindo assim, rastreabilidade, prevenção de falhas e tomada de decisão rápida, através da

simulação computacional com os dados obtidos em tempo real (HITECNOLOGIA, 2017).

2.4.2 Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA)

Com o objetivo de supervisionar a produção, e adquirir dados, o Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA), é uma combinação de controladores lógicos programáveis (CLP's) e unidades terminais remotas (RTU's) que se comunicam com equipamentos do chão de fábrica como máquinas e sensores. Os dados que são coletados no chão de fábrica são enviados para um próximo nível, onde os operadores podem analisar os dados coletados através de uma interface homem máquina (IHM), na IHM o operador também pode interagir diretamente com o equipamento que está sendo monitorado, em sistemas extremamente avançados esta alteração na configuração do equipamento do chão de fábrica pode ser feita automaticamente (JESCHKE, 2017).

Aplicações do sistema SCADA:

- Controle de processos de forma local ou remota;
- Interagir com dispositivos por meio da IHM do software;
- Controle, monitoramento e processamento dos dados;
- Registro de eventos e dados.

Um sistema SCADA proporciona a empresa uma visão mais abrangente de seus processos, os dados coletados permitem analisar as máquinas em tempo real, e também identificar oportunidades para aprimoramento dos processos. A instalação deste tipo de tecnologia demanda bastante investimento por parte da instituição, porém este sistema permite grande aprimoramento nos processos de produção, e redução de custos desnecessários (I-SCOOP, 2017).

2.4.3 Sistema de Execução da Manufatura (MES)

Utilizando o sistema de execução de manufatura (MES), o principal objetivo desta tecnologia é aprimorar o processo produtivo de uma empresa, normalmente existe uma lacuna entre os sistemas ERP e os sistemas SCADA, e o MES tem o objetivo de conectar esses dois pontos, os sistemas são focados em gerenciar

atividades de produção e estabelecer ligação entre o planejamento e o chão de fábrica (MONTRADAVI e MØLLER, 2019).

Um sistema MES na busca por melhoria contínua, produtividade e qualidade, divide suas tarefas de uma forma genérica, que pode ser simplificada em um ciclo de três ações:

- Entender o Processo;
- Mapear as Ineficiências;
- Tomar Ações

Segundo Almeida-Lobo (2005), os sistemas de execução de manufatura desempenham um papel fundamental na indústria, visam qualidade e agilidade aos processos de produção. Porém para lidar com os desafios da nova geração da indústria, os sistemas MES deverão se reinventar, seguindo quatro principais pilares:

- Descentralização;
- Integração Vertical;
- Mobilidade e Conectividade;
- Sistemas Avançados de Análise e Computação em Nuvem.

Os sistemas MES se mostram essenciais para uma empresa que almeja evoluir para o modelo de Indústria 4.0, pois os quatro principais pilares dos sistemas de execução de manufatura, fazem parte dos nove pilares da Indústria 4.0 idealizados pela ACATECH na concepção deste conceito.

Para que um sistema MES cumpra sua função, é necessário que haja um banco de dados amplo, por isso o sistema cyber-físico e o sistema SCADA devem estar bem desenvolvidos, somente assim o MES poderá desempenhar com total eficiência sua função dentro de uma fábrica.

2.4.4 Sistema Integrado de Gestão Empresarial (ERP)

Como elemento no topo da pirâmide da integração vertical, o sistema integrado de gestão empresarial (ERP), visa o planejamento de recursos empresariais, integrando setor de vendas, cadeia de suprimentos, RH, financeiro, planejamento de produção, estoque, serviços e aquisições (SAP, 2019).

Um sistema ERP tem seis benefícios principais dentro de uma fábrica:

- Aumento de produtividade;

- Aumento da percepção de informações;
- Relatórios acelerados;
- Diminuição dos riscos;
- Simplificação do TI;
- Maior agilidade nas operações.

Para Alcântara (2020), Sistema de gestão deve estar preparado para comunicar com maquinários, outros colaboradores e a rede sem que seja necessário o operador se deslocar, por isso o sistema ERP estar em harmonia com as tecnologias de Big Data é uma das principais preocupações na hora de incrementar a evolução desta tecnologia. O ERP promove controle total da produção, somente se estiver integrado com os sistemas anteriores permitindo que o gestor tenha visão ampla desde a cadeia de suprimentos até o produto final, e também das atividades cotidianos da empresa. Portanto a adoção de um sistema ERP permite que todas as etapas da cadeia produtiva sejam monitoradas, evitando eventuais falhas de processo que ocasionarão atrasos de produção e gastos indesejáveis.

2.4.5 Comunicação Máquina-Máquina (M2M Communication)

A principal ideia da comunicação máquina-máquina é implantar sensores nas máquinas, sejam elas fixas na planta, ou equipamentos de transportes, como por exemplo caminhões, estes sensores tem como objetivo coletar, analisar e processar informações sobre uma ocorrência específica em alguma máquina, por exemplo esta informação pode ser sobre as condições ambientais do armazenamento de algum insumo, ou sobre alguma etapa no processo de manufatura (ALCTEL, 2020).

Segundo Ratasuk et al (2014), a Internet das Coisas é o pilar base do conceito de comunicação M2M, pois a intercomunicação e troca de informações entre as máquinas só é possível graças a Internet das Coisas, após feito o investimento inicial, a manutenção se torna barata, reduzindo os custos de operação, e com o passar do tempo em conjunto com os outros sistemas mencionados acima, os processos se tornam autônomos.

As tecnologias apresentadas acima são algumas do campo que compõe as tecnologias da Indústria 4.0, estas visam a verticalização entre os setores, e proporciona a transmissão de informação de forma facilitada, as cinco tecnologias que

compõe o campo da integração vertical só funcionam plenamente em conjunto com as tecnologias de base, e tem seu desempenho maximizado quando estão trabalhando entre si, por isso uma empresa que almeja que seu processo produtivo concorde com a Indústria 4.0, primeiramente as tecnologias de base devem ser dominadas, e após isto as outras devem começar a ser desenvolvidas.

3 METODOLOGIA

Neste terceiro capítulo está descrita a metodologia e estratégia utilizada para que os objetivos principais deste trabalho sejam atingidos com sucesso. A partir de uma revisão bibliográfica na qual foi realizada uma série de filtros e parâmetros de buscas como: Indústria 4.0, *Smart Manufacturing*, Integração Vertical, tecnologias da Indústria 4.0, entre outros. Em seguida agrupou-se as tecnologias pertinentes ao tema de Integração Vertical.

Após à etapa de buscas foram identificadas as tecnologias que pertencem ao grupo da Integração Vertical. Para coleta dos dados uma entrevista semiestruturada foi desenvolvida e aplicada com o gerente industrial da empresa e o gerente do departamento de controle de produção, e para complementar as informações foi obtido acesso a relatórios e documentos da empresa, a participação do autor como observador participante também colaborou com a coleta de informações.

3.1 MODELO DE AVALIAÇÃO

Segundo Cauchic (2007), a abordagem qualitativa é uma categoria de pesquisa cujo objeto é uma unidade que se analisa profundamente. Ela utiliza o próprio ambiente natural como fonte de coleta de dados e tem autor como instrumento fundamental para esta coleta. O pesquisador deve iniciar sua investigação, apoiado numa fundamentação teórica geral, numa revisão aprofundada da literatura em torno do tópico em discussão. No caso deste trabalho as tecnologias da Indústria 4.0 apresentadas no artigo de Frank (2019), serviram como pilar para início da pesquisa.

Grande parte do trabalho se realiza no processo de desenvolvimento do estudo de caso, com enfoque na análise dos dados obtidos. Segundo Moreira (2002), a pesquisa qualitativa inclui:

- A interpretação como foco. Nesse sentido, há um interesse em interpretar a situação em estudo sob o olhar dos próprios participantes;
- A subjetividade é enfatizada. Assim, o foco de interesse é a perspectiva dos informantes;

- A flexibilidade na conduta do estudo. Não há uma definição *a priori* das situações;
- O interesse é no processo e não no resultado. Segue-se uma orientação que objetiva entender a situação em análise;
- O contexto como intimamente ligado ao comportamento das pessoas na formação da experiência;
- O reconhecimento de que há uma influência da pesquisa sobre a situação, admitindo-se que o pesquisador também sofre influência da situação de pesquisa.

O modelo de avaliação envolverá duas entrevistas semiestruturadas, que foram gravadas com autorização dos entrevistados, também foram analisados documentos e relatórios fornecidos pela unidade estudada, além disso a participação do autor como participante caracteriza um modelo de pesquisa de observação participativa, onde o autor poderá tirar suas próprias conclusões sobre as tecnologias implantadas na fábrica. Após isso, a análise de conteúdo na forma de estudo de caso e como estas tecnologias podem auxiliar a empresa estudada.

3.2 ESTUDO DE CASO

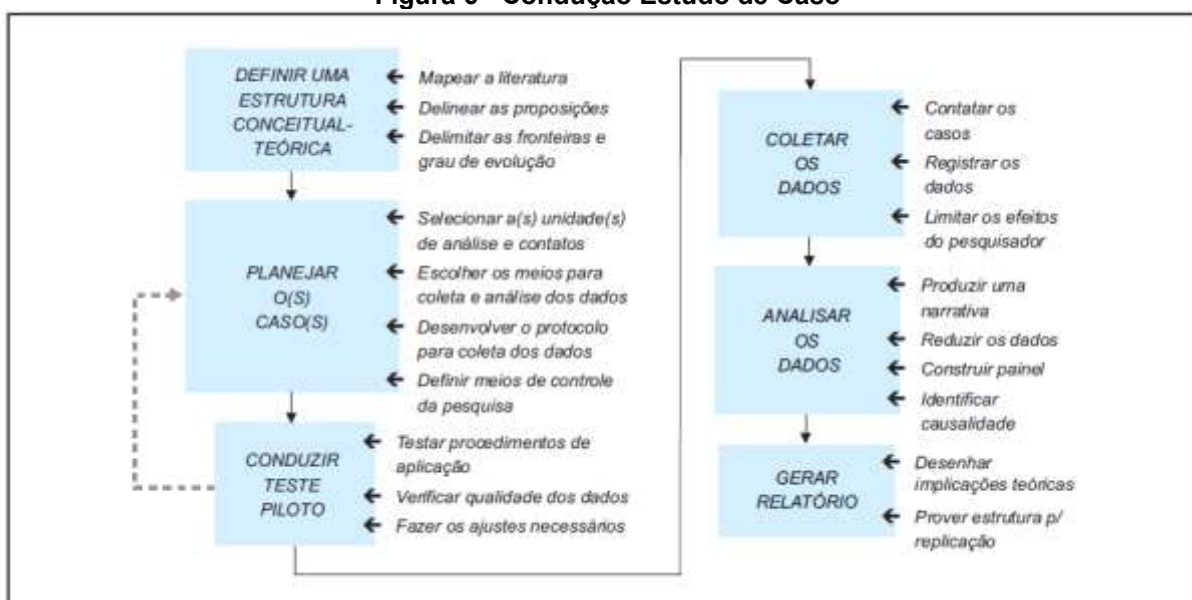
Para Cauchic (2007) o estudo de caso é um estudo de natureza empírica que investiga um determinado fenômeno, geralmente contemporâneo, dentro de um contexto real de vida, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto em que ele se insere não são claramente definidas. Trata-se de uma análise aprofundada de um ou mais objetos, para que permita o seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 1996; BERTO; NAKANO, 2000). Seu objetivo é aprofundar o conhecimento acerca de um problema não suficientemente definido (MATTAR, 1996), visando estimular a compreensão, sugerir hipóteses e questões ou desenvolver a teoria. Os estudos de casos podem ser classificados segundo (YIN, 2001; VOSS et al., 2002): seu conteúdo e objetivo final exploratórios, explanatórios ou descritivos) ou quantidade de casos (caso único – holístico ou incorporado ou casos múltiplos – também categorizados em holísticos ou incorporados). A principal tendência em todos os tipos de estudo de caso, é que estes tentam esclarecer o motivo pelo qual uma decisão ou um conjunto de decisões foram tomadas, como foram implementadas e com quais resultados alcançados (YIN, 2001).

3.3 ETAPAS PARA A ELABORAÇÃO DO TRABALHO

Utilizar uma abordagem metodológica baseada na revisão literária realizada neste trabalho, ressalta e organiza a condução do estudo de caso a ser realizado em uma PME. Com base na pesquisa literária, uma abordagem de melhor eficácia que atenda a problemática estudada (tecnologias da Indústria 4.0), será determinada para que se dê continuidade no estudo e na busca pelos resultados esperados.

A condução do estudo de caso seguirá conforme a metodologia sugerida por Cauchick Miguel (2007) na Figura 6.

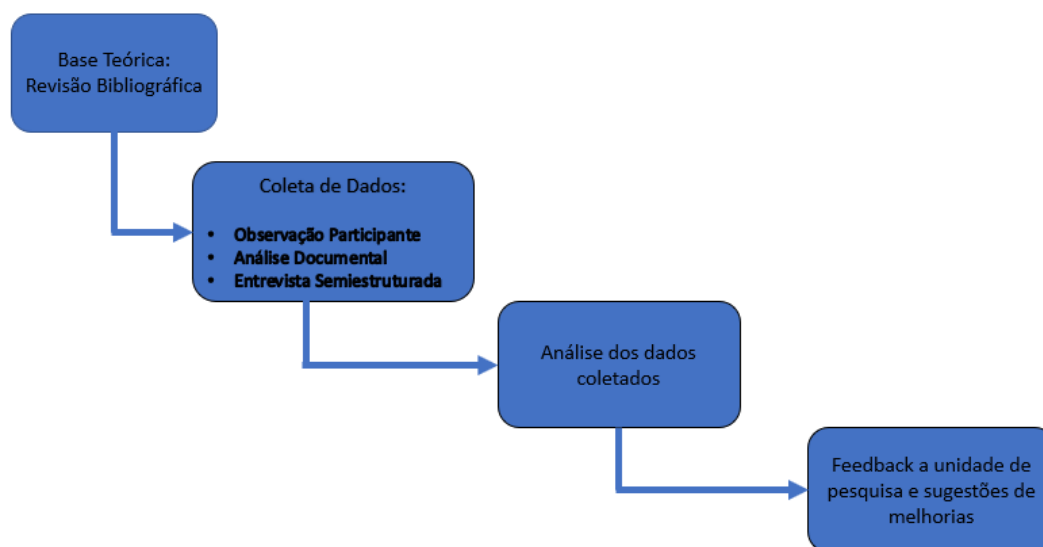
Figura 6 - Condução Estudo de Caso



Fonte: Miguel (2007)

Com base no modelo de condução de um estudo de caso sugerido por Cauchic, foi desenvolvida as etapas do presente trabalho (Figura 7).

Figura 7 - Etapas de desenvolvimento do trabalho



Fonte: Autor (2020)

3.4 ESTRUTURA CONCEITUAL-TEÓRICA

Deve-se primeiramente definir um referencial conceitual teórico para o trabalho, de forma a resultar em um mapeamento da literatura sobre o assunto. Esse mapeamento localiza o tópico de pesquisa no contexto da literatura disponível sobre o tema (CROOM, 2005).

As revisões da literatura apresentam-se como uma atividade importante para identificar, conhecer e acompanhar o desenvolvimento da pesquisa em determinada área do conhecimento (NORONHA; FERREIRA, 2000), além de permitir a cobertura de uma gama de fenômenos geralmente mais ampla do que aquela que poderia ser pesquisada diretamente (GIL, 1996).

Os principais tópicos pesquisados foram:

1. Tecnologias de base da Indústria 4.0
 - a. Internet das Coisas;
 - b. Computação em Nuvem;
 - c. *Big Data*;
 - d. *Analytics*.

2. Tecnologias de Front-End
 - a. *Smart Manufacturing*;

- b. *Smart Working*;
- c. *Smart Product*;
- d. *Smart Supply Chain*.

O foco deste trabalho foi no âmbito da manufatura inteligente, por isso foi aprofundado na pesquisa referente ao tema das tecnologias da manufatura inteligente:

3. Tecnologias *Smart Manufacturing*

- a. Integração Vertical;
- b. Virtualização;
- c. Automação;
- d. Rastreabilidade;
- e. Flexibilização;
- f. Gerenciamento de energia.

Dentro do campo da manufatura inteligente existem seis grupos de tecnologias, este trabalho é desenvolvido apenas dentro do campo da integração vertical.

4. Tecnologias da Integração Vertical

- a. Sensores, atuadores e controlador lógico programável;
- b. Sistema de supervisão e aquisição de dados (SCADA);
- c. Sistema de execução de manufatura (MES);
- d. Sistema de gestão empresarial (ERP);
- e. Comunicação máquina a máquina.

Com base nos itens acima, foram feitas pesquisas em portais de artigos como *ScienceDirect*, *Scopus* e *Google Acadêmico*, além disso também foram coletadas informações em portais especializados no assunto Indústria 4.0.

3.5 COLETA DE DADOS

Para a formulação do protocolo de entrevistas, foram executadas análises sob o comportamento de funcionamento da empresa, em um período de sete meses, priorizando as principais técnicas e ferramentas de processos, os meios e metodologia de treinamento e orientação, assim como seu posto no atual cenário industrial brasileiro. Documentos e relatórios também foram cedidos ao autor para fins de análise. Foram realizadas duas entrevistas, a primeira com o gerente industrial da

empresa e a segunda com o supervisor do controle de produção, estas entrevistas seguiram um protocolo, ambas tiveram o áudio gravado com a devida autorização dos entrevistados e após isso transcritas para uma posterior análise.

3.5.1 Formulação do Protocolo de Entrevista

A primeira etapa da entrevista foca em coletar informações sobre o panorama geral da empresa, destacando as dificuldades que a empresa enfrenta, e tentativas de implantação das tecnologias da Indústria 4.0, ou seja, a primeira pergunta de forma geral serve para analisar a afinidade da diretoria da empresa com o tema com este conceito. Foram feitas duas entrevistas para coleta de dados que seguirão o protocolo elaborado através das seguintes etapas:

Etapa 1:

Realizar uma breve avaliação de tópicos como: Concorrência, cenário nacional e internacional. Alguma empresa brasileira do setor já está aplicando tecnologias da Indústria 4.0, dificuldades atuais, desafios futuros que a empresa possui, e um panorama geral do setor. Identificar se há afinidade com o tema por parte do entrevistado. Também identificar qual é o grau de implantação das tecnologias da Indústria 4.0 na unidade pesquisada.

Após a coleta das informações gerais os tópicos específico devem ser abordados, na segunda etapa da entrevista o foco são as tecnologias de base de base da Indústria 4.0, como visto anteriormente, para que ocorra a plena evolução do estágio industrial as tecnologias de base devem estar bem desenvolvidas dentro da empresa, após análise durante o período que o autor deste trabalho esteve trabalhando, pode ser percebido que as tecnologias de base .

Etapa 2:

Perguntas sobre computação em nuvem, como é a visão de um gestor de uma média empresa sobre essa tecnologia emergente, Big Data é uma das mais importantes tecnologias da Indústria 4.0, pois na busca por fazer que a grande maioria dos processos sejam autônomos, coletar as seguintes informações é essencial: custo, tempo, perdas no processo, número de processos, dentre outras informações essenciais para a evolução dos processos de manufatura. Informações sobre Internet

das Coisas dentro de uma fábrica, e por fim quais as ferramentas dentro da empresa para a analisar as informações coletadas.

Na etapa 3 da entrevista, o foco será nas tecnologias da integração vertical, o objetivo será adquirir informações sobre a implantação das tecnologias dentro da empresa, porque foram implantadas, quais os impactos elas causaram no processo produtivo, e se não foram implantadas, se existe uma estratégia de implantação das mesmas.

Etapa 3:

Nesta etapa as perguntas abordarão os seguintes temas:

Proximidade da empresa com tecnologias de coleta de informação nas máquinas, sensores, atuadores e CLP, quantas máquinas já existe este tipo de tecnologia? Que tipo de informações são coletadas? As máquinas que não possuem, existe planejamento para instalação?

Durante o período que o autor participou da equipe de engenharia da empresa, algumas tecnologias da Indústria 4.0 foram identificadas, logo algumas informações sobre as tecnologias introduzidas na empresa já são de conhecimento do autor, por exemplo: sistema SCADA, sistema MES e ERP, porém é necessário a entrevista com o gestor para que os impactos causados por estas tecnologias sejam identificados e realizar um comparativo da situação anterior a implantação destas tecnologias.

Etapa 4:

Perguntas como, quando foi necessária a implantação de um sistema ERP na empresa? Quais os impactos causados? Abordagem mais específica das outras tecnologias do grupo de integração vertical e como elas se comunicam dentro da empresa.

3.6 ANÁLISE DE CONTEÚDO

As informações recolhidas e posteriormente analisadas, foram construídas sob uma base de relação direta do tema estudado neste trabalho, as tecnologias pertencentes a área da integração vertical foi essencial para o desenvolvimento do protocolo de entrevistas. O foco principal durante a entrevista foi direcionar o conteúdo metodológico com a situação real e verdadeira da empresa, fato este possível pelo estudo e acompanhamento do autor durante um período de sete meses, fevereiro de

2020 a setembro de 2020, analisando e agrupando as principais características e filosofias de funcionamento. Durante o período de análise, foram documentados os seguintes fatores: funcionamento geral do ciclo dos produtos, rotina de operadores e cronograma, ciclo e ordem de produção, padronização dos processos, comando e organização do repasse de informações e ordens para cada equipe de trabalho, interação com clientes e fornecedores, expectativa de mudanças e de crescimento baseado no investimento de automatizações e na gestão de pessoas aplicada no dia a dia, aplicação de novas ideias e melhorias para fases testes, entre outros, fatores estes que mostram a situação real e momentânea da empresa escolhida para o estudo de caso.

A entrevista semiestruturada foi realizada com o objetivo de recolher informações que não foi possível perceber sendo um participante da instituição, estas por serem informações históricas da empresa. Ambas as entrevistas foram gravadas e posteriormente transcritas para facilitar a análise de conteúdo. A participação do autor na fábrica, permitiu que duas entrevistas fossem realizadas, onde o Entrevistado 1 é o gerente industrial da empresa, trabalha na empresa há mais de 10 anos e é responsável pela gestão de todos os gerentes e o Entrevistado 2 que atua na empresa como gerente de produção, sendo responsável pelo planejamento e controle de produção. Os temas abordados na entrevista foram revisados sistematicamente pelo autor, para que se houvesse alguma dúvida por parte dos entrevistados o entrevistador pudesse contextualizar os temas, ambas as entrevistas foram gravadas e transcritas, para facilitar uma análise e discussão dos resultados coletados.

3.7 EMPRESA ESTUDADA

A empresa estudada possui gestão familiar simplificada, esta que compõe os principais cargos de gerência e direção, com um portfólio de mais de 30 produtos no ramo de carregadores, garras florestais, guinchos florestais. Atende à demanda de empresas do Brasil e de outros países da América Central e África.

Com mais de 55 anos de história é considerada líder no mercado nacional de equipamentos florestais, durante toda sua trajetória a fábrica sempre esteve atenta as tendências de mercado sempre tentando aprimorar o processo produtivo, seja na utilização de materiais mais resistentes ou até mesmo adquirindo máquinas de última geração para executar a manufatura de seus produtos.

A empresa está localizada em Caçador – Santa Catarina, cidade que a economia é baseada na indústria madeireira. Atualmente este setor ocupa a segunda posição no PIB do estado Catarinense.

Optou-se por esta instituição com unidade de pesquisa, uma vez que o pesquisador tem acesso facilitado às suas informações por ser estagiário no setor de engenharia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 TECNOLOGIAS DE BASE

Primeiramente foi buscado avaliar qual o nível de avanço das tecnologias de base da Indústria 4.0 dentro da unidade estudada, para evoluir o modelo de negócio, é necessário ter grande investimento nas tecnologias de base, o foco deste trabalho está nas tecnologias relacionadas ao campo da Integração Vertical.

Computação em nuvem, é uma das mais importantes tecnologias de base da Indústria 4.0, pois permite o armazenamento de arquivos importantes e facilita o acesso deles. Na unidade estudada, houve um alto investimento em um servidor privado na nuvem, facilitando o acesso aos arquivos e reduzindo os custos de manutenção que um servidor físico traria. Durante o período que o autor deste trabalho participou como colaborador da empresa, foi percebida grande facilidade e redução de tempo no acesso e compartilhamento de arquivos. Segundo o entrevistado, a implantação de um servidor na nuvem além de aumentar a segurança da instituição contra possíveis tentativas quebra dos protocolos de segurança, danos causados ao *hardware* por eventuais tempestades, deixa o trabalho dos colaboradores mais ágil e fácil e ocorre a redução de custos de manutenção de uma série de equipamentos físicos.

Pode-se observar que relativo à Internet das Coisas dentro da empresa, nas máquinas que têm maior demanda do serviço, existe uma solução interna que possibilita a coleta de dados num total de seis máquinas, estas que são indispensáveis para o processo produtivo, o sistema de integração de equipamentos coleta informações de produtividade, tempo de produção, problemas apresentados pelas máquinas e eficiência, sendo assim possível a tomada de decisão de forma sistemática. Segundo o Entrevistado 2, o projeto de virtualização da empresa avança de forma lenta, no momento apenas as máquinas que são indispensáveis para a produção. Ainda de acordo com o Entrevistado 2, os setores de solda, caldeiraria e solda, com certeza serão os mais difíceis de virtualizar, como o trabalho é majoritariamente manual a virtualização destas tarefas se torna muito difícil e as informações coletadas não podem ser plenamente confiáveis.

Todas as informações coletadas dentro da empresa, as informações que são coletadas através dos sensores nas máquinas, assim como os relatórios de cronoanálise vão para um banco de dados, e posteriormente passam por uma análise criteriosa feita por um analista de produção. Segundo o Entrevistado 1, não foi possível automatizar essas análises, o colaborador que processa estas informações faz a grande maioria do trabalho manualmente, o que demanda bastante tempo.

Portanto, pode-se perceber que apesar de algumas tecnologias de base da Indústria 4.0 já estarem trabalhando dentro da unidade estudada, ainda há muito a ser feito, algumas ações que poderiam ser realizadas seriam: centralizar o armazenamento de arquivos apenas no servidor na nuvem, reduzindo gastos com os servidores físicos. A virtualização da fábrica é uma prática muito comum em empresas que têm como objetivo evoluir seu modelo de negócios para o da Indústria 4.0, a virtualização da fábrica permite para a empresa uma visão mais ampla do processo de manufatura, podendo coletar informações essenciais para o aperfeiçoamento do processo produtivo e identificar falhar e gargalos na produção. Para a análise das informações coletadas a utilização de um software de análise de dados, o papel de análise dos dados mesmo quando delegado a um colaborador qualificado para tal tarefa, ainda existe a possibilidade de ocorrer erros, com o auxílio de um software de análise de dados, as informações serão processadas com maior agilidade e exatidão.

4.2 INTEGRAÇÃO VERTICAL

4.2.1 Sensores, Atuadores e Controladores Lógico Programáveis

A utilização de sensores no chão de fábrica permite uma representação digital das máquinas num sistema, isto se chama a virtualização de uma fábrica, segundo o Entrevistado 1, a unidade estudada ainda está em estágio inicial na utilização de sensores, no momento apenas as máquinas essenciais para o processo produtivo são monitoradas através de uma solução interna de implementação de sensores. Isto porque se alguma destas máquinas por algum motivo parar de funcionar implicará num atraso muito grande na cadeia produtiva, por isso existe o monitoramento. O sistema que é alimentado pelas informações coletadas pelos sensores apresenta dados sobre problemas encontrados nos equipamentos, informações sobre produtos que segundo o Entrevistado 2, as informações coletadas

pelos sensores permitem que a empresa realize alterações no processo produtivo, informações sobre gerenciamento de energia, programação na manutenção, evitando uma parada inesperada durante o processo de fabricação das peças.

A obtenção de dados através de sensores auxilia uma empresa, pois ela terá um sistema de obtenção de informações que não depende da interferência humana, os sensores ficam instalados nas máquinas coletando informações e enviando as mesmas para um banco de dados que posteriormente deve ser analisado por um colaborador, um banco de dados será gerado, e a unidade de estudo poderá tomar decisões sistemáticas baseadas nesses dados.

4.2.2 Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA)

O sistema SCADA tem como principal função gerenciar a coleta de informações, a coleta de dados usualmente é feita com sensores, na unidade estudada é possível perceber a utilização do sistema SCADA aliado com os sensores instalados nas máquinas de manufatura, somente com o sistema SCADA é possível que os dados sejam coletados e organizados. Segundo o Entrevistado 1, para que as informações sejam coletadas de maneira confiável, um sistema de supervisão e aquisição de dados é fundamental, quando a integração entre o sistema SCADA e os sensores é feita de forma correta. Os dados coletados assim como explicado na seção anterior são utilizados para programação da manutenção, assim como fazer análise de eficiência das máquinas.

Existe um sistema integrado no chão de fábrica, de controle e rastreamento das ordens de produção, há totens instalados ao lado das máquinas de usinagem, e das baias de montagem, nesses totens, os colaboradores devem registrar o início de uma atividade e o término da mesma, isto auxilia o controle de produção a rastrear as peças dentro da fábrica. Segundo o Entrevistado 2 o sistema de gerenciamento das ordens de produção dá informações sobre o tempo de montagem e processamento das peças, assim como auxilia os analistas de produção a rastrear as peças, e também auxiliar o setor dos operadores de empilhadeira, que precisam das informações de onde as peças estão e para onde devem ser levadas, vale lembrar que a empresa trabalha com peças relativamente grandes, por isso os operadores de empilhadeira são essenciais para o bom funcionamento do processo produtivo.

4.2.3 Sistema de Execução de Manufatura (MES)

Um sistema de execução de manufatura deve: auxiliar a empresa no gerenciamento das ordens de produção, gerar ordens e indicar quais processos serão feitos para que o produto seja concluído conforme o projeto, este tipo de sistema liga o setor de projetos com o chão de fábrica. Segundo o Entrevistado 1, o *software* de controle das ordens de produção foi implementado na empresa há seis anos, antes disso as ordens de produção eram feitas manualmente, e além de demandar muito tempo para que as ordens fossem completamente executadas, esse processo era muito suscetível a erros humanos. Com a mudança de sistema, este processo tornou-se praticamente automatizado, pois após feito o cadastramento do produto, para cada peça recebe individualmente um modelo, com todos os processos necessários para sua conclusão conforme na Figura 8 e Figura 9 é possível observar que está descrito todos os processos que o produto será submetido, esse sistema faz a integração do sistema de gerenciamento de ordens de produção, com o sistema de gerenciamento empresarial, sistema que é responsável pelo controle do estoque de matéria prima, estoque de peças prontas, notas fiscais de entrada e saída e gerenciamento de pessoas.

As máquinas que são essenciais para o processo produtivo da empresa, já possuem um sistema de sensores, que identifica quais ordens de produção estão sendo processadas pelo equipamento e faz o apontamento automático, como essas máquinas precisam ser programadas para processar as peças, o sistema já identifica o produto e o operador informa qual o número da ordem de produção referente ao produto. Segundo o Entrevistado 1 mesmo após todo este tempo desde a implementação deste sistema, ainda há uma rejeição consideravelmente grande pelo apontamento correto das ordens de produção, principalmente pelos funcionários mais antigos da empresa, pelo fato de ter que se dirigir ao totem e scanear o código de barra da ordem de produção.

Figura 8 - Exemplo Ordem de Produção 1

	Data Prev.: [REDACTED]
Origem/OP: [REDACTED]	Qtde.: [REDACTED] Nova Data Prev.: [REDACTED]
Produto: [REDACTED]	
Pedido: [REDACTED]	
Roteiro: [REDACTED]	
Cliente: [REDACTED]	
Geração: [REDACTED]	

Ao finalizar o apontamento o operador estará se responsabilizando pela quantidade e qualidade dos produtos informados.

APÓS O TERMINO ENTREGAR NO DEPOSITO: 012 - M1 - DEP.MONTAGEM

ENDEREÇAMENTO:

H1-P1-G39

C. R.: TORNO CONVENCIONAL PREPARAÇÃO	Estágio: [REDACTED]	Operação: TORNEAR	
	Qtde. Restante: [REDACTED]	Setup: [REDACTED]	
		Tmp. Prop.: [REDACTED]	
		Total: [REDACTED]	
Código	Descrição Componente	Estágio	Depósito U.M.
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	PC
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	PC
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
C. R.: FURADEIRA RADIAL SORALUCE [REDACTED]	Estágio: [REDACTED]	Operação: FURAR	
	Qtde. Restante: [REDACTED]	Setup: [REDACTED]	
		Tmp. Prop.: [REDACTED]	
		Total: [REDACTED]	
C. R.: SOLDADOR GERAL	Estágio: 2 - 10	Operação: SOLDAR	
	Qtde. Restante: 0	Setup: [REDACTED]	
		Tmp. Prop.: [REDACTED]	
		Total: [REDACTED]	
Código	Descrição Componente	Estágio	Depósito U.M.
[REDACTED]	[REDACTED]	2	012 PC
[REDACTED]	[REDACTED]	2	010 PC
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	15,000
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	30,000
C. R.: BRUNIDORA DE TUBOS	Estágio: [REDACTED]	Operação: BRUNIR	
	Qtde. Restante: [REDACTED]	Setup: [REDACTED]	
		Tmp. Prop.: [REDACTED]	
		Total: [REDACTED]	
C. R.: TORNO CONVENCIONAL PREPARAÇÃO	Estágio: [REDACTED]	Operação: TORNEAR	
	Qtde. Restante: [REDACTED]	Setup: [REDACTED]	
		Tmp. Prop.: [REDACTED]	
		Total: [REDACTED]	
C. R.: SOLDADOR GERAL	Estágio: [REDACTED]	Operação: SOLDAR	
	Qtde. Restante: [REDACTED]	Setup: [REDACTED]	
		Tmp. Prop.: [REDACTED]	
		Total: [REDACTED]	
C. R.: TORNO CONVENCIONAL PREPARAÇÃO	Estágio: [REDACTED]	Operação: TORNEAR	
	Qtde. Restante: [REDACTED]	Setup: [REDACTED]	
		Tmp. Prop.: [REDACTED]	
		Total: [REDACTED]	

Figura 9 - Exemplo de Ordem de Produção 2

C. R.: CENTRO DE USINAGEM D-2000		Estágio: [REDACTED]	Operação: USINAR		
		Qtd. Restante: [REDACTED]	Setup: [REDACTED]		
			Tmp. Prop.: [REDACTED]		
			Total: [REDACTED]		
C. R.: INSPEÇÃO CONTROLE DE QUALIDADE		Estágio: [REDACTED]	Operação: INSPECIONAR		
		Qtd. Restante: [REDACTED]	Setup: [REDACTED]		
			Tmp. Prop.: [REDACTED]		
			Total: [REDACTED]		
Código	Descrição Componente	Estágio	Depósito	U.M.	Qtde.
[REDACTED]	[REDACTED]	17	001	PC	[REDACTED]
C. R.: ARMAZENAR		Estágio: [REDACTED]	Operação: INSPECIONAR		
		Qtd. Restante: 8	Setup: [REDACTED]		
			Tmp. Prop.: [REDACTED]		
			Total: [REDACTED]		

O Entrevistado 1 afirma que em alguns setores é impossível implementar um sistema automático de apontamento de ordens de produção, um exemplo é o setor de caldeiraria, onde as peças são posicionadas pelos montadores manualmente para que posteriormente os soldadores realizem a fixação. Por isso a maneira correta de realizar o procedimento seria: antes de iniciar a montagem do produto, informar no totem de apontamento a ordem de produção que está trabalhando, e ao término informar novamente. Ambos os entrevistados concordam que a implementação de novos sistemas de gestão de manufatura na grande maioria das vezes é algo benéfico para a empresa, porém sempre há rejeição por parte das pessoas que já estão condicionadas com o modelo antigo de trabalho, na busca pela evolução do processo produtivo esta é uma das maiores dificuldades.

4.2.4 Sistema de Gerenciamento Empresarial (ERP)

Como pode ser observado na Figura 5 encontram-se no topo da pirâmide das tecnologias de integração vertical, o objetivo desta tecnologia é basicamente a gestão dos setores, como por exemplo, controle de: estoque, vendas, entradas e saída de produtos. O sistema ERP é integrado diretamente ao sistema de execução de manufatura, assim com base nas ordens de produção geradas o sistema de gestão empresarial faz automaticamente o controle de estoque, como a empresa trabalha com a filosofia de não realizar estoque das peças produzidas dentro da empresa, o estoque de matéria prima é gerenciado por este sistema, e de material de apoio, que são parafusos, porcas, rolamentos, etc...

Segundo o Entrevistado 1, toda empresa chega em um ponto que se torna necessário a implementação de um sistema de controle das notas fiscais de entrada e saída, controle automático de estoque, por isso quando a diretoria da unidade estudada tomou a decisão de adquirir um sistema ERP, foi procurado adquirir um sistema consolidado, hoje em dia o sistema vigente na empresa é considerado líder de mercado, o software consegue automatizar uma série de processos que antes era manual, como por exemplo gerenciamento de pedidos de venda, segundo o Entrevistado 1 assim como o processo de emissão de ordens de produção, o sistema de emissão de pedidos era algo demorado e suscetível a erros, com a instalação do sistema ERP se tornou praticamente um processo automático, além do fato que o

sistema faz o controle de gestão de pessoas, registro de entrada e saída dos funcionários, banco de horas.

Desse modo, é perceptível uma automatização das tarefas diárias da empresa com a implementação de um sistema de gerenciamento empresarial, atualmente toda instituição que não seja considerada uma micro empresa precisa de um software desse, o retorno que um sistema desse causa para uma fábrica é muito positivo, pois controlar os setores é um dos primeiros passos para que ocorra a plena evolução do processo produtivo.

4.2.5 Comunicação Máquina-Máquina

Apesar da unidade estudada possuir algumas máquinas para manufatura de última geração, como a empresa não possui um sistema de fabricação em série, cada peça vendida é fabricada individualmente, por isso de acordo com o Entrevistado 1 implementar um sistema de intercomunicação entre as máquinas se torna uma tarefa difícil. O Entrevistado 1 comentou sobre uma experiência que ele pode conhecer uma fábrica que possui todas as máquinas conectadas, porém diferentemente da unidade estudada a empresa que foi visitada pelo Entrevistado 1 trabalha com uma produção seriada, os lotes de produção são muito grandes devido a isso é possível implementar um sistema que conecta as máquinas da empresa.

Pelo modo de produção da empresa ser praticamente sem estoque, ainda não há planos de instalar um sistema de comunicação máquina-máquina, de acordo com o Entrevistado 2, como cada dia que se passa podemos perceber a evolução dos sistemas de comunicação, e interconectividade é bem provável que nos próximos 10 anos algum sistema relacionado a esse tema seja implementado na empresa.

4.2.6 Discussão

A coleta de dados foi realizada em uma empresa do setor de manufatura de equipamentos florestais, foram realizadas duas entrevistas, o Entrevistado 1 ocupa o cargo de gerente industrial da empresa, e o Entrevistado 2 ocupa cargo de gerente do setor de planejamento e controle de produção. Ambas as entrevistas seguiram o protocolo de entrevista semiestruturada Apêndice A, o protocolo de entrevista foi desenvolvido pelo autor com objetivo de coletar a maior quantidade de dados possível

sobre a implementação da integração vertical dentro da unidade estudada, os pontos principais da entrevista semiestruturada foram as tecnologias da integração vertical:

- Sensores, Atuadores e Controladores Lógicos Programáveis (CLP);
- Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA);
- Sistema de Execução da Manufatura (MES);
- Sistema Integrado de Gestão Empresarial (ERP);
- Comunicação Máquina-Máquina (M2M Communication);

após uma revisão bibliográfica sobre estes tópicos, a entrevista semiestruturada foi desenvolvida com base na revisão, nas informações coletadas como observador participante por parte do autor.

A unidade estudada é uma tem como principal atividade a manufatura de equipamentos florestais, está localizada na região do meio oeste catarinense, é uma empresa de médio porte, está em operação há 58 anos, desde sua fundação e sempre esteve atenta as tendências de mercado.

A empresa opera no sistema de produção BTO (*built-to-order*), onde os produtos não passam por manufatura até que um pedido de venda seja confirmado, por isso a gestão da manufatura depende do departamento de vendas, para isso houve a implementação de um sistema de gestão empresarial, este sistema auxilia a empresa a ter controle de vendas, estoque, e gestão de pessoas (RH), após a confirmação dos pedidos de vendas um sistema de controle de manufatura faz a programação da produção, este sistema emite ordens de produção (Figura 8 e Figura 9), que determinam a matéria prima e todo o trajeto que este produto fará dentro da empresa até que seja finalizado, em cada etapa o operador deve realizar o procedimento de apontamento das ordens nos totens de apontamento, os totens são equipados de um leitor de código de barras que alimenta o sistema de gestão de manufatura para fazer o rastreamento do produto, desta maneira se o procedimento correto for realizado no chão de fábrica, é possível rastrear completamente um produto dentro da fábrica. Porém ainda há uma certa rejeição por alguns operadores. Segundo o Entrevistado 1 o setor que mais há rejeição pelo apontamento das ordens de produção é o setor de caldeiraria e ferraria, ambos os setores compartilham algumas peculiaridades, são setores em que o trabalho é majoritariamente manual e os funcionários trabalham há muito tempo na empresa, para o Entrevistado 2, o fato destes colaboradores trabalharem há muito tempo na fábrica fez com que eles

acostumasse com uma rotina de trabalho diferente, e este é um fenômeno comum, colaboradores muito antigos tem uma certa rejeição a inovação e novos métodos de trabalho, segundo o Entrevistado 1, se os colaboradores não estão dispostos a realizar uma mudança para melhorar o processo produtivo, todo o investimento em equipamento e tecnologia de informação é em vão.

Nos campos de sensores, atuadores, controladores lógicos programáveis e sistema de supervisão e aquisição de dados, existe uma solução interna da empresa que permite a coleta de dados nas máquinas que são essenciais para o processos produtivo, por serem equipamentos programáveis e compartilhar o mesmo sistema operacional, tornou-se mais fácil desenvolver um sistema para monitorar e adquirir informações.

A empresa ainda não possui tecnologia que permita a intercomunicação das máquinas, pelo modelo de produção da empresa não ser em série e por ter um portfólio relativamente grande de produtos, por isso na visão da diretoria da empresa ainda não há necessidade de uma implementação de um sistema de comunicação máquina a máquina.

Ambos os entrevistados concordam que ainda há muito trabalho a ser feito para que a unidade estudada comece a produzir de acordo com a teoria da Indústria 4.0, para o Entrevistado 1, a automatização da produção é praticamente impossível de ser aplicada na unidade estudada, pelo grande portfólio de produtos, pela ausência de uma linha de montagem na empresa, e pelo fato da empresa não produzir os produtos para estoque, cada produto produzido já é previamente vendido. Os entrevistados concordam que apesar do governo ter um programa para incentivar as empresas a investir para evoluir o processo produtivo, na pratica o que acontece é bem diferente, cada vez mais a indústria brasileira perde força, os produtos importados estão dominando o mercado, mesmo com a moeda brasileira desvalorizada, isto porque as altas cargas tributarias impostas sobre os produtos nacionais são o principal fator da desindustrialização brasileira.

O Entrevistado 1 almeja nos próximos anos um crescimento de 20% da empresa, aumentando o espaço físico, número de funcionários, maquinário, entre outras ações. O objetivo principal é aprimorar o sistema de rastreamento de produção, virtualizar todas as máquinas da empresa, até mesmo os tornos convencionais, segundo ele montar um sistema para aquisição de informação é o primeiro passo para começar a evolução de estágio.

Por fim para a empresa começar a preparação para a evolução no processo produtivo muita coisa ainda deve ser feito, existem muitos problemas que são comuns em empresas que possuem o perfil de empresa familiar, é possível observar problemas de gestão de pessoas em setores específicos, problema de gestão de estoque de matéria prima, para solucionar estes problemas investir em tecnologia de informação para facilitar aquisição de informações, como dito ao longo do trabalho, o gerenciamento de informações assim como a afinidade da empresa com as tecnologias de base são fundamentais para a evolução do processo produtivo, para a empresa sustentar o posto que ocupa no cenário nacional e internacional, deve se começar as mudanças assim que possível, pensar no futuro, mantendo os pés no chão é o segredo para caminhar junto com a evolução.

4.2.7 Retorno à Empresa

Com o objetivo de dar um *feedback* a empresa sobre a análise da integração vertical, no dia 22 de outubro de 2020 foi realizado uma breve apresentação onde as principais conclusões foram o tema principal, para realizar esta apresentação foi elaborado um relatório simplificado contendo as principais conclusões.

Na reunião estiveram presentes os dois entrevistados, assim como os membros do setor de engenharia 1, que é o setor do autor do trabalho e o líder do setor de melhoria continua. Os membros da reunião foram escolhidos pela afinidade e interesse com o tema abordado.

Na apresentação foram abordados os seguintes tópicos: a análise feita com base nos dados coletados na empresa e as conclusões, também na reunião foi apontado alguns pontos para que ocorra a melhora do processo de aprimoramento da integração vertical.

As impressões dos membros da empresa foram boas, a realidade que uma pessoa que não tem muito conhecimento sobre os temas pertinentes sobre a Indústria 4.0 tem uma impressão que para adotar a filosofia de produção da Indústria 4.0 a empresa tem que automatizar todos os processos e procurar reduzir o máximo possível o número de funcionários, pelo menos esta era a impressão de alguns dos ouvintes da apresentação. Pontuar as ações que a empresa está tomando que convergem com a filosofia da Indústria 4.0 é muito importante, pois neste momento

de transição de fase industrial é essencial que as empresas tomem as decisões corretas em relação aos problemas.

Para o gerente industrial o trabalho mostrou muita coisa que a unidade estudada já tinha tomado conhecimento em momentos anteriores, por exemplo a deficiência com o sistema de gestão de pessoas. E também foi apresentado algumas itens que a empresa não tinha conhecimento, por exemplo a virtualização das principais máquinas do sistema produtivo, que foi uma ação tomada há um tempo atrás para monitorar a produtividade da máquina, e provavelmente por falta de informações a empresa não sabia que virtualizar um equipamento é uma ação deste novo estágio industrial.

Nos próximos meses a empresa terá mudanças no setor de gestão de pessoas, para tentar entender porque alguns funcionários não seguem o protocolo de produção. E nos próximos anos as ações tomadas serão principalmente virtualização de todas as máquinas para que o apontamento da ordem seja realizado automaticamente no início e no final do processo, desta forma todo produto que é submetido a manufatura dentro da empresa fica facilmente rastreável.

5 CONCLUSÕES

A presente monografia teve como principal objetivo avaliar a integração vertical dentro de uma pequena e média empresa do setor de manufatura de equipamentos florestais. Os temas focos da na análise foram as tecnologias relacionadas a integração vertical.

A revisão bibliográfica foi realizada com o objetivo de criar uma base teórica e conceitual para o estudo. Primeiramente foi estudada a evolução histórica da indústria, onde foram abordadas as necessidades e capacidades produtivas de cada marco industrial. Após isto a partir do *framework* de tecnologias da Indústria 4.0 (Figura 4) restante da revisão bibliográfica foi desenvolvido. Iniciando pelas tecnologias de base da Indústria 4.0, após isto passando pelas tecnologias da manufatura inteligente, e concluindo com as tecnologias da integração vertical.

Para realizar a metodologia foi seguido o modelo de estruturação para estudo de caso sugerido por Cauchick Miguel (2007), no capítulo 3 é possível ver que os passos sugeridos por Miguel (2007) foram descritos e adequados a este trabalho.

Uma entrevista semiestruturada foi realizada com dois membros da unidade de estudo, os entrevistados foram estrategicamente escolhidos pela posição que ocupam na empresa, as informações também foram coletadas através de documentos cedidos pela empresa e pelo autor fazendo papel de observador participante. Ambas as entrevistas foram gravadas e posteriormente transcritas para facilitar a análise por parte do autor, esta análise possibilitou realizar conclusões sobre o nível de implementação das tecnologias de integração vertical.

Foi constatado que algumas tecnologias da integração vertical estão presentes na empresa, as tecnologias de base estão instaladas em nível inicial no chão de fábrica, e as tecnologias da integração vertical, como por exemplo sistemas SCADA, MÊS e ERP estão instalados respectivamente nos níveis de produção, operação e planejamento corporativo, porém em nível inicial, a empresa ainda tem muito em que evoluir.

Para dar um retorno a empresa, foi realizada uma breve apresentação de um relatório simplificado deste trabalho. Na apresentação as conclusões da análise de conteúdo foram apresentadas e foi e também os principais pontos foram pontuados que a empresa precisa focar os investimentos.

O estudo tem limitações, principalmente por ser uma empresa média e pela grande dificuldade de automação de seus produtos pelo fato de ser uma empresa que produz em sua grande maioria projetos especiais, e não uma empresa que tem uma linha de produção onde as ferramentas de automação podem ser aplicadas.

Como sugestões para trabalhos futuros, realizar a mesma análise em uma instituição que possua um perfil de produção em série, um bom ramo para realizar um estudo deste tipo é nas empresas da área alimentícia ou automotiva que tem uma produção seriada.

REFERÊNCIAS

AHUETT-GARZA, Horacio; KURFESS, Thomas. A brief discussion on the trends of habilitating technologies for Industry 4.0 and Smart manufacturing. *Manufacturing Letters*, 2018.

ALBERTIN, MARCOS RONALDO et al. Principais inovações tecnológicas da indústria 4.0 e suas aplicações e implicações na manufatura. **XXIV Simpósio de Engenharia de Produção. Anais...**, Bauru, 2017.

ALMEIDA, P. R. O Brasil e a nanotecnologia: rumo à quarta revolução industrial. 2005. **Espaço Acadêmico**, Maringá, a. VI, n. 52, set. 2005.

ANDRADE, Pedro Simões Antunes de Moura. A quarta revolução industrial e sua relação com a produtividade atual: uma revisão da literatura, Brasília, 2017.

ANGELES, Rebecca. Anticipated IT infrastructure and supply chain integration capabilities for RFID and their associated deployment outcomes. **International Journal of Information Management**, 2009.

AYALA, Néstor Fabián et al. Knowledge sharing dynamics in service suppliers' involvement for servitization of manufacturing companies. **International Journal of Production Economics**, 2017.

BITKOM, V. D. M. A. ZVEI: Umsetzungsstrategie Industrie 4.0, Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0. **Plattform Industrie**, v. 4, p., 2015.

CNI. Oportunidades para a Indústria 4.0: Aspectos da demanda e oferta no Brasil. Confederação Nacional da Indústria. Brasília: [s.n.], 2017.

COELHO, João Carlos Martins. **GESTÃO AVANÇADA COMO FUNDAMENTO PARA A IMPLANTAÇÃO DE CONCEITOS DA INDÚSTRIA 4.0.**

CONCEIÇÃO, C. S. Da revolução industrial à revolução da informação: uma análise evolucionária da industrialização da América Latina. 2012

DALENOGARE, Lucas Santos et al. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. **International Journal of Production Economics**, 2018.

DRUCKER, P. O futuro já chegou. *Revista Exame*, v. 22, n. 03, 2000.

EL KADIRI, Soumaya et al. Current trends on ICT technologies for enterprise information systems. **Computers in Industry**, 2016.

FRANCO, T. Alienação do trabalho: despertencimento social e desrenraizamento em relação à natureza. Caderno CRH, Salvador, 2011.

Frank, Alejandro Germán, Lucas Santos Dalenogare, and Néstor Fabián Ayala. "Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies." **International Journal of Production Economics** 210 (2019): 15-26.

GOECKY, Dominic; KHAMIS, Mohamed; MURA, Katharina. Introduction and establishment of virtual training in the factory of the future. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, 2017.

HMI/SCADA software in the age of Industrial IoT and evolving human machine interfaces. 2017. Disponível em: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/hmi-scada-software/>. Acesso em: 15 jul. 2020.

JÄGER, Jens et al. Advanced Complexity Management Strategic Recommendations of Handling the "industrie 4.0" Complexity for Small and Medium Enterprises. *Procedia CIRP*, v. 57, p. 116–121, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.021>>.

JESCHKE, Sabina et al. Industrial internet of things and cyber manufacturing systems. In: *Industrial internet of things*. Springer, Cham, 2017. p. 3-19.

JOYCE ALCÂNTARA. *Jornal Contabil. Progresso na Gestão de Manufatura Avançada*. 2020. Disponível em: <https://www.indústria40.ind.br/noticias/19908-progresso-na-gestao-de-manufatura-avancada>. Acesso em: 15 jul. 2020.

LIPPIETZ, A.; LEBORGNE, D. O pós-fordismo e seu espaço. *Espaço e debates*, 1988.

KAGERMANN, Henning et al. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group. *Forschungsunion*, 2013.

KANG, Hyoung Seok et al. Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. **International journal of precision engineering and manufacturing-green technology**, v. 3, n. 1, p. 111-128, 2016.

KUMAR, Nagesh; SIDDHARTHAN, Natteri S. *Technology, market structure and internationalization: issues and policies for developing countries*. Routledge, 2013.

LEE, Jay; KAO, Hung-An; YANG, Shanhu. Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. **Procedia Cirp**, 2014.

LI, Ling. China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of "Made-in-China 2025" and "Industry 4.0". **Technological Forecasting and Social Change**, 2018.

LU, Yang. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. **Journal of Industrial Information Integration**, 2017.

MANTRAVADI, Soujanya; MØLLER, Charles. An overview of next-generation manufacturing execution systems: how important is MES for industry 4.0?. **Procedia manufacturing**, v. 30, p. 588-595, 2019.

MARCIANO, Erica Moreira et al. INDÚSTRIA 4.0–INTEGRAÇÃO DE SISTEMA. **Revista Pesquisa e Ação**, v. 5, n. 1, p. 75-92, 2019.

MARODIN, Giuliano Almeida et al. The moderating effect of Lean supply chain management on the impact of Lean shop floor practices on quality and inventory. **Supply Chain Management: An International Journal**, 2017.

Mell, P., Grance, T., 2011. The NIST definition of cloud computing. **Nat. Inst. Stand. Technol.** 53 (6), 50 2009.

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

Mola de emprego e do pib, indústria brasileira não reage e emperra avanço da economia, **El País**, 04 mar. 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3fVPrKx>. Acesso em: 02 abr. 2020.

OKS, Sascha Julian; FRITZSCHE, Albrecht; MÖSLEIN, Kathrin M. An application map for industrial cyber-physical systems. In: **Industrial internet of things**. Springer, Cham, 2017. p. 21-46.

PIB EM 2019 E EXPECTATIVAS PARA 2020. **ledi**, 2020, 13 mar. 2020. Disponível em: https://iedi.org.br/artigos/top/estudos_industria/20200313_PIB_4T2019.html. Acesso em: 17 maio 2020.

PFOHL, Hans-Christian; YAHSI, Burak; KURNAZ, Tamer. Concept and diffusion-factors of industry 4.0 in the supply chain. In: **Dynamics in Logistics**. Springer, Cham, 2017.

PORTER, Michael E.; HEPPELMANN, James E. How smart, connected products are transforming companies. **Harvard business review**, 2015.

RAFAEL, R.; SHIRLEY, A. J.; LIVERIS, A. Report to the president accelerating US advanced manufacturing. Report, US. 2014.

RATASUK, Rapeepat et al. Narrowband LTE-M system for M2M communication. In: 2014 IEEE 80th **vehicular technology conference (VTC2014-Fall)**. IEEE, 2014. p. 1-5.

SANTOS, Bruno P. et al. Internet das coisas: da teoria à prática. **Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**, p. 31, 2016.

SCHUH, Günther et al. Industrie 4.0 Maturity Index. **Managing the Digital Transformation of Companies**. Munich: Herbert Utz, 2017.

SOMMER, Lutz. Industrial revolution-industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution?. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 8, n. 5, p. 1512-1532, 2015.

SOUSA, Flávio RC; MOREIRA, Leonardo O.; MACHADO, Javam C. Computação em nuvem: Conceitos, tecnologias, aplicações e desafios. **II Escola Regional de Computação Ceará, Maranhão e Piauí (ERCEMAPI)**, 2009.

STOCK, Tim et al. Industry 4.0 as enabler for a sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential. **Process Safety and Environmental Protection**, 2018.

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>>.

TAO, Fei et al. Data-driven smart manufacturing. **Journal of Manufacturing Systems**, 2018.

TURNER, Christopher J. et al. Discrete event simulation and virtual reality use in industry: new opportunities and future trends. **IEEE Transactions on Human-Machine Systems**, 2016.

WHAT Is ERP Today? Developed by SAP. Disponível em: <https://insights.sap.com/what-is-erp/?sred=glo-products-whatiserp>. Acesso em: 15 jul. 2020.

WANG, Shiyong et al. Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, 2016.

WESTMORELAND, Phillip. *NC State to Lead Southeast Manufacturing Innovation Hub | NC State News | NC State University*. Disponível em: <<https://news.ncsu.edu/2016/06/southeast-manufacturing-innovation-hub-2016/>>. Acesso em: 04 mar. 2020.

YU, Chunyang; XU, Xun; LU, Yuqian. Computer-integrated manufacturing, cyber-physical systems and cloud manufacturing—concepts and relationships. **Manufacturing letters**, 2015.

ZHONG, Ray Y. et al. Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. **Engineering**, 2017.

APÊNDICE A

Protocolo Entrevistas Semiestruturadas:

Introdução: Baseado em uma revisão de literatura, foram selecionadas tecnologias da Indústria 4.0 para que informações sobre uma unidade de estudo real possam ser coletadas.

Objetivo geral da entrevista: Analisar como a empresa se adequa aos tópicos citados, de maneira construtiva e direta, demonstrando detalhadamente a importância e relevância da implementação das melhorias e adaptações propostas. O foco da entrevista é poder analisar qual é a familiaridade da unidade de pesquisa com as tecnologias que possibilitam a evolução para a Indústria 4.0.

Antes do início das entrevistas:

Nome, cargo na empresa, principais funções e atividades exercidas, expectativas e conclusões sobre possíveis mudanças e progresso interno.

Após o término da leitura de cada pergunta, realizar se necessário a explicação de cada tema que está sendo perguntado, com fim de haver um entendimento como um todo de ambas as partes.

Pergunta 1:

Qual categoria pertence a sua empresa?

Pergunta 2:

Qual o número de funcionários da sua empresa?

Pergunta 3:

Qual o faturamento anual médio da sua empresa?

Pergunta 4:

Como se dá a concorrência no setor em nível nacional?

Pergunta 5:

As empresas concorrentes já tem praticas convergentes com as ideologias da Indústria 4.0?

Pergunta 6:

De forma geral e ampla, falar sobre as principais dificuldades atuais e os desafios futuros que a empresa possui, abrangendo todos os setores nela existentes.

Pergunta 7:

Como você considera o alinhamento das estratégias culturais e organizacionais de sua empresa com a Indústria 4.0.

Pergunta 8:

Como você considera o alinhamento das tecnologias de TI, integração de sensores, ferramentas de análise de dados, sistemas, IoT, de sua empresa com a Indústria 4.0.

Pergunta 9:

Quão avançada é a digitalização de equipamentos de produção de sua empresa?

Pergunta 10:

Como você avalia o uso que sua empresa faz de *cloud computing* (computação na nuvem, uso de armazenamento em ambientes virtualizados e uso de sistemas digitais).

Pergunta 11:

Como você avalia a capacidade de uma empresa adaptar-se as mudanças?

Pergunta 12:

Você tem visão em tempo real da produção de sua empresa, e pode reagir dinamicamente a uma mudança de demanda?

Pergunta 13:

O quão importante você considera as novas tecnologias, como por exemplo automação de tarefas repetitivas, mobilidade, análise de dados, computação em nuvem, para facilitar as operações?

Pergunta 14:

Como é a relação da empresa com a utilização de sensores e atuadores nas máquinas?

Pergunta 15:

Se existir, que tipos de sensores existem nas máquinas?

Pergunta 16:

Que tipo de informações são coletadas com esses sensores?

Pergunta 17:

Como essas informações auxiliam no processo produtivo?

Pergunta 18:

Sabemos que num futuro próximo a tendência da indústria é a automatização, existem planos para a automação das máquinas que não possuem ainda?