

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

**JULIANA AMARAL OLIVEIRA**

**INTEGRAÇÃO INTERFUNCIONAL 4.0 EM PROCESSOS DE  
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS**

**UBERLÂNDIA**

**2019**

**JULIANA AMARAL OLIVEIRA**

**INTEGRAÇÃO INTERFUNCIONAL 4.0 EM PROCESSOS DE  
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Organizacional da Faculdade de Gestão e Negócios da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Gestão Organizacional.

Área de Concentração: Gestão Organizacional

Linha de Pesquisa: Gestão Organizacional

Orientador: Prof. Dr. Márcio Lopes Pimenta

**UBERLÂNDIA**

**2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

O48i  
2019      Oliveira, Juliana Amaral, 1984-  
            Integração interfuncional 4.0 em processos de desenvolvimento de  
            produtos [recurso eletrônico] / Juliana Amaral Oliveira. - 2019.

Orientador: Márcio Lopes Pimenta.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de  
Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Gestão Organizacional.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.3005>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Administração. 2. Indústria - Produtos e processos. 3. Integração  
funcional. I. Pimenta, Márcio Lopes, 1977-, (Orient.). II. Universidade  
Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Gestão  
Organizacional III. Título.

CDU: 658



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Gestão Organizacional  
 Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 5M, Sala 109 - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
 Telefone: (34) 3239-4525 - www.fagen.ufu.br - ppggo@ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Gestão Organizacional				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Profissional, 51, PPGGO				
Data:	vinte e oito de novembro de dois mil e dezenove	Hora de início:	09:00	Hora de encerramento:	[11:00]
Matrícula do Discente:	11722GOM010				
Nome do Discente:	Juliana Amaral Oliveira				
Título do Trabalho:	Integração interfuncional 4.0 em processos de desenvolvimento de produtos				
Área de concentração:	Gestão Organizacional				
Linha de pesquisa:	Gestão Empresarial				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	-				

Reuniu-se na Sala 223, Bloco 1F, Campus Santa Mônica, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Gestão Organizacional, assim composta: Professores Doutores: [Márcio Lopes Pimenta, FAGEN/UFU](#), orientador da candidata; Luciana Oranges Cezarino - FAGEN/UFU e Pedro Carlos Oprime - UFSCAR.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. Márcio Lopes Pimenta, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu à Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de [Mestre](#).

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Márcio Lopes Pimenta, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/11/2019, às 11:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Luciana Oranges Cezarino, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/11/2019, às 11:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Pedro Carlos Oprime, Usuário Externo**, em 03/12/2019, às 15:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1713712** e o código CRC **3CAABE0E**.

---

## AGRADECIMENTOS

À minha filha Alice, que chegou durante minha trajetória no mestrado, tornando meus dias mais felizes, mais produtivos e me ensinou o verdadeiro significado das palavras força e amor.

Ao meu marido André, por ser um companheiro que sonha junto, me incentiva e esteve comigo nos momentos em que precisei seguir com os meus compromissos mesmo com nossa Alice recém-nascida.

À minha mãe Ione, por todo apoio e amor que sempre dedicou a mim. Minha referência de força e atitude!

Ao meu orientador, o Prof. Dr. Márcio Lopes Pimenta, pela dedicação, apoio, paciência e compreensão em todo meu caminhar.

À Universidade Federal de Uberlândia UFU, à Faculdade de Gestão de Negócios FAGEN e a todos os professores que contribuíram e colaboraram na minha tão sonhada formação como mestre.

A todos os meus amigos e familiares que de alguma maneira contribuíram, incentivaram e me apoiaram durante este período.

Aos colegas da segunda e terceira turma do mestrado profissional em Gestão Organizacional, pelos bons momentos em sala de aula e pela oportunidade de conviver e trocar experiências. Em especial, à Thais Moura Martins, que se tornou grande amiga e parceira profissional!

Ao Cnpq, pelo apoio por meio dos projetos 407896/2018-0 e 314095/2018-7.

À Fapemig, pelo apoio por meio do projeto PPM-00074-17.

## RESUMO

As transformações em direção à digitalização de processos ocorridas na Indústria contribuirão para o movimento das organizações no sentido de inovar e repensar formas de se trabalhar em colaboração e parcerias, desde o atendimento às exigências dos clientes à criação de produtos e serviços cada vez mais inteligentes, meio pelo qual as empresas aumentam sua força competitiva. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é caracterizar as iniciativas de integração interfuncional em processos de desenvolvimento de produtos e como esses elementos podem ser estudados nas empresas que utilizam as tecnologias da Indústria 4.0. Desse modo, foi realizado uma revisão sistemática para caracterização da literatura sobre iniciativas de integração funcional nos processos de desenvolvimento de produtos no contexto das tecnologias da Indústria 4.0 em duas das principais bases de dados internacionais (*Scopus e Web of Science*), e análise inicial dos documentos foi realizada por meio da utilização do software VOSViewer, para construção e visualização de redes bibliométricas. Posteriormente, foi elaborada uma análise de conteúdo dos artigos selecionados pós critérios que mencionavam fatores de integração interfuncional em processos de desenvolvimento de produtos no ambiente das *smart factories* (fábricas inteligentes). Apenas 16 artigos citam integração interfuncional além de que a maioria dos periódicos é de natureza técnica e não gerencial, destacando a necessidade de desenvolver pesquisas em uma perspectiva mais gerencial da Indústria 4.0. A razão disso é que, atualmente, há mais foco no desenvolvimento de tecnologias do que na geração de cooperação entre os diferentes componentes do processo de desenvolvimento de produtos.

**Palavras-chave:** Integração Interfuncional. Desenvolvimento de Produtos. Indústria 4.0.

## ABSTRACT

The transformations towards the digitalization of processes that take place in Industry will contribute to the movement of organizations to innovate and rethink ways of working in collaboration and partnerships, from meeting customer demands to creating ever smarter products and services, means by which companies increase their competitive strength. In this sense, the objective of this paper is to characterize the initiatives of cross-functional integration in product development processes and how these elements can be studied in companies using Industry 4.0 technologies. Thus, a systematic review was performed to characterize the literature on functional integration initiatives in product development processes in the context of Industry 4.0 technologies in two of the main international databases (Scopus and Web of Science), and initial analysis of the the documents were performed by using the VOSViewer software for construction and visualization of bibliometric networks. Subsequently, a content analysis of the selected articles was made after criteria that mentioned factors of cross-functional integration in product development processes in the smart factories environment. Only 16 articles cite cross-functional integration and most journals are technical and non-managerial in nature, highlighting the need to develop research from a more managerial perspective of Industry 4.0. The reason is that there is currently more focus on technology development than on generating cooperation between the different components of the product development process.

**Keywords:** Interfunctional Integration. Product Development. Industry 4.0.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

CPS	<i>Cyber Physical System</i> / Sistemas Ciber-Físicos
DNP	Desenvolvimento de novos produtos
DP	Desenvolvimento de produtos
<i>IoT</i>	Internet das Coisas
LP	<i>Lean Production</i>
PDP	Processo de desenvolvimento de produtos
PLM	<i>Product Lifecycle Management</i>
SCM	Gestão da Cadeia de Suprimentos
SM	<i>Smart Manufacturing</i>
TI	Tecnologia da informação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Revoluções Industriais	13
Figura 2 – Tecnologias da Indústria 4.0.	16
Figura 3 – Mapa de co-ocorrência dos termos <i>Industry 4.0</i> e <i>Product Development</i> , extraídos da base de dados <i>Web of Science</i> .	24
Figura 4 – Mapa de co-ocorrência dos termos <i>Cross-functional Integration</i> e <i>Product Development</i> extraídos da base de dados <i>Web of Science</i> .	25
Figura 5 – Mapa de co-ocorrência dos termos <i>Cross-functional Integration</i> e <i>Product Development</i> mais <i>Industry 4.0</i> e <i>Product Development</i> extraídos da base de dados <i>Web of Science</i> .	26
Figura 6 – Mapa de co-ocorrência dos termos <i>Industry 4.0</i> e <i>Product Development</i> , extraídos da base de dados <i>Scopus</i> .	27
Figura 7 – Mapa de co-ocorrência dos termos <i>Cross-functional Integration</i> e <i>Product Development</i> mais <i>Industry 4.0</i> e <i>Product Development</i> , extraídos da base de dados <i>Scopus</i> .	28
Figura 8 – Fluxograma de processos de filtro de documentos para análise de conteúdo.	29
Figura 9 – Mapa de co-ocorrência dos termos <i>Industry 4.0</i> e <i>Product Development</i> , dos 16 artigos selecionados na revisão sistemática de literatura.	30
Figura 10 – Tipo de estudo encontrado anterior à aplicação dos filtros de seleção	31
Figura 11 – <i>Framework</i> dos impactos gerados a partir da combinação de fatores de integração com o uso de tecnologias 4.0 no desenvolvimento de produtos.	36

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – Fatores de Integração (PIMENTA, 2019)	19
Tabela 1 – Resultados da co-ocorrência das palavras-chave na construção dos mapas de rede bibliométricas no VosViewer	22
Tabela 2 – Contexto dos objetivos	32
Quadro 2 – Fatores de Integração	33
Tabela 3 – Métodos de Pesquisa dos artigos selecionados	34
Tabela 4 – Revistas dos artigos selecionados	35

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	9
1.1 Problematização.....	11
1.2 Objetivos.....	12
1.2.1 Objetivo Geral.....	12
1.2.2 Objetivos específicos .....	12
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	13
2.1 Indústria 4.0 .....	13
2.1.1 Tecnologias da Indústria 4.0.....	15
2.2 Desenvolvimento de produtos. ....	16
2.2.1 Desenvolvimento de Produtos na Indústria 4.0 .....	17
2.3 Integração Interfuncional.....	18
<b>3 ASPECTOS METODOLÓGICOS</b> .....	21
3.1 Elaboração de redes bibliométricas no software VosViewer .....	22
3.2 Metodologia das revisões sistemáticas de literatura .....	28
<b>4 ANÁLISES DOS RESULTADOS</b> .....	31
4.1 Tipo de publicação.....	31
4.2 Ano de publicação .....	31
4.3 Contexto do objetivo.....	32
4.4 Fatores de Integração presentes no processo de desenvolvimento de produtos .....	33
4.5 Métodos de Pesquisa aplicados dos artigos selecionados .....	34
4.6 Revistas.....	34
<b>5 FRAMEWORK</b> .....	36
<b>6 AGENDA DE PESQUISA</b> .....	39
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	40
7.1 Implicações práticas.....	40
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	42

## 1 INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0, também nomeada de quarta revolução industrial, (SCHWAB, 2016), é protagonista de uma série de mudanças ocorridas nas formas e práticas de trabalho das organizações, por meio do desenvolvimento da Internet, de sensores mais potentes, softwares e hardwares cada vez mais sofisticados, o volume de dados, além da capacidade das máquinas aprenderem e colaborarem criando gigantescas redes de “coisas” (*IoT* - Internet das Coisas). Essas transformações iniciam uma revolução na indústria (COSTA, 2017) gerando impacto na competitividade das empresas, na sociedade e na economia.

O movimento global da Indústria 4.0, mesmo que ainda possua uma configuração discrepante entre os países, foi impulsionado, em 2011, pelo governo alemão na feira de Hannover, como estratégia de competitividade e propósito de liderar as ações de inovação tecnológica e reposicionamento do país frente às novas tecnologias, até o ano de 2020. (HEIDRICH; FACÓ; REIS, 2017)

Dentre as características fundamentais que diferem esta revolução das anteriores, destaca-se a integração vertical dos sistemas de produção inteligente, no qual as fábricas inteligentes, *smart manufacturing*, (SM), uma particularidade da Indústria 4.0, trabalham de forma integrada, em rede, por meio de sistemas de produção *cyber-physical* (CPS – *Cyber Physical System*) (MACDOUGALL, 2014). O foco desta característica é a capacidade de integração da cadeia, envolvendo soluções inteligentes para logística, mobilidade, rede, serviços de marketing das organizações envolvidas, resultando na geração de valor para o cliente por meio da agilidade de produção e lançamento de produtos no mercado.

Outra característica da Indústria 4.0, indicada por Macdougall (2014), é a atenção dedicada ao ciclo de vida do produto, como parte das atividades estratégicas desempenhadas na cadeia de valor das empresas. Altera-se o foco do processo de fabricação e preocupa-se, com a mesma importância, com o processo de produção tanto quanto o produto final, tendo em vista que a criação de valor na oferta de produtos e serviços é desafio propulsor na era da quarta revolução industrial.

As grandes transformações ocorridas na Indústria devido ao uso da tecnologia, contribuirão para o movimento das organizações no sentido de inovar e repensar formas de se trabalhar em colaboração e parcerias, de atendimento às exigências dos clientes e criação de produtos e serviços cada vez mais inteligentes.

Todas essas mudanças podem ser alcançadas pela automação inteligente e reorganização do trabalho dentro do sistema de produção das fábricas inteligentes, com foco

em produtos customizados e a rapidez de lançamento destes produtos no mercado (BRETTELL *et al.*, 2014). Essa reorganização do trabalho requer o desenvolvimento de habilidades para lidar com a interação entre equipamentos e pessoas, integração de máquinas com máquinas, análise de grande quantidade de dados e a necessidade de otimização das linhas de produção e consequentemente o desenvolvimento de novos produtos (PIMENTA, 2019).

A personalização dos produtos pelos consumidores, tende a ser mais uma variável no processo de fabricação e as fábricas inteligentes terão que ser capazes de personalizar o que o cliente deseja adaptando-se às suas escolhas, e mais uma vez, a Indústria 4.0 tem como característica integrar processos e design de produção usando a informação e internet para criar produtos inteligentes (SANTOS *et al.*, 2017).

O desenvolvimento de novos produtos (DNP) pode ser um processo minucioso pelo qual as empresas mantêm ou aumentam a sua força competitiva. O desafio reside na complexidade desses processos, que são suportados por modelos antigos e envolve atividades paralelas e sequenciais e integra praticamente todas as funções e setores da organização. (BUSS, 2002).

Contudo, muitas empresas, nos dias atuais, estão redirecionando seus esforços na elaboração de produtos para o desenvolvimento de ciclos menores, multifuncionalidade e integração entre departamentos. Em resposta à necessidade de diminuir os ciclos de desenvolvimento e inovação, as fases do desenvolvimento de produtos tornaram-se simultâneas (ECHEVESTE; RIBEIRO, 2010).

Em um dos seus trabalhos, Zancul (2009) apresentou a importância da gestão do ciclo de vida dos produtos ou *Product Lifecycle Management* (PLM) por meio de sistemas eficazes adaptados aos modelos de negócio das organizações, e elaboração de um *framework* como referência para escolhas desses sistemas de maneira integrada, pois, de acordo com o autor, o PLM tende a aumentar o nível de integração dos processos, informações e pessoas envolvidas ao longo do ciclo de vida do produto, desde a ideia inicial até a disposição do produto, resultando a partir desta integração em benefícios como redução de tempo de desenvolvimento e diminuição de custos.

Como o desenvolvimento de novos produtos tem sido uma preocupação constante das empresas, em conjunto às exigências presentes na era da Indústria 4.0, as fábricas inteligentes se convertem a um uso intensivo de técnicas computacionais avançadas e que integram projeto, gestão e manufatura (GUIMARÃES FILHO; GARCEZ, 2013), e, ainda que o processo de desenvolver produtos é uma maneira da empresa converter ideias e oportunidades

em produtos e serviços. Para que isso ocorra, é necessário o cumprimento de etapas bem definidas e administração de pessoas e recursos, por meio da integração interfuncional entre setores e atividades. (ECHEVESTE; RIBEIRO, 2010).

A natureza da integração interfuncional é definida pelas escolhas que a empresa faz sobre a organização do trabalho dos grupos, seu nível de autonomia, grau de paralelismo das atividades, formas de comunicação, entre outras (ZANCUL; MARX; METZKER, 2006). E esta integração está diretamente relacionada à alteração nos processos de desenvolvimento de produtos neste contexto de fábricas inteligentes, na qual a Indústria 4.0, caracterizada pelo alto uso da tecnologia, requer destas organizações novas formas de colaboração, interação, e desenvolvimento de capacidades a fim de se destacarem no mercado, em forma de vantagem competitiva. Isto posto, há um estímulo crescente na prática de desenvolvimento de produtos e a dinâmica de integração interfuncional no contexto da Indústria 4.0, pois com as fábricas inteligentes, formas inovadoras de colaboração entre pessoas, setores e máquinas devem surgir, remodelando as perspectivas de interação. As mudanças exigidas nestes padrões de cooperação têm atraído a atenção de gestores e estudiosos no cenário da Indústria 4.0 pois está rigorosamente associado ao desempenho das organizações e suas equipes, pois, “disfunções de integração interfuncional podem causar problemas no atendimento das necessidades dos clientes, problemas no lançamento de novos produtos, não adequação no valor entregue, bem como, custos excessivos” (PIMENTA; SILVA; YOKOYAMA, 2011).

## **1.1 Problematização**

De acordo com Tortorella e Fettermann (2017), devido às tendências do mercado e às mudanças no perfil dos clientes, as empresas de manufatura necessitarão inserir progressivamente seus processos e produtos na era da quarta revolução industrial para permanecerem competitivas e atender aos novos requisitos de agregação de valor.

Para se posicionarem competitivamente no ambiente da Indústria 4.0, as mudanças primárias devem ocorrer internamente na estrutura da organização, bem como em sua cultura, formas de cooperação entre equipes, meios de compartilhamento de informações ao longo da cadeia de valor, interação entre pessoas, máquinas e sistemas. Na perspectiva das fábricas inteligentes, a seguinte pergunta de pesquisa é proposta: como a integração interfuncional 4.0 pode ser estudada em processos de desenvolvimento de produtos?

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é caracterizar, por meio da literatura científica, as iniciativas de integração interfuncional em processos de desenvolvimento de produtos, e como essas relações podem ser estudadas nas empresas que utilizam as tecnologias da Indústria 4.0.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- **Identificar** o estado de conhecimento sobre os temas Indústria 4.0 e desenvolvimento de produtos (DP), por meio de revisão sistemática da literatura, e os principais mecanismos de integração utilizados em processos de DP.
- **Identificar** na literatura os principais pontos de convergência entre Indústria 4.0 e Desenvolvimento de Produtos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

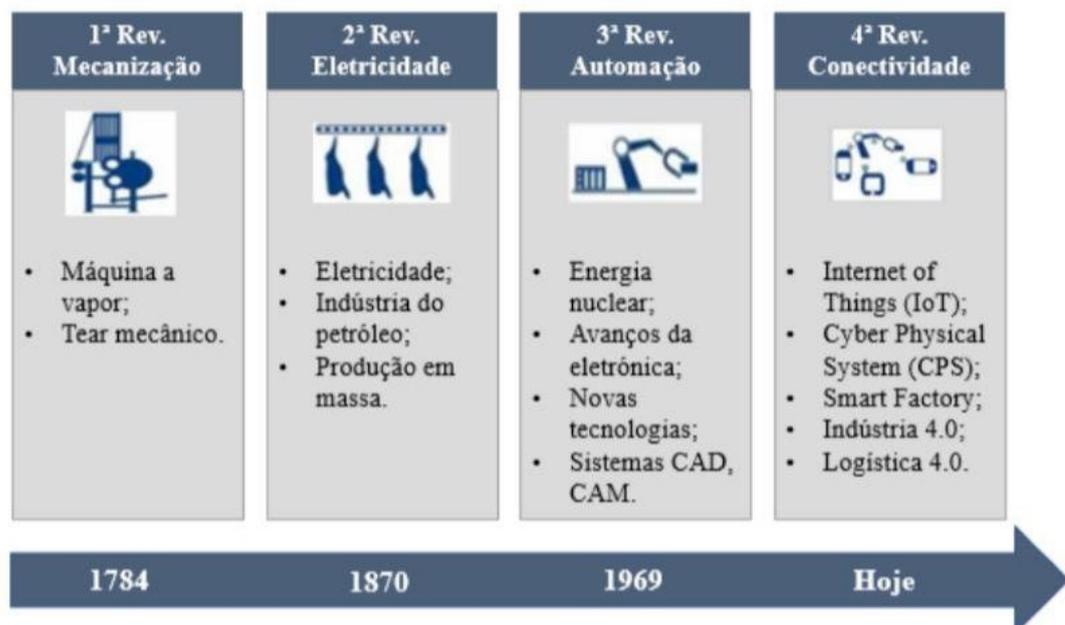
A seguir é apresentado um referencial teórico preliminar, que aborda a literatura sobre Indústria 4.0, desenvolvimento de produtos e os principais conceitos sobre integração interfuncional.

### 2.1 Indústria 4.0

A Indústria 4.0 representa a evolução natural dos sistemas industriais anteriores, iniciando-se pela mecanização do trabalho até a automação nos dias, englobando um conjunto de tecnologias de ponta ligadas à internet com propósito de tornar os sistemas de produção mais flexíveis e colaborativos. Contudo, as empresas que pretendem migrar para a Indústria 4.0 devem avaliar suas capacidades e adequar suas estratégias considerando a complexidade e contingência do ambiente em que se encontra. (SANTOS *et al*, 2018).

A Figura 1 representa o progresso da indústria acerca de seus mecanismos de produção e interação com a tecnologia.

Figura 1 - Revoluções Industriais.



Fonte: Santos *et al* (2018)

Apesar das grandes evoluções na indústria, no ambiente das fábricas inteligentes, alguns requisitos se tornaram primordiais e exigem mudanças na maneira como as pessoas

interagem com outras, com as máquinas, e com a grande análise de dados e informações provenientes da Internet, tornando desafiador os processos de gestão, integração interfuncional, e desenvolvimento de produtos e serviços no atendimento às necessidades do cliente (PIMENTA, 2019). Essas alterações na forma de interação são importantes, pois a tecnologia favorece a tomada de decisões e a sintonia da relação homem-máquina, quando eficaz, a sua aplicação, essa permite ganhos em produtividade, qualidade e rentabilidade, pois alia a tecnologia avançada com a gestão e controle (MORAIS; MOURA. DENANI, 2018).

A conectividade e interação das coisas, criando serviços de valor perceptível para o cliente, é um dos mais fortes suportes da revolução que aí vem, abrindo um mundo de oportunidades e desafios.

As fábricas inteligentes (*smart factories*) surgiram na era da Indústria 4.0 e têm como características adotar a combinação de tecnologia física e *cyber* tecnologia, integrando sistemas antes independentes, e tornando as tecnologias envolvidas mais complexas e precisas do que são recentemente (CHEN *et al*, 2017). O autor também corrobora com a ideia que a composição de pessoas, habilidades e a cooperação em vários níveis são necessários para a implementação das fábricas inteligentes. Por meio da interação homem-máquina, é construído o processo colaborativo de fabricação inteligente, orientado a pedidos e para o mercado.

Um estudo feito por Tortorella e Fettermann (2017) relacionou a implementação das práticas de *Lean Production* (LP), ou produção enxuta, com as tecnologias da Indústria 4.0 e o nível de desempenho operacional das organizações, pois a implementação do LP preza pela simplicidade e eficácia dos processos juntamente com uma visão de compartilhamento entre as partes da organização, além de enfatizar a necessidade de envolver e capacitar os funcionários para que eles se tornem agentes de mudança em seu local de trabalho, independentemente do nível hierárquico ou função.

Com o advento da Indústria 4.0, a aplicabilidade do LP adquirirá uma importância especial. É provável que seus princípios e práticas se tornem mais relevantes à medida que a nova revolução industrial possibilite entender melhor a estrutura da demanda dos clientes e agilize o processo de troca de dados e informações em toda a cadeia de valor. Portanto, encontrar o equilíbrio adequado para a mudança pode ser a chave para competir com sucesso nesse cenário paradoxal em que a tecnologia e a simplicidade baseada em humanos devem existir simultaneamente (TORTORELLA; FETTERMANN, 2017).

### 2.1.1 Tecnologias da Indústria 4.0

O desenvolvimento e integração da automação digital da produção por meio de eletrônicos, tecnologia da informação (TI) e robôs industriais levaram à evolução dos sistemas de manufatura integrada por computador atualmente denominados Sistemas Ciber-Físicos (CPS) (TORTORELLA; FETTERMANN, 2017). Logo, a identificação de uma associação positiva entre a implementação de práticas de LP e tecnologias da Indústria 4.0 aos resultados de excelência operacional, vem a fornecer argumentos aos gerentes e profissionais para aprimorar seus processos de negócios e lapidar sua cultura organizacional conforme princípios e práticas de LP, ao mesmo tempo em que introduzem tecnologias CPS e Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) de maneira colaborativa. Os autores apresentaram evidências empíricas que esta associação positiva pôde ser observada nas empresas pesquisadas, independentes de seu tamanho ou grau de implementação de ambas as abordagens.

Uma grande variedade de tecnologias está surgindo e apresentando uma série de possibilidades na manufatura digital. Possibilidades estas que abarcam um leque de utilidades das tecnologias nos processos de produção e compartilhamento de informações necessárias ao desempenho das fábricas inteligentes na entrega de seus produtos inteligentes ao consumidor.

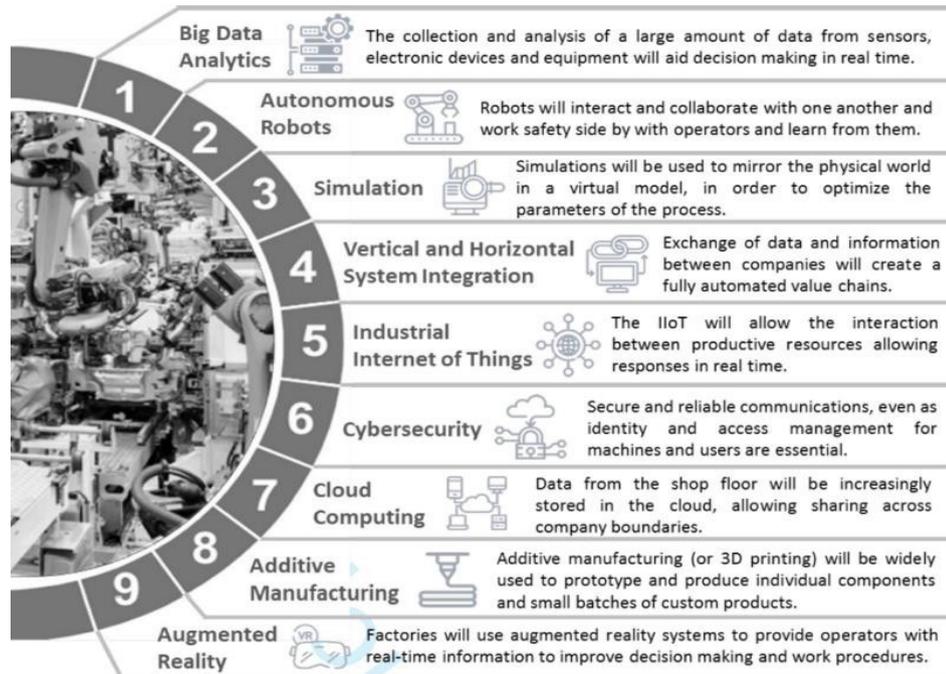
Segundo Brettel *et al* (2014), o aprimoramento dos processos de desenvolvimento de produtos se dá pelo uso das tecnologias da Indústria 4.0, uma vez que devido à rapidez no compartilhamento de informações, o produto é colocado no mercado com tempo reduzido.

A integração de informações entre os processos de demanda e oferta de produtos e seu gerenciamento em tempo real como objetivo fim de criação de valor para o cliente aponta a importância destes processos como estratégia e organizacional (ESPER *et al*, 2009).

Pimenta (2019), em seu estudo bibliométrico, identificou a influência das tecnologias na era 4.0 no desenvolvimento de produtos e suas associações com fatores de integração que permitem integrar funções como os sistemas de desenvolvimento de produtos virtual compartilhado, responsáveis pelas diversas fases dos projetos de novos produtos, dentre eles, design de produto, teste, lançamento, etc. Esses sistemas funcionam com base na simulação de informações obtidas em projetos anteriores, dados acumulados na base linha de produção e inserção de novas ideias obtidas em conjunto por integrantes de várias funções.

A figura 2 representa as principais tecnologias que caracterizam a Indústria 4.0 em suas peculiaridades.

Figura 2 – Tecnologias da Indústria 4.0.



Fonte: Adaptado de Rübmann *et al* (2015)

## 2.2 Desenvolvimento de produtos

O processo de desenvolvimento de produtos (PDP) é iniciado com a decisão de desenvolver um novo produto e se estende até o seu lançamento no mercado. (ZANCUL, 2009). Além do que, aborda a transformação de requisitos de mercado e de clientes em especificações de produtos, sendo uma função chave no sistema de produção de uma organização. (ANDRADE; FERNANDES, 2018).

O PDP lida com uma dicotomia específica: deve ser um processo criativo para que os novos produtos estimulem novas oportunidades de mercado para a empresa, porém pragmático para que as tecnologias dominadas pela empresa e suas estruturas de marketing e manufatura sejam fomentadas, visto que são áreas funcionais com orientações antagônicas em suas especificidades de atividades, cada qual com seu objetivo a ser desempenhado. Daí então, o grande desafio em aplicar melhorias de processos, e gestão de PDP. Os dados apresentaram que a percepção de melhoria nos processos de DP e a avaliação do desempenho dependeram fortemente da posição do entrevistado na estrutura organizacional da empresa investigada (BARBALHO; ROZENFELD, 2010).

Uma pesquisa realizada com mais de 200 indústrias que desenvolveram produtos nos últimos 5 anos anteriores ao estudo e com investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento,

apontou a sinergia entre integração e desenvolvimento de produtos, uma vez que a eficácia da integração interfuncional em conjunto com informações registradas no passado resultam em melhor desenvolvimento de protótipo e proficiência no lançamento do produto, sendo assim, a falha em registrar adequadamente as informações de projetos anteriores, juntamente com uma integração fraca, tende a resultar em decisões defeituosas (SHERMAN; BERKOWITZ; SOUDER, 2005).

Resultados de estudos sustentam que a integração interdepartamental no PDP assume uma característica contingencial, na qual a complexidade de projeto influencia esses esforços de integração. Os projetos de inovação radical podem requerer maiores esforços de integração interdepartamental, com a maior participação de equipes atuantes em áreas técnicas e tecnológicas. Já os projetos de inovação incremental podem requerer menores esforços de integração, o que pode favorecer até mesmo a agilidade do projeto (ARAUJO; JUGEND, 2016).

Aspectos relacionados à integração da equipe de desenvolvimento estão relacionados à um melhor desempenho no gerenciamento de novos produtos, abrangendo intenso envolvimento na fabricação, um ambiente de trabalho colaborativo, influência do fornecedor no design do produto e forte acompanhamento na gestão do projeto (SWINK, 1999).

Silva e Zawislak (2007) certificam o conceito de desenvolvimento integrado de produtos, no qual ocorre a combinação entre a organização interna (formação de times de desenvolvimento, formas de comunicação que estimula a agilidade na troca de informações e consequente realização de atividades simultâneas) e a organização externa (participação de clientes e fornecedores na otimização dos processos) porém, este conceito só será efetivo pós sensibilização dos agentes internos quanto à importância da atividade de desenvolver produtos e a necessidade de participação de todos. Os autores também ressaltaram a importância na mudança da cultura organizacional da organização para melhorias no desenvolvimento integrado dos produtos.

### **2.2.1 Desenvolvimento de Produtos na Indústria 4.0**

Estudos acerca de desenvolvimento dos produtos no contexto da Indústria 4.0 ainda são recentes. É evidente que as fábricas inteligentes (*smart factories*) e as tecnologias da Indústria 4.0 favorecem os processos de DP, orientação para o mercado, foco das necessidades do cliente, todavia os desafios são grandes ao longo da trajetória das empresas que decidem caminhar para as estratégias das *smart factories*. Isto porque elas devem estar

preparadas estruturalmente, culturalmente e tecnologicamente para as mudanças exigidas na era da Indústria 4.0. Tais alterações devem contemplar análises de dados, visão sistêmica, aquisição de habilidades e mudanças de comportamentos. Desafios ainda pouco estudados no cenário da Indústria 4.0. Isso ocorre porque há mais foco no desenvolvimento de tecnologias do que na geração de cooperação entre os diferentes componentes do processo. (PIMENTA; SILVA; TATE, 2016)

Algumas vantagens da inserção de tecnologias em relação aos processos de DP é a facilidade em coletar dados do produto por meio da Internet das coisas (IOT). Durante os estágios de fabricação, o *Big Data* potencializa a eficácia das etapas de funções logísticas, armazenamento e vendas. Analiticamente, o *Big data* é utilizado nas fases de design do produto, previsão das demandas e tendência de dados, todavia, a otimização de design de produto baseada em big data requer conhecimento multidisciplinar (CHEN *et al*, 2017).

### 2.3 Integração Interfuncional

Frankel e Molenkopf (2015) referem à Integração como um processo de interação interdepartamental e de colaboração em que múltiplas funções trabalham juntas de maneira cooperativa para alcançar resultados mutuamente aceitáveis para a sua organização.

A integração interdepartamental une os departamentos em uma organização coesa (KAHN; MENTZER, 1996), e é composta por dois processos distintos que formam o pilar da integração: (1) a interação, que representa os aspectos de comunicação associados às atividades interdepartamentais como trocas de informações verbais e documentadas, sendo um aspecto tangível e facilmente monitorado; e, (2) a colaboração interdepartamental, um aspecto intangível, menos facilmente regulável. Na filosofia de colaboração, relações contínuas entre departamentos são reforçadas, há ênfase no alinhamento estratégico dos departamentos por meio de uma visão compartilhada, objetivos coletivos e recompensas conjuntas, juntamente com foco em uma estrutura informal para gerenciar relacionamentos (KAHN; MENTZER, 1996).

Estudos mostram a influência da Gestão da Cadeia de Suprimentos (SCM) na reintegração entre as áreas de marketing e logística e suas atividades específicas (SVENSSON, 2002), e, acerca de melhorias na integração multifuncional entre os departamentos de marketing e logística para o avanço no desempenho de SCM, alguns trabalhos apontam que o comportamento colaborativo é baseado na cooperação (disposição), e não na conformidade (requisito) das atividades (ELLINGER, 2000).

A cultura organizacional, a comunicação, a estrutura e os sistemas de informação desempenham papel importante na integração interna das fábricas, em áreas como operações, compras e logística, facilitando ou inibindo o desempenho. O alinhamento e o consenso são elementos de percepção dos gestores no reconhecimento da integração interfuncional. Cada função precisa estar estrategicamente integrada ao todo para que uma empresa seja competitiva. As estratégias funcionais devem apoiar a estratégia de negócios. Gerentes que não sabem como as decisões estratégicas são tomadas em outras funções podem não ser totalmente integrados (PAGELL, 2004).

Estudos teóricos corroboram com a ideia de que a integração se dá em torno de uma sequência de atividades, por exemplo, um processo, requerendo infraestruturas e processos organizacionais que permitam o processamento efetivo e preciso da informação (FRANKEL; MOLENKOPF, 2015).

Oliva e Watson (2011) comprovaram que as organizações podem ser capazes de desenvolver a integração e compartilharem do planejamento mesmo que as funções internas mantenham suas diferentes orientações e incentivos. Por meio de relatório e reuniões, as empresas adquirem um certo grau de formalidade, relacionando positivamente com um bom resultado no desenvolvimento de novos produtos (GIMENEZ, 2006). Contudo, o autor corrobora que um nível elevado de integração interfuncional se dá inicialmente pela melhoria nos processos da cadeia de suprimento.

A intensidade do relacionamento entre as funções internas, a existência mútua de informações formais e informais e ausência de manifestação de conflitos são fatores de existência de bom desempenho de integração interfuncional (FERREIRA; PIMENTA; WLAZLAK, 2019).

O quadro 1 apresenta os fatores de integração presentes na literatura sobre Integração Interfuncional, conforme estudo bibliométrico realizado por Pimenta (2019), tais como compartilhamento de informações, de visão, equipes multifuncionais, confiança. Contudo, no contexto da Indústria 4.0, no qual há utilização das tecnologias, alguns fatores se distanciam entre teoria e prática, pois há uma nova dinâmica a ser explorada no que se refere à integração interfuncional como relações interpessoais e de poder, uma vez que as máquinas também têm seu papel preponderante no ambiente das fábricas inteligentes.

Quadro 1 – Fatores de Integração (PIMENTA, 2019)

Fatores de Integração	Autores
Information systems connected to machines	Roy et al, (2016).; Wang and Wang (2016); Liu <i>et al</i> (2017).; Moeuf et al

	(2017); And oesterreich Teuteberg (2016); Candy and Beltagui (2018)
	Papazoglou, van den Heuvel and Mascolo (2015); Hehenberger et al (2016); Mauerhoefer, Strees Brettel (2017); Müller, Buliga and Voigt (2018); Neirotti and Raguseo Paolucci (2018)
Shared virtual PD systems	
Information Sharing	Brettel et al (2014); Li (2016); Rymaszewska, Heloa, Gunasekaran (2017); Rashid et al (2018)
Cross-functional training	Tortorella and Fettermann (2017)
Shared problems solution systems	Chen <i>et al</i> (2018)
Mutual understanding between the functions	Feather <i>et al</i> (2017)
Communication, support from top management, teamwork, trust	Jabbour et al (2018)

**Fonte:** Elaborado pela autora (2019)

O primeiro trabalho a respeito do tema integração interfuncional comprovou sua eficácia no aumento da competitividade organizacional, por meio do estado de cooperação entre as funções visando atender às exigências do ambiente (LAWRENCE; LOSCH, 1967).

Em consonância com os objetivos mercadológicos a serem atingidos pelas organizações no contexto atual em que estas se encontram, onde a tecnologia ganha espaço nos processos de negócio, sugere-se que as empresas utilizem de mecanismos que as mantenham competitivas, se adaptando às novas necessidades do ambiente interno e externo. A utilização de novas tecnologias no cenário organizacional, bem como a composição de pessoas, habilidades e cooperação, gera um processo colaborativo orientado ao cliente, uma vez que a integração das equipes nos processos de desenvolvimento de produtos constitui um melhor desempenho e reduzem o tempo de elaboração, produção e lançamento no mercado (BRETTEL *et al*, 2014; SWINK, 1999; CHEN *et al*, 2017).

Um estudo realizado por Ferreira, Pimenta e Wlazlak (2019) demonstrou que o nível de integração interna pode proporcionar impactos positivos, como: melhor alinhamento dos recursos da empresa, aumento da orientação para o mercado e vantagem competitiva.

### 3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

A metodologia utilizada neste trabalho se caracterizará pela revisão sistemática de literatura acerca dos estudos sobre iniciativas de integração funcional em processos de desenvolvimento de produtos no contexto das tecnologias da Indústria 4.0.

A pesquisa é de natureza aplicada, com objetivo de gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos e que envolve verdades e interesses locais (PRODANOV; DE FREITAS, 2013). No que se refere à abordagem do problema, é uma pesquisa qualitativa pois apresenta resultados que exploram a complexidade de um problema, analisa a interação de certas variáveis e compreende e classifica os processos dinâmicos vividos por grupos sociais (RICHARDSON, 1999). Do ponto de vista de seus objetivos, é uma pesquisa exploratória uma vez que visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses (GIL, 1991).

As pesquisas em gestão têm tido grande progresso tornando o processo de revisão de literatura uma ferramenta fundamental, por gerenciar a diversidade de conhecimento para uma investigação mais específica, permitindo que o pesquisador mapeie e avalie o território intelectual existente (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003). O objetivo da revisão sistemática é fornecer insights coletivos por meio de síntese aumentando o rigor metodológico, bem como a análise das lacunas atuais e como consequência, a visualização de oportunidades e desafios para estudos futuros (AMUI *et al*, 2017).

Van Aken (2001) conceituou a pesquisa gerencial como “Ciência do design” cuja missão é desenvolver conhecimento válido e confiável, para ser usado na melhoria do desempenho de estudos já existentes, e para resolver problemas mais específicos.

Inicialmente, foi realizada uma busca contendo as seguintes palavras-chave: 1) *"Industry 4.0" "Product Development" "Cross-functional Integration"*; 2) *"Industry 4.0", "Product Development", "Interfunctional Integration"*; 3) *"Industry 4.0", "New Product Development" "Cross-functional Integration"*; 4) *"Smart Factory" "Product Development"* 5) *"Smart Manufacturing" "Product Development"*. Os resultados de busca são apresentados na Tabela 2.

O procedimento de busca das palavras-chave foi realizado entre 19/09/2019 e 24/09/2019 em duas das principais bases de dados internacionais (*Scopus e Web of Science*), e análise inicial dos dados foi realizada por meio da utilização do software VOSViewer, para construção, visualização e exploração de mapas de redes bibliométricas.

### 3.1 Elaboração de redes bibliométricas

As informações empregadas para a criação da Tabela 1 foram definidas da seguinte forma: apresentam as bases de dados utilizadas neste trabalho, a combinação das palavras-chave como fator primordial nos aspectos metodológicos desta revisão de literatura, a quantidade de documentos retornados pelas buscas nas bases internacionais, e também as principais informações indicadas pelo software para a composição e construção dos mapas de redes bibliométricas. O software VOSViewer é uma ferramenta para criar mapas com base nos dados da rede e para visualizar e explorar esses mapas. A funcionalidade do VOSviewer está destinada principalmente à análise de redes bibliométricas, e por isso foi desenvolvido na linguagem de programação Java, podendo ser executado na maioria das plataformas de hardware e sistema operacional. Pode ser usado livremente para qualquer finalidade.

Por meio do resultado total de busca e combinações das palavras-chave nas bases de dados e, com a utilização do software VOSViewer, os elementos mencionados na tabela referida apresentam o efeito da combinação destas palavras-chave na construção e visualização de redes de co-ocorrência, destacando a importância destes termos na literatura científica. Foi considerado apenas resultados de busca acima de cinco documentos nas duas bases de dados.

Tabela 1 – Resultados da co-ocorrência das palavras-chave nos mapas de rede bibliométricas do software VosViewer

Base de Dados	Palavras chave	Items	Cluster	Nº de Links	Força total do Link	Maior evidência de publicações/Ano	Nº Documentos Analisados
<b>Web of Science</b>	Industry 4.0 Product Development	247	23	1488	1679	2017/2018	49
	Industry 4.0 New Product Development Smart Manufacturing	41	7	175	183	2017/2018	10
	Product Development Smart Factory	6	2	8	N/A	2018	12
	Product Development Cross-Functional Integration Product Development	9	2	20	N/A	2016	6
	Cross-Functional Integration Product Development	105	7	1666	3211	2013	116
	Cross-Functional	61	6	776	1557	2011/2013	69

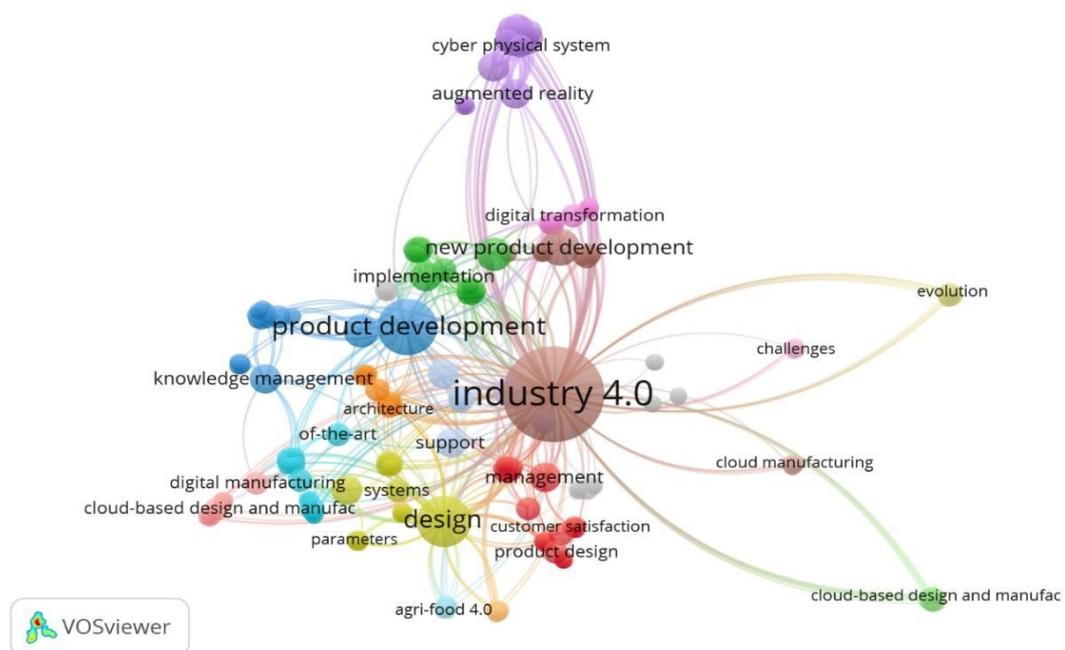
Integration New Product Development								
Base de Dados	Palavras chave	Items	Cluster	N <sup>o</sup> Links	Força total do Link	Maior evidência de publicações/ Ano	N <sup>o</sup> Documentos Analisados	
Scopus	Industry 4.0 Product Development	71	7	707	1367	2017	87	
	Industry 4.0 New Product Development	12	2	57	159	2017/ 2018	22	
	Smart Manufacturing Product Development	20	3	107	281	2013/2014	30	
	Smart Manufacturing New Product Development	59	4	519	524	2015	7	
	Smart Factory Product Development	6	2	12	19	2016/2017	10	
	Cross-Functional Integration Product Development	45	5	513	1181	2007/2008	87	
	Cross-Functional Integration New Product Development	35	4	336	785	2008/2009	61	

Fonte: Elaborada pela autora (2019)

Os *items* se referem a conexão entre os termos, cujo objeto de interesse são as palavras-chave pesquisadas neste trabalho por meio das bases de dados, resultando nos documentos e suas quantidades expostos na Tabela 1. Os *links* configuram a relação entre esses itens (ou termos) pesquisados. Pode se observar na Tabela 1, a expressiva quantidade de links gerados entre os termos *Industry 4.0* e *Product Development* e *Cross-functional Integration* e *Product Development*, indicando que há muitos estudos relacionados – os separadamente, já justificando a lacuna na literatura acerca de estudos relacionados a Integração Interfuncional no desenvolvimento de produtos no contexto da Indústria 4.0. A força do *link* é determinada por valores numéricos que, quanto maiores, maior a força do *link* caracterizando neste caso, o número de publicações em que há a ocorrência de dois termos (ou palavras-chave) juntos. Durante a criação do mapa de rede no VosViewer, o número 3 foi selecionado como o número padrão mínimo de ocorrência da palavras-chaves combinadas em um documento. Há também a possibilidade de visualização das maiores evidências de publicações por ano, conforme representado na Tabela 1. O peso de um item indica a sua importância. Um item com um peso maior é considerado mais importante que um item com

um peso menor. Na visualização de um mapa, itens com um peso maior são mostrados com maior destaque do que itens com um peso menor. Quanto maior o peso de um item, maior o rótulo e o círculo do item. A cor de um item é padrão e é determinada pelo *cluster* ao qual o item pertence. O VosViewer utilizada a palavra cluster para caracterizar o conjunto de *items* presentes em um mapa. A literatura nomeia *cluster* como comunidade. As linhas entre itens apresentando suas conexões representam os *links*.

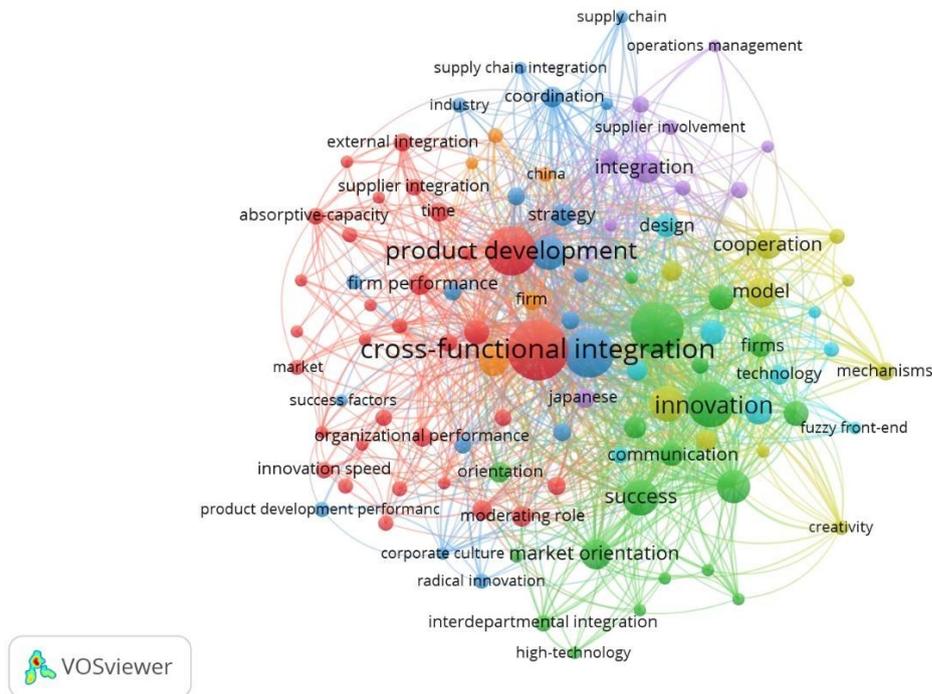
Figura 3 – Mapa de co-ocorrência dos termos *Industry 4.0* e *Product Development*, extraídos da base de dados *Web of Science*.



Fonte: VosViewer

A Figura 3 retrata o mapa de redes criado pelo software com a utilização da base de dados *Web of Science*, por meio da co-ocorrência das palavras-chave “*Industry 4.0*” e “*Product Development*”. A força do link com valor numérico 1679, traduz a relação entre os termos e vários termos presentes e que se relacionam entre si na literatura científica. É necessário destacar que quanto mais próximos os círculos no mapa de rede, maiores são os links entre os itens, concluindo a força dessas conexões, e a sua importância na exploração dos mapas. Considera-se que os estudos acerca de Desenvolvimento de Produtos no contexto da Indústria 4.0 é muito recente, representado pelas publicações nos anos de 2017 e 2018, contudo determina-se a relevância do tema, pelo tamanho dos rótulos e círculos apontados no mapa.

Figura 4 – Mapa de co-ocorrência dos termos *Cross-functional Integration e Product Development* extraídos da base de dados *Web of Science*.



Fonte: VosViewer

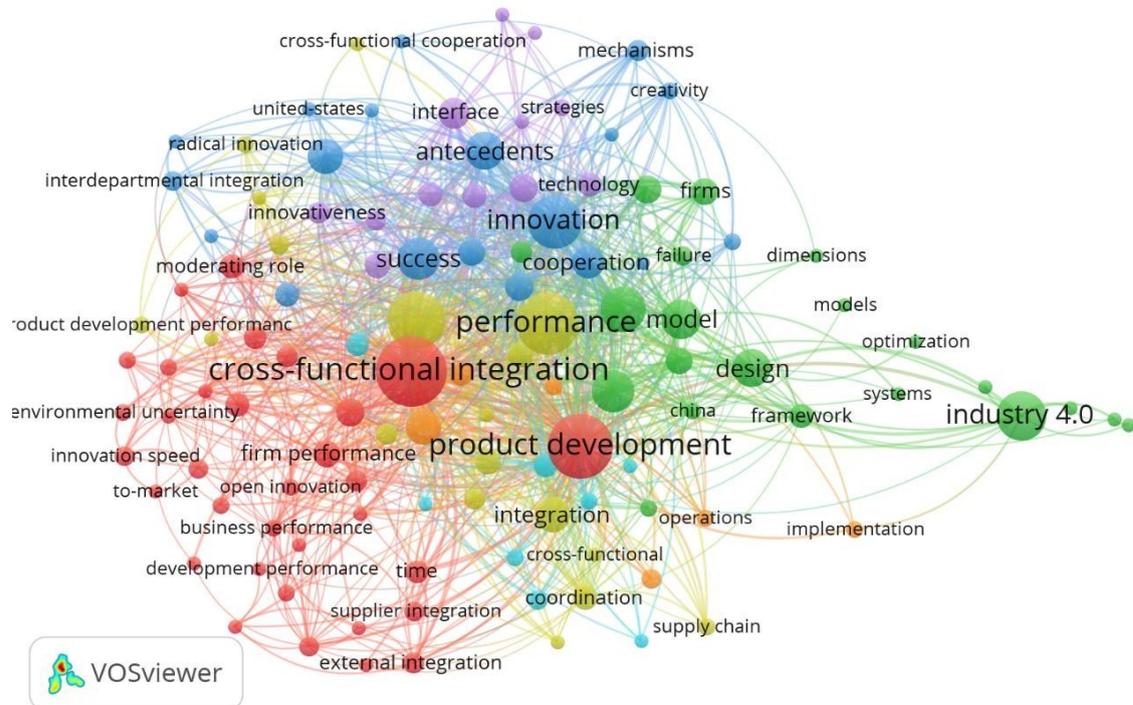
A figura 4 corresponde ao resultado da co-ocorrência entre as palavras-chave “*Cross-Functional Integration*” e “*Product Development*”, e conforme tabela 2, pesquisas relativas a estes termos tiveram maior evidência no ano de 2013, de acordo com *Web of Science*.

A cor de um item é determinada pelo *cluster* (agrupamento) ao qual o item pertence. Percebe-se que há muitos conjuntos de itens nestas combinações de termos. Por ser bastante estudado na literatura, a Integração Interfuncional nos Processos de Desenvolvimento de Produtos retorna vários links entre termos demonstrando a ampla variedade de estudos e aplicações de variáveis que são e podem continuar sendo estudadas, tecendo novas oportunidades de pesquisa.

Não se obteve resultados da combinação dos termos “*Cross-Functional Integration*” e “*Industry 4.0*” ou “*Smart Factory*” nas pesquisas nas bases de dados Web of Science e Scopus.

E por fim, uma proposta de combinação foi experimentada utilizando arquivos *txt* que retornavam a combinação de palavras-chave “*Cross-functional Integration*” e “*Product Development*” mais “*Industry 4.0*” e “*Product Development*”, resultando no mapa de rede representado pela Figura 5.

Figura 5 – Mapa de co-ocorrência dos termos *Cross-functional Integration* e *Product Development* mais *Industry 4.0* e *Product Development* extraídos da base de dados *Web of Science*.

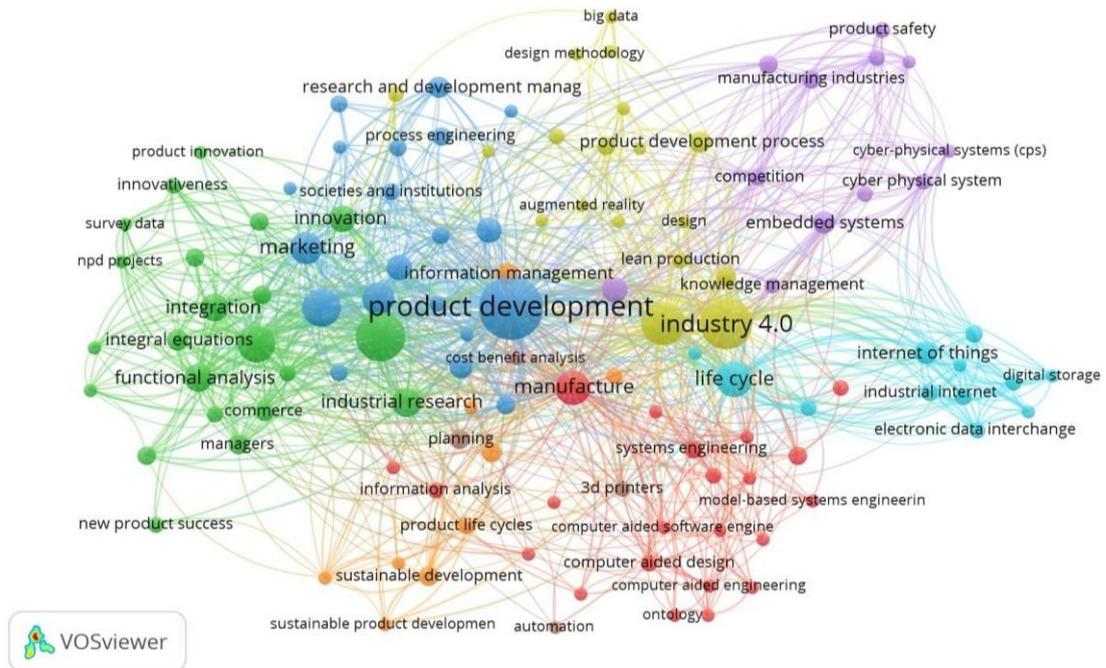


Fonte: VosViewer

É importante salientar que as palavras-chave “*Cross-functional Integration*” e “*Product Development*” pertencem ao mesmo *cluster*, representado pela cor vermelha. Palavras como *performance* e *innovation* destacam-se nas figuras 4 e 5, pelo seu tamanho e proximidade com os rótulos *Cross-functional Integration* e *Product Development*, indicando real importância e ocorrência na literatura relacionada aos temas analisados.

O termo “*Industry 4.0*” mostra-se um pouco mais distante, sugerindo a ideia de poucos estudos dedicados, relacionando a Indústria 4.0 ao tema de Integração Interfuncional no Desenvolvimento de Produtos.





Fonte: VosViewer

Uma proposta de combinação foi experimentada utilizando arquivos em formato *csv* que retornavam a combinação de palavras-chave “*Cross-functional Integration*” e “*Product Development*” mais “*Industry 4.0*” e “*Product Development*”, resultando no mapa de rede no qual o termo “*Cross-functional Integration*” não possui peso suficiente para ser incluído na visualização, demonstrando que há mais pesquisas sobre Desenvolvimento de Produtos na Indústria 4.0. A cor verde representa os *clusters* relacionados à Integração Interfuncional, apontando a proximidade com os círculos da cor azul, cujo relação se dá ao termo “*Product Development*”.

### 3.2 Metodologia das revisões sistemáticas de literatura

Para caracterizar a literatura sobre iniciativas de integração funcional nos processos de desenvolvimento de produtos no contexto das tecnologias da Indústria 4.0, foi realizada uma revisão sistemática.

De acordo com tabela 1, foram encontrados documentos relacionados à busca de palavras-chaves associadas e, conforme objetivo do trabalho, alguns critérios de seleção e exclusão foram levados em consideração. Considerou-se 5 critérios de exclusão para filtro de pesquisa.

O primeiro critério de seleção dos itens foi a força do *link*, demonstrada por meio do resultado da criação dos mapas de redes bibliométricas construídos no VosViewer. Os links com maiores forças são: “*Industry 4.0*” e “*Product Development*” e “*Cross-functional Integration*” e “*Product Development*” porém, já aplicando o segundo critério de seleção, o resultado da busca por “*Cross-functional Integration*” e “*Product Development*” foi excluído por estar fora do contexto da Indústria 4.0, confirmando o que já apontava a literatura, muitos estudos sobre Integração Interfuncional e Desenvolvimento de Produtos, sem relação com a Indústria 4.0.

Contudo, os resultados foram 49 documentos extraídos da base de dados *Web of Science* e 87 documentos extraídos da base de dados *Scopus*.

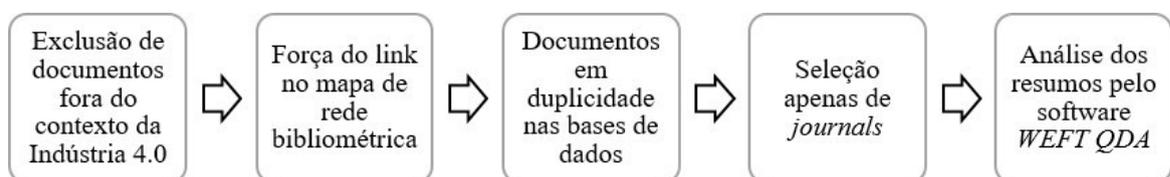
O terceiro e próximo filtro refinou os papéis por tipo, sendo considerado apenas artigos publicados em *journals*. Foram excluídos *conference papers*, *proceeding papers*, *book chapter*, *review* e *working papers*. Restaram apenas 33 de 49 documentos do *Web of Science* e 19 artigos de 87 documentos do *Scopus*.

Sendo assim, no total de 52 artigos, o critério seguinte eliminou 11 artigos que estavam em duplicidade em ambas bases de dados.

O último e quinto critério de seleção baseou-se na análise dos resumos e contribuições dos 41 artigos, apoiando-se na busca por palavras-chave relacionadas à Integração Interfuncional com objetivo de verificar se há influência da Integração nos Processos de Desenvolvimento de Produtos, no contexto da Indústria 4.0. Para este último critério, utilizou-se o software gratuito de análise textual *Weft QDA*.

A figura 8 representa os processos de exclusão por meio de critérios selecionados para análise de conteúdo dos documentos.

Figura 8 – Fluxograma de processos de filtro de documentos para análise de conteúdo.



Fonte: Elaborada pela autora (2019)

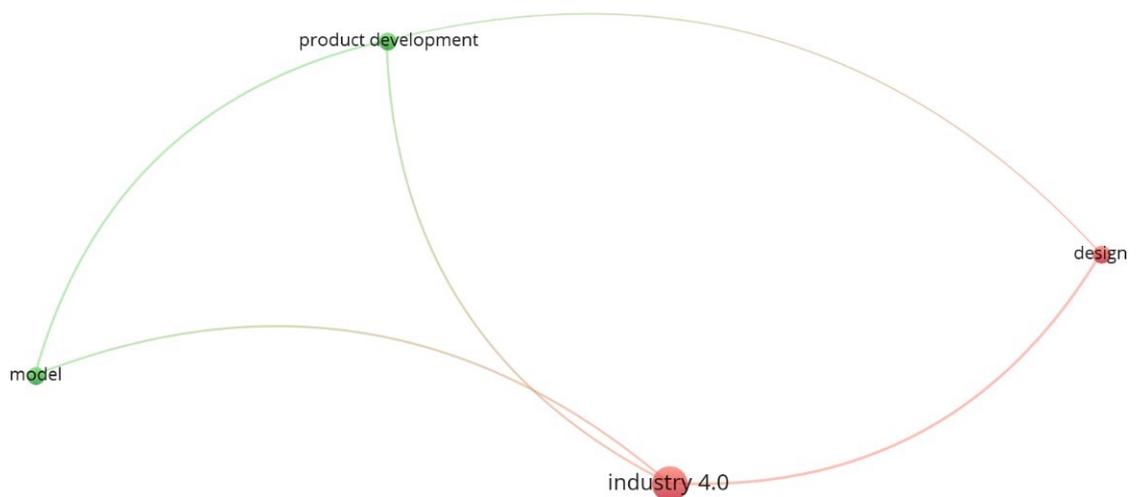
As palavras-chave utilizadas na busca pelo *Weft QDA* foram escolhidas por serem caracterizadas como fatores de Integração Interfuncional conforme Pimenta (2019, p.6). São elas: “*Information Systems connected to machines*”, “*Shared virtual systems*”, “*Information*

*Sharing*”, “*Cross-functional team*” “*Shared problems solution systems*”, “*Mutual understanding*”, “*Teamwork*” e “*Trust*”.

Após a busca pelos fatores de Integração, a amostra final resultou em 16 artigos. Logo, a técnica de análise de conteúdo foi realizada nos artigos, seguindo estas etapas: 1) Preenchimento de uma planilha do Excel®, contendo uma linha para cada artigo preenchido nos seguintes campos: Ano, Autores, Objetivo/Contribuições, Relação direta com Integração Interfuncional no processo de desenvolvimento do produto, Fatores de integração, Método, País da pesquisa de campo, Revista Publicada, Área da revista, Setor; 2) Código aberto para definir os fluxos de pesquisa. Esta etapa trata da análise de conteúdo dos seguintes campos nos artigos: "Objetivo", "Contribuições", "Fatores de integração". Os demais campos foram relacionados a dados numéricos / objetivos, que foram simplesmente preenchidos na tabela sem análise qualitativa; 3) Categorização das informações: por meio do pedágio 'Tabela Dinâmica', do Excel®, os dados foram consolidados para gerar relacionamentos entre os campos e quantificar os códigos resultantes da análise de conteúdo.

Foi gerado, por meio do software VosViewer, um mapa de rede bibliométrica a partir da revisão sistemática de literatura, cujo resultado foi os 16 artigos selecionados pós critérios de exclusão, conforme figura 9.

Figura 9 - Mapa de co-ocorrência dos termos *Industry 4.0* e *Product Development*, dos 16 artigos selecionados na revisão sistemática de literatura.



Fonte: VosViewer

## 4 ANÁLISES DOS RESULTADOS

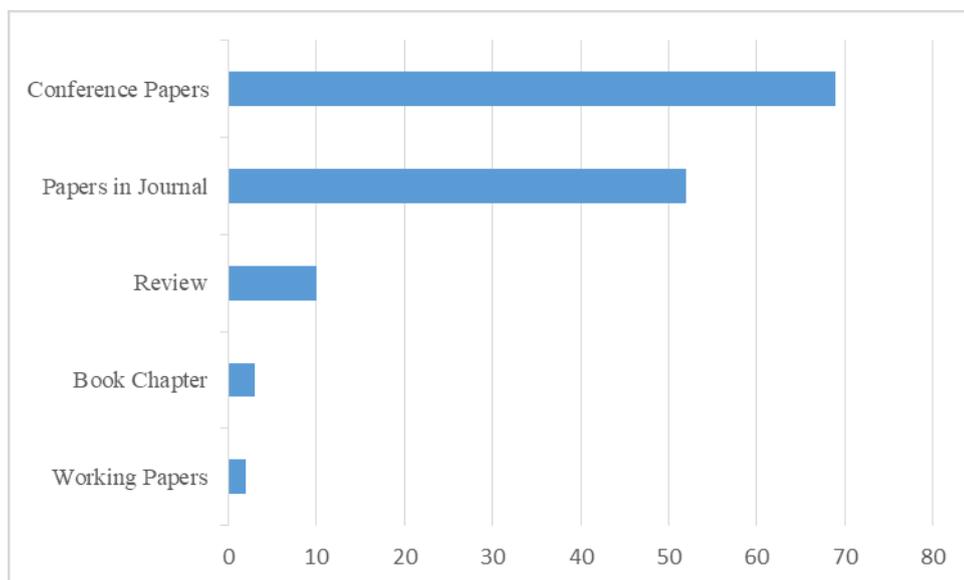
Por meio da análise de conteúdo dos artigos selecionados, foram obtidas seis categorias: tipo de publicação, contexto do objetivo, fatores de integração interfuncional presentes nos processos de DP, tipo de método de integração, periódico da publicação e área de atuação. Essas categorias são explicadas abaixo.

### 4.1 Tipo de publicação

A pesquisa inicial apresentou uma variedade de tipos de publicações, totalizando, no momento da busca, 136 papéis.

Uma quantidade expressiva destes foram apresentados em conferências, ainda não publicados em *Journals*, e após aplicação do critério de seleção, sucedeu em apenas 52 artigos, sendo 11 destes, considerados em duplicidade em ambas bases de dados pesquisadas.

Figura 10 – Tipo de estudo encontrado anterior à aplicação dos filtros de seleção.



Fonte: Elaborada pela autora (2019)

### 4.2 Ano de publicação

Durante a busca, não houve restrição por ano de publicação. Contudo, é possível perceber que estudos acerca de Desenvolvimento de Produtos e Indústria 4.0, que mencionam fatores de Integração Interfuncional se destacaram a partir do ano de 2017. Em 2018 não

houve referências expressivas e no ano de 2019, até o mês de Setembro, já constam 9 artigos publicados a respeito do contexto estudado nesta pesquisa.

### 4.3 Contexto do objetivo

Por meio da análise dos artigos encontrados pós aplicação dos critérios, a Tabela 2 representa o contexto dos objetivos dos artigos e os respectivos autores. Nota-se que a amostra retrata tendências de pesquisas relacionadas ao Desenvolvimento de Produtos no ambiente da Indústria 4.0, envolvendo melhorias dos aspectos técnicos e de design do produto. Dos 16 trabalhos analisados, os fatores de Integração Interfuncional mencionados no cenário das fábricas inteligentes visam questões relativas às etapas de produção, redução de falhas, produção enxuta, aplicação de tecnologias nos processos de desenvolvimento de produtos. Conforme Sherman, Berkowitz e Souder (2005), a Integração Interfuncional eficaz deve acontecer nos processos de desenvolvimento de produtos pois reduz problemas técnicos e favorece design e rápido *time to market*. Apenas 2 dos 16 artigos selecionados se referiram à colaboração entre membros de equipe, transparência e compartilhamento de informações como fatores de integração que favorecem e influenciam o desenvolvimento de produtos e a performance das organizações (BRETTEL *et al*, 2014; ELLINGER, 2000; TORTORELLA; FETTERMANN, 2017). O resultado confirma o estudo de Pimenta, Silva e Tate (2016) cujo foco na Indústria 4.0 e os processos de PDP ainda é voltado ao desenvolvimento de tecnologias do que na geração de cooperação entre os diferentes componentes do processo. Os contextos apresentados nos objetivos dos artigos são: Desenvolvimento de Produtos Inteligentes, Tecnologias da Indústria 4.0, Performance, Virtualização da Indústria e Desenvolvimento de Produtos Enxutos.

Tabela 2 – Contexto dos objetivos

Contexto dos objetivos	Quantidade	Autores
Desenvolvimento de Produtos Inteligentes	7	Martin and Genevieve et al (2019); Santos and Kássio et al (2017); Forbes and Shaefer (2017); Miranda and Jhonattan et al (2019); Vahid (2019); Pun et al (2019); Tomiyama et al (2019)
Tecnologias da Indústria 4.0	3	Nellippallil, Anand Balu et al (2019); Choi, SangSu et al (2017); W. Bauer et al (2014)
Desenvolvimento de Produtos Enxutos	2	Rauch et al (2016); Rauch et al (2017);
Performance	2	Yin; Quin (2019); Abubakar et al (2019)
Virtualização da Indústria	2	Herter; Ovtcharova (2017); M. Mladineo et al (2016)
<b>Total</b>	<b>16</b>	

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

#### 4.4 Fatores de Integração presentes no processo de desenvolvimento de produtos

Os fatores de integração são mecanismos de gestão ou meios informais de cooperação que envolvem diferentes departamentos de uma organização em direção ao objetivo fim a ser atingido (KAHN, 1996; PIMENTA, SILVA, TATE, 2016).

A análise do trabalho possibilitou encontrar 5 das 7 categorias buscadas pelo software Weft QDA. Os termos “*Information Systems connected to machines*”, “*Shared problems solution systems*”, não foram mencionados nos artigos pesquisados.

A literatura sobre integração interfuncional já mencionou alguns elementos identificados na Tabela 4: compartilhamento de informações, entendimento mútuo (KAHN, 1996; SILVA, ZAWISLAK, 2005; TORTORELLA *et al*, 2017), equipes multifuncionais e trabalho em equipe (SWINK, 1999; ARAUJO, JUGEND, 2016) e sistemas virtuais compartilhados (PAGELL, 2004; MACDOUGALL, 2014).

A confiança como fator de integração se baseia no compartilhamento de informações, transparência nos processos e trabalho em equipe.

Destaca-se que, apesar da literatura científica apresentar poucas evidências sobre integração interfuncional no PDP no contexto da Indústria 4.0, é possível perceber que é necessário modificações na forma de se trabalhar dentro do ambiente das fábricas inteligentes, conectados à sistemas virtuais, pois as orientações ao cliente e ao mercado atualmente exigem alta flexibilidade, rápido lançamento e sob a ótica das organizações quanto mais integrados estiverem sistemas, departamentos e equipes, menor o custo de produção, menor índice de falhas e em consequência, melhoria do desempenho.

Os artigos analisados indicam um direcionamento dos estudos voltados às novas formas de integrar pessoas e máquinas com propósito de beneficiar a produção de novos produtos.

Quadro 2 – Fatores de Integração

Fatores de Integração	Autores
Trust	Abubakar et al (2019)
Shared virtual systems	Martin, Genevieve et al (2019); Yin; Quin (2019); M. Mladineo et al (2016); Santos, Kássio et al (2017); Choi, SangSu et al (2017)
Information Sharing	Nellippallil, Anand Balu et al (2019); Santos, Kássio et al (2017); Choi, SangSu, et al (2017); Forbes; Shaefer (2017); Herter; Ovtcharova (2017); W. Bauer et al (2014); Miranda, Jhonattan, et al (2019);

	Vahid (2019); Tomiyama et al (2019); Abubakar et al (2019).
	Pun, et al (2019); Rauch et al (2016); Rauch et al (2017); Yin; Quin (2019); Vahid (2019)
Cross-functional team	
Mutual Understanding	Abubakar et al (2019); Herter; Ovtcharova (2017)
Team Work	Abubakar et al (2019); Pun et al (2019); Rauch et al (2017); Yin; Quin (2019); Vahid (2019)

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

#### 4.5 Métodos de Pesquisa aplicados dos artigos selecionados

Em se tratando de métodos, os artigos selecionados apresentam um equilíbrio entre pesquisa teórica (7 artigos) e pesquisa empírica (9 artigos), como mostra a Tabela 3.

Isso pode indicar que a literatura sobre integração nos processos de DP no contexto da Indústria 4.0, embora recentes, já possuem construções teóricas suficientes para serem investigadas por meio de pesquisas empíricas qualitativas e quantitativas.

Tabela 3 – Métodos de Pesquisa dos artigos selecionados

Método	Quantidade	Autores
Revisão Sistemática/Teórica/ Documental	7	Abubakar et al, (2019); Vahid (2019); Santos, Kássio, et al (2017); Forbes; Shaefer (2017); W. Bauer et al (2014); Rauch, et.al., (2016); Tomiyama et al (2019)
Estudo de caso/Multicaso	3	Yin; Quin (2019); M. Mladineo et al (2016); Miranda, Jhonattan, et al (2019)
Experimental	5	Nellippallil, Anand Balu, et al (2019); Pun et al (2019); Martin, Genevieve, et al; (2019); Choi, SangSu, et al (2017); Herter; Ovtcharova (2017)
Survey	1	Rauch, et.al., (2017)
<b>Total</b>	<b>16</b>	

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

#### 4.6 Revistas

Os artigos selecionados estão distribuídos em vários periódicos. A tabela 4 apresenta os periódicos em que os artigos foram publicados.

Apesar dessa distribuição mencionada, a maioria dos periódicos é de natureza técnica e não gerencial. Dez são de engenharia 3 da área técnica de operações e 3 da área de tecnologia da informação e comunicação. Apenas 1 artigo foi publicado em periódico relacionado às áreas de gestão: Inovação e Conhecimento (1). Isso indica a necessidade de desenvolver pesquisas sobre integração interfuncional no PD em uma perspectiva mais

gerencial da indústria 4.0, porque há mais foco no desenvolvimento de tecnologias do que na geração de cooperação entre os diferentes componentes do processo.

Tabela 4 – Revistas dos artigos selecionados

Nome da Revista	Quantidade	Autores
Procedia CIRP 60	2	Rauch et al (2017); Forbes; Shaefer (2017)
Advanced in Mechanical Engineering	1	Yin; Quin (2019)
Advanced Engineering Informatics	1	M. Mladineo et al (2016)
Procedia CIRP 50	1	Rauch, et al (2016)
Computer-Aided Design and Applications	1	Vahid (2019)
Journal of Industrial Engineering and Management	1	Pun et al (2019)
CIRP Annals - Manufacturing Technology	1	Tomiyama et al (2019)
Procedia CIRP 25	1	W. Bauer et al (2014)
Computers in Industry 108	1	Miranda, Jhonattan, et al (2019)
Journal of Innovation & Knowledge	1	Abubakar et al (2019)
Procedia CIRP 57	1	Herter; Ovtcharova (2017)
Energies	1	Martin, Genevieve, et al (2019)
Procedia Manufacturing	1	Santos, Kássio, et al (2017)
Integrating Materials and Manufacturing Innovation	1	Nellippallil, Anand Balu, et al (2019)
International Journal of Computer Applications in Technology	1	Choi, SangSu, et al (2017)
<b>Total</b>	<b>16</b>	

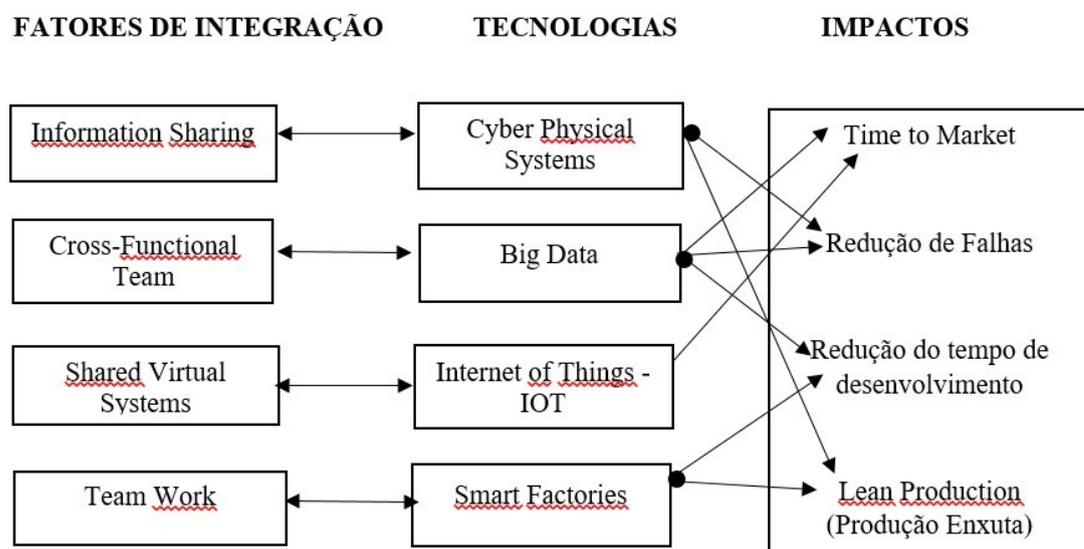
Fonte: Elaborado pela autora (2019)

## 5 FRAMEWORK

A figura 11 representa a construção de um *framework* que tem como objetivo propor relações e combinações entre os fatores de Integração Interfuncional estudados neste trabalho, e o uso das tecnologias da Indústria 4.0, nos processos de desenvolvimento de produtos, com o intuito de gerar impactos positivos no desempenho das organizações, desde os processos de produção até à disposição dos produtos ao cliente.

A elaboração deste framework se originou da realização da pesquisa bibliométrica, manipulação dos dados no software VosViewer e o resultado dos mapas de rede, bem como a revisão sistemática de literatura realizada pela autora. Os indícios apontados na literatura científica fortaleceram os objetivos do trabalho e apoiou o propósito de combinações de pessoas e tecnologias em práticas integradoras para as novas exigências mercadológicas no contexto da quarta revolução industrial.

Figura 11 - Framework dos impactos gerados a partir da combinação de fatores de integração com o uso de tecnologias 4.0 no desenvolvimento de produtos



Fonte: Elaborada pela autora (2019)

Algumas proposições foram criadas a partir da combinação entre os fatores de integração, tecnologia e os impactos gerados, conforme Figura 11. É possível perceber que a aplicação de pelo menos um fator de integração interfuncional na utilização de uma ou duas

tecnologias da Indústria 4.0 tendem a gerar impactos positivos na performance das organizações.

Proposição 1: *Information Sharing + Cyber Physical Systems = Lean Production + Redução de Falhas*: No contexto da Indústria 4.0, a utilização da tecnologia *Cyber Physical Systems* tem como propósito integrar sistemas de manufatura antes independentes, permitindo produções flexíveis e modulares, possibilitando produção personalizada e em massa, ao mesmo tempo (CHEN *et al*, 2017; TORTORELLA, FETTERMANN, 2017). Se, nos processos de desenvolvimento de produtos, ocorrer a combinação de *Cyber Physical Systems* com a aplicação do fator de Integração *Information Sharing* desde o momento da concepção de ideia do produto, é possível que ocorra a redução de falhas ao longo dos processos de produção, possibilitando também a aplicação das práticas de *Lean Production*, que preza pela eficácia e eliminação de desperdícios (TORTORELLA E FETTERMANN, 2017). Tais impactos ocorrerão por meio da visão de compartilhamento de dados e informações entre equipes e integração entre sistemas de produção, pessoas e máquinas no processo produtivo.

Proposição 2: *Shared Virtual Systems + Cross-Functional Teams + Internet of things e Big Data = Time to maket*. O *time to maket* (tempo de colocação do produto no mercado), (SHERMAN; IBERKOWITZ; SOUDER, 2005) tem influência no desempenho das organizações pois diz respeito a redução de tempo na disposição do produto à venda. Com o uso da informação e da internet para criação de produtos inteligentes, pela utilização das tecnologias *Internet of things* e *Big Data*, equipes multifuncionais, caracterizadas como fator de integração *Cross-Functional Teams*, tendem a reduzir o *time to market* das organizações por meio da interpretação e manipulação de dados provenientes destas tecnologias (SANTOS *et al*, 2017; CHEN *et al*, 2017). Outro fator de integração interfuncional que impacta positivamente na redução do *time to market*, é *Shared Virtual Systems*, visto que, o compartilhamento de dados e sistemas em tempo real favorece o desempenho de equipes multifuncionais pois as fases do desenvolvimento de produtos tornaram-se simultâneas, em resposta à necessidade de diminuir os ciclos de desenvolvimento e inovação. (ECHEVESTE; RIBEIRO, 2010).

Proposição 3: *Team Work e Cross-Functional Teams + Big Data + Smart Factories = Redução no Tempo de desenvolvimento do produto*. As *smart factories* têm como característica adotar a combinação de tecnologia física e *cyber* tecnologia. O *Big Data*, empregado de forma eficiente nas chamadas fábricas inteligentes, pode reduzir o tempo de desenvolvimento de um produto, por meio das informações obtidas em projetos anteriores, no compartilhamento dos dados e previsões (CHEN *et al*, 2017). Ainda assim, isso somente

poderá ocorrer com a utilização dos fatores de Integração *Team Work e Cross-Functional Teams*, por meio das experiências dos times de projeto, no compartilhamento dos dados e interpretação analítica, controle das previsões, e em consequência, na tomada de decisões e entendimento mútuo das equipes.

Proposição 4: *Team Work e Cross-Functional Team + Smart Factories = Lean Production + Redução do Tempo de Desenvolvimento do produto*. As *smart factories* ao empregarem as tecnologias da era 4.0, a alguns fatores de integração interfuncional como *Team Work* (equipes de trabalho) com características multifuncionais, (*Cross-Functional Team*) tendem a migrar para as práticas de *Lean Production*, pois de modo consequente, times de desenvolvimento de produtos que trabalham cooperando, compartilhando informações, aplicando dados de previsão já armazenados, (TORTORELLA; FETTERMANN, 2017) geram redução no tempo de elaboração de produtos, maior eficácia na gestão do ciclo de vida destes, produzindo o que realmente é demandado, sem desperdício de tempo ou processo (ZANCUL, 2009).

## 6 AGENDA DE PESQUISA

A análise das informações geradas por este trabalho permitiu identificar uma série de ideias iniciais para pesquisas futuras no contexto da integração interfuncional 4.0 em processos de desenvolvimento de produtos. Como uma primeira proposta desta agenda de pesquisa, processos de desenvolvimento de produtos podem ser investigados no intuito de testar empiricamente o uso das tecnologias da Indústria 4.0, e a influência de fatores de integração que podem possibilitar impactos positivos nas organizações, relacionados ao tempo de elaboração, lançamento, e formas de produção destes produtos.

Uma segunda proposta seria a investigação aprofundada dos fatores de integração presentes em cada fase dos processos de desenvolvimento de produtos, fatores ainda muito discretos encontrados nos resultados deste trabalho. As evidências teóricas permitem a interpretação positiva no emprego de equipes multifuncionais trabalhando com tecnologias de informação e comunicação, coletando dados do produto como forma de vantagem competitiva, contudo essa reorganização do trabalho requer o desenvolvimento de habilidades para lidar com a interação entre equipamentos e pessoas, integração de máquinas com máquinas, análise de grande quantidade de dados e a necessidade de otimização das linhas de produção e conseqüentemente o desenvolvimento de novos produtos. (PIMENTA, 2019).

Por fim, a necessidade de aplicação dos fatores de integração interfuncional em processos de desenvolvimento de produtos, em termos gerenciais em vez de técnicos, ainda pouco estudados, gera uma ampla variedade de vertentes a serem estudadas, requerendo flexibilização em vários níveis e desenvolvimento de habilidades, orientado à implementação das *smart factories* (CHEN *et al*, 2017).

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A literatura científica retrata estudos sobre integração interfuncional no que tange à cooperação entre pessoas, formalidade e informalidade de estruturas e poder (KAHN; MENTZER, 1996; ELLINGER, 2000; PAGELL, 2004). Entretanto, no contexto da Indústria 4.0, num ambiente altamente tecnológico, os requisitos de integração são outros, como interação entre pessoas e máquinas e máquinas com máquinas, e utilização de tecnologias avançadas, requerendo novas formas de habilidades e desenvolvimento de competências, combinando as exigências do mercado na rápida produção e lançamento de novos produtos, que fazem parte deste novo conceito de fábricas inteligentes. Em razão disso, a justificativa de desenvolver este trabalho na busca de respostas acerca dos questionamentos sobre o estado de conhecimento dos temas em questão em evidência e suas particularidades.

A integração interfuncional nos processos de PD no contexto da Indústria 4.0 foi estudada em vários países. No entanto, a maioria dos periódicos é de natureza técnica e não gerencial, indicando a necessidade de desenvolver pesquisas em uma perspectiva mais gerencial da Indústria 4.0. Isso ocorre porque há mais foco no desenvolvimento de tecnologias do que na geração de cooperação entre os diferentes componentes do processo.

Este trabalho tem limitações em relação ao seu foco de pesquisa, que se restringe a artigos que estudam a prática da integração interfuncional em processos de desenvolvimento de novos produtos, no contexto da Indústria 4.0. Essa opção resultou em um baixo número de artigos na amostra final. Pesquisas futuras podem explorar a integração interfuncional da perspectiva de vários objetos de estudo, como: entre diferentes departamentos, diferentes níveis hierárquicos, diferentes habilidades, diferentes empresas.

### 7.1 Implicações práticas

As implicações práticas dizem respeito ao desenvolvimento de um *framework* para prever possibilidades e formas de inserção de fatores interfuncionais no contexto do uso de tecnologias da Indústria 4.0, em processos de desenvolvimento de produtos. Pois atualmente, há mais foco no desenvolvimento de tecnologias do que na geração de cooperação entre os componentes dos processos (PIMENTA; SILVA; TATE, 2016).

Os gerentes devem primeiramente entender as novas formas de interação requeridas nos ambientes de uso de tecnologia, onde há uma substituição e complementação de processos anteriormente realizados pelo homem. A manipulação dos dados gerados pela

tecnologia e a interpretação destas informações via sistemas são algumas práticas que devem ser remodeladas no ambiente produtivo, visto que o Big Data traz uma quantidade de dados em grande volume, sendo necessário um conjunto de ações e profissionais integrados para ágil interpretação e assertiva utilização destes dados. O compartilhamento de sistemas virtuais também requer equipes dispostas a atuarem em conjunto de forma a evitarem ao máximo a repetição de erros e informações ao longo do processo de desenvolvimento de produtos.

Este *framework* auxilia os gerentes na identificação dos fatores de integração e sua combinação com o uso de determinada tecnologia na geração de impactos positivos orientados ao mercado, resultando em vantagem competitiva, por exemplo, as fábricas inteligentes (*smart factories*). De acordo com CHEN *et al*, 2017, a composição de pessoas, habilidades e a cooperação em vários níveis são necessários para a implementação das fábricas inteligentes. Por meio da interação homem-máquina, é construído o processo colaborativo de fabricação inteligente, portanto o modelo elaborado também oferece suporte na migração das empresas para *smart factories*, no qual, as primeiras alterações devem ocorrer, além da implementação das novas tecnologias, alteração de cultura organizacional, treinamento aos colaboradores, e entendimento mútuo dos objetivos da organização, pois o papel do gerente é saber como as decisões são tomadas e estarem integrados entre si (PAGELL, 2004). A fabricação inteligente se dá no desenvolvimento e produção de produtos inteligentes, personalização destes para o cliente, e redução do *time to market*. O framework disponibiliza a ligação entre tecnologias que fornecessem informações de produtos anteriores, tendências de mercado, favorecendo a rápida produção e as práticas de *Lean Production* (produção enxuta), pois a comunicação em tempo real, reduz falhas na elaboração, reduz desperdício de tempo, desde que o compartilhamento de informações esteja sendo executado pelas equipes responsáveis dos projetos de desenvolvimento e execução.

Por fim, as informações geradas pelo modelo podem acelerar as tomadas de decisões dos gerentes, ajuda-los nas melhorias dos processos, e permitir uma visão holística de como as novas práticas de trabalho podem favorecer positivamente a combinação entre pessoas, máquinas e sistemas num ambiente da Indústria 4.0.

A integração interfuncional 4.0 pode ser entendida/caracterizada como o modo em que equipes de trabalho compartilham entre si informações, sistemas e conhecimentos, gerados ou não, a partir de dados provenientes da rede e de tecnologias, utilizados nos processos de desenvolvimento de produtos, em modelos de empresas adaptadas à era da Indústria 4.0.

## REFERÊNCIAS

- ABUBAKAR, A. M. *et al.* Knowledge management, decision-making style and organizational performance. **Journal of Innovation & Knowledge**, 2019. Volume 4, Issue 2, April–June 2019, Pages 104-114.  
<https://doi.org/10.1016/j.jik.2017.07.003>
- AKEN, V. Management research based on the paradigm of the design sciences: the quest for tested and grounded technological rules. (**ECIS working paper series**; Vol. 200111). Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 2001.
- AMUI, L.B.L., JABBOUR, C.J.C., DE SOUSA JABBOUR, A.B.L., KANNAN, D. Sustainability as a dynamic organizational capability: a systematic review and a future agenda toward a sustainable transition. **Journal of Cleaner Production** **142**, p. 308-322, 2017.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.103>
- ANDRADE, J. H.; FERNANDES, F. C. F. Barreiras e desafios para melhoria da integração interfuncional entre Desenvolvimento de Produto e Planejamento e Controle da Produção em ambiente Engineering-to-Order. **Gest. Prod.** São Carlos, 2018. v. 25, n. 3, p. 610-625, 2018  
<https://doi.org/10.1590/0104-530x1087-13>
- ARAÚJO, T. R.; JUGEND, D. Esforços de integração em projetos radicais e incrementais de desenvolvimento de novos produtos baseados na biodiversidade: estudo de caso em empresa do setor de biotecnologia. **Gestão & Produção**, v. 23, n. 4, p. 676-688, 2016.  
<https://doi.org/10.1590/0104-530x2438-15>
- BARBALHO, S. C. M.; ROZENFELD, H. O impacto dos aspectos organizacionais sobre a percepção de melhoria em desenvolvimento de produtos. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 1, p. 1-17, 2010.  
<https://doi.org/10.1590/S0104-530X2010000100002>
- BAUER, W. *et al.* Concept of a failures management assistance system for the reaction on unforeseeable events during the ramp-up. **Procedia Cirp**, v. 25, p. 420-425, 2014.  
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.10.058>
- BRETTEL, M. *et al.* How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. **International journal of mechanical, industrial science and engineering**, v. 8, n. 1, p. 37-44, 2014.
- BUSS, C. de O. Cooperação interfuncional no desenvolvimento de novos produtos: a interface marketing-engenharia. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Administração. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.2002.
- CHEN, B. *et al.* Smart factory of industry 4.0: Key technologies, application case, and challenges. **IEEE Access**, v. 6, p. 6505-6519, 2017.  
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2783682>

CHOI, S. *et al.* Cyber-physical systems: a case study of development for manufacturing industry. **International Journal of Computer Applications in Technology**, v. 55, n. 4, p. 289-297, 2017.

<https://doi.org/10.1504/IJCAT.2017.10006845>

COSTA, C. da. Indústria 4.0: o futuro da indústria nacional. **Posgere** (ISSN 2526-4982), v. 1, n. 4, p. 5-14, 2017.

ECHEVESTE, M.; RIBEIRO, J. Diagnóstico e intervenção em empresas médias: uma proposta de (re) organização das atividades do Processo de Desenvolvimento de Produtos. **Produção**, v. 20, n. 3, p. 378-391, 2010.

<https://doi.org/10.1590/S0103-65132010005000049>

ELLINGER, A. E. Improving Marketing/Logistics Cross-Functional Collaboration in the Supply Chain. **Industrial Marketing Management**. v. 29, 85–96, 2000.

[https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(99\)00114-5](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(99)00114-5)

ESPER, T, L. *et al.* Demand and supply integration: a conceptual framework of value creation through knowledge management. **Journal of the Academy of marketing Science**, v. 38, n. 1, p. 5-18, 2009.

<https://doi.org/10.1007/s11747-009-0135-3>

FERREIRA, A. C., PIMENTA, M. L.; WLAZLAK, P. Antecedents of cross-functional integration level and their organizational impact. **Journal of Business & Industrial Marketing**, 2019.

<https://doi.org/10.1108/JBIM-01-2019-0052>

FORBES, H.; SCHAEFER, D. Social product development: the democratization of design, manufacture and innovation. **Procedia CIRP**, v. 60, p. 404-409, 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.029>

FRANKEL, R.; MOLLENKOPF, D. A. Cross-functional integration revisited: Exploring the conceptual elephant. **Journal of Business Logistics**, v. 36, n. 1, p. 18-24, 2015.

<https://doi.org/10.1111/jbl.12081>

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 1991.

GIMENEZ, C. Logistics integration processes in the food industry. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, V. 36 N. 3, p. 231-249, 2006.

<https://doi.org/10.1108/09600030610661813>

GUIMARÃES FILHO, W.; GARCEZ, M. P. A relação entre as características de projetos de desenvolvimento de novos produtos e as competências: um estudo de caso no setor farmacêutico. **RAI Revista de Administração e Inovação**, v. 10, n. 2, p. 262-289, 2013.

<https://doi.org/10.5773/rai.v10i2.1046>

HEIDRICH, F.; FACÓ, J. F. B.; REIS, C. F. B. O impacto competitivo na indústria brasileira com a aplicação dos conceitos da indústria 4.0. 2017. In: **Anais do SIMPOI 2017**.

HERTER, J.; OVTCHAROVA, J. A model based visualization framework for cross discipline collaboration in Industry 4.0 scenarios. **Procedia CIRP**, v. 57, p. 398-403, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.069>

KAHN, K. B.; MENTZER, J. T. Logistics and interdepartmental integration. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 26, n. 8, p. 6-14, 1996. <https://doi.org/10.1108/09600039610182753>

LAWRENCE, P. R.; LORSCH, J. W. **Organization and Environment: Managing Differentiation and Integration**. Boston: Harvard University, 1967. 280p.

MARTIN, G. *et al.* Luminaire Digital Design Flow with Multi-Domain Digital Twins of LEDs. **Energies**, v. 12, n. 12, p. 2389, 2019. <https://doi.org/10.3390/en12122389>

MIRANDA, J. *et al.* Sensing, smart and sustainable product development (S3 product) reference framework. **International Journal of Production Research**, v. 57, n. 14, p. 4391-4412, 2019. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1401237>

MLADINEO, M. *et al.* Selecting manufacturing partners in push and pull-type smart collaborative networks. **Advanced Engineering Informatics**, v. 38, p. 291-305, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2018.08.001>

MORAIS, M. de O.; MOURA, I. de; DENANI, A. L. A integração entre conhecimento, inovação e indústria 4.0 nas organizações/Integration between knowledge, innovation and industry 4.0 in organizations. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 7, p. 3716-3731, 2018.

NELLIPPALLIL, A. B. *et al.* Cloud-Based Materials and Product Realization—Fostering ICME Via Industry 4.0. **Integrating Materials and Manufacturing Innovation**, p. 1-15, 2019. <https://doi.org/10.1007/s40192-019-00139-2>

OLIVA, R; WATSON, N. Cross-functional alignment in supply chain planning: A case study of sales and operations planning. **Journal of Operations Management**, v. 29, n. 5, p. 434-448, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2010.11.012>

PAGELL, M. Understanding the factors that enable and inhibit the integration of operations, purchasing and logistics, **Journal of Operations Management**, v.22, v.5, p. 459-87, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2004.05.008>

PAPAZOGLU, M.; VAN DEN HEUVEL, W-J.; MASCOLO, J. **Reference architecture and knowledge-based structures for smart manufacturing networks**. IEEE Software, 2015. <https://doi.org/10.1109/MS.2015.57>

PIMENTA, M. L. Cross-Functional Integration in product development processes in the era of industry 4.0. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 5, n. 2, 2019.

<https://doi.org/10.32358/rpd.2019.v5.350>

PIMENTA, M.L.; SILVA, A.L. da; TATE, L.W. Characteristic of cross-functional integration process: evidence from Brazilian organizations. **The International Journal of Logistics Management** Vol. 27 No. 2, p. 570-594, 2016.

<https://doi.org/10.1108/IJLM-01-2014-0010>

PIMENTA, M. L.; SILVA, A. L. da; YOKOYAMA, M. H. Integração entre logística e marketing: fatores críticos na perspectiva de interação e colaboração. **REAd-Revista Eletrônica de Administração**, v. 17, n. 3, 2011.

<https://doi.org/10.1590/S1413-23112011000300006>

PRODANOV, C. C., DE FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição**. Editora Feevale, 2013.

PUN, K. P. L *et al.* Application of fuzzy integrated FMEA with product lifetime consideration for new product development in flexible electronics industry. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 12, n. 1, p. 176-200, 2019.

<https://doi.org/10.3926/jiem.2765>

RASHID, A. *et al.* Enterprise systems' life cycle in pursuit of resilient smart factory for emerging aircraft industry: a synthesis of Critical Success Factors' (CSFs), theory, knowledge gaps, and implications. **Enterprise Information Systems**, v. 12, n. 2, p. 96-136, 2018.

<https://doi.org/10.1080/17517575.2016.1258087>

RAUCH, E.; DALLASEGA, P.; MATT, D. T. Critical factors for introducing lean product development to small and medium sized enterprises in Italy. **Procedia CIRP**, v. 60, p. 362-367, 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.031>

\_\_\_\_\_. The way from lean product development (LPD) to smart product development (SPD). **Procedia CIRP**, v. 50, p. 26-31, 2016.

<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.081>

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

RÜBMANN, M. *et al.* Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. **Boston Consulting Group**. Boston, p. 20. 2015.

VAHID, S. Development of an Agile Concept for MBSE for Future Digital Products through the Entire Life Cycle Management Called Munich Agile MBSE Concept (MAGIC). **Computer-Aided Design&Applications**, v.17, p. 147-166, 2019.

<https://doi.org/10.14733/cadaps.2020.147-166>

SANTOS, B. P. *et al.* Indústria 4.0: desafios e oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 111-124, 2018.

SANTOS, K. *et al.* Opportunities assessment of product development process in Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, v. 11, p. 1358-1365, 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.265>

SCHWAB, K. A **quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SHERMAN, J. D; BERKOWITZ, D.; SOUDER, W. E. New product development performance and the interaction of cross-functional integration and knowledge management. **Journal of product innovation management**, v. 22, n. 5, p. 399-411, 2005.  
<https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2005.00137.x>

SILVA, M.K; ZAWISLAK, A.P. O Processo de desenvolvimento de Produtos: um Estudo de Casos de três empresas fornecedoras da Cadeia Automotiva do Rio Grande do Sul. **RAC – Eletrônica**, v. 1, n. 2, art. 4, p. 51-65, Maio/Ago. 2007.

SVENSSON, G. Supply Chain Management: the re - integration of marketing issues in logistics theory and practice. **European Business Review**, v. 14, n. 6, p.426-436, 2002.  
<https://doi.org/10.1108/09555340210448785>

SWINK, M. Threats to new product manufacturability and the effects of development team integration processes. **Journal of Operations Management**, v. 17, n. 6, p. 691-709, 1999.  
[https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(99\)00027-3](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(99)00027-3)

TOMIYAMA, *et al.* Development capabilities for smart products .**CIRP Annals – Manufacturing Technology**, v. 68, n. 2, p. 727-750, 2019.  
<https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.05.010>

TORTORELLA, G. L.; FETTERMANN, D. Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 8, p. 2975-2987, 2017  
<https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1391420>

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British journal of management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.  
<https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>

YIN, Y.; QIN, S. A smart performance measurement approach for collaborative design in Industry 4.0. **Advances in Mechanical Engineering**, v. 11, n. 1, p. 1687814018822570, 2019.  
<https://doi.org/10.1177/1687814018822570>

ZANCUL, E. de S. **Gestão Do Ciclo De Vida De Produtos: Seleção De Sistemas PLM Com Base Em Modelos De Referência**. 2009. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

ZANCUL, E. de S.; MARX, R.; METZKER, A. Organização do trabalho no processo de desenvolvimento de produtos: a aplicação da engenharia simultânea em duas montadoras de veículos. **Gestão e Produção**, v. 13, n. 1, p. 15-29, 2006.  
<https://doi.org/10.1590/S0104-530X2006000100003>

