

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE GESTÃO E NEGÓCIOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO**

STEFÂNIA FERREIRA SILVA

**TROPICALIZAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE REGIONALIZAÇÃO DO
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS NA ERA DA INDÚSTRIA 4.0: O PAPEL DA
INTEGRAÇÃO INTERFUNCIONAL**

**UBERLÂNDIA -MG
2020**

STEFÂNIA FERREIRA SILVA

**TROPICALIZAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE REGIONALIZAÇÃO DO
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS NA ERA DA INDÚSTRIA 4.0: O PAPEL DA
INTEGRAÇÃO INTERFUNCIONAL**

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

Linha de pesquisa: Gestão Organizacional e Regionalidade.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Lopes Pimenta

UBERLÂNDIA -MG
2020

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S586	Silva, Stefânia Ferreira, 1984-
2020	Tropicalização como estratégia de regionalização do desenvolvimento de produtos na era da indústria 4.0: o papel da integração interfuncional [recurso eletrônico] / Stefânia Ferreira Silva. - 2020.
<p>Orientador: Márcio Lopes Pimenta. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Administração. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.179 Inclui bibliografia.</p>	
<p>1. Administração. I. Pimenta, Márcio Lopes, 1977-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Administração. III. Título.</p>	
CDU: 658	

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

STEFÂNIA FERREIRA SILVA

**TROPICALIZAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE REGIONALIZAÇÃO DO
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS NA ERA DA INDÚSTRIA 4.0: O PAPEL DA
INTEGRAÇÃO INTERFUNCIONAL.**

Projeto de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Administração a Faculdade de Gestão e Negócios – FAGEN, da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Administração.

Uberlândia, 27 de fevereiro de 2019.

Prof. Dr. Márcio Lopes Pimenta, UFU/MG

Profa. Dra. Luciana Cezarino, UFU/MG

Prof. Dr. Pedro Carlos Oprime, UFSCAR/SP



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Administração

Av. João Naves de Ávila, nº 2121, Bloco 5M, Sala 109 - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 3239-4525 - www.fagen.ufu.br - ppgaadm@fagen.ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Administração				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico PPGAdm - Número 235				
Data:	27 de fevereiro de 2020	Hora de início:	15:00	Hora de encerramento:	17:00
Matrícula do Discente:	11812ADM020				
Nome do Discente:	Stefânia Ferreira Silva				
Título do Trabalho:	TROPICALIZAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE REGIONALIZAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS NA ERA DA INDÚSTRIA 4.0: O PAPEL DA INTEGRAÇÃO INTERFUNCIONAL				
Área de concentração:	Regionalidade e Gestão				
Linha de pesquisa:	Gestão Organizacional e Regionalidade				
Projeto de Pesquisa de vinculação:					

Reuniu-se no Bloco 1F, sala 223, Campus Santa Mônica, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Administração, assim composta: Professores Doutores: Luciana Oranges Cezarino (FAGEN/UFU), Pedro Carlos Oprime (UFSCAR) e Mácio Lopes Pimenta orientador(a) do(a) candidato(a). Ressalta-se que o(a) Prof(a) Dr(a). Pedro Carlos Oprime participou da defesa por meio de webconferência e os demais membros da banca e o(a) aluno(a) participaram in loco.

Iniciando os trabalhos a presidente da mesa, a Prof(a). Dr(a). Mácio Lopes Pimenta, apresentou a Comissão Examinadora e o(a) candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao(a) Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do(a) 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(as) 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):

Aprovado(a)

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 **Luciana Oranges Cezarino, Professor(a) do Magistério**



Superior, em 28/02/2020, às 10:44, 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 **Márcio Lopes Pimenta, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/02/2020, às 11:22, 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 03/03/2020, às 09:41, 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, informando o código verificador **1873321** e o código CRC **1DBC3688**.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todas às mães que se lançam ao desafio de integralizar um programa de pós graduação e de conciliar este sonho com a vida em família. Desejo muita força, foco e fé!

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu marido Neto e aos meus filhos Biel e Manu por me nutrirem de amor todos os dias para que eu pudesse me manter firme no propósito de integralizar o mestrado. Obrigada por entenderem a minha ausência em alguns momentos e por tornar meus dias mais leves e felizes.

Agradeço por todo o apoio que recebi dos meus familiares. Aos meus pais e irmãos que em alguns momentos acolheram a minha família dentro de sua casa, para que eu pudesse me dedicar aos estudos. Em especial agradeço à minha mãe Ângela e à minha sogra Fátima, que por muitas vezes abdicaram de estar em suas casas para atender aos meus pedidos de ajuda, assumindo os cuidados com os meus pequenos, para que eu pudesse escrever.

Agradeço ao professor Márcio Pimenta, meu querido orientador, que se tornou uma referência para mim pela dedicação e competência com que realiza seu trabalho de pesquisador, e ao mesmo tempo, por sua humildade. Por muitas vezes nesta fase tão desafiadora que vivi, se colocou em meu lugar, demonstrando grande empatia.

À equipe da FAGEN e aos professores do mestrado que se dispuseram a compartilhar seus conhecimentos. Obrigada professores Valdir, Verônica, Cíntia, Penedo, Fernanda, Rodrigo pelas aulas ministradas e sugestões para minha pesquisa.

Aos professores Pedro e Luciana, que me deram conselhos valiosos durante a qualificação para que eu continuasse meu trabalho. Obrigada pela disposição em meu ajudar a conclui-lo, participando da banca de defesa.

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.

Aos colegas e amigos do mestrado, agradeço por compartilharem esta jornada comigo. Ju, Eunice, Edu, Nara e a van de Patos, obrigada pelas palavras de motivação e pelos valiosos conselhos acerca do meu projeto, com certeza colaboraram para que eu o concluisse e tornasse essa etapa mais divertida.

E finalmente agradeço a Deus por me suportar em todos os momentos, quando parecia impossível conciliar todas as atividades e era preciso me manter forte para prosseguir. Obrigada por me permitir vivenciar o mestrado e por se fazer sempre presente em minha vida.

Resumo

A integração interfuncional diz respeito ao conjunto de atividades que os diversos departamentos de uma organização realizam no sentido de atingir objetivos em comum. A integração entre funções internas é uma característica fundamental ao desenvolvimento de produtos, que requer um trabalho interdisciplinar para dar suporte aos seus diversos processos. A Indústria 4.0 abarca o uso de tecnologias de digitalização e comunicação do mundo – internet das coisas, computação em nuvem, integração máquina a máquina, impressão 3D, big data, etc. A literatura sobre o desenvolvimento de produtos, no entanto, não é clara com relação às práticas de integração interfuncional no contexto da Indústria 4.0 como modo de prover as sinergias e os estados de cooperação necessários para dar suporte ao seu aspecto multifuncional. Embora a pesquisa em integração interfuncional possua seu enfoque na cooperação entre pessoas, o contexto da Indústria 4.0 traz uma mudança nessa ênfase, de forma que as pessoas continuem sendo orientadas a cooperar entre si para a obter resultados conjuntos no nível da firma. Porém essa cooperação está mais relacionada ao desenvolvimento de habilidades para lidar com os processos ciberfísicos e com o conhecimento produzido pelas máquinas e sistemas de informação. Esse tipo de habilidade de interação entre humano, máquina e sistema, pode gerar uma nova forma de se estudar a integração interfuncional. O objetivo desta pesquisa é caracterizar as iniciativas de integração interfuncional nos processos de desenvolvimento de produtos em uma indústria que emprega as tecnologias da Indústria 4.0. Um estudo de caso foi então conduzido em uma indústria automotiva que está à frente na utilização de novas tecnologias. Trata-se de um setor de grande relevância para o país como um todo, bem como para a região de influência do PPGA-UFU, pela presença de indústrias do ramo no sul goiano. Foram realizadas 16 entrevistas em profundidade com colaboradores envolvidos com os processos de desenvolvimento de produtos. A análise envolveu a descrição dos processos de desenvolvimento de produtos, a identificação das tecnologias da indústria 4.0 empregadas pela organização e a discussão acerca dos fatores de integração que permeiam os processos estudados. A atuação da integração interfuncional permitiu identificar impactos principais da integração na organização: Processos mais otimizados, aumento da Competitividade, Produtividade e Agilidade, redução do *time to market*, a presença do novo operador 4.0 e a geração de uma cultura de inovação na organização. Os resultados encontrados permitiram a elaboração de um framework de pesquisa que sintetiza e delinea a presença de todos esses elementos. Os impactos permitem supor que os produtos que serão desenvolvidos no novo contexto das novas tecnologias serão beneficiados pela intensidade da integração interfuncional criada a partir das estratégias de implementação das novas tecnologias.

Palavras chave: Indústria 4.0. Desenvolvimento de produtos. Integração interfuncional. Impactos da integração. Indústria automotiva.

Abstract

Cross-functional integration is the set of activities and efforts made by different departments inside the organization to achieve common goals. Integration is essential for developing innovative and complex products from a technological point of view. Industry 4.0 embraces new technologies such as internet of things, cloud language, machine-to-machine integration, communication, 3D printing and big data. However, the literature on product development in the context of Industry 4.0 is still unclear about the integration practices, an indicator of synergy and cooperation level to support its multifunctional aspect. The mainstream of cross-functional integration research focuses on the cooperation aspects between people, in the meaning of unifying structure and power. People are oriented to cooperate with each other to obtain common results at the firm level. However, in the context of new technologies there is a change in the human focus. The cooperation now is related to the development of skills to deal with cyber physical processes, machines and information systems. This kind of interaction ability between human, machine and systems can be a new form of studying the integration. Then, the objective of this project is characterizing integration initiatives within product development processes in an industry that employs the technologies of Industry 4.0 in its production system. A case study was then conducted in an auto industry which is at the forefront of using new technologies. It is a sector of great relevance for the country as a whole, as well as for the region of influence of the PPGA-UFG, due to the presence of that industry in the south of Goiás. 16 in-depth interviews were carried out with employees involved in product development processes. The analysis involved the description of the product development processes, the identification of the industry 4.0 technologies employed by the organization and the discussion about the integration factors that permeate the studied processes. The performance of the cross-functional integration allowed to identify the main impacts of integration in the organization: optimized processes, improvements in Competitiveness, Productivity and Agility, reduction of product's time to market, the creation of a new operator 4.0 and the presence of a culture of innovation inside the organization. The results found allowed the elaboration of a research framework that synthesizes and outlines the presence of all those elements. The impacts allow us to suppose that the products that will be developed in the new context of the new technologies will take advantage from the intensity of integration created after the implementation strategies used to the new technologies.

Keywords: Industry 4.0. Product development. Cross-functional integration. Integration impacts. Automotive industry.

Lista de Abreviaturas

DP	Desenvolvimento de Produtos
PDP	Processos de Desenvolvimento de Produtos
DP1	Coordenador de montagem de Protótipos
DP2	Engenheiro de Produto
DP3	Engenheiro de Protótipos
LOG1	Gestor de Logística
LOG2	Planejador de Logística
OP1	Gestor de Operações nacional
OP2	Gestor de Operações da planta
OP3	Assistente Executivo
PLAN2	Supervisor de Planejamento
PLAN3	Analista de Engenharia de Manufatura
PMO1	<i>Project Management Office</i> ou Gerente de Projetos
PROD1	Supervisor de Produção
PROD2	Gerente de Manutenção
QUA1	Gestor de Qualidade
RH1	Analista de Treinamento
RH2	Analista de Treinamento

Lista de Figuras

Figura 1. Estrutura da dissertação.....	20
Figura 2. Dinâmica da Integração Interfuncional de Pimenta, Silva e Tate (2016).....	23
Figura 3. Etapas sequenciais de um produto	29
Figura 4. Exemplo de processo de desenvolvimento de produto automotivo.....	31
Figura 5. Revolução industrial, da primeira à quarta	32
Figura 6. Desenvolvimento da pesquisa	41
Figura 7. Análise dos dados após coleta.....	46
Figura 8. Processos de desenvolvimento de produtos no caso estudado.....	61
Figura 9. Tecnologias da indústria 4.0 relacionadas aos processos de DP e funções internas da empresa.....	72
Figura 10. Processos identificados na organização estudada: PDP, funções internas, tecnologias da indústria 4.0 e fatores de integração.....	86
Figura 11. Framework da integração interfuncional presente na organização estudada.....	88

Lista de Quadros

Quadro 1. Fatores de integração escolhidos para condução do estudo de caso.....	25
Quadro 2. Tecnologias da industria 4.0.....	33
Quadro 3. Contribuições dos artigos relacionados a busca da indústria 4.0	36
Quadro 4. Objetivos das publicações sobre o tema "industria 4.0	38
Quadro 5. Perfil dos entrevistados.....	44
Quadro 6. Etapas e funções mais empregadas no desenvolvimento de produtos	55

Lista de Tabelas

Tabela 1. Frequência com que as tecnologias da indústria 4.0 estão presentes na organização	64
Tabela 2. Média da avaliação das tecnologias da indústria 4.0	65
Tabela 3. Frequência dos Fatores de Integração.....	74

Sumário

1.	Introdução.....	14
1.1	Problema de pesquisa	15
1.2	Objetivos	16
1.2.1	Objetivo geral	16
1.2.1	Objetivos específicos.....	17
1.3	Justificativas	17
1.4	Estrutura da dissertação.....	18
2.	Referencial teórico.....	21
2.1	Integração Interfuncional	21
2.2	Impactos	27
2.3	Processos de Desenvolvimento de Produtos	27
2.2.1	Processos de DP na indústria automotiva	30
2.4	Tecnologias da Indústria 4.0	32
	Habilidades e Competências no contexto das tecnologias	38
3.	Aspectos Metodológicos	40
3.1	Estratégia da pesquisa	40
3.2	Coleta de dados	41
3.3	Analise de dados.....	44
3.4	Análise da confiabilidade dos dados (<i>Research Quality</i>).....	46
4.	Resultados	48
4.1	Descrição da organização	49
4.2	Processos de desenvolvimento de produtos da organização	50
	Conceito do produto	55
	Planejamento do produto	56
	Detalhamento do projeto	57
	Aprovação do projeto	58
	Industrialização do produto	58
	Congelamento de desenho	59
	Preparação da produção.....	59
	Lançamento do produto	60
	Acompanhamento da produção	60
	O processo de Tropicalização no desenvolvimento de produtos.....	61
4.3	Tecnologias da indústria 4.0 presentes na organização.....	62
4.4	A presença da integração interfuncional na organização	72
4.5	Os impactos da integração interfuncional sobre os PDP no contexto da indústria 4.0 87	87
	Processos otimizados.....	89
	Competitividade	89
	Produtividade.....	90
	Agilidade	90
	Time to market	92
	Operador 4.0	93
	Cultura de inovação	94
4.6	A integração entre os processos de DP e as tecnologias da indústria 4.0	97
5.	Considerações finais.....	99

5.1	Atendimento aos objetivos	99
5.2	Contribuições teóricas	100
5.3	Contribuições práticas e relação do estudo com a região do Programa de Pós-Graduação em Administração da UFU.....	101
5.4	Limitações	102
5.5	Sugestões ou agenda para pesquisas futuras	103
6.	Referências	104
	APÊNDICE 1	112
	ANEXO 1	114

1. Introdução

O desenvolvimento de produtos (DP) é um dos mais importantes processos de uma organização, uma vez que a partir dele se faz toda a renovação do portfólio de produtos da empresa e, com isso se estabelece a longevidade no mercado (Toledo et al., 2008). Na indústria automotiva, os produtos são cada vez mais complexos pela evolução da eletrônica e da digitalização, com as tecnologias embarcadas. A renovação das plataformas de produtos ocorrem de forma acelerada para tentar atender aos anseios dos consumidores por inovações em seus veículos e pela presença de novos concorrentes que desafiam os players tradicionais do mercado (Miguel, 2017).

Para auxiliar as indústrias a implementar tais melhorias em seus produtos, se faz cada vez mais o uso de processos de produção mais inteligentes e tecnológicos. As tecnologias da Indústria 4.0 se dizem capazes de modernizar os processos de produção das fábricas por meio de uma automação inteligente, em que as máquinas passam a se comunicar e realizam o armazenamento e processamento de dados de forma intensiva, por meio da internet das coisas, computação em nuvem, big data, por exemplo (Wang & Wang, 2016).

Alguns autores não concordam com o uso do termo “indústria”, como uma quarta revolução industrial (Fuchs, 2018). No entanto, este trabalho utiliza esse termo para se referir ao conjunto de tecnologias que proporcionam a mudança de paradigmas, transformando todo o contexto da produção tradicional. As mudanças são profundas, exigem grandes esforços entre implementação de tecnologias, integração entre as funções internas e integração entre parceiros e clientes (Neirotti, Raguseo & Paolucci, 2018).

A integração interfuncional por si só se refere ao alinhamento estabelecido entre as funções internas da organização e se estabelece por meio dos “fatores” de integração. Os fatores são os mecanismos utilizados para sincronizar esforços entre departamentos em direção à objetivos comuns e podem ser formais, quando há “interação” e informais quando se estabelece “colaboração” entre as pessoas (Kahn, 1996). Pimenta, Silva e Tate (2016) mencionam que os fatores de integração podem gerar impactos e resultados para as empresas.

Frankel e Mollenkopf (2015) abordam que existem diferentes formas de se estudar a integração e que variam de acordo com seu contexto. O contexto da indústria 4.0 configura uma relação mais próxima entre homens e máquinas e trazem a necessidade de que as pessoas desenvolvam habilidades para interagir com essas tecnologias (Candi & Beltagui, 2019), como

quando se faz uso de sistemas de compartilhamento de informação e sistemas virtuais de design por exemplo, (Mauerhoefer, Stressee & Brettel, 2017; Muller, Buliga & Voigt, 2018).

A presença da integração interfuncional se faz necessária para gerir os conhecimentos provindos de várias áreas nas diversas etapas do DP, bem como quanto à implementação das novas tecnologias (Bertan, Ferreira, Pimenta, & Hilletofth, 2016; Candi & Beltagui, 2019). No entanto a literatura sobre a integração nos processos de DP não é clara com relação à presença das tecnologias da Indústria 4.0 para que esta permita alcançar a cooperação necessária a fim de suportar a sua multidisciplinariedade (Moeuf, Pellerin, Lamouri, Tamayo-Giraldo e Barbaray, 2018).

Portanto, esta pesquisa irá se desenrolar com um estudo de caso em uma indústria automotiva que desenvolve sua própria plataforma de produtos e faz uso das novas tecnologias da indústria 4.0, com o intuito de identificar impactos para a integração da organização. A partir da literatura de integração interfuncional, se delimitaram fatores de integração principais que são atrelados aos processos de DP na indústria automotiva. E por fim, da literatura de indústria 4.0 foi possível extrair as principais tecnologias que vêm sendo empregadas pelas indústrias. Estes construtos serviram como as bases para elaboração dos instrumentos de coleta de dados.

1.1 Problema de pesquisa

O funcionamento da integração interfuncional é bem explicado desde a década de 1960 (Lawrence e Lorsch, 1967), porém não é suficiente para dar suporte a estudos no contexto da Indústria 4.0, uma vez que este se caracteriza como um ambiente que demanda outros tipos de integração que não apenas departamentos e relações hierárquicas, mas adiciona novos elementos como as máquinas, os sistemas, o *big data analytics*, o armazenamento de dados em nuvem, a internet das coisas (Moeuf et al., 2017; Neirotti, 2018).

A literatura que envolve integração nos processos de DP no contexto da indústria 4.0 aborda a integração entre máquinas, sistemas de dados e computação em nuvem no âmbito interno da organização e no âmbito externo entre sistemas de dados de clientes e fornecedores (Wang & Wang, 2016; Liu, Shahriar, Al Sunny, Leu, & Hu, 2017; Chen et al., 2017). Esses estudos apresentam natureza técnica, e não tratam especificamente das relações entre as pessoas, mas da integração mecânica e virtual entre fases de determinados processos. A

integração de equipes por meio de sistemas de informação (Candy & Beltagui, 2018; Moeuf et al., 2017; Neirotti et al., 2018) se aproximam da pesquisa em integração interfuncional por estar focada na cooperação entre pessoas.

No entanto, estes artigos não aprofundam no funcionamento da integração em termos de *locus*, ou seja, onde ocorrem em termos de nível hierárquico, processos e relacionamentos pessoais (Frankel e Mollenkopf, 2015). Ainda, não detalham características dos elementos da dinâmica da integração interfuncional (Pimenta, Silva e Tate, 2016) como por exemplo: fatores de integração, formalidade e informalidade e nível de integração. Por fim, a literatura estudada não permite identificar quais seriam os impactos gerados pela integração interfuncional no contexto das tecnologias de Indústria 4.0. Ou seja, existe ainda uma lacuna de pesquisa sobre a integração interfuncional no contexto da Indústria 4.0.

Através da condução de um estudo de caso em uma organização madura na condução de processos de DP, se pretende investigar e analisar a integração e seus impactos com a introdução de um novo construto de estudo na literatura sobre integração: “as tecnologias da indústria 4.0”. Há uma vasta literatura sobre a integração e os processos de DP (Wang & Wang, 2016; Liu et al., 2017; Moeuf et al., 2017; Candy & Beltagui, 2018), bem como funções e atividades designadas formalmente para realizar os processos de DP. Ou seja, por meio deste estudo se pretende investigar se o novo contexto da indústria 4.0 será capaz de impactar a integração presente no DP da organização.

Com o intuito de contribuir para as pesquisas em tecnologias da indústria 4.0 no âmbito dos processos de DP, este estudo pretende responder a seguinte questão: Como pode ser caracterizada a integração interfuncional presente nos processos de DP no contexto da Indústria 4.0?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é caracterizar as iniciativas de integração interfuncional no processo de desenvolvimento de produtos de uma indústria automotiva que emprega as tecnologias da Indústria 4.0 e consolidar os resultados em um framework que possa contribuir para as práticas de integração nos processos de DP neste novo contexto industrial.

1.2.1 Objetivos específicos

- Analisar os processos de DP utilizados na organização que utiliza as tecnologias da Indústria 4.0;
- Analisar como ocorre a prática da integração interfuncional no contexto da Indústria 4.0;
- Analisar como a presença de fatores de integração interfuncional nos processos de DP no contexto da indústria 4.0 contribui para gerar impactos na organização.

1.3 Justificativas

As publicações sobre as tecnologias da indústria 4.0 têm crescido recentemente, com forte presença nas publicações internacionais. O desenvolvimento de produtos no contexto da Indústria 4.0 é um tema cujas publicações tem crescido nos últimos anos e está sendo estudado em diversos setores industriais em diversos países no mundo: nos Estados Unidos, Candi e Beltagui (2019), na China, Chen et al., (2018), na Europa, Müller, Buliga e Voigt (2018) e no Brasil, Tortorella e Fettermann, (2018), o que indica o potencial de abrangência deste tema.

O governo alemão destinou investimentos para suportar o desenvolvimento de tecnologias de ponta na Alemanha (Kang et al., 2016). O governo dos Estados Unidos iniciou em 2011 o “*Advanced Manufacturing Partnership (AMP)*”, para garantir que o país esteja preparado para liderar a próxima geração de manufatura (Rafael, Shirley & Livers, 2014). Na Europa, o Reino Unido e a França têm programas desde 2013 de políticas prioritárias para a modernização do setor de manufatura para apoiar o crescimento da produção nestes países. A Comissão Europeia tem desde 2014 uma parceria público-privada para o financiamento até o ano de 2020 de um programa denominado “Fábricas do Futuro”. A Coreia do Sul, a China, o Japão e Cingapura lançaram mão de programas de aceleração e implementação da informatização e digitalização, por meio do uso disseminado da Internet na manufatura e a ampliação das fabricas inteligentes (Liao, Deschamps, Loures & Ramos, 2017).

Apesar disso, a maioria dos artigos está publicada em periódicos de natureza técnica e não gerencial. Isso indica a necessidade de se desenvolver pesquisas sobre a integração interfuncional nos processos de DP sob uma perspectiva mais gerencial a respeito da Indústria 4.0. Isso porque há mais concentração no desenvolvimento das tecnologias (Hehenberger et al.,

2016; Chen et al., 2018) do que no estudo da cooperação entre as diferentes partes integrantes dos processos (Penas et al., 2017).

O estudo se desenvolveu na indústria automotiva, dada a sua relevância para a economia do país. Este setor se destaca pela elevada participação no PIB brasileiro, em 2015 chegou a 22% de toda a indústria de transformação nacional e foi responsável por gerar 130 mil empregos diretos em 2018 (Anfavea, 2019). Por sua natureza de produção em larga escala, mantém-se pioneira na utilização de automação industrial, com tecnologias que possam gerar monitoramento e melhoria dos processos produtivos. A organização se estabelece no ABC Paulista, berço da indústria automotiva, na cidade de São Bernardo do Campo, que consiste de um cluster produtivo automotivo muito bem consolidado (Araujo, 2015).

A empresa se retrata como uma subsidiária, com desenvolvimento de atividades tecnológicas atribuídas a uma engenharia local. Este departamento é responsável por realizar adaptações às condições locais e até mesmo ao desenvolvimento de veículos derivados da plataforma global que a empresa mantém, com a finalidade de atender às necessidades locais de demanda. Ou seja, como o produto será comercializado no mercado brasileiro, existe uma engenharia de produto local que é responsável por adaptar o produto com as características requeridas pelo mercado nacional.

1.4 Estrutura da dissertação

Após a realização da pesquisa bibliográfica nos temas da pesquisa houve um maior aprofundamento no conhecimento das temáticas, sendo possível identificar os elementos chave do referencial teórico que orientaram o desenvolvimento da pesquisa de campo e a elaboração do instrumento de coleta de dados da pesquisa (Apêndice 1) e (Anexo 1). Os elementos podem ser definidos resumidamente pelos tópicos apresentados abaixo.

- 1) Processos empregados no DP consistem em uma sequência de atividades as quais empregam o conceito, planejamento, testes e comercialização de um produto (Ulrich & Eppinger, 2016). Os processos se iniciam desde o conceito do produto e proporcionam uma sequência de atividades. Estes processos podem ser diferentes ou não em cada fase do DP e podem envolver funções distintas em cada fase. Estas fases representam a evolução, a complexidade e alocação de recursos no processo de desenvolvimento de um produto. (Rozenfeld & Amaral, 2006).

- 2) Funções internas, áreas ou departamentos, representam as pessoas e os recursos conforme estão alocadas a determinada organização. São as funções que desempenham as diversas atividades e suportam os processos multidisciplinares de DP, e se relacionam através dos pontos de contato interfuncional.
- 3) Tecnologias referem-se às tecnologias da indústria 4.0 empregadas nas fabricas a fim de facilitar as atividades e os processos de DP. As fabricas inteligentes fazem uso integrado destas ferramentas, sendo que os processos se tornam intensivos em comunicação, automação, armazenamento e processamento de dados (Wang e Wang, 2016).
- 4) Fatores da integração interfuncional são os mecanismos usados para gerar a integração em seus pontos de contato interfuncional (Pimenta, Silva & Tate, 2016). São as ferramentas gerenciais, os estados de colaboração entre as pessoas. É o elemento que movimenta o processo de integração, pois efetivamente gera a integração.
- 5) Impactos da integração interfuncional são os efeitos gerados na organização pelas iniciativas de integração. Segundo Alam et al. (2014) existe um efeito relacionado ao ganho de sinergia como facilitador para o alcance de objetivos, como o ganho de produtividade, por exemplo.

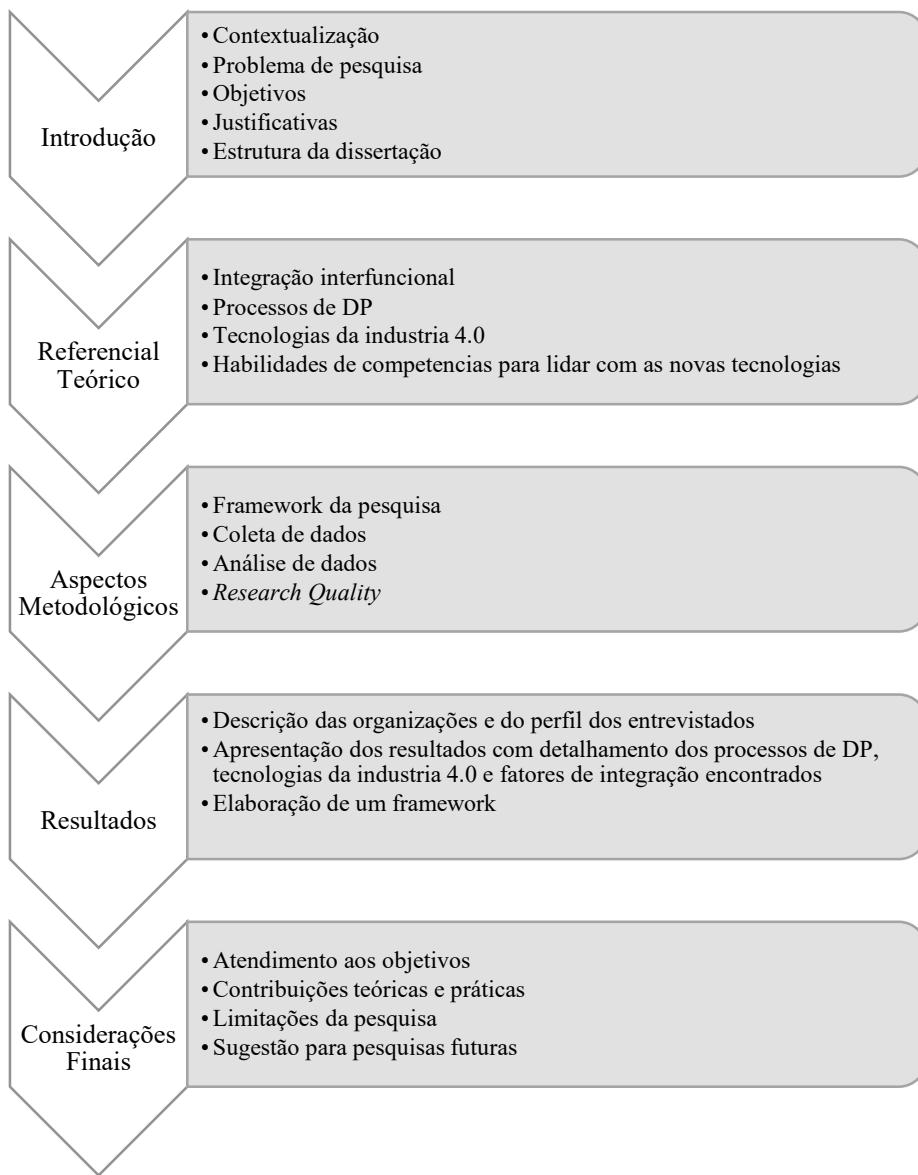
Os processos de desenvolvimento de produtos são os pontos de contato entre as funções internas da organização. Estas funções participam em cada fase do processo, sendo que em cada fase podem haver funções distintas ou não, conforme evidenciado na literatura de integração interfuncional. Contudo, ao introduzir o novo elemento das tecnologias da indústria 4.0, uma nova configuração passa a existir na organização. Os fatores de integração irão gerar cooperação entre as funções envolvidas nos processos de DP. A aplicação de processos formais de integração, tais como reuniões e equipes interfuncionais, podem gerar novos processos de integração formais ou informais na organização. Como falado anteriormente, as tecnologias trazem a necessidade de preparar as pessoas para lidar com automação e interface com novas máquinas da fábrica inteligente. Dessa forma, pretende-se investigar e caracterizar possíveis impactos na integração interfuncional.

Pretende-se observar as práticas da organização e inicialmente descrever os processos de DP e as tecnologias empregadas. Em seguida, conduzir as entrevistas em profundidade com gestores e colaboradores da organização que estejam em funções relacionadas com aos

processos de DP. E então, após a coleta de dados, categorizar os dados obtidos e realizar uma análise de conteúdo.

A dissertação se organizou em torno da estrutura descrita a seguir pela Figura 1.

Figura 1. Estrutura da dissertação.



Fonte: elabora pela autora.

2. Referencial teórico

2.1 Integração Interfuncional

A natureza do comportamento humano atua de forma a estabelecer a maneira como cada indivíduo, de forma subjetiva, atua ao se deparar com o ambiente organizacional e sistêmico. Por meio da experiência diária no ambiente organizacional, cada profissional aprende os diferentes conceitos relacionados à sua função, e desenvolve por consequência, maior consciência sobre os problemas de sua área em particular. Shapiro (1977) destaca que o individualismo das pessoas pode ser explicado pelas características dos departamentos em que trabalham, ou seja, pode ser inerente à complexidade e especificidade dos problemas que os departamentos apresentam.

Segundo Lawrence e Lorsch (1967), as pessoas da organização se comportam de forma individualista quando são colocadas no meio organizacional ao se depararem com a segmentação de funções. Swink e Song (2007), nesse mesmo sentido, consideram que as pessoas podem ser influenciadas de forma até excessiva pelos objetivos e valores próprios das funções em que atuam, por isso, possuem orientações de comportamento diferentes. Nesse sentido, as áreas funcionais das organizações não são, de forma natural, integradas da mesma maneira. O interesse particular e a preocupação primária com as ocupações rotineiras geram dificuldades em conectar departamentos distintos a se colocarem a serviço de atender aos objetivos coletivos e cooperarem de forma integrada.

Torna-se então, essencial para as organizações que haja uma gestão dessa integração, para alinhar o comportamento das pessoas em busca de atender ao objetivo organizacional (Lawrence e Lorsch, 1967; Ellinger, Keller e Hansen, 2006). Quando as áreas internas das empresas movem esforços em conjunto, em direção aos objetivos comuns da organização, elas atuam em direção a uma organização mais coesa e compreendem então, o funcionamento dos fatores que proporcionam a existência de integração (Pimenta, Silva & Tate, 2016).

Apesar das dificuldades de se implementar a integração interfuncional, torna-se fundamental esta gestão para que as empresas consigam proporcionar resultados. As funções internas devem mover esforços conjuntos em direção aos objetivos da organização, de tal forma que os fatores da integração possam agir para a existência da integração. Lawrence e Lorsch (1967) descrevem a integração interfuncional como a maneira como diferentes funções organizacionais cooperam e se relacionam. Frankel e Mollenkopf (2019) alertam para o uso

correto do termo “integração interfuncional” entre diferentes departamentos de uma organização, de forma que trabalhem em conjunto de forma cooperativa para alcançar objetivos em comum para a organização.

Para Kahn e Mentzer (1996), a integração interfuncional é composta pelos processos de interação e de colaboração que levam os departamentos a atuarem de forma conjunta em direção a uma organização coesa. A interação diz respeito aos aspectos formais que a organização estabelece para que haja cooperação entre as pessoas como as reuniões, os recursos de comunicação e o estabelecimento de equipes interfuncionais, por exemplo. Já a colaboração é a informalidade que atua nessas relações, como as conversas informais entre os colaboradores e a disposição voluntária para resolver problemas.

Nesse sentido, a literatura sobre integração apresenta estudos que envolvem integração em dois contextos básicos: interno e externo. Estudos envolvendo o contexto interno abordam as relações estabelecidas entre áreas funcionais dentro da organização (Pagell, 2004). Este trabalho dá ênfase no estudo das características da integração interna, porém, ao mesmo tempo, objetiva analisar como essa prática impacta em processos e relacionamentos na cadeia de suprimentos.

Frankel e Mollenkopf (2015) reconhecem que a integração interfuncional é um fenômeno que pode ser estudado em diferentes contextos em termos de *locus* e domínio, isto é, em diferentes níveis hierárquicos, partes de processos e relacionamentos pessoais. O contexto da indústria 4.0 adiciona novos elementos, esse “novo” tipo de integração se relaciona ao desenvolvimento de habilidades para lidar com os processos ciberfísicos e com o conhecimento produzido pelas máquinas e sistemas de informação.

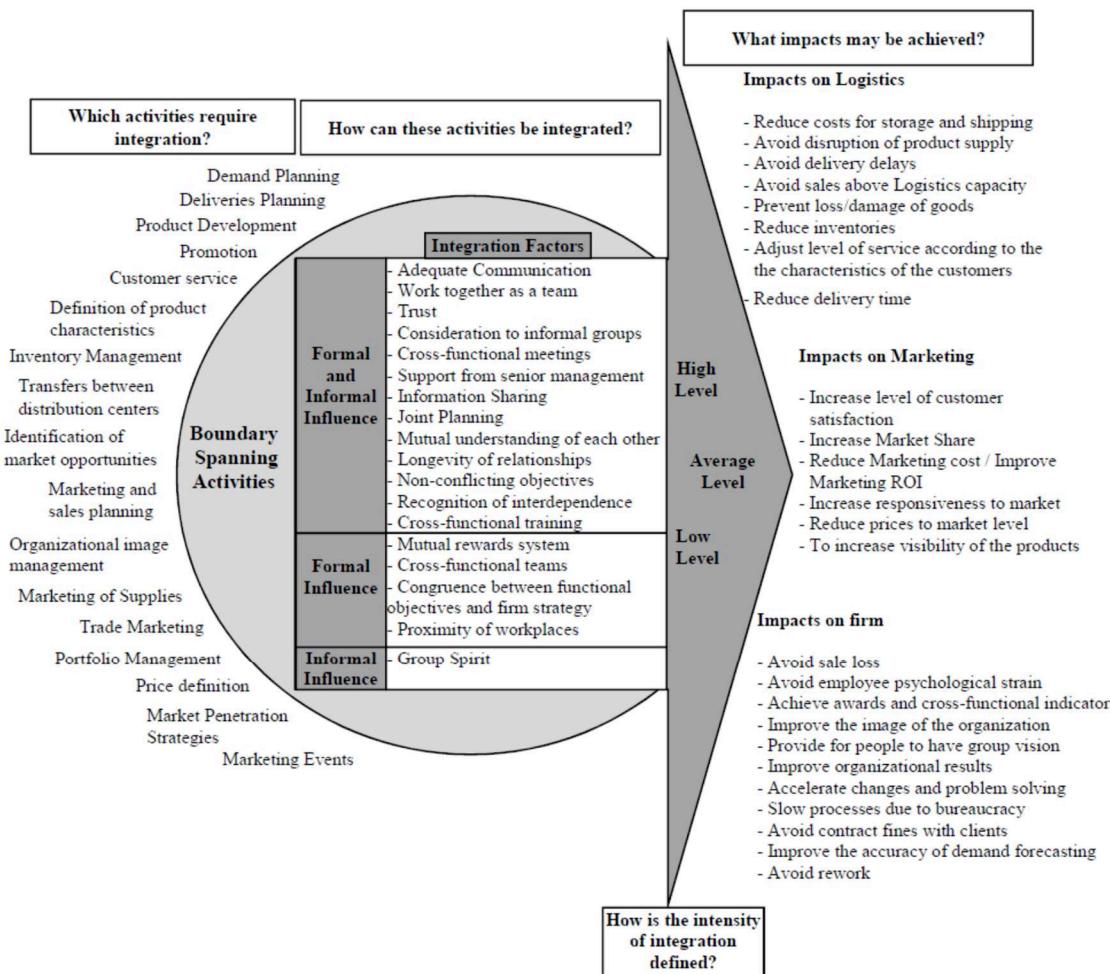
Esse tipo de habilidade de interação entre humano, máquina e sistema, pode gerar uma nova forma de se estudar a integração interfuncional, que inclua mecanismos de integração capazes de unir processos e pessoas em direção aos objetivos comuns nesse novo contexto industrial, com pessoas, máquinas, big data analytics, internet das coisas, etc (Moeuf et al., 2017; Neirotti, 2018).

O estudo de Ruiz-Alba, Guesalaga, Ayestarán, & Mediano (2019) afirma que a digitalização atua como um mecanismo estratégico para melhorar a coordenação da integração entre funções. Para Fawcett, Fawcett, & Swanson (2019), a colaboração atenua os conflitos

entre os atores de uma empresa e é capaz de produzir um efeito sinérgico para, inclusive, obter novos clientes e aumentar o desempenho. Pellathy, Mollenkopf, Stank e Autry (2019) realiza uma análise sobre as variáveis que compõe a integração neste novo contexto e encontra resultados como a colaboração com os parceiros da cadeia de suprimentos, a coordenação de atividades e a comunicação com a troca de informações.

Como estrutura teórica da pesquisa, será utilizada a abordagem da dinâmica de integração interfuncional (Pimenta, Silva e Tate, 2016), representada pela interação entre cinco elementos que exercem influência sobre os processos que demandam integração e seus respectivos impactos nas áreas integradas: os pontos de contato entre as funções; os fatores de integração; o nível de intensidade da integração, formalidade e informalidade e os impactos da integração.

Figura 2. Dinâmica da Integração Interfuncional de Pimenta, Silva e Tate (2016).



fonte: adaptado de Pimenta, Silva e Tate (2016)

Pontos de contato são a interface entre duas ou mais funções que se relacionam na organização. As funções internas se relacionam para a realização das atividades e processos do negócio, ou seja, sempre que existem tarefas funcionais que necessitam da participação, ou da opinião, de outras funções de modo a atingir eficiência adequada aos objetivos organizacionais, se tem a existência de pontos de contato (Daugherty et al., 2009; Ellinger, Keller & Hansen, 2006).

Para entender a natureza de cada processo de integração, é necessário se atentar à forma como as pessoas se manifestam no ambiente organizacional (Pimenta, 2011). Considerando esses aspectos, pode-se dizer que a interação em si não assegura a presença de integração na organização. Ela é útil no sentido de organizar e proporcionando contato entre as áreas. Porém é necessário que exista colaboração a fim de gerir os processos de integração (Kahn, 1996).

Os fatores de integração são os mecanismos que efetivamente geram a integração entre os pontos de contato. São os elementos que exercem influência sobre os demais elementos da dinâmica, são as ferramentas gerenciais, os estados de colaboração entre as pessoas. É o elemento que movimenta o processo de integração, pois são eles que efetivamente geram a integração (Pimenta, 2011).

O “compartilhamento de informações”, por exemplo, é conhecido na literatura de integração interfuncional como um importante fator de integração (Ellinger, Daugherty e Keller, 2000). No entanto, o contexto da Indústria 4.0 modificou a forma sobre este atua, em razão das tecnologias, novas formas de compartilhamento de informações são providas como os sistemas virtuais de compartilhamento de desenhos, o armazenamento de dados e sistemas ciberfísicos.

No contexto da indústria 4.0, esses sistemas funcionam com base na simulação de informações obtidas em projetos anteriores, dados acumulados na própria base linha de produção e inserção de novas ideias obtidas em conjunto por integrantes de várias funções. Os sistemas de solução compartilhada de problemas automatizam e controlam a participação de várias pessoas, várias funções, nos processos de solução dos problemas que emergem no campo físico ou virtual (Muller, Buliga e Voigt, 2018).

A revisão da literatura permitiu identificar e selecionar os fatores de integração presentes nos estudos de integração relacionados aos processos de DP. Ao mesmo tempo em que se identificaram os fatores relacionados ao emprego de novas tecnologias. O Quadro 1 apresenta um resumo dos principais fatores de integração identificados na pesquisa, que serão utilizados para compor o questionário semiestruturado utilizado na coleta de dados e, posteriormente, na etapa de análise dos resultados.

A literatura aborda impactos que poderiam ser obtidos com o êxito das ações de integração interfuncional nas organizações. Flynn, Huo e Zhao (2010) acreditam que a integração interfuncional melhora o desempenho organizacional e o alcance da integração externa da cadeia de suprimentos. Pimenta (2011) acredita que a integração interfuncional agrupa valor aos produtos e oferta um serviço melhor aos clientes. Daugherty et al. (2009) aborda a melhoria no desempenho e integração plena da organização.

Quadro 1. Fatores de integração escolhidos para condução do estudo de caso.

Nº	Fatores de integração	Formal/ Informal	Definição	Autores
1	Sistemas de informação conectados a máquinas	Formal	Os sistemas de informação conectados às máquinas fornecem a integração de operações e informações entre as máquinas da linha de produção, bem como entre a linha e os sistemas de análise de dados. Esses sistemas de dados operam em nuvens, geralmente integrados a clientes e fornecedores.	Roy et al. (2016); Wang e Wang (2016); Liu et al. (2017); Moeuf et al. (2017); Oesterreich e Teuteberg (2016); Candi e Beltagui (2019)
2	Sistemas de DP virtual compartilhado	Formal	Os sistemas de PD virtual compartilhados ajudam a integrar funções internas responsáveis pelas várias fases do design de novos produtos (por exemplo, design, teste, liberação de produto). Esses sistemas funcionam com base na simulação de informações de projetos anteriores, dados acumulados sobre a linha de produção e inserção de novas idéias obtidas por membros de várias funções.	Papazoglou, van den Heuvel e Mascolo (2015); Hohenberger et al., (2016); Mauerhoefer, Stresee e Brettel (2017); Müller, Buliga e Voigt (2018); Neirotti et al. (2018)
3	Sistemas de solução compartilhada de problemas	Formal	Sistemas que automatizam e gerenciam a participação de várias pessoas, de várias funções, na solução de problemas que surgem no campo físico ou virtual. Se referem a novas formas de compartilhamento de informações fornecidas pelas tecnologias de big data, computação em nuvem, manufatura aditiva e sistemas ciberfísicos.	Chen et al. (2018)
4	<i>Job rotation</i>	Formal e Informal	A mudança dos colaboradores de área para outras funções em caráter temporário ou permanente, pode promover a integração interfuncional.	Murphy e Poist (1996) e Pagell (2004)
5	Reconhecimento de interdependência funcional	Formal e Informal	Busca por trabalhar de forma coordenada dado o reconhecimento do quanto dependente as funções são entre si para a realização de suas atividades. Tal interdependência pode influenciar na mútua confiança entre as funções integradas.	Dawes e Massey (2006)
6	Apoio da alta administração	Formal e Informal	Há um clima de motivação e aprendizado provenientes da alta administração, a fim de que a visão seja compartilhada e a integração efetiva. Tem-se a delegação de autoridade e o estabelecimento de estruturas propícias ao mútuo apoio interfuncional, incentivando o processo integrativo.	Jabbour et al. (2018)
7	Comunicação adequada (aspectos formais de	Formal e Informal	Uma comunicação adequada é aquela em que o diálogo interpessoal e entre equipes é fácil, independente de ser	Murphy e Poist (1996); Pagell (2004); Ellinger,

	recursos e infraestrutura e aspectos informais)		uma conversa formal ou informal, e que apresenta volume e qualidade apropriados. Ela pode ocorrer por meio de e-mail, telefone, equipamentos, documentos, infraestrutura ou rede interna, além de ser facilitada pela gerência.	Keller e Hansen (2006); Jabbour et al. (2018)
8	Disposição voluntária das pessoas	Informal	Diante situações de conflito ou na resolução de problemas, as funções devem trabalhar em conjunto e negociar entre si para solucioná-los.	Murphy e Poist (1996)
9	Compartilhamento de informações	Formal e Informal	Refere-se à disposição para o compartilhamento informações, recursos e ideias entre departamentos em tempo real, buscando-se melhorar e adaptar processos. Tem-se que o acesso interfuncional (operacional e pessoal) é fácil.	Brettel et al. (2014); Li (2016); Rashid et al. (2018)
10	Treinamento interfuncional	Formal e Informal	Processo educativo pelo qual se procura reduzir diferenças de linguagem e cultura, ensinando-se a trabalhar em conjunto e disseminando as noções de uma função para as demais. Incentiva-se competências interpessoais.	Murphy e Poist (1996); Ellinger, Keller e Hansen (2006); Tortorella e Fettermann (2018)
11	Amplo conhecimento de uma função a respeito da outra	Formal e Informal	Além do mútuo conhecimento entre as funções e sobre as responsabilidades individuais, as características da relação com os consumidores e a organização, há a percepção de interdependência e dos benefícios da integração.	Kahn (1996); Ellinger, Daugherty e Keller (2000); Ellinger, Keller e Hansen (2006); Penas et al. (2017)
12	Espírito de grupo	Informal	O espírito de grupo se refere à existência de um clima de cooperação entre departamentos na organização.	Ellinger, Keller e Hansen (2006); Jabbour et al. (2018)
13	Confiança	Formal e Informal	Não há disputa entre as funções, mas sim visão compartilhada dos objetivos organizacionais, compromisso, confiança, resolução de problemas em conjunto e longevidade da relação.	Ellinger, Keller e Hansen (2006); Jabbour et al. (2018)
14	Equipes interfucionais	Formal	Equipes interfucionais são aquelas compostas por membros de cada função integrada. Preza-se pelo comportamento colaborativo, recompensando-o; e tem-se a punição para comportamentos individualistas. Há a busca pela formalização e controle dos processos de solução de conflitos e procura-se agendar decisões entre as funções.	Pagell (2004); Kahn (2009); Flynn, Huo e Zhao (2010)
15	Sistema de avaliação e recompensas mútuas	Formal	Este fator se refere ao mútuo benefício e responsabilidade, procurando promover a integração. O uso de indicadores pode esclarecer as contribuições entre as funções e o pagamento de bônus aos gerentes funcionais conforme o desempenho financeiro organizacional pode incentivá-los a compreenderem melhor as implicações de suas ações e se preocuparem com os resultados.	Pagell (2004); Ellinger Keller e Hansen (2006);
16	Objetivos não conflitantes	Formal e Informal	Compartilhamento do objetivo geral da organização e da visão de futuro, de modo a evitar objetivos funcionais conflitantes e comportamentos que favoreçam apenas resultados particulares.	Kahn (1996); Ellinger Keller e Hansen (2006); Kahn (2009)
17	Planejamento em conjunto	Formal e Informal	Envolve a elaboração em conjunto de projetos de trabalho, planos e objetivos. Há consenso entre as respectivas estratégias das funções e antecipação e resolução de problemas operacionais.	Pagell (2004); Ellinger Keller e Hansen (2006)
18	Longevidade dos relacionamentos	Formal e Informal	A longevidade dos relacionamentos é caracterizada por uma visão mais de longo prazo nas decisões e pelo maior entendimento das atitudes e valores das pessoas devido ao longo tempo que se conhecem.	Ellinger Keller e Hansen (2006); Kraiselburd e Watson (2007)

Fonte: elaborado pela autora

A formalidade se relaciona com o modo como a integração ocorre, como quando se estabelecem reuniões com uma agenda pré-determinada, por exemplo. Os processos de interação segundo Kahn (1996) envolvem questões estruturais, atividades e hierarquias

coordenadas de modo formal. Enquanto os processos de colaboração consistiriam de processos de trabalho informais que ocorrem de maneira mais livre ou voluntária, envolve a busca por objetivos alinhados, trabalho em equipe, objetivos em comum e entendimento mútuo entre duas ou mais áreas que trabalham em conjunto (Kahn, 1996; Kahn & Mentzer, 1998). O nível de integração diz respeito à intensidade com que a integração entre funções ocorre (Esper, Ellinger, Stank, Flint, & Moon, 2010; Flynn, Huo & Zhao, 2010).

2.2 Impactos

Os impactos da integração interfuncional são efeitos da ação dos fatores de integração sobre os processos da organização, no caso deste estudo, dos processos de DP e das tecnologias da indústria 4.0 empregadas na organização. Para identificar quais impactos acontecem a partir da integração, os entrevistados foram estimulados durante a realização das entrevistas, a indicar os benefícios e os ganhos quando era observada a aplicação de algum dos fatores de integração utilizados, conforme foram listados no Quadro 1.

Os impactos da integração interfuncional foram abordados no estudo de Pimenta, Silva e Tate (2016) resumidos pela Figura 2, que trata da integração interfuncional entre os departamentos de logística e marketing e apresentam um framework com os impactos que resultam dos fatores de integração encontrados nas organizações contempladas. Alguns dos impactos encontrados foram redução de custos de armazenagem e frete, redução do atraso de entrega, redução de vendas acima da capacidade logística, aumentar a responsividade ao mercado, evitar perda de vendas, melhorar resultado da organização como um todo. Neste estudo há indícios de que existem impactos de integração relacionados com os processos de DP no contexto da indústria 4.0, haja vista que se tratam de processos que requerem a atuação das pessoas em diversas frentes de trabalho e que possuem natureza multidisciplinar na sua condução.

2.3 Processos de Desenvolvimento de Produtos

A demanda pela introdução de novos produtos tem aumentado intensamente, justificando uma preocupação com a eficiência e a eficácia dos processos empregados no desenvolvimento de produtos (Cheng, 2000). Essa preocupação deve ir além da busca pelo menor custo, almejando também condições desejáveis para a competitividade, o rápido posicionamento do produto no mercado (*time to market*), a eficiência da manufatura, bem como

o aumento da capacidade de criação a cada projeto (Mundim et al., 2002). O DP é um dos mais importantes processos de uma organização, pois dele depende a renovação do portfólio de produtos da empresa e, com isso, sua longevidade no mercado (Toledo et al., 2008).

Para Wheelwright e Clark (1992), o DP deve ser conduzido de maneira bem estruturada para atingir altos níveis de sucesso. Para esses autores, os processos se iniciam desde o conceito do produto e, gradualmente, convergem por intermédio de um refinamento, resultando em projetos que devem ser desenvolvidos proporcionando uma sequência de atividades.

Os processos empregados no DP consistem em uma sequência de atividades as quais empregam conceito, planejamento, testes e comercialização de um produto (Ulrich & Eppinger, 2016). O ciclo de DP é dividido em etapas sequenciais. Uma fase é finalizada quando ocorre a entrega de um conjunto de resultados à fase seguinte, que determina um novo patamar de evolução do projeto de desenvolvimento. Após a entrega de cada fase é importante fazer uma avaliação do desempenho desta fase, assim é possibilitada a antecipação de problemas. Os resultados criados em cada fase permanecerão “congelados”, a partir do momento em que a fase é finalizada. As fases de desenvolvimento servem como marcos de início e fim dos estágios do projeto. Nessas transições, é possível perceber se o projeto está evoluindo conforme sua proposta inicial.

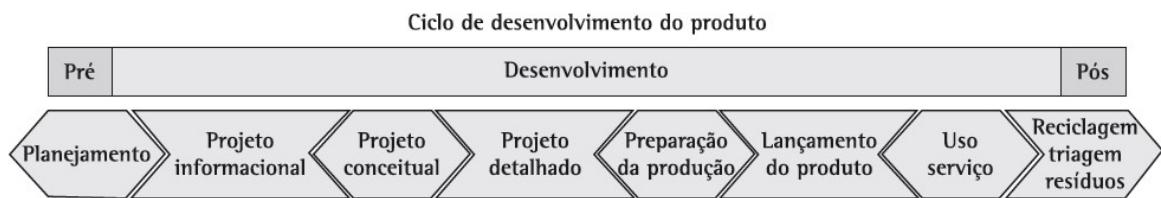
Para que a manufatura esteja apta a produzir um determinado produto de acordo com as especificações técnicas de projeto, o DP deve, por meio de uma série de atividades, considerando questões estratégicas e tecnológicas facilitadoras da empresa, atender às especificações de projeto do produto. Além disso, deve chegar ao seu processo produtivo e, mais adiante, planejar a ruptura do produto no mercado (Ulrich & Eppinger, 2016).

A maneira tradicional de se enxergar o DP é muito questionada nas novas abordagens utilizadas por empresas que ocupam um lugar destacado no mercado. A elaboração de informações sobre especificações técnicas do produto e como ele deve ser produzido e disponibilizado para ser manufaturado está sendo substituído por processos de integração onde as áreas trabalham de maneira interdependente e em conjunto com a cadeia de suprimento (Cooper, 2014).

Rozenfeld e Amaral (2006) propõem um modelo coerente com a integração das fases pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento, de acordo com a Figura 3.

Estas fases representam a evolução, a complexidade e alocação de recursos nos processos de DP. Esse modelo se destaca pela presença de marcos após cada fase. Esses marcos são compostos pela realização de relatório, constando as atividades realizadas e os resultados da fase específica, bem como o processo de avaliação dos relatórios. Dessa forma, os problemas reportados no campo são informados e gerenciados de maneira contínua de forma a dar apoio para a melhoria constante dos processos existentes.

Figura 3. Etapas sequenciais de um produto



Fonte: Adaptado de Rozenfeld e Amaral (2006).

O DP envolve muitas atividades que devem ser executadas por diversos profissionais de diferentes áreas da empresa, tais como Marketing, Pesquisa e Desenvolvimento, Engenharia de Produto, Protótipos, Qualidade, Suprimentos, Manufatura e Logística, cada uma percebendo o produto de uma perspectiva diferente, mas de forma complementar. Essa particularidade exige que as atividades e decisões sejam realizadas em conjunto e de forma integrada, evidenciando a necessidade de se estruturar um processo específico que reúna esse conjunto de atividades a serem planejadas e gerenciadas de forma dedicada (Rozenfeld & Amaral, 2006), as equipes multifuncionais.

Dependendo da área que a pessoa trabalha, esta participa somente de determinadas fases do DP. Se uma pessoa participa apenas das fases iniciais, tende a ter pouco conhecimento sobre as fases posteriores e vice versa. Isso pode gerar conflitos entre funções dentro das diferentes fases (Bertan et al., 2016). É necessário que exista o gerenciamento de equipes multifuncionais para atingir os objetivos (Cooper & Kleinschimst, 1994) e o planejamento dos mecanismos de comunicação junto à equipe de desenvolvimento do produto (Wheelwright & Clark, 1992).

Essa interdependência entre diversas funções internas cria a necessidade de gerenciar a integração interfuncional. Dessa forma, existem diversos estudos da integração interfuncional atrelada ao DP (Brettel et al., 2011; Rubera; Ordanini & Calantone, 2012; Silva, 2012; Jugend, et al., 2013; Bertan et al., 2016). Para Tessarolo (2007), um processo de desenvolvimento integrado geralmente favorece a obtenção de novas informações e sua divulgação para acelerar

o processo de desenvolvimento. Para Clark e Whellwright (1995), podem ocorrer falhas no projeto devido a falhas na comunicação entre as áreas, que podem gerar retrabalho e atrasos no lançamento.

A integração permite que as equipes interfuncionais realizem ajustes ao longo do ciclo do DP e pode estar atrelada às relações de poder no contexto dos departamentos de pesquisa e desenvolvimento, em que um elevado grau de inovação pode significar um elevado grau de influencia (Engelen & Brettel, 2012). A cultura organizacional relacionada à disposição das pessoas, ao coletivismo e colaboração para o sucesso do desenvolvimento de novos produtos (Fain & Wagner, 2014) também são elementos identificados na literatura de integração interfuncional e DP.

2.2.1 Processos de DP na indústria automotiva

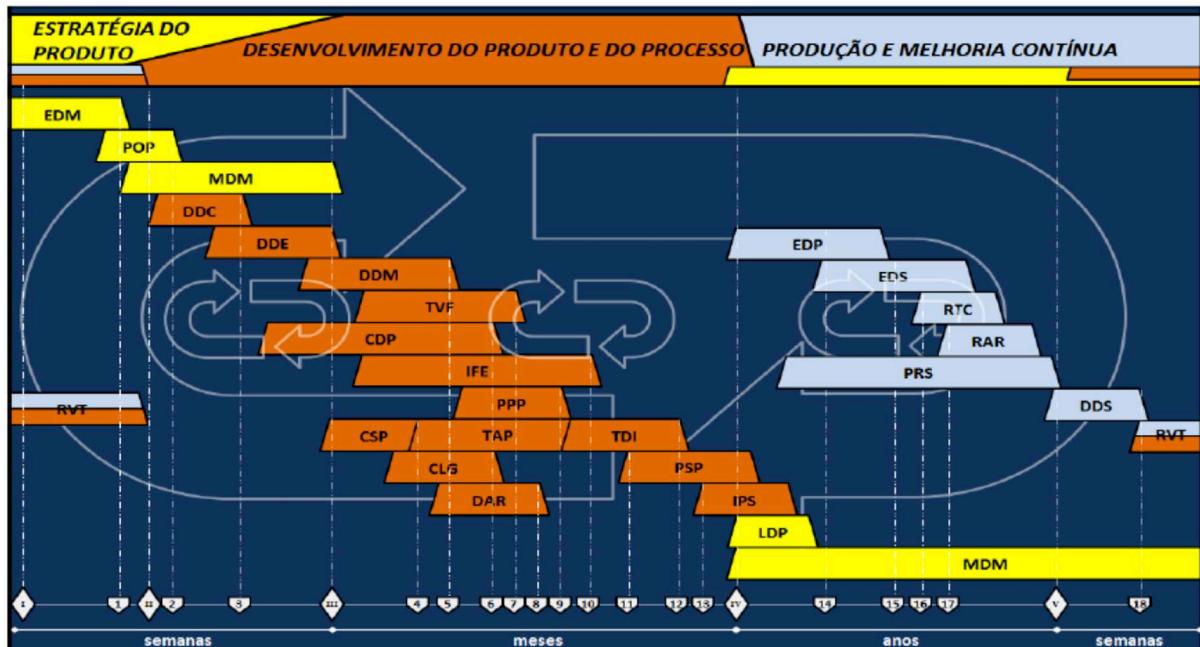
O desenvolvimento de produtos na industria automotiva apresenta algumas abordagens específicas com relação aos processos para desenvolvimento de novos veiculos (Hogalsky, 2018). A estratégia do produto contemplada na fase de pré-desenvolvimento, que lida com as tecnologias e componentes a serem empregadas para produção do novo produto são processos continuos e de longo prazo, logo, ocorrem em paralelo com fases de desenvolvimento do projeto e início do lançamento na produção (Weber, 2009).

Existe a fase inicial de avaliação da viabilidade técnica e economica do projeto do veículo, seguida de uma fase conceitual, com detalhamento do veiculo, acordos de consistencia tecnica e objetivos financeiros. O desenvolvimento de novos veiculos requerem a construção e testes de protótipos em diferentes estagios de maturidade do projeto de DP. São construidos modelos virtuais de representação do design, seguidas de etapas de construção de protótipos e realização de testes. Depois ocorrem as fases de produção de pequenos lotes tem série, para a validação dos processos produtivos em termos de capacidade e equipamentos instalados. Logo depois ocorre o ramp-up com a aceleração da produção até a estabilidade do processo de produção.

A abordagem de Silva e Kaminski (2017) propõe um modelo (Figura 4) para gerenciar a integração das equipes que trabalham ao longo do processo de DP com foco no produto automotivo. O modelo proposto tem uma abrangencia global por ter considerado a realidade de tres companias automotivas distintas de diferentes localidades do mundo. O processo de DP

ocorre em uma grande macrofase em que o produto em termos de conceito, design, construção de protótipos, testes e validações ocorre em paralelo ao desenvolvimento dos meios de produção nas fábricas. As três macrofases Estratégia do produto, DP e produção e melhoria contínua ocorrem em paralelo e quando há interação, pode-se observar a representação pelas setas menores.

Figura 4. Exemplo de processo de desenvolvimento de produto automotivo.



Legenda:

EDM	estudo de mercado	DDC	desenvolvimento do conceito	CDP	conceito do processo	EDP	estabilidade do processo
POP	posicionamento do produto	DDE	desenvolvimento do estilo	IFE	infraestrutura	EDS	estabilidade da série
MDM	monitoramento do mercado	DDM	desenvolvimento dos módulos	PPP	planejamento e preparação da produção	RTC	redução dos tempos de ciclo
LDP	lançamento do produto	TVF	testes e validação final	CSP	conceito do sistema de produção	RAR	redimensionamento e alocação de recursos
				TAP	tecnologia e automação do processo	PRS	produção seriada
				CLG	conceito logístico	DDS	descontinuidade da série
				DAR	dimensionamento e alocação de recursos	RVT	revisão técnica
				PSP	pré-série de produção		
				IPS	início da produção seriada		
				LDP			
				MDM			

Fonte: adaptado de Hogalsky (2018)

Sharafi, Wolfenstetter, Wolf e Krcmar (2010), afirmam que os processos da produção devem ser considerados nos modelos de processo de DP, pois decisões como a tecnologia e a sequência de fabricação do novo produto é predefinida no início do processo de concepção do novo veículo. Desta maneira, o layout de produção e a estratégia de suprimentos estariam sujeitas às decisões da alta administração. De forma geral, o gerenciamento mais detalhado das etapas do processo de DP pelos autores que abordaram em detalhe o produto automotivo trazem a preocupação do segmento com a tomada de decisões mais assertivas com relação ao DP.

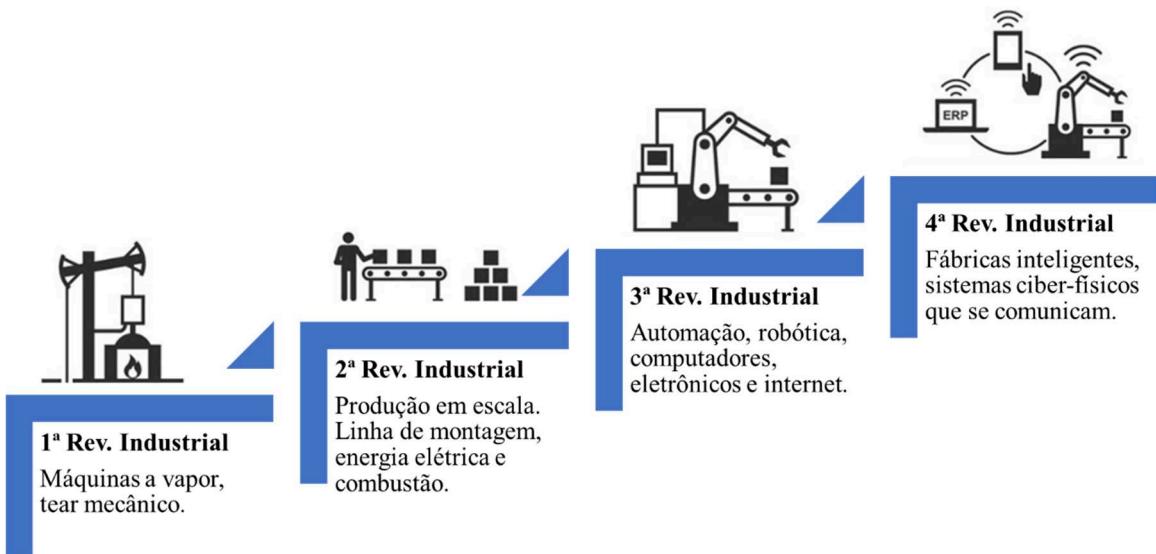
Segundo Rozenfeld e Amaral (2006) o custo final do produto deve-se em maior parte às decisões técnicas tomadas no início do projeto, quando as incertezas são grandes. Portanto a manufatura deve ser envolvida nas etapas iniciais, pois nas fases avançadas com o produto em produção, as possibilidades de redução de custos são mínimas.

2.4 Tecnologias da Indústria 4.0

A evolução das tecnologias digitais ocorreu repetidamente desde o final do século XX, de tal forma que provocaram mudanças em todo o mundo e podem ser considerados revolucionários em vários campos (Kang et al., 2016). O advento das novas tecnologias possibilita a criação de um mundo inteligente no qual as “coisas” são dotadas de certo grau de inteligência e, além disso, estão cada vez mais conectadas umas às outras (Liu et al., 2017). Isso está resultando na convergência do mundo físico e do mundo virtual na forma de sistemas ciberfísicos, o que significa que é possível usar recursos de rede, informações, objetos e pessoas para criar a “Internet das Coisas”.

Os efeitos deste fenômeno estão sendo sentidos pela manufatura, de forma que todas essas transformações tecnológicas podem ser descritas como a quarta revolução industrial ou Indústria 4.0 (Kagermann, Helbig, Hellinger & Wahlster, 2013). As três primeiras revoluções industriais levaram cerca de dois séculos para ocorrer, conforme a Figura 5. A primeira se deu pela introdução das instalações mecânicas de produção de vapor, a segunda com a aplicação de tecnologias de produção em massa através da divisão de tarefas e máquinas alimentadas eletricamente, e a terceira pelo uso de eletrônica e da tecnologia da informação (TI) para suportar a automação da produção (Liao et al., 2017).

Figura 5. Revolução industrial, da primeira à quarta.



Fonte: adaptado de Liao et al. (2017).

A seguir são definidas as principais tecnologias mencionadas na literatura sobre Indústria 4.0.

Quadro 2. Tecnologias da industria 4.0

Ferramentas de comunicação (<i>instant messaging</i>)	Funcionalidades que lidam com a comunicação entre os membros dos projetos e dos departamentos da organização e inclui mensagens instantâneas, e-mail, alterações automáticas e relatórios de status, notificações, grupos de notícias, comunidades virtuais, painéis, etc. Facilita o trabalho de pessoas em localidades distintas e projetos com interface com outras plantas.	Vila et al. (2017)
<i>Smart Manufacturing</i>	Consistem nas fabricas inteligentes. As maquinas, os objetos das fabricas são equipados com sensores, controlados por software e conectados à Internet (Liu et al., 2017). As máquinas se comunicam entre si, impulsionando a produção cooperativamente. Em outras palavras, significa que as tecnologias e sistemas baseados na manufatura ativa podem responder a situações complexas e diversificadas do campo de manufatura em tempo real.	Davis et al., 2015
<i>Cloud Manufacturing</i>	As tecnologias em nuvem podem ser amplamente usadas para aumentar o compartilhamento de dados dentro e fora dos limites da empresa, melhorar o desempenho do sistema com ganho em agilidade e flexibilidade, e reduzir custos ao disponibilizar sistemas online	Liu et al., 2017
Internet of Things (IoT)	Se referem a sistemas da tecnologia de informação conectados entre todos os subsistemas, processos internos e externos, objetos, redes de fornecedores e clientes que se comunicam e cooperam uns com os outros.	Kang et al., 2016
<i>AGVs (Automated Guided Vehicles)</i>	São equipamentos de transporte de uso autônomo que podem ser utilizados para realizar o transporte interno e fluxo de material. Estes equipamentos realizam troca de dados inteligentes com outros módulos, a fim de realizar uma coordenação	Stock & Seliger, 2016

	descentralizada de suprimentos e produtos com os sistemas de transporte.	
Manufatura aditiva ou impressoras 3D	Consiste de uma técnica automatizada para a conversão direta de dados CAD 3D em objetos físicos usando uma variedade de abordagens. As indústrias utilizam essa tecnologia para reduzir os tempos de ciclo de DP com a aplicação para produzir protótipos, por exemplo. Possibilita um menor custo efetivo e maior valor agregado, devido à incorporação de recursos personalizáveis. Diversos processos foram desenvolvidos permitindo o uso de vários materiais que vão desde plásticos até metais para desenvolvimento dos produtos.	Gibson, Rosen & Stucker, 2010
Realidade aumentada	Pode ser descrita como uma variação de ambientes virtuais que permite ao usuário visualizar o mundo real com objetos virtuais sobrepostos ou compostos com o mundo real. Esta tecnologia ajuda a criar postos de trabalho interativos, criando uma interface entre os colaboradores e os produtos digitais	Albertin, Elienesio, Aires, Pontes & Aragão Junior, 2017
Robôs autônomos	Também são denominados robôs colaborativos. Na Indústria 4.0 eles ganham habilidades além dos seus antecessores pois tem se tornando mais flexíveis e cooperativos, capazes de operar e executar tarefas por si só, sem controle humano explícito.	Albertin, Elienesio, Aires, Pontes & Aragão Junior, 2017
Simulação	É uma metodologia para resolução de muitos problemas da vida real. O uso de simulação computacional é essencial para garantir a qualidade e eficiência no DP, pois permite que dados em tempo real sejam utilizados para espelhar o mundo físico em um modelo virtual, que pode incluir máquinas, produtos e pessoas. As técnicas de simulação e modelagem permitem que as unidades descentralizadas alterem os produtos de maneira flexível e, assim, possibilitem a inovação rápida.	Banks (1998); Brettel et al. (2014)
Cybersegurança	Diz respeito às fábricas que irão trabalhar com protocolos padrão de comunicação e alta conectividade entre os links da cadeia de valor quando existe a necessidade de proteger os sistemas industriais e linhas de produção que sejam críticos contra ameaças de segurança. Dentro desse contexto, comunicações confiáveis e seguras, bem como identidades sofisticadas e gestão de acesso de máquinas e de usuários são essenciais	Rüßmann et al., 2015
Integração horizontal	Refere-se à integração entre indústria e cadeia de suprimentos, clientes e fornecedores. A dissociação e a separação espacial dos processos de produção, integrando dados abrangentes de produção de vários locais de produção, aumentou drasticamente a necessidade de coordenação.	Davis (2015)
Integração vertical	A integração vertical ocorre dentro de uma fábrica inteligente, ou seja, com vários componentes como terminais industriais de rede, nuvem e controle supervisório com objetos inteligentes de chão de fábrica, como máquinas, transportadores e produtos, provendo um sistema de fabricação flexível.	Wang et al. (2016)
Big data	Se refere a um sistema que surgiu como a alternativa mais completa para o processamento de dados organizacionais com características específicas em termos de volume, com tamanho que vai além da capacidade típica de banco de dados de ferramentas de software, a fim de capturar, armazenar, gerenciar e analisar dados,	Wang & Wang (2016); Liu & Xu (2017)

	com capacidade de processamento e análise, como por exemplo, para realizar rastreamento online de produtos.	
Inteligência Artificial	Os sistemas autônomos de fabricação inteligente são baseados na capacidade da própria máquina em aprender, no qual os requisitos dinâmicos são dados de entrada, e o objetivo é realizar a fabricação inteligente. As máquinas podem gerar solução de problemas de forma autônoma.	Qu et al. (2017)

Fonte: elabora pela autora

Através de tecnologias como a internet das coisas, a computação em nuvem, a impressão 3D, o big data, a integração máquina a máquina, a interface entre máquinas e sistemas, tornam os processos de produção intensivos em comunicação, automação, armazenamento e processamento de dados, o que permite que as fábricas façam uso integrado destas ferramentas a fim de obtenham maior flexibilidade, economia e sustentabilidade na produção (Wang & Wang, 2016).

Oesterreich e Teuteberg (2016) categorizam as principais tecnologias da Indústria 4.0 em: ferramentas estatísticas de simulação e modelagem de dados, tecnologias de fábricas inteligentes, digitalização e virtualização com uso do Big data e computação em nuvem. No entanto nem todos os empreendimentos utilizam essas tecnologias em todo o seu potencial. Müller, Buliga e Voigt (2018) identificaram quatro níveis de usuários destas tecnologias:

- *Craft manufacturers*, possuem motivação para implementar Indústria 4.0
- *Preliminary stage*, há ideias de implementação e inovação ainda não praticadas
- *Industry 4.0 users*, há inovações na produção, equipamentos, pessoas e interação com consumidor
- *Full-scale adopters* que implementaram todas essas tecnologias, porém estão na liderança na indústria em que atuam, em termos de implementação do conceito e de competitividade.

Do ponto de vista gerencial, os sistemas de informações passam a estar atrelados aos sistemas ciberfísicos da produção e aos recursos de *datamining* da alta administração, gerando a digitalização dos processos e respectivos resultados, em tempo real (Candi & Beltagui, 2019).

Frank, Dalenogare e Ayala (2019) estudaram a presença das tecnologias da indústria 4.0 nas empresas de manufatura e resumem o que encontraram em quatro frentes: fabricação inteligente, produtos mais inteligentes, cadeia de suprimentos inteligente e postos de trabalho

inteligentes. E comentam que a implementação dessas tecnologias está desafiando as empresas de manufatura.

As tecnologias modificam todo o ambiente de manufatura e poderão gerar novas formas de se realizar determinadas atividades e processos na organização. A impressão 3D ou manufatura aditiva, por exemplo, recebe destaque entre os processos de DP por ter a capacidade de reduzir o tempo de desenvolvimento de peças protótipo, bem como testar ajustes de design quando houverem mudanças ao longo do projeto. De modo geral, as tecnologias impactam a forma de desenvolver produtos entre os departamentos (Candy & Beltalgui, 2019).

Como se trata de uma temática inovadora, com publicações recentes, optou-se por realizar uma análise bibliométrica na temática da indústria 4.0. A pesquisa foi conduzida em julho de 2018 e considerou o período de publicações entre 2004 a 2017. Após aplicar filtros como a relevância das publicações, a aderência ao tema e a deleção de artigos não redundantes, restaram 52 artigos.

A partir da análise de conteúdo dos 52 estudos, realizou-se a categorização das contribuições de cada um dos artigos, o que permitiu agrupar os artigos com relação à sua principal contribuição na opinião dos próprios autores, conforme apresentado no Quadro 4 a seguir. O desenvolvimento de habilidades e competências interpessoais, por exemplo, mostra-se ainda um tema com pouco número de publicações, ao passo que as publicações relacionadas ao desenvolvimento de aplicações técnicas e modelagens computacionais já se encontram mais saturadas.

Quadro 3. Contribuições dos artigos relacionados a busca da indústria 4.0

Codificação dos artigos	Principais contribuições dos artigos	Autores	Ref.
-------------------------	--------------------------------------	---------	------

Tendências e aplicações das tecnologias da I4	Os artigos desta categoria se preocupam em investigar as tendências em aplicações tecnológicas e soluções futuras para os desafios da indústria. São propostas soluções em gerenciamento, aprendizagem e modelagem de sistemas para as fábricas do futuro.	SCHUH et al., 2014; RAUCH et al., 2015; PRINZ et al., 2016; POSADA et al., 2015; HERRMANN C. et al., 2014; LING, KOKICHI e MASAO, 2012; DAVIS et al., 2012; GERLITZ 2015; LI et al., 2017; LI 2016; LIAO et al., 2017; SHAFIQ et al., 2015; POPESCU, 2015.	13
Abordagens e Oportunidades da I4	Nesta categoria os estudos se preocupam em abordar oportunidades de desenvolvimentos da I4 em que o assunto ainda é remoto. Como a manufatura sustentável com a proposta do <i>retrofiting</i> das fábrica, desenvolvimento de sistemas com conceito <i>smart and safe</i> , entre outros.	STOCK e SELIGER, 2016; LEE, KAO e YANG, 2014; MONOSTORI, 2014; BAUER, et al., 2015; TRENTESAUX, BORANGIU e THOMAS, 2016; SANDERS, ELANGESWARAN e WULFSEBERG, 2016; GANZARAIN e ERRASTI, 2016.	7
Simulação de modelo proposto	Estes estudos em periódicos de abordagem mais técnica se preocupam com a modelagem de softwares e desenvolvimento de tecnologia de computação e aplicações para o chão de fábrica.	BAGHERI, et al., 2015; LIU, WANG e ALEXANDER, 2015; JUNG et al., 2017; LIN et al., 2016; MORENO, ZAMORA e SKARMETA, 2016; WANG et al., 2016; YOON, SHIN e SUH, 2012.	7
Gestão/Empreendedorismo	Estes artigos abordam oportunidades e inovações para pequenas empresas e desenvolvedores de negócios.	GERLITZ et al., 2016; PRAUSE, 2015; PRAUSE et al., 2016; CHU, et al., 2016; THEORIN et al., 2017.	5
Cenários da I4	Artigos com abordagem mais teórica sobre a revolução industrial, os impactos econômicos, sociais, políticos, as relações de trabalho, produtividade e competitividade das indústrias.	HOFMANN e RÜSCH, 2017; LU, 2017; DE AMORIM, 2017; BRANGER e PANG, 2015.	4
Conceitos I4	Abordagem conceitual sobre a indústria 4.0.	SHAFIQ et al., 2015; KANG et al., 2016; BRETEL et al., 2014; KANG et al., 2016.	4
Comparativo aplicações das tecnologias I4	Artigos comparam a aplicação de tecnologias computacionais à manufatura e abordam vantagens e desvantagens.	WIESNER et al., 2015; LIU e XU, 2017; SCHUH et al., 2014; SHAFIQ et al., 2016	4
Aplicação de tecnologias de monitoramento e controle de processos	Artigos que viabilizam o desenvolvimento de modelos e sistemas para aplicação em ambientes de manufatura.	WANG et al., 2016; STAVROPOULOS et al., 2013; HENTZ et al., 2013	3
Aplicação de I4 em indústrias específicas	Desenvolvimento de aplicações para indústrias específicas, construção civil, saúde.	OESTERREICH e TEUTEBERG, 2016; DAVIS et al., 2012	2
Impactos ambientais	Artigos discutem os possíveis impactos ambientais da indústria 4.0 nas organizações.	LAL, 2004; MAGDALENA, 2016	2
Aplicação de mecanismos sobre avaliação/ desenvolvimento de competências	Artigo aborda a preocupação com o desenvolvimento de competências e habilidades das pessoas para o ambiente da indústria 4.0.	HECKLAU et al., 2016	1

Fonte: elabora pela autora

No Quadro 3 se pode ver a análise dos artigos quanto aos objetivos das pesquisas, que apresentam o principal foco na aplicação das tecnologias, com quase a metade do total de

periódicos analisados, seguido pela automação computacional. Nesse sentido é válido destacar que a maior parte dos estudos selecionados apresentam foco nas aplicações das tecnologias ou conceitos da indústria 4.0.

Quadro 4. Objetivos das publicações sobre o tema "industria 4.0

Quantidade	Objetivos dos artigos analisados
25	Aplicação das tecnologias
8	Automação computacional
7	Gestão organizacional
5	<i>Smart manufacturing</i>
4	Conceitos
3	Sustentabilidade

Fonte: elaborado pela autora

Wang e Wang (2016), Liu et al. (2017) e Chen et al. (2018) por exemplo, são artigos de natureza técnica e possuem maior relação com a solução de dificuldades operacionais para implementação de linhas de produção integradas, analisam processos de integração entre diferentes estágios de produção que ocorrem no âmbito interno das empresas, entre máquinas, sistemas de dados e *cloud computing* e também externamente, entre máquinas e sistemas de dados de clientes e fornecedores, não analisando a geração de cooperação interfuncional das organizações.

Os trabalhos que envolvem a gestão organizacional somam apenas 7 do total de 52 trabalhos analisados. Estes trabalhos são os que mais se aproximam da pesquisa em integração interfuncional, que possui foco na cooperação entre as pessoas (Kahn, 1996; Pimenta, Silva & Tate, 2016). As pessoas continuam sendo orientadas a cooperar entre si para a obtenção de resultados conjuntos, de modo que essa cooperação passa a se relacionar com a capacidade de lidar com as tecnologias e o desenvolvimento de habilidades para lidar com os sistemas de informação, o que caracteriza um mecanismo de integração capaz de unir processos e pessoas.

Habilidades e Competências no contexto das tecnologias

Atualmente, as organizações estão passando pela transformação da digitalização para se tornarem fabricas mais inteligentes em seus processos de fabricação. Embora exista um senso comum sobre as vantagens do avanço tecnológico para as empresas de manufatura pela busca por maior competitividade e agilidade (Liao et al., 2018), este novo ambiente fabril traz a

necessidade de preparar as pessoas para lidar com a interface mais tecnológica do ambiente de trabalho.

Liboni, Cezarino, Jabbour, Oliveira & Stefanelli (2019) analisaram a literatura sobre os recursos humanos neste novo contexto e elucidam os poucos estudos importantes em tópicos relacionados ao mercado de trabalho, emprego, perfil de trabalho, qualificação e habilidades. Como o ser humano é parte fundamental da implementação das novas tecnologias, os autores defendem que pessoas melhor preparadas podem trazer impactos positivos para as organizações e cadeia de suprimentos, relacionados à melhor gestão por apresentar melhores competências educacionais, gerenciamento de dados e informações e maior colaboração entre as pessoas, o que impacta em maior integração da cadeia de suprimentos.

Uma vez que existe maior automação de processos de fabricação mais simples, as áreas de trabalho com maior nível de complexidade irão aumentar, o que gera a necessidade de promover iniciativas de capacitação e educação das equipes de trabalho nas organizações. As organizações devem apoiar a implementação das tecnologias de forma a tornar a produção compartilhada mais visível e transparente, a fim de criar o operador 4.0 (Li, Fast-Berglund & Paulin, 2019). Os treinamentos aos empregados devem ser conduzidos de forma mais estratégica, de forma que eles possam aproveitar as competências que possuem e, ao mesmo tempo, adquirir novas habilidades para se alinharem aos conhecimentos requeridos pelas novas tecnologias e processos (Hecklau, Galeitzke, Flachs e Kohl, 2016).

Esse desenvolvimento de competências pode se mostrar uma árdua tarefa para as organizações que apresentam dificuldade em realizar a transformação digital na prática e podem prejudicar a transformação de forma rápida. Erol, Jäger, Hold, Ott & Sihn (2016) abordam o tamanho da complexidade e a abstração comuns às novas tecnologias. Os autores recomendam o uso de cenários de simulação para orientar o aprendizado das pessoas e antecipar problemas futuros no ambiente de manufatura.

3. Aspectos Metodológicos

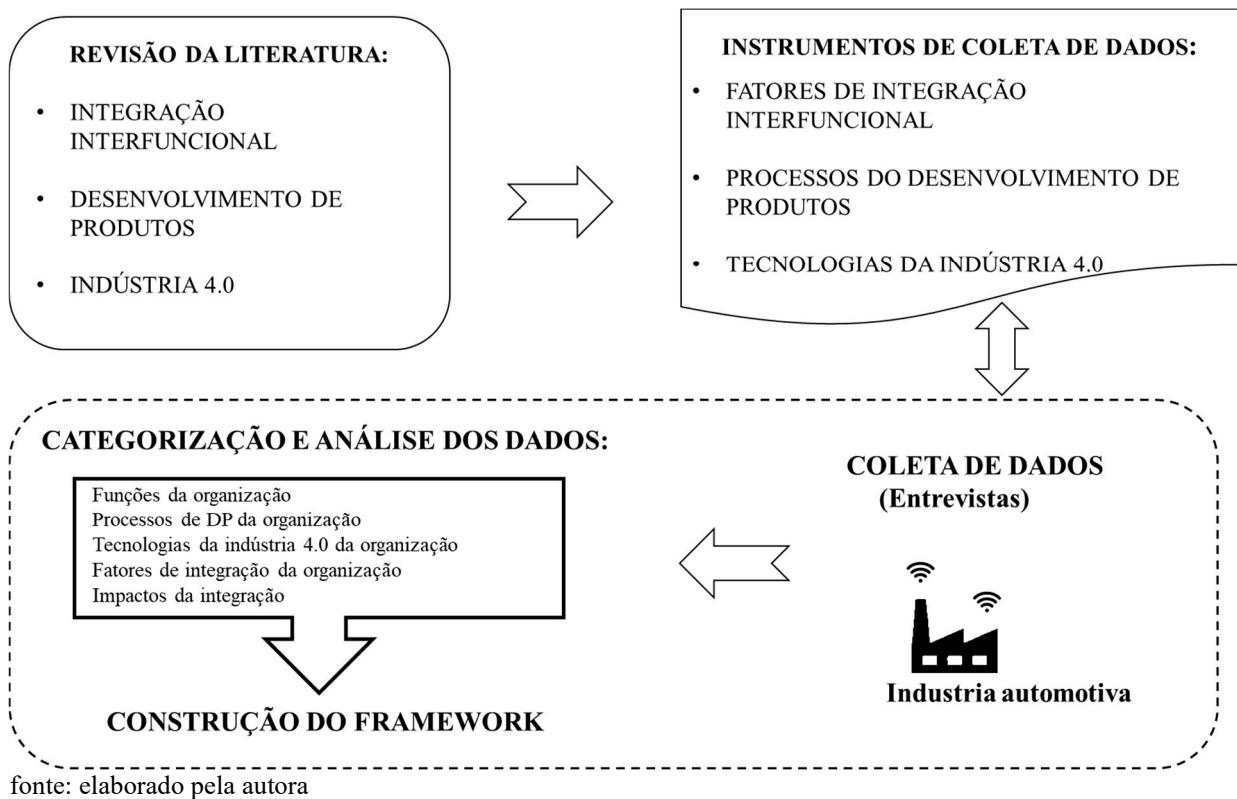
Este capítulo trata dos aspectos metodológicos empregados para a realização do estudo, destacando os procedimentos adotados para atender aos objetivos da pesquisa. Em razão da natureza do problema de pesquisa, optou-se por uma abordagem qualitativa, a fim de investigar o assunto disposto em profundidade e de modo subjetivo, considerando-se diversos pontos de vista, como sugere Flick (2009). As pesquisas dessa natureza possibilitam uma maior riqueza dos dados e permitem visualizar um fenômeno em sua totalidade (Bauer & Gaskell, 2002).

Este estudo se norteia pelas premissas da pesquisa qualitativa ao investigar e analisar opiniões sobre o tema integração interfuncional e seu relacionamento com o uso das tecnologias da indústria 4.0 nos processos de desenvolvimento de produtos. O estudo é considerado exploratório no que tange aos objetivos, pois, esse tipo de pesquisa é adequado quando se tem pouco conhecimento em relação ao fenômeno (Gil, 1999). Conforme Gil (1999), ao buscar maiores esclarecimentos sobre o tema, um procedimento comumente utilizado é o estudo de caso, o qual será adotado para realizar a investigação proposta, conforme consta no subtópico a seguir.

3.1 Estratégia da pesquisa

Inicialmente, foi realizada uma revisão da literatura sobre Tecnologias da indústria 4.0, Desenvolvimento de Produtos e Integração Interfuncional para embasar a pesquisa. Após essa etapa, propõe-se uma pesquisa de campo com a adoção do estudo de caso de uma indústria automotiva como procedimento de coleta de dados. A pesquisa de campo é focada em um único grupo, atentando-se às interações que ocorrem entre as pessoas que o compõe (Gil, 1999). Dessa forma, geralmente há um contato mais próximo do pesquisador com os sujeitos de pesquisa (Flick, 2009). A Figura 6 resume a metodologia empregada na condução da pesquisa, desde a revisão bibliográfica para definição das bases da pesquisa, a escolha pela técnica de coleta de dados e pela pesquisa de campo.

Figura 6. Desenvolvimento da pesquisa



fonte: elaborado pela autora

Essa estratégia de pesquisa focaliza acontecimentos contemporâneos e busca descrever “como?” e “por quê?”, ou seja, citar as características das ações e suas razões. A escolha desse método de procedimento, facilita examinar acontecimentos e comportamentos relevantes, e ainda permite que o pesquisador verifique fenômenos de maneira mais aprofundada e detalhada (Yin, 2001).

Existe a limitação quanto à generalização dos resultados, em virtude da análise de um único caso em particular. Entretanto, trata-se de um método que possibilita obter conhecimento profundo de uma realidade delimitada (Triviños, 1995). O estudo de caso lida com evidências como as entrevistas e os documentos, que serão utilizadas neste estudo. A técnica de triangulação será utilizada a fim de conduzir essas evidências. De acordo com Triviños (1995), esta técnica busca maior amplitude na descrição e compreensão do que é estudado, de forma a amenizar eventuais oscilações acerca da credibilidade do estudo, já que as informações são obtidas de formas variadas.

3.2 Coleta de dados

Com relação aos critérios fundamentais para a seleção da organização estudada foram estabelecidos alguns critérios:

- 1) a empresa deveria ser um *Full-scale adopters*, ou seja, conforme Müller, Buliga e Voigt (2018), uma organização que implementou todas as tecnologias e estão na liderança na indústria em que atuam, em termos de implementação do conceito e de competitividade;
- 2) a empresa deveria apresentar fatores de integração interfuncional formalmente estabelecidos (equipes interfuncionais, sistemas de desempenho compartilhados, compartilhamento de informações, apoio da alta administração);
- 3) a empresa deveria apresentar esforços permanentes de desenvolvimento de novos produtos.

A seleção de organizações usuárias das tecnologias da indústria 4.0 poderia se apresentar como um obstáculo à realização do trabalho, tendo em vista que se tratam de tecnologias inovadoras em todo o mundo. Contudo, a organização selecionada havia realizado divulgações na mídia sobre um projeto de modernização de sua principal planta no Brasil, tendo em vista a implementação das tecnologias da indústria 4.0. Foi realizado então, um contato inicial com a empresa para obter autorização para realizar esta pesquisa, e a mesma se posicionou de forma positiva quanto à execução do trabalho. Trata-se de uma indústria multinacional fabricante de caminhões que se estabelece na região do ABC paulista.

A coleta de dados ocorreu entre maio e dezembro de 2019. Primeiramente, entrou-se em contato com um gestor da organização para entender melhor o funcionamento da empresa, verificar a presença de fatores de integração interfuncional e das tecnologias da indústria 4.0 na organização. Após este primeiro contato, delineou-se que o público da pesquisa seriam os colaboradores envolvidos com o processo de desenvolvimento de produtos na organização, pertencentes a diversas áreas. Foi realizada a entrevista em profundidade com colaboradores e gestores que fazem parte de áreas da integração interfuncional: PMO, Engenharia de Produto, Produção, Logística, Protótipos, RH e Manufatura. Conforme Santos (2001), em pesquisas exploratórias é comum utilizar entrevistas realizadas com profissionais da área de interesse como fonte de informação, a fim de buscar uma maior familiarização com o assunto.

As entrevistas constituíram a principal fonte de coleta de dados, mas também se analisou os websites institucionais, websites disponibilizados com notícias veiculadas na mídia sobre a empresa e documentos disponibilizados pela organização, como apresentações. Durante as entrevistas foi solicitado a cada entrevistado que indicasse outros colegas de trabalho que atuassem com o desenvolvimento de produtos em suas diversas etapas e processos. Assim, este

estudo fez uso do método *snowball sampling* (Goodman, 1961). A maior parte das entrevistas foi realizada presencialmente, na localidade da organização, restando algumas que foram feitas por telefone.

Para as entrevistas foi utilizado um roteiro de entrevista (Apêndice I), com base no referencial teórico, tendo sido aplicado a todos os participantes. Esse roteiro também tem apoio de um formulário (Anexo 1), que é fundamentado nos fatores de integração expostos no Quadro 1 do referencial teórico, bem como nas tecnologias da indústria 4.0 apresentadas no Quadro 2, com padronização dos itens de avaliação de 1 a 5 em todas as questões. Os autores que fundamentaram os construtos do Anexo 1 estão relacionados em cada um dos itens dos quadros 1 e 2, nas páginas 24 e 32 respectivamente.

As entrevistas duraram em média uma hora, sendo realizadas conforme a disponibilidade dos sujeitos. Nesta pesquisa não houve um número definido de entrevistas, pois elas foram realizadas até que houvesse uma saturação dos elementos encontrados, como sugerem Bauer e Gaskell (2002). Mas, conforme os autores, na pesquisa qualitativa há a expectativa de que o número esteja entre 15 a 25 entrevistados, de modo que o estudo contou com 16 entrevistados.

Conforme o consentimento, as entrevistas foram gravadas em áudio e, posteriormente, transcritas a fim de proceder com uma análise de conteúdo clássica (Bardin, 2008). É também importante destacar que quando os participantes tiveram dúvidas em relação às perguntas ou aos termos utilizados no roteiro de entrevista, os pesquisadores se colocaram à disposição para os devidos esclarecimentos.

Esta pesquisa se consolidou como uma pesquisa de campo por meio das visitas à unidade fabril de São Bernardo do Campo, mediante observação da rotina de trabalho da organização e a realização de entrevistas com os funcionários da empresa mediante a solicitação de que indicassem pessoas que se relacionam com os processos de desenvolvimento de produtos em suas atividades, através da técnica de *snowball* (Goodman, 1961). Foram 16 entrevistados no total, conforme o Quadro 6, que sumariza o perfil dos entrevistados.

Quadro 5. Perfil dos entrevistados

Nº	Área	Cargo	Nível hierárquico	Tempo na organização	Tempo na função	Código
1	Operações	Gestor de Operações nacional	Diretor	6	4	OP1
2	Operações	Gestor de Operações da planta	Gerente Sênior	33	8	OP2
3	Logística	Gestor de Logística	Gerente	21	2	LOG1
4	Qualidade	Gestor de Qualidade	Gerente	16	4	QUA1
5	Produção	Supervisor de Produção	Supervisor	20	5	PROD1
6	Planejamento	Gerente de Projetos (PMO)	Coordenador	6	4	PMO1
7	Planejamento	Supervisor de Planejamento	Supervisor	8	2	PLAN2
8	DP	Coordenador de montagem de Protótipos	Coordenador	36	32	DP1
9	Logística	Planejador de Logística	Chefe	38	13	LOG2
10	DP	Engenheiro de Produto	Engenheiro	18	3	DP2
11	DP	Engenheiro de Protótipos	Engenheiro	13	2	DP3
12	Produção	Gerente de Manutenção	Gerente	37	13	PROD2
13	Planejamento	Analista de Engenharia de Manufatura	Analista	2	2	PLAN3
14	RH	Analista de Treinamento	Analista	23	8	RH1
15	RH	Analista de Treinamento	Analista	17	10	RH2
16	Operações	Assistente Executivo	Assistente	6	2	OP3

Fonte: dados da pesquisa

O Quadro 6 mostra que as áreas que tiveram maior número de entrevistados são Operações e Desenvolvimento de Produtos, com participação de três pessoas. Houve a participação de oito áreas distintas, o que mostra a preocupação em refletir a multidisciplinaridade na integração das iniciativas de desenvolvimento de produtos. Pode-se visualizar que existem entrevistados que trabalham na empresa há bastante tempo, porém o tempo de atuação na atual função é bem menor, sendo de quatro anos na média total. Com relação à função exercida, foram agrupadas como “gestores”, as funções que possuem posição de liderança sobre um determinado grupo de funcionários como gerente, supervisor e coordenador. As demais funções analistas, engenheiros e assistentes se referem a funções que não possuem relação de hierarquia para com outras pessoas.

3.3 Analise de dados

Após a coleta de dados, se passou a análise de conteúdo clássica, seguindo os procedimentos recomendados por Bardin (2008), listados a seguir. Na análise de conteúdo foram observadas as transcrições textuais dos dados coletados durante as entrevistas a fim de categorizar elementos encontrados no texto de forma que se conduzir um processamento da informação (Bauer & Gaskell, 2002).

- Transcrição das entrevistas em profundidade gravadas em áudio a fim de facilitar a análise, na qual constarão os trechos mais relevantes do discurso dos entrevistados.

- Pré-análise das transcrições se trata de uma breve leitura das transcrições com identificação de possíveis categorias, considerando-se o que foi observado no referencial teórico.
- Análise aprofundada com leitura profunda das transcrições para separar as frases no texto em unidades de registro conforme sua representação semântica. Neste procedimento, também serão analisados os áudios das entrevistas para assegurar que as expressões audíveis não alteraram o contexto ou sentido semântico das frases.

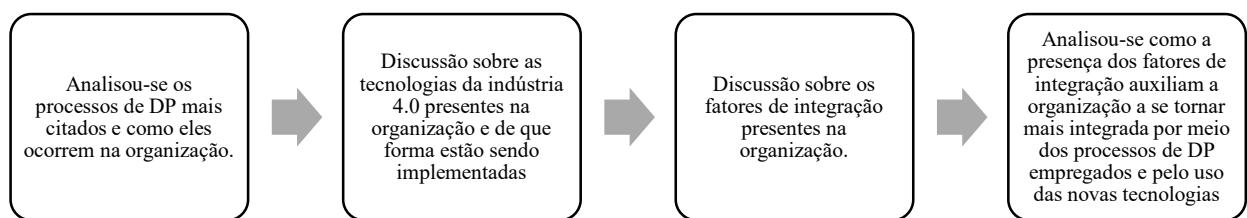
A categorização foi embasada na literatura de desenvolvimento de produtos, integração interfuncional e indústria 4.0, trabalhando-se com subcategorias pré-definidas de fatores de integração interfuncional e tecnologias da indústria 4.0, mas permitindo que novas subcategorias pudessem ser incluídas caso fossem mencionadas pelos entrevistados. O único tópico discutido em que não foram definidas subcategorias antes das entrevistas foi o referente aos processos de desenvolvimento de produtos, a fim de que os entrevistados pudessem expor livremente os principais processos e elementos ao longo do DP. O processo de categorização foi descrito em detalhes, a seguir:

- Descrição das unidades de registro: dispor em quadros a descrição das unidades de registro de acordo com as respostas dos entrevistados para, então, caracterizar em profundidade seus elementos.
- Categorização: agrupamento das unidades de registro em categorias, realizando a codificação.
- Quantificação das unidades de registro: elaboração de uma tabela informando os códigos e as respectivas frequências em que serão mencionados pelos entrevistados. As unidades de análise serão somadas e digitadas em uma planilha eletrônica para obter mais segurança e manter o registro do *corpus* da pesquisa.

Foram estabelecidas quatro categorias iniciais para organizar os dados coletados nas entrevistas e respectivos subtópicos: 4.2) Processos de Desenvolvimento de Produtos da organização (Rozenfeld e Amaral, 2006; Cooper, 2014; Ulrich & Eppinger, 2016), 4.3) Tecnologias da indústria 4.0 da organização, com base no que dizem os autores Kang et al. (2016), Liu et al. (2017), 4.4) A presença da Integração Interfuncional na organização conforme Pimenta, Silva e Tate (2016). E, por último 4.5) Os impactos da integração interfuncional sobre

os PDP no contexto da indústria 4.0. Uma melhor visualização de como está estruturada essa análise pode ser vista na Figura 7.

Figura 7. Análise dos dados após coleta



Fonte: elaborado pela autora

3.4 Análise da confiabilidade dos dados (*Research Quality*)

Embora o estudo de caso permita ao pesquisador abordar assuntos em maior profundidade; sua utilização implica em algumas possíveis limitações, como evidências equivocadas e visões tendenciosas. Ao utilizar as entrevistas em profundidade como a principal fonte de coleta de dados deste estudo, de fato é preciso atentar-se a essas limitações. Isso, porque há a possibilidade de que as respostas sejam imprecisas, tendenciosas ou, até mesmo, que o entrevistado fale o que ele acredita que o entrevistador gostaria de obter como resposta. Além disso, vieses podem ocorrer devido à má elaboração de questões no roteiro de entrevista (Yin, 2001).

A fim de superar esses possíveis obstáculos e garantir uma confiabilidade maior dos dados coletados, algumas recomendações de Butterfield et al. (2005) foram seguidas:

- a) Gravação das entrevistas: para compreender melhor os dados fornecidos pelos entrevistados, a partir do consentimento destes, as entrevistas foram gravadas em áudio a fim de que, posteriormente, fossem transcritas e analisadas conforme a técnica de análise de conteúdo;
- b) Saturação dos dados: com a finalidade de abordar a amostra necessária para os fins da pesquisa, as entrevistas foram finalizadas somente quando grande parte dos códigos começaram a se repetir ou quando não surgiram novos;

- c) Codificação feita em conjunto: na intenção de evitar vieses na análise dos dados, a autora realizou algumas entrevistas junto ao orientador e ambos tiveram acesso aos dados a serem codificados, de modo que haja um consenso na análise;
- d) Checagem dos resultados: após a codificação, a análise dos dados coletados foi disponibilizada aos entrevistados para que estes confirmassem ou não o seu significado.

4. Resultados

Neste tópico serão apresentados os resultados encontrados após a realização das entrevistas em profundidade e aplicação dos questionários aos 16 funcionários da organização, com embasamento na literatura apresentada na sessão de referencial teórico da dissertação. Os instrumentos de coleta de dados utilizados se encontram no Apêndice 1 e Anexo 1 da dissertação. Por meio da aplicação dos mesmos foi possível identificar os processos utilizados para desenvolver os produtos e as iniciativas de integração presentes. As estratégias que a organização utiliza para dar suporte aos aspectos técnicos e humanos para lidar com as novas tecnologias da indústria 4.0 e o reconhecimento de impactos para a organização, conforme foram mencionados pelos entrevistados.

Após a realização das entrevistas, foi possível obter subcategorias dentro dos processos de desenvolvimento de produtos utilizados pela organização, como as etapas sequenciais utilizadas, as discussões entre equipe multifuncionais e interdisciplinares, o uso de um guia de boas práticas de gerenciamento de projetos, os fóruns de reuniões, os marcos de aprovação dos projetos, bem como o processo de tropicalização descrito no subtópico 4.2.1.

A categoria das tecnologias da indústria 4.0 utilizou treze subcategorias pré-definidas e utilizados no questionário (Anexo 1) : 1) Big data, 2) Robótica, 3) AGVs, 4) Simulação, 5) Integração vertical, 6) Integração horizontal, 7) IoT, 8) Nuvem, 9) Manufatura Aditiva, 10) Realidade Aumentada, 11) RFID, 12) Cybersegurança e 13) Machine learning.

A categoria de integração interfuncional utilizou os fatores de integração pré-definidos a partir da literatura na etapa de referencial teórico: 1) Sistemas de informação conectados a máquinas, 2) Sistemas de DP virtual compartilhado, 3) Sistemas de solução compartilhada de problemas, 4) Job rotation, 5) Reconhecimento de interdependência funcional, 6) Apoio da alta administração, 7) Comunicação adequada, 8) Disposição voluntária das pessoas, 9) Compartilhamento de informações, 10) Treinamento interfuncional, 11) Conhecimento mútuo entre funções, 12) Espírito de grupo, 13) Confiança, 14) Equipes interfucionais, 15) Sistema de avaliação e recompensas mútuas, 16) Objetivos não conflitantes, 17) Planejamento em conjunto, 18) Longevidade dos relacionamentos.

A categoria “impactos da integração interfuncional” resulta da análise das entrevistas sobre todas as categorias anteriores, pois é um efeito das contribuições da integração

interfuncional para a entrega de processos anteriores, sejam estes relacionados ao desenvolvimento de produtos e/ou às tecnologias da indústria 4.0.

4.1 Descrição da organização

A empresa selecionada se trata de uma organização alemã do setor automotivo, produtora de caminhões e automóveis com presença mundial. A indústria automotiva é muito representativa para a economia do país, haja vista a sua participação no total da indústria de transformação nacional, de 4% no ano de 2018. Embora a venda de automóveis no país tenha sofrido uma profunda desaceleração pela crise econômica desde o ano de 2015, já existe uma retomada das vendas do setor de 14,6% em 2018 com relação ao ano de 2017, como revela a ANFAVEA (2019).

Se trata de uma empresa multinacional com sede na Alemanha e produz globalmente automóveis, caminhões e ônibus, tendo se tornado a maior fabricante mundial de caminhões. No Brasil, a empresa está presente há 63 anos e produz caminhões e ônibus em duas unidades produtivas, a sede nacional localizada em São Bernardo do Campo no ABC Paulista e uma segunda unidade na cidade de Juiz de Fora em Minas Gerais.

Conforme a ANFAVEA (2019), houve aumento no registro de veículos novos, com 51.941 unidades para o segmento de caminhões, seguido de 11.755 unidades no registro de ônibus, um incremento nas vendas de, respectivamente, 46,3% e 28,3% em comparação ao ano de 2017. A empresa foi líder de vendas no ano de 2018, graças ao desempenho do segmento de caminhões pesados.

Nessa mesma planta do ABC paulista são produzidos além de caminhões, chassis de ônibus, cabines e agregados como motores, câmbios e eixos. Além da unidade produtiva, existe um centro de desenvolvimento tecnológico considerado uma referência em desenvolvimento de produtos pela empresa. A unidade inaugurou recentemente uma linha de montagem final de caminhões com conceito da indústria 4.0, tendo sido amplamente comentada pela mídia como uma liderança nacional na instalação de novas tecnologias, como o abastecimento e a produção com uso de AGVs, o uso de monitores informatizados nos postos de trabalho, o sistema data lake de produção, dentre outras iniciativas.

A empresa se lançou globalmente em um projeto de modernização das fábricas. No Brasil a organização quer ser vista como a pioneira do setor. Alguns entrevistados mencionam

a posição de liderança da empresa e o desejo de que esta seja vista como competitiva em comparação às montadoras concorrentes na aquisição das tecnologias da indústria 4.0.

“Eu acho que um pensamento que a gente tem aqui, é o seguinte: é, não adianta a gente esperar a tecnologia amadurecer no mercado. nós temos que testar, nós temos que errar, tem que testar de novo, até acertar. a gente tem que ser o primeiro. Se a gente for o segundo, a gente sempre vai tá como vice. E nunca como primeiro no mercado. então é esse pensamento e inclusive a parceria, trouxe muito benefício para a gente. porque a gente sabe, o nosso *core* não é produzir tecnologia. O nosso *core* é produzir caminhões. Da melhor forma possível. Quem tem o *core* de tecnologia, o core de robótica, são outras empresas, são outras universidades. a gente trouxe todo mundo para dentro de casa (...)”

4.2 Processos de desenvolvimento de produtos da organização

Foi possível identificar na organização estudada a presença de processos bem estabelecidos para gerenciar os produtos que estão se desenvolvendo e a nítida presença de elementos de integração interfuncional que permeiam estes processos, devido à característica multidisciplinar dos projetos, bem como à necessidade de somar tantos conhecimentos específicos de áreas distintas ao longo do desenvolvimento de um produto (Bertan et al., 2016).

As equipes multifuncionais e interdisciplinares que trabalham ao longo do desenvolvimento dos novos produtos, foram citados como parte fundamental para dar suporte aos processos complexos e o atendimento aos requisitos do gerenciamento de projetos utilizado pela organização. De acordo com Cooper e Kleinschimst (1994) existe uma necessidade em gerenciar equipes interdisciplinares para se atingir os objetivos dos produtos. A equipe estabelece o papel de fomentar a troca de ideias, as discussões, contando com a experiência das pessoas em cada uma de suas especialidades, em busca de resolver problemas que surgem ao longo do andamento dos projetos e dar agilidade aos projetos de acordo com o planejamento. Tessarolo (2007) afirma que um processo de desenvolvimento de produto integrado pode acelerar o cumprimento das etapas dos processos, ao favorecer a obtenção de informações.

“Ah isso daí é importante porque quando integra todas essas atividades, cada um na sua especialidade, você começa a resolver problemas muito mais rapidamente. Você tem um problema, e aí o especialista da área tal, ele, ele tá naquela função de resolver, de trazer uma solução, mas os outros podem dar soluções. a engenharia por exemplo, quando trabalha junto com a produção, o que eu tava falando né, o projeto do produto, o projeto de acordo com o produto. se você faz um processo de desenvolvimento de produto em sequência, um termina uma coisa e depois vai o outro, depois vai o outro, aí tem o looping, imagina, vai ter que começar tudo do zero. Mas se você tiver todo mundo trabalhando junto, esses loopings eles vão reduzindo o tempo de desenvolvimento de projeto.” (DP1)

“Tem áreas que participam mais, tem áreas que participam menos, de acordo com a necessidade. Eu vejo por exemplo, a produção participando muito pouco. (...)" (DP1)

“hoje ninguém vai fazer nada sozinho ne. Tem aquela figura que tem uma visão generalista ne. Então você vai dando os *inputs* mas nem todos os participantes conseguem trabalhar dessa forma. Então é importante que você tenha o especialista atuando em um determinado momento né. então vou falar um pouco da segurança do produto, tem que ter alguém pra falar “é assim, as regras, os procedimentos, as normas”, a engenharia da segurança do trabalho é a mesma coisa. precisa ser nessa interação. e um aprende com o outro ne?! É uma troca de aprendizado ne, essa troca de aprendizado é o mais importante.” (PROD1)

“tem vários processos de desenvolvimento, um deles é funil de desenvolvimento. Você chega, você põe um monte de gente junta, e vai dando ideias e aí vai afunilando. vai analisando cada ideia, vai eliminando, usa prototipagem rápida, usa algum teste. Vai diminuindo, aí vai afunilando, e o que que acontece lá no final? Sai uma ideia perfeita, ela não muda mais, ela não muda porque ela já foi testada, já foi verificada, analisada, todo mundo já deu sua contribuição e ela não tem o looping. Então tem, existem processos de desenvolvimento de produtos que são interessantíssimos ne.” (DP1)

“essa documentação, quando ela é aberta, ela gera um *workflow*. E dentro desse *workflow*, todas as áreas responsáveis dentro do *module team*, elas analisam qual que é o impacto daquilo, tanto financeiramente, tanto em termos de produção, em termos de tempo de produção do veículo e assim por diante. E aí é tomado essa decisão nesse, é... *module team*, quando eu tô falando só de mercado nacional, ou num *global module team*, quando eu tô falando de um produto global, um produto que ele precisa ser alterado não só no Brasil, mas também na Alemanha, nos Estados Unidos, e assim por diante. E nesse fórum é tomada a decisão do que deve ser feito ou não deve ser feito no veículo. baseado em todas as vertentes, tudo o que pode ser analisado em termos de custo, em termos de quanto que isso vai aumentar a demanda pro mercado, a venda pro mercado, e assim por diante.” (LOG1)

Como se trata de uma empresa multinacional com uma grande plataforma de famílias de produtos com produtos de alta complexidade, as necessidades de renovação dos modelos ocorrem em paralelo aos lançamentos produtos novos. Além disso, identificou-se uma elevada demanda por modificações nos produtos, seja pelo processo de tropicalização que está descrito em detalhes no tópico 4.2.1, seja por adaptações à aplicação a que se destinam os caminhões, como o transporte de cargas de diversas naturezas. Toda essa dinâmica cria a necessidade de se estabelecer práticas para gerenciar e planejar os lançamentos de produtos.

“tem muita gente, muita gente, a empresa é muito grande. E quando você fala de projeto global, você tá envolvendo um grupo maior ainda de pessoas. Porque você tá envolvendo as vezes, aqui no projeto que eu tô, tô envolvendo no mínimo, vou falar só de plantas, envolvendo a planta do Brasil, a planta da Alemanha, a planta da Turquia. então assim que você tá falando de três plantas, pessoas que falam idiomas diferentes, tem cultura diferente, fuso horário diferente.” (PMO1)

Como apontado por Rosenfeld (2016) sobre a importância de se fazer o escopo dos projetos de maneira robusta, foi possível identificar que a organização desenvolveu um

conjunto próprio de regras e procedimentos para gerenciar os seus projetos. A empresa utiliza uma espécie de manual de boas práticas que estabelece regras gerais, etapas a serem seguidas, requisitos de qualidade e marcos a serem alcançados chamados “quality gates”, os quais determinam que a cada etapa cumprida, possa se passar à fase seguinte. É notório que a estrutura seguida por todos é rígida, com regras bem estabelecidas e aspectos de controle e burocracia.

“A gente tem aqui uma espécie de um *PMBOK*, parecido com um *PMBOK*, mas só que adaptado para nossa realidade de *comercial veiculos* ne. a gente chama de *CVDS, Comercial Vehicles Development System*. Isso é nossa literatura que a gente usa para basear todo nosso conhecimento de projeto. É aí que a gente tem a nossa referência para determinar quando cada coisa tem que acontecer. Para desenvolvimento de um caminhão novo, um veículo comercial novo.” (PMO1)

“a gente divide por *quality gates*. O projeto inteiro. se eu não me engano começa pelo 10, aí eu não sei qual é exatamente as atividades desde início porque é uma fase bem conceitual. E ele acaba no 1. É decrescente, então é do 10 pro 1. Obviamente cada *quality gate* é um *report pro board*, enfim tem toda uma formalidade nesse aspecto então cada *quality gate* tem uma aprovação, e a aprovação é *go, no go*. Vamos em frente com projeto ou não vamos em frente com o projeto. E aí cada um desses *quality gates* tem um certo número de demandas a serem cumpridas.” (PMO1)

Os entrevistados abordaram os aspectos formais estabelecidos a partir do início dos novos projetos, como os fóruns fixos de reuniões, a estrutura funcional que se estabelece com representantes de cada uma das áreas e a nomeação de um gerente de projetos denominado “PMO”, abreviação para Project Management Office, que é a figura que tem o papel de “centralizar” informações, reuniões, relatórios e documentos dos projetos.

"trabalhando em conjunto aí com *R&D*, aí você tem um *PMO* que puxa o gerenciamento disso aí né?! Pra construir isso né, aí ele faz a interface com essas partes de protótipo, documentação e logística de desenvolvimento, aí você tem a parte junto dessa parte de *R&D* que faz também a intersecção com *PMO*, tem aqui a parte de produção, aí tem a parte de compras né.” (PROD1)

“A gente participa de vários fóruns de reuniões, entre as áreas, tem fóruns fixos, jorfix que a gente chama. É... interno, por exemplo, só aqui no MP.” (DP3)

“Temos algumas atividades semanais, quinzenais e mensais. Então depende da criticidade do tema e também da evolução do projeto. Então reuniões regulares fazem parte sim. Todas elas com protocolo, sequência, área responsável para cada tema, então tem sim essa formalidade.” (PROD1)

“Então projetos parece muito grandes tem uma certa complexidade aí. Como é que a gente trabalha isso? É formalmente tem algumas reuniões, então assim tem alguns fóruns de discussão e tem um processo de escalação. Então eu diria assim... de forma geral, bem genérica, tem alguns fóruns principais de discussão e escalação de temas.” (PMO1)

“As vezes a coisa acontece muito no relacionamento e aí entra também uma parte que o PMO também é a graxa né, o óleo para fazer essas coisas fluírem também ne. As vezes o PMO que, tem um gerente do projeto aqui o, eu gosto bastante dele. ele

fala muito que eu lembro dele sempre falando assim “ah [nome], eu vou marcar um café, entre eu e ele e não sei quem lá” então é isso. Não é uma reunião formal. Não é uma reunião com power point. É um café para discutir, “olha, vamos resolver esse problema aqui.” Principalmente entre o *management* né. Mas não é só entre o *management*. Entre os mensalistas também acontece também.” (PMO1)

Foi solicitado aos entrevistados que listassem as áreas que trabalham em cada uma das etapas dos projetos de PDP. Porém foi observado que a maioria dos entrevistados acabam indicando aquelas áreas com as quais possuem maior relacionamento. Haja vista que se trata de uma empresa que possui uma estrutura funcional muito grande e pelo fato de que os projetos são longos e se renovam com frequência.

“entra a parte de gerenciamento projeto, aí o time multifuncional começa a se envolver um pouquinho mais. A gente procura ter então uma pessoa de engenharia, uma pessoa de ciclo de vida, uma pessoa de gerenciamento de fornecedor, planejamento de produção, produção, qualidade, engenharia de segurança do trabalho. E aí tentar pegar todos esses sistemas que estão envolvidos e aí quais deles afetam diretamente depois a industrialização do produto (...)” (PROD1)

“Compras tem que estar né, compras tem que estar desenvolvendo lá os fornecedores, tem que negociar novos ferramentais, mais com a parte comercial ne. E aí tem, a área de qualidade, a área de qualidade tem que estar diretamente ligada dentro do projeto desde o começo do projeto, desde a fase 3 até o final. Do três até o nove, direto qualidade atua, atua como qualidade do fornecedor, qualidade de peças também, qualidade de produto, qualidade como processo, a qualidade ela entra em vários níveis. ” (OP2)

"Então quais áreas que participam? normalmente é marketing e vendas, criando uma demanda para a engenharia de produto e design né (...) e isso vem em conjunto que entra desenvolvimento e entra muitas vezes pelo PMO. (...) E aí você tem uma parte né um braço aí bem forte que é a industrialização. (...) Você tem a parte nossa de protótipo, tem a parte nossa de logística, tem a logística de desenvolvimento que é anterior à logística de série." (OP2)

"Então, desenvolvimento (de produto), tem a parte de especialidade e a parte de testes. (...) logística, compras, produção, a produção também participa do desenvolvimento de produto, pouquinho menos mas participa também. É... a nossa área, que é uma área intermediária, (...) preparação da produção e protótipos. (...) planejamento de fábrica, logística, é, compras, marketing, muito importante, marketing." (DP1)

Com relação às etapas de desenvolvimento dos projetos os entrevistados descrevem diversos momentos do desenvolvimento, conforme defendem os autores Wheelwright e Clark (1992) sobre a importância de se conduzir os processos numa sequência, passando por um refinamento das etapas para se atingir sucesso na implementação dos projetos. No modelo de Rozenfeld e Amaral (2016) estão presentes marcos após o cumprimento de cada fase com a entrega de realização de relatórios.

“E aí dentro da produção, nós temos, nós chamamos aqui de linha piloto. que é a porta de entrada de modificações e novos produtos. vai ver na linha, vai vai fazer o treinamento, vai passar junto com essa área de protótipos, vem todo mundo junto na

linha, faz passar um boi de piranha, faz passar lá um protótipo, um mais avançado, faz níveis de try-out, nós temos três níveis de try-out aqui, são níveis um, dois e três, né. Nós temos o try-out um que é passa o que dá, try-out dois já tem que estar com uma grande, oitenta por cento definitivo, try-out três já é, não só tudo definitivo, como ferramental definitivo, peças definitivas, como takt, takt time né definitivo, estresse, que é o estresse da linha, falar “ó, agora você vai pôr cinquenta produto aí em cima, um atrás do outro”, para estressar, para ver se na linha vai montar bem, vai tá tudo certo, se vai ter as peças, se vai encaixar tudo certo, se as máquinas estão de acordo, entendeu?” (OP2)

“trabalhando em conjunto aí com R&D, aí você tem um PMO que puxa o gerenciamento disso aí né?! Pra construir isso né, aí ele faz a interface com essas partes de protótipo, documentação e logística de desenvolvimento, aí você tem a parte junto dessa parte de R&D que faz também a intersecção com PMO, tem aqui a parte de produção, aí tem a parte de compras né. Compras tem que estar né, compras tem que estar desenvolvendo lá os fornecedores, tem que negociar novos ferramentais, mais com a parte comercial ne. E aí tem, a área de qualidade, a área de qualidade tem que estar diretamente ligada dentro do projeto desde o começo do projeto, desde a fase 3 até o final. Do três até o nove, direto qualidade atua, atua como qualidade do fornecedor, qualidade de peças também, qualidade de produto, qualidade como processo, a qualidade ela entra em vários níveis.” (OP2)

“a gente acompanha tudo. Aí feito isso, aprovado esse projeto realmente começa a rolar né. Aí a gente ajuda também, na definição de fornecedores, a gente vai junto visitar fornecedor, a gente dá uma ajuda pra verificar se o fornecedor tem capacidade técnica pra fazer tal coisa ou não. A gente ajuda na construção dos primeiros protótipos, a gente vai até a implementação da linha, a gente vai pro SOP né, inicio de produção. A gente ajuda o tempo todo. Ela vai diminuindo né. A nossa atuação ela vai diminuindo. Ela passa de desenvolvimento, depois pra só um acompanhamento né.” (DP2)

“(...) a gente gerencia por portais né?! São nove etapas e a gente faz a contagem regressiva do 9 até o portal 1. São quality gates. Cada quality gate ele tem algumas atividades a serem cumpridas, a gente analisa atividades que devem ter sido cumpridas. portal 1 semana a cada parte que ele tem algumas atividades a serem cumpridas momento de fechamento de cada vez que você analisa se foi cumprido ou não, se tem algum plano de contenção e aí sim você começa a fazer a evolução desse projeto.” (PROD1)

“a gente divide por quality gates. O projeto inteiro. se eu não me engano começa pelo 10, aí eu não sei qual é exatamente as atividades desde início porque é uma fase bem conceitual. E ele acaba no 1. É decrescente, então é do 10 pro 1. Obviamente cada quality gate é um report pro board, enfim tem toda uma formalidade nesse aspecto então cada quality gate tem uma aprovação, e a aprovação é go, no go. vamos em frente projeto ou não vamos em frente com o projeto. E aí cada um desses quality gates tem um certo número de demandas a serem cumpridas.” (PMO1)

Foi possível perceber que a descrição das áreas envolvidas, bem como a descrição das etapas do desenvolvimento dos produtos na empresa depende da visão particular de cada entrevistado e do campo de atuação dos mesmos. Um benefício de ter entrevistado pessoas de setores diversos foi obter uma grande variação de processos listados, desde colaboradores envolvidos em etapas iniciais do conceito dos produtos como atividades de marketing e engenharia de produto até atividades que abrangem entregas na produção e requisitos da qualidade. A sequência de processos utilizada reflete um avanço em direção a uma maior

consolidação do produto à medida que as etapas anteriores são confirmadas, conforme fala o entrevistado OP3:

“São níveis de maturidade do projeto. Isso inclui a fase de testes dele, a fase de testes dele com meios provisórios, que significa meios que não são os meios oficiais que ele vai ser produzido, depois por meios oficiais, né pelos meios finais e até a parte do desenvolvimento de fornecedores, junto também com o que será a integração disso junto com as linhas de produção.” (OP3)

O quadro 7 descreve as etapas do desenvolvimento de produtos e aquelas funções que são mais afetadas em cada uma das fases.

Quadro 6. Etapas e funções mais empregadas no desenvolvimento de produtos

Etapas DP	Funções envolvidas no DP
Conceito do produto	Marketing, Engenharia de Produto
Planejamento do produto	Engenharia de Produto, <i>Controller</i> , Eng. de Manufatura, Eng. de Custos
Detalhamento do projeto	PMO, Equipe interfuncional
Aprovação do projeto	<i>Controller</i> , Compras, Engenharia de Manufatura
Industrialização do produto	PMO, Eng. de Manufatura, Qualidade, Protótipos, Eng. de Produto
Congelamento de desenho	Eng. de Produto, Qualidade, Protótipos, Compras
Preparação da produção	PMO, Engenharia de Manufatura, Qualidade, Produção, Protótipos
Lançamento do produto	PMO, Engenharia de Manufatura, Qualidade, Produção, Logística
Acompanhamento da produção	Qualidade, Produção

Fonte: elaborado pela autora

Conceito do produto

A fase de conceito do projeto de um produto foi descrita como a etapa inicial empregada no desenvolvimento dos produtos, com participação das áreas de marketing e engenharia de produto, conforme descrito pelo entrevistado DP2:

“Ah, bom...normalmente, o projeto ele nasce, basicamente, a gente tem uma área específica aqui, Gerenciamento de Projeto né? E... são como se fossem engenheiros coordenadores, e... mais a área de marketing, e mais a nossa área daqui a engenharia. Eles começam como se fosse um início mesmo né, definindo o projeto. O escopo de projeto, a direção de trabalho, o que a gente vai trabalhar, o que não vai trabalhar, é mais como se fosse um, vai... brainstorming, do que vai ser feito. E aí feito isso, eles fazem, como fala, como se fosse um caderno de encargos né. É... uma tabela grande de excel, onde marketing aponta pra gente “ó, nesse projeto eu quero que tenha esse componente, eu quero que tenha esse opcional, né. Por exemplo, vou dar um exemplo, vai. Ó, o parasol externo, que vai no caminhão. Ah, todos os concorrentes têm parasol. Ó, não quero esse item, como por exemplo, um opcional. Todos os nossos caminhões, marketing aponta ne, tem que ter parasol. (...) Mas aí por exemplo, sei lá, vem de tudo, aí por exemplo, cambio automatizado. Marketing vem e fala “pra esse modelo específico, todos tem que ter cambio automatizado. Não vai ter câmbio manual. Então eles colocam tudo isso como se fosse num caderno de encargos né, onde a gente vai ter todos os... os requisitos. aí, feito isso, é passado, aí entra também a área de custos, começa a fazer parte do projeto. Por que aí, a

engenharia começa a dizer o que a gente precisa fazer, pra desenvolver o que eles tão pedindo né.” (DP2)

“Assim a engenharia ela para você fazer o conceito e aprovar o projeto que você precisa ter alguma coisa preliminar. Mas a partir do *quality gate* 9 começa o detalhamento do projeto e, por exemplo, começa se dispara a construir protótipo, começam a nomear fornecedores, quais são os fornecedores que a gente vai nomear para as peças novas, detalhar quais são as peças novas. Aí as áreas que têm envolvimento vão receber os inputs. Uma formalização de que o projeto vai para frente, aí todas as áreas começam a trabalhar, tem áreas que já entram com atividade forte nessa fase, por exemplo a engenharia. ela tem que fechar os desenhos, ela tem que começar a detalhar o projeto de fato. protótipo que tem que começar a fazer, ajudar na conceituação e fazer protótipo de fato. Compras que tem que começar a negociar e nomear fornecedor. Então tem algumas áreas que trabalham mais forte nessa fase já logo de cara. Tem outras áreas que estão um pouco mais reativas. Um exemplo, o *manufacturing engineering*, o planejamento que se chama aqui, você não precisa ter os meios de produção nessa fase. mas é lógico que eles são informados e começam a estudar o que precisa ter na fábrica. Mas as vezes quando o projeto é grande você tem um *timeline* às vezes de 4 anos. então você não vai começar a trabalhar agora, digamos assim. Você começa a ver o que você precisa fazer, mas não vai começar a comprar nada agora.” (PMO1)

Por se tratar de uma etapa inicial dos projetos, é possível notar a percepção de outras áreas sobre um certo grau de influência atrelado à área de Engenharia de Produto, como descrito anteriormente pelos autores Engelen e Brettel (2012) sobre as relações de poder no contexto dos departamentos de pesquisa e desenvolvimento, em que um elevado grau de inovação pode significar um elevado grau de influência.

“o começo do desenvolvimento, os testes funcionais e de durabilidade, são uma parte mais de engenharia, realmente. Então eles tem os veículos de teste deles, a gente até ajuda eles no processo de compra e requisição, mas são os veículos de teste são os primeiros veículos que eles vão testar. (...) As interações ainda estão mais crudas, ainda os parâmetros estão todos, precisam ser apuradas as arestas, tudo, a gente. Porque ainda não entrou num momento do projeto, que, já pensando na produção. Então o desenvolvimento mesmo, aqui, nessa parte aqui é mais a engenharia mesmo.” (DP3)

Planejamento do produto

A fase de planejamento do produto é descrita como uma etapa em que se verifica a viabilidade econômica e viabilidade técnica em seguir adiante com o novo produto. São realizados os levantamentos das necessidades de investimentos como os meios de produção com aquisição de equipamentos, novo prédio, modificações de layout, por exemplo. Bem como as estimativas de custos de material local e importado pela área de engenharia de custos. A área de finanças denominada *Controller* realiza a consolidação dos custos e investimentos informados pelas áreas envolvidas e calcula um *business case*, a fim de obter o prazo de retorno dos investimentos, que poderá seguir ou não para a aprovação do novo projeto.

“o tempo que a gente vai gastar por exemplo, de horas aqui de engenharia, o que a gente vai precisar de teste, o que a gente vai gastar de homologação, e também, é... o que vai precisar por exemplo, de investimento no fornecedor, com ferramental, então tudo isso. Por que aí o pessoal vai fazer, por exemplo, um *business case* entendeu? Pra ver se realmente vai valer a pena ou não, seguir adiante com esse projeto né. Porque se de repente você vai fazer um projeto assim, que vai sair muito caro, né, você não vai ter lucro nenhum com esse projeto né. E aí não adianta eu seguir adiante. Aí nesse ponto, entra o pessoal de *controller* e da engenharia de manufatura e de engenharia de custos. Porque aí são eles que levantam quais vão ser os custos, que vão estar incluídos nesse projeto né. Pra verificar se vale a pena ou não.” (DP2)

“Porque tudo dá pra fazer né. depende do investimento que você vai fazer. Ou que depende ééé, que não dá para eu, por exemplo, eu tenho que montar algo. Ah, só não tenho acesso para montar, mas tem que montar. Então como que pode ser algo nesse sentido? então essa integração, e de prazo, custo, prazo, custo e viabilidade daquilo ser produzido. então e ser recebido peças também né. Então é logística, basicamente R&D tem que desenvolver algo que é factível. com baixo custo, e tem que manter um prazo determinado né. Não é tão, “ah vou desenvolver isso e vou demorar 10 anos”. (OP2)

Detalhamento do projeto

O detalhamento do projeto se refere à etapa em que a equipe interfuncional inicia de fato o trabalho com o novo produto. Os Engenheiros de Produto detalham os desenhos, a área de construção de protótipos se envolve com a construção dos primeiros protótipos, a área de Compras inicia o desenvolvimento dos fornecedores. Conforme Weber (2009) sobre os projetos de produtos em indústrias automotivas, a fase que lida com o planejamento das tecnologias a serem empregadas para produção do novo produto são processos contínuos e de longo prazo, logo ocorrem em paralelo com fases de desenvolvimento do projeto e início do lançamento na produção.

“(...) começa o detalhamento do projeto e, por exemplo, começa, se dispara a construir protótipo, começam a nomear fornecedores, quais são os fornecedores que a gente vai nomear para as peças novas, detalhar quais são as peças novas. Aí as áreas que têm envolvimento vão receber os inputs. Uma formalização de que o projeto vai para frente, aí todas as áreas começam a trabalhar, tem áreas que já entram com atividade forte nessa fase, por exemplo a engenharia. ela tem que fechar os desenhos, ela tem que começar a detalhar o projeto de fato. protótipo que tem que começar a fazer, ajudar na conceituação e fazer protótipo de fato. Compras que tem que começar a negociar e nomear fornecedor. Então tem algumas áreas que trabalham mais forte nessa fase já logo de cara. Tem outras áreas que estão um pouco mais reativas. Um exemplo, o *manufacturing engineering*, o planejamento que se chama aqui, você não precisa ter os meios de produção nessa fase. mas é lógico que eles são informados e começam a estudar o que precisa ter na fábrica. Mas as vezes quando o projeto é grande você tem um *timeline* às vezes de 4 anos. então você não vai começar a trabalhar agora, digamos assim. Você começa a ver o que você precisa fazer mas não vai começar a comprar nada agora.” (PMO1)

“São algumas coisas trabalhando em conjunto aí com R&D, aí você tem um PMO que puxa o gerenciamento disso aí né?! Pra construir isso né, aí ele faz a interface com essas partes de protótipo, documentação e logística de desenvolvimento, aí você tem a parte junto dessa parte de R&D que faz também a intersecção com PMO, tem aqui a parte de produção, aí tem a parte de compras né. Compras tem que estar né, compras tem que estar desenvolvendo lá os fornecedores, tem que negociar novos ferramentais, mais com a parte comercial ne. E aí tem, a área de qualidade, a área de qualidade tem que estar diretamente ligada dentro do projeto desde o começo do projeto.” (OP2)

“Eu não posso criar um negócio absurdo e você não sabe o que o cara consegue fazer ou não, ou se o custo vai ser tremendo. Então tem que ter uma análise de custo bem clara né. Nós temos uma área de planejamento de custo aqui dentro. Justamente para trabalhar em conjunto com desenvolvimento na hora de devolver um produto. quanto isso vai sair, quais os fornecedores fazem isso, quanto vai sair isso lá no fornecedor? Então chama OEB essa área. Essa área ela é bastante requisitada nessa hora juntamente com eles, que eu esqueci até de falar na parte que tem o OEB, que trabalha em conjunto com o PMO. Ele é um braço do PMO. Todo PMO tem. inclusive o chefe é o mesmo. Hoje. Então tá integrado o PMO com essa área de custo.” (OP2)

Aprovação do projeto

A aprovação do novo produto é um marco da aprovação oficial da diretoria da empresa para que o projeto vá adiante mediante aos *stakeholders* envolvidos, bem como ocorre a liberação dos montantes de investimentos para que as áreas possam iniciar trabalhos de aquisição de equipamentos para preparação da produção, por exemplo.

“para gente é muito importante porque é onde o conceito tá aprovado e o dinheiro é liberado pra você trabalhar. Este talvez é o mais importante para a fábrica porque é onde começa de fato o dispêndio de dinheiro, as áreas começam a trabalhar, a engenharia começa a trabalhar mais para fechar o projeto, então enfim é um *quality gate* muito importante para nós.” (PMO1)

Industrialização do produto

A industrialização do projeto representa o trabalho das áreas ligadas a operações, como logística, compras, e praticamente todas áreas que irão atuar no desenvolvimento do produto, como as áreas de qualidade, protótipos, engenharia de manufatura, logística e produção. Nesta fase é quando de fato iniciam-se as atividades de preparar a fabrica para receber o novo produto.

“o projeto tem uma fase de conceito, congelamento de desenho, definição do projeto em si, teste e depois ele entra numa fase que a gente fala que é a industrialização.” (PMO1)

“e depois ele entra numa fase que a gente fala que é a industrialização. Ou seja, colocar, quando o projeto está maduro o suficiente, a gente entra numa fase de industrializar ele. Ou seja, fazer com que os nossos sistemas, a fábrica seja preparada para produzir esse produto, (...) dessa parte de operações, fazer com que tudo aquilo que foi projetado, o caminhão que foi desenhado, que ele seja possível de ser produzido, que é o passo seguinte, como ele ser produzido.” (PMO1)

“área de documentação, área de compras, área de, toda parte de *supplier management* né, logística de peças importadas, a parte de, que a gente chama de preparação da produção, o pessoal chama vulgarmente de protótipo, mas é a parte de preparação da produção. tem mais o *manufacturing engineering* também que é importante, a própria de área de produção, é, que mais... logística, não sei se eu falei logística. Tem para várias áreas, então tem para Compra, a área de industrialização então concentra essas áreas de operações. (...) a própria de área de produção, é, que mais... logística, não sei se eu falei logística.” (PMO1)

Congelamento de desenho

A fase de congelamento de desenho realiza a definição e liberação por parte da engenharia de produto do último nível de desenho do produto,’ que será fabricado na data de lançamento do produto. As alterações que tenham sido realizadas até aquele momento, sejam devido a necessidades de tropicalização de componentes devido a características do mercado local, ou alguma melhoria de design de algum componente, ou mesmo alteração de sourcing, devido a decisões de mudança de fornecedores, serão congeladas e aprovadas para que o último nível de desenho possa ser liberado. Muitas das áreas envolvidas precisam utilizar o desenho, como por exemplo a área de Compras nas cotações com fornecedores e a área de logística com a preparação das novas embalagens.

“a gente acompanha tudo. Aí feito isso, aprovado esse projeto realmente começa a rolar né. Aí a gente ajuda também, na definição de fornecedores, a gente vai junto visitar fornecedor, a gente dá uma ajuda pra verificar se o fornecedor tem capacidade técnica pra fazer tal coisa ou não.” (DP2)

“tem o quality gate 4, que é o design freeze, ou seja, o caminhão já foi desenhado, já foi testado, é com isso que a gente vai para o mercado. Então seria o design freeze. e lógico que tem outras demandas também, mas essa é a demanda principal que eu lembro.” (PMO1)

Preparação da produção

A preparação da produção caracteriza uma etapa avançada do desenvolvimento do novo produto. Nesta etapa são realizados testes com os meios de produção e linhas novas no chão de fábrica, com envolvimento da produção, qualidade e logística.

“E o *quality gate* 3 é o que a gente tem que ter 100% das peças prontas, a fábrica pronta. O *quality gate* 3 é um dos mais importante porque ele é o que dá o aval para poder começar a fazer os *try-outs*, ou seja, começar a montar veículos na produção, no processo produtivo. (PMO1)

“vai ver na linha, vai vai fazer o treinamento, vai passar junto com essa área de protótipos, vem todo mundo junto na linha, faz passar um boi de piranha, faz passar lá um protótipo, um mais avançado, faz níveis de *try-out*, nós temos três níveis de *try-out* aqui, são níveis um, dois e três, né. Nós temos o *try-out* um que é passa o que dá, *try-out* dois já tem que estar com uma grande, oitenta por cento definitivo, *try-out* três já é, não só tudo definitivo, como ferramental definitivo, peças definitivas, como *takt*, *takt time* né definitivo, estresse, que é o estresse da linha, falar “ó, agora você vai pôr cinquenta produto aí em cima, um atrás do outro”, para estressar, para ver se na linha vai montar bem, vai tá tudo certo, se vai ter as peças, se vai encaixar tudo certo, se as máquinas estão de acordo, entendeu?” (OP2)

Lançamento do produto

A etapa de lançamento do novo produto se refere ao SOP ou Start of Production, com início da aceleração ou ramp-up de produção do novo produto, com a entrega do projeto para a produção em definitivo.

“E o mais importante de todos é o *quality gate* 2 que é o *start of production* que é o famoso SOP. Normalmente qualquer projeto é o SOP ou *roll out date* enfim, é a data mais importante é quando você fala “não, agora...”. (PMO1)

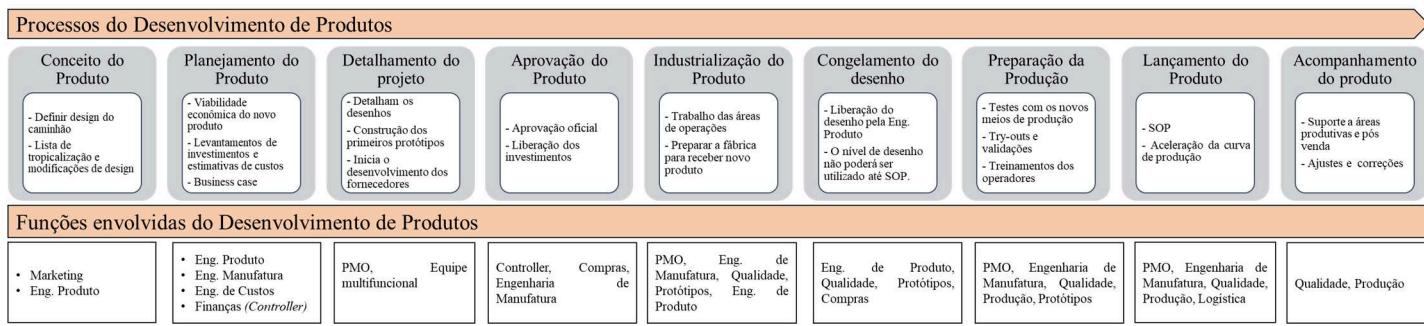
Acompanhamento da produção

O acompanhamento do produto é a etapa que se segue com o suporte de algumas áreas do projeto do produto oferecendo suporte às áreas produtivas e áreas de pós-vendas para realizar ajustes e correção de eventuais problemas pelo período de seis meses após o lançamento do produto.

“e o *quality gate* 1 não vou dizer que não é importante mas é, por que existe o 1 né, porque depois que você deu o *start of production*, ainda a equipe de projetos tem que ficar 6 meses acompanhando para fechar eventuais problemas, tem ainda uma fase de fechamento do projeto ainda.” (PMO1)

A Figura 8 descreve brevemente os processos utilizados pela organização em cada uma das etapas do desenvolvimento dos produtos de acordo com as entrevistas. Conforme Ulrich e Eppinger (2016) o desenvolvimento de produtos abrange processos empregados em sequência desde a etapa de conceito do produto até a entrega para comercialização.

Figura 8. Processos de desenvolvimento de produtos no caso estudado.



Fonte: elaborado pela autora

O processo de Tropicalização no desenvolvimento de produtos

Uma vez que o processo de *offshoring* diz respeito à uma decisão de localização de uma planta que se localiza em uma região fora da sua sede em busca de possíveis ganhos em competitividade e eficiência (Mcivor, 2013; Ellram, Tate & Petersen, 2013; Wiesmann, Snoei, Hilletofth & Eriksson, 2017) a tropicalização acompanha esse processo por se tratar de um fenômeno que faz a adaptação do produto que foi originalmente concebido para ser comercializado no mercado-sede, para que este passe a contemplar características que atendam ao mercado local.

A organização estudada se apresenta como uma subsidiária com atividades tecnológicas atribuídas a uma engenharia local para realizar adaptações às condições locais e até mesmo ao desenvolvimento de veículos derivados da plataforma global para atender às necessidades locais de demanda. Ou seja, como o produto será comercializado no mercado brasileiro, existe uma engenharia de produto local que é responsável por adaptar o produto com as características requeridas pelo mercado nacional, conforme explica (PROD1).

“tem os projetos mandatórios, por exemplo, quando se tem um produto na Europa e tem que trazer ele para o Brasil. Aí praticamente fica na mão da engenharia fazer esta tropicalização dos produtos com customização dos itens dos veículos para adaptar ao mercado local.” (PROD1)

Os produtos são desenvolvidos por uma equipe de engenharia de produto central localizada na sede da empresa na Alemanha. O design do produto é originalmente voltado para aquele mercado, como o exemplo citado por (DP2), sobre o design original da cabine do caminhão estar preparada para um inverno rigoroso de baixas temperaturas e que requer bancos com aquecimento. Alguns entrevistados mencionaram como ocorre o processo na prática:

“o último projeto que a gente trabalhou, ele foi um projeto que veio da Alemanha pra gente fazer algumas alterações aqui no Brasil. Então ele já tinha na verdade, esse caderno de encargos pronto né. E aí o que que marketing tem que fazer, marketing tem que olhar esse caderno de encargos e falar o que que ele quer e o que ele não quer pro Brasil né. É... por exemplo, nesse caderno de encargos que veio da Alemanha, tinha um opcional lá de banco, que tinha aquecimento né. porque lá na Alemanha acho que é muito frio, por conta de neve, pedra, e o banco tem aquecimento né. Então, a gente não precisa disso aqui no Brasil. E da mesma forma, algumas coisas que as vezes eles não têm lá, aí marketing precisa incluir nesse caderno de encargos entendeu? Mas já aconteceu da gente ter que desenvolver uma coisa 100% aqui no Brasil, alguma coisa que não existia lá né.” (DP2)

“Eu vou dar um exemplo bem esdrúxulo, mas é clássico pro Brasil. Quantidade de degraus para subir no caminhão. Na Alemanha, a quantidade de degraus para subir no caminhão pode variar entre três e quatro degraus. no Brasil, os motoristas não gostam de subir mais do que dois degraus para subir um caminhão. É... nós rebaixamos nossa cabine para diminuir a quantidade de degraus do veículo que vai ser lançado. Por que o mercado não gosta de subir mais do que dois degraus. só dois no máximo. Então a gente deixou uma cabina que tinha mais de 700mm, 700, 70cm de altura, a gente rebaixou para 600 e alguma coisa pra poder tirar um degrau da cabina e adaptar ou tropicalizar o produto para o padrão brasileiro. E como a gente já tinha o banco de dados, a gente já tinha esse desejo e interesse, a gente conseguiu facilmente fazer a tropicalização dos produtos com customização dos itens dos veículos para adaptar ao mercado local do produto aqui no Brasil.” (LOG1)

Consoni & Quadros (2006) descrevem o papel da tropicalização nas indústrias automobilísticas que atuam no Brasil, dividindo-as em dois grupos: aquelas empresas que mantêm uma estrutura de atividades tecnológicas no exterior com uma estratégia de produto centralizada, normalmente com uma escala de operações pequena no Brasil. E o outro grupo de empresas que atuam como a organização estudada, que sugerem que estejam se tornando parceiros de sua sede no desenvolvimento de produtos, devido à grande especialização do mercado brasileiro e principalmente, ao elevado consumo de veículos no mercado local.

4.3 Tecnologias da indústria 4.0 presentes na organização

Neste estudo analisou-se quais tecnologias da indústria 4.0 estão presentes na organização. Primeiramente buscou-se identificar se a organização possui as principais tecnologias citadas pela literatura, cumprindo o critério de seleção do estudo. Para isso, aplicou-se o Formulário 1, contido no Anexo 1, página 108. Posteriormente, analisou-se através das entrevistas em profundidade, a maneira como estas tecnologias contribuem para a integração das atividades e para o desenvolvimento de produtos em si.

A fim de mensurar o quanto as tecnologias estão sendo utilizadas na organização, atribuiu-se para a análise o número “1” a uma tecnologia que raramente aparece na organização, “2” a que aparece pouco, “3” a que ocorre algumas vezes, “4” a que parece com certa frequência

e o número “5” para uma tecnologia que ocorre frequentemente. Os resultados do questionário estão na Tabela 1 a seguir.

A média geral das respostas dos entrevistados foi de 3,7 indicando que as tecnologias listadas são utilizadas pela empresa. A atribuição numérica permitiu verificar quantas tecnologias apresentadas eram praticadas e quais se destacaram. Inicialmente, foi analisado se as opções “Com certa frequência” (4) e “Frequentemente” (5) haviam sido selecionadas mais vezes que as demais em cada uma das tecnologias, ou seja, se somadas, essas opções foram respondidas por mais de 50% dos entrevistados em cada questão. Das 13 tecnologias apresentadas aos entrevistados, 6 foram consideradas em um estágio mais avançado de utilização, de acordo com medias que estão acima de 3,7. Em ordem decrescente são elas: AGVs (4,4), IoT (4,1), Nuvem (4,0), Integração horizontal (3,9), Integração vertical (3,8), Big data (3,7). A menor média entre as tecnologias citadas refere-se a Inteligência Artificial ou *machine learning* (3,1) e à Realidade Aumentada (2,9).

Entre as funções da organização, se analisadas as respostas pelas áreas individualmente, destaca-se a predominância da atribuição de notas mais altas com relação àquelas tecnologias com as quais os departamentos mais mantêm contato. As áreas mais próximas foram agrupadas de acordo com a Tabela 2: “Planejamento” engloba Engenharia de Manufatura e PMO, “Produção” engloba Produção, Operações e Logística, “Produto” engloba Engenharia de Produto e Protótipos e “Áreas suporte” engloba Qualidade e Recursos Humanos.

Tabela 1. Frequência com que as tecnologias da indústria 4.0 estão presentes na organização

Legenda: 1 - Raramente; 2 - Pouco; 3 - Algumas vezes; 4 - Com certa frequência; 5 - Frequentemente

Questões	Entrevistados															
	PROD1	PLAN3	PMO1	OP3	RH1	RH2	OP1	QUA2	DP3	DP1	LOG2	LOG1	OP2	PLAN2	QUA1	DP2
1 Big data	4	5	4	2	4	3	4	4	3	3	3	4	5	4	4	3
2 Robotica aut. ou colab.	4	4	4	2	4	4	3	3	3	3	4	2	4	4	4	3
3 AGV/drones	5	5	5	5	4	4	5	4	4	4	4	5	5	4	4	4
4 Simulação	3	5	3	4	2	2	4	3	4	4	3	3	2	4	5	4
5 Integração vertical	4	5	4	3	3	3	4	4	4	4	3	4	2	5	5	4
6 Integração horizontal	3	5	4	3	3	3	4	4	4	4	3	4	5	5	5	4
7 IoT	3	5	4	3	4	4	4	3	4	4	4	5	5	4	5	4
8 Nuvem	4	4	4	5	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	5	4
9 Man. Aditiva	3	3	3	4	2	2	5	4	5	5	3	3	3	3	5	5
10 Realidade Aumentada	3	4	3	3	1	1	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3
11 RFID	3	5	4	5	2	2	4	4	3	3	3	3	5	4	5	3
12 Cybersegurança	3	3	3	5	3	3	4	3	3	3	3	5	5	4	5	3
13 IA	3	4	3	1	2	2	3	3	3	3	3	4	5	4	4	3

fonte: dados da pesquisa

A área de Planejamento é a área responsável pela aquisição dos equipamentos e praticamente participa de todas as etapas de instalação das novas tecnologias. Para eles, a média foi de 4,2, ou seja, das 13 tecnologias citadas, pelo menos 11 estariam fortemente presentes. Para as áreas de Produção, que engloba as áreas que serão usuárias das tecnologias e que estavam em fase de se iniciar na utilização das mesmas, a média cai para 3,5. A Manufatura Aditiva que se refere às impressoras 3D utilizadas na organização para confeccionar peças plásticas no desenvolvimento de produtos para construção de protótipos, recebeu média 5,0 pelo grupo Produto. As áreas suporte avaliaram com a menor média (3,4).

Tabela 2. Média da avaliação das tecnologias da indústria 4.0

	Tecnologias	Planejamento	Produção	Produto	Áreas suporte
1	Big data	4,3	3,7	3	3,7
2	Robótica colaborativa	4	3,2	3	3,7
3	AGV	4,7	4,8	4	4
4	Simulação	4	3,2	4	3
5	Integração vertical	4,7	3,3	4	3,7
6	Integração horizontal	4,7	3,7	4	3,7
7	IoT	4,3	4	4	4
8	Nuvem	4	4	4	4
9	Manufatura Aditiva	3	3,5	5	3,2
10	Realidade Aumentada	3,7	3,2	3	2
11	RFID	4,3	3,8	3	3,2
12	Cybersegurança	3,3	4,2	3	3,5
13	IA	3,7	3,2	3	2,8
		4,1	3,7	3,6	3,4

Fonte: dados da pesquisa

Segundo alguns dos entrevistados, a decisão sobre a implementação das novas tecnologias se deu após a visita de um *board member* da organização à unidade, diretor de operações de alto escalão, que fez críticas aos processos de abastecimento de materiais utilizados. Na época, se fazia uso de instruções e etiquetas impressas em papel, ao qual o diretor recomendou a busca pelo *paper less* (OP1, OP2).

“ai até que vem aqui o nosso né, nível *board member*, *chairman* na parte de ônibus [...] E aí, ele na produção, ele olhou e tal e falou “agora o negócio é *paper less*, tem que entrar na era do *paper less*. Por mais que vocês tenham tudo puxado, kits, tudo com kits pra cada motor, cada cambio, cada eixo, cada caminhão, tudo tem seu kit, posto a posto. Então o kit chega, o cara já sabe o que tem que montar, tá tudo ali né, poka yokes e tudo mais, então isso vem mas tudo através do que? Papelzinho. Emite um papel, vai lá na impressora, já sai, o cara vai checando, vai com HT né, as HTzinhas, vai lá, opa e click click click, ou vão fazer tudo isso ótimo,

aí ó: *paper less*. Acaba com isso. Então tem que ter um sistema aí que entramos, ó quando temos que entrar, temos que entrar na era do 4.0. Na indústria 4.0.” (OP2)

A organização formou parcerias com fornecedores, fabricantes de equipamentos e tecnologias, que possibilitou conduzir implementações-teste no chão de fábrica antes de realizar a compra. Os testes eram conduzidos na linha de montagem de caminhões, e apenas após constatarem a viabilidade técnica e econômica da nova tecnologia é que se passava à tomada de decisão quanto à aquisição e implementação das novas tecnologias. A estratégia pode soar unilateral, porém, os próprios entrevistados admitem que os parceiros tinham a vantagem de encontrar, na organização, um “campo de prova” sem custos, uma vez que muitas das tecnologias eram importadas e pouco testadas ou recém desenvolvidas.

“Então é esse pensamento e inclusive a parceria, trouxe muito benefício para a gente. porque a gente sabe, o nosso *core* não é produzir tecnologia. O nosso *core* é produzir caminhões. Da melhor forma possível. Quem tem o *core* de tecnologia, o *core* de robótica, são outras empresas, são outras universidades. a gente trouxe todo mundo para dentro de casa(...)" (LOG1)

“então um processo que normalmente demoraria anos, pensando, experimentando, pra tomar a decisão de se comprar um robô, sendo que a gente pode trazer o robô, sem custo. Né. Com uma vantagem competitiva em relação aos outros que estão no mercado, e com uma perspectiva de negócio interessante para o fornecedor. Então ou seja, a parceria é clara né, é transparente, né. A gente sempre fala “olha, nós vamos fazer um produto, pra colocar na prateleira pra você, por exemplo. e nós pretendemos comprar duas mil.” (LOG2)

“a gente consegue rodar um robô colaborativo em um mês. Colocar ele rodar aqui dentro, pra fazer uma montagem de alguma peça, em parceria com o fornecedor do robô. e a gente consegue testar ele aqui, e depois de um mês a gente saber o resultado que ele vai trazer para gente.” (LOG1)

Todas essas inovações levantam a necessidade de que os profissionais estejam preparados e desenvolvam habilidades e competências para lidar com as novas tecnologias, o que corrobora com o estudo de Candi e Beltagui (2019) sobre a integração estar relacionada ao desenvolvimento de habilidades para lidar com os processos ciberfísicos. Alguns entrevistados falaram sobre treinamentos e capacitações técnicas que tem sido desenvolvido pela organização.

“Na parte de treinamento de pessoas, aqui a gente tem trabalhado com 3 níveis de treinamentos: treinamentos para as pessoas que vão utilizar as tecnologias no dia-a-dia delas; pessoas que vão pensar em novas tecnologias para serem implementadas no chão de fábrica; e treinamentos de liderança e inovação, para as pessoas que vão liderar as equipes que vão desenvolver novas tecnologias. Então a gente trabalha nessas 3 esferas de treinamento e capacitação das pessoas e a gente tem tido um bom resultado nesse sentido. Para as pessoas que vão utilizar essas tecnologias... a gente precisa de maior competência em elétrica, eletrônica, mecatrônica, de modo que isso traga um pouco mais de familiaridade para elas na hora de utilizar essas novas tecnologias, bem como que elas possam trazer mais propostas de soluções e

melhorias, caso a gente tenha algum problema, com algumas dessas tecnologias no chão de fábrica. Para as pessoas que vão criar ou desenvolver essas novas tecnologias, a gente tem trabalhado com alguns treinamentos de metodologias ágeis de projeto, metodologias de ideação, para que elas possam realmente entrar num *mindset* diferente para desenvolver e também, obviamente a gente trabalha com palestras, com eventos, tanto promovidos por nós, quanto a participação em eventos de outras entidades, para manter sempre esses temas de tecnologia frescos na cabeça do pessoal. E para o nível de liderança, a gente tem buscado, treinamentos de liderança em inovação, em ambientes de inovação.” (PLAN1)

“e treinamentos específicos mesmo. Por exemplo a gente tem aqui um software de desenho 3D, que a gente teve um curso por exemplo, na faculdade com determinado software, chega aqui o software é diferente né. É, apesar do desenho 3D é o mesmo, o software é totalmente diferente. Esse tipo de coisa, tem muita ferramenta também que elas são próprias da [nome da empresa] né [...] tem algumas adaptações né, então tem que ser feito um treinamento pra saber” (DP2)

“a gente adotou 10 pilares, com as tecnologias habilitadoras, e um dos pilares a empresa optou por colocar pessoas, para desenvolver treinamentos e habilitação dos profissionais, tanto dos novos quanto dos já existentes.” (PLAN3)

“a pessoa não precisa ter um alto nível de programação, mas entender o básico. [...] Então, parte de linguagem de programação básico.. eu acho que [...] eu acho que um conhecimento básico de programação, no geral, parte de projetos, gerenciamento de projetos para entender como gerenciar tudo isso, as entregas, parte de planejamento para a criação de dispositivos, tem que ter um conhecimento básico em mecânica, em alguns pontos, assim, a gente não se aprofunda muito, porque como eu disse, a gente faz o projeto *turn key*, mas para uma pessoa fazer uma célula legal de robô colaborativo, o mais difícil não é nem a programação, não é nem o robô, e sim os periféricos.” (PLAN3)

“Outro aspecto importante é o investimento que ela está fazendo em treinamento e capacitação é uma coisa que a gente não via há muitos anos, eu tenho bastante tempo não tinha visto, seria o intercâmbio, o *sharing*, a de *best practices* de *expertise*. Nós temo um programa que chama “*Expert Exchange*”, que é troca de conhecimento entre as três plantas (Turquia-Alemanha-Brasil), que são as 3 fábricas que fazem esse produtos comerciais.. Então eu acho que esses são os pilares aí que estão fazendo com que a gente comece a capacitar, comece a preparar esse profissional estar adequado à esse ambiente que a gente está criando.. a gente está criando um ambiente, 4.0.. Automação.. Big Data...” (PROD2)

Alguns entrevistados descreveram o papel das tecnologias empregadas no estudo, as quais apresento a seguir:

Os robôs colaborativos são utilizados pela organização para auxiliar operações onde existam operadores que tenham algum tipo de restrição física, com o fim de auxiliar e complementar o trabalho realizado pelo empregado e aumentar a utilização e eficiência do posto de trabalho (PROD3).

“a gente possui tanto os móveis quanto os fixos, a gente tem no eixo, a gente tem aqui no caminhão, no eixo, a gente tem para aplicação de silicone na carcaça (do eixo), no caminhão é aquele que provavelmente vocês viram (Yumi da ABB), que é para a montagem da chave geral, a gente tem também (agora tá adquirindo) um para outra planta, para a aplicação de cola. Temos muito projetos para esse ano e já temos

tambem implantado um móvel na área de cabinas para a entrega de peças pequenas, que é um robô colaborativo mais móvel, não aqueles braços robóticos." (PROD3)

"a gente tem hoje aplicado aqui aquele robô colaborativo, o Yumi da ABB.. Hoje ele não está mais aqui na planta, está sendo feita uma modificação lá na ABB para ele, porque a gente quer colocar um cadeirante naquela célula. Então, a gente está adaptando ela inteira, na parte de bancada, não no robô e nem os periféricos dele, mas a bancada, para que um cadeirante possa entrar e ficar trabalhando com um robô. Hoje a gente está usando ele bastante em teste de eficiência, porque? um cadeirante, um PCD cadeirante, ele tem uma taxa de eficiência para a gente, vamos supor de 30%, com o robô, ele complementaria essa taxa de utilização... utilização não, de eficiência dele para 100%. Então, se é 30, o robô completaria essa taxa de 70% que falta para um cadeirante. Como o robô colaborativo.. a ideia dele é trabalhar colaborando com uma pessoa.. (...) a gente ainda tem algumas premissas do robô e pela nossa linha ser em movimento (o AGV está sempre em movimento), a gente tem dificuldade da aplicação do robô na linha, a gente aplica bem mais para pré-montagens. E a pré-montagem já é um trabalho, mais associado a pessoas com restrições. A gente tem trabalhado bastante isso, como eu comentei, para a linha a gente tem bastante dificuldade, a gente já recebeu vários fornecedores e a maioria tem dificuldades nesse ponto. Porque como o robô trabalha com uma matriz de pontos e precisão, com o veículo em movimento, isso acaba dificultando. (PROD3)

Os **AGV** ou *automated guided vehicles* são amplamente empregados nos setores produtivos da organização. Na logística realizam o transporte interno de materiais e na produção, os caminhões são montados sobre os AGVs na linha de montagem final. Os caminhões percorrem a fábrica recebendo as peças e os processos de torques e acoplamentos sobre o equipamento. Os AGVs realizam troca de dados com outros equipamentos para que haja uma coordenação dos suprimentos e da movimentação de equipamentos na fábrica (STOCK e SELIGER, 2016).

"ai que nós começamos a trabalhar pesado nisso com toda a integração, AGVs. Nós temos AGVs que nem você vê, depende da área que não tem AGVs hoje. Na montagem? Começa os AGVs só para fazer logística, trazer peça dali para cá, daqui para lá, tudo bonitinho. agora não. agora é montagem em cima do AGV. AGV com níveis de alturas, com *takt* certo, com avanço, ou retrocesso. Olhando para a parte de logística nós temos algumas situações. A primeira é via tradicional com ainda empilhadeiras, uma outra situação já com AGVs. Isso já é uma realidade na empresa. E uma terceira situação, que também é uma realidade na empresa é armazenamentos via robô. A empresa está em fase de inaugurar..Está em *try-out* uma área totalmente automatizada, onde o homem não vai ter nenhuma interferência no armazenamento e estocagem das peças, por exemplo. O homem só vai trabalhar com essa peça ou essa embalagem depois que for colocado em uma esteira e essa esteira vai para a expedição de prédio "A", "B" ou "C". Essas três situações nós temos na empresa." (OP2)

A respeito do uso do **Big Data** os entrevistados falam sobre a importância de que a organização tenha um histórico, uma base de dados consolidada para que a tecnologia possa ser utilizada.

"Big Data...é assim, tem os dois casos, eu acredito. (...) e o Big Data é muito legal para quando o projeto já está implantado(...) mas aí Big Data a gente só consegue aplicar com uma base de dados, um histórico. Se eu não tiver um histórico, não tiver

a primeira parte de sensoriamento e colocar atuadores e sensores, eu não consigo. Então eu acho que tem vários casos, depende do caso, se é uma empresa pequena, ou aqui se é uma atividade que eu já tenho os dados ou não.. depende eu acho que bastante do contexto da aplicação.” (PLAN3)

Algumas tecnologias como o armazenamento de dados em **nuvem** por exemplo, são citadas atreladas a uma outra tecnologia, o que indica a interdependência entre as tecnologias.

“Ah... eu entendo muito assim, a questão da dos dados que você obtém ali como você também ter acesso aquele dado tratado né? só ter o dado ali, ele não te traz muita resposta, se ele não te... se ele não te trazer um feedback daquele dado né, que você tá na nuvem. Tipo assim, não tem nenhum uso dele... ele não te gera valor. Então eu acho que ainda falta aí, falta isso.” (OP3)

“Algumas posições sim. Você tem o controle de apertos, hoje ele tem um servidor e esse servidor pode disponibilizar os dados em algumas redes no caso, e a gente faz a consulta. Mas ainda não é muito expandido não, ainda é bem restrito a algumas poucas aplicações.” (PROD1)

“Eu acho que assim: o que está despontando pra gente aqui é o IOT né. Que o IOT é a primeira entrada né, pra vários né, tanto pra Big Data, quanto pra AGV, quanto pra simulação, então a captação dos dados. Então eu diria que o IOT tá bem, um pouco mais avançado que os demais.” (LOG2)

A **IoT** (Internet of Things) ou internet das coisas, conforme Kang et al. (2016) é utilizada como a base para que todos os demais sistemas, equipamentos e tecnologias estejam conectados. Na organização a tecnologia foi bem exemplificada pelos entrevistados:

“por exemplo a internet das coisas, a manutenção preditiva. São máquinas conectadas com a nossa rede industrial, sensorizadas e que elas avisam quando elas necessitam de determinada manutenção. De modo que a gente possa agir antes que o componente quebre. Né. Porque afinal o tempo da máquina parada é, quebrou um rolamento, a gente tem que pedir o rolamento. o rolamento tem que chegar. Pra daí depois a gente instalar. é muito maior quando comparado assim ah, o rolamento vai quebrar daqui 1 semana. Hoje a gente já *starta* o pedido, daqui 5 ou 6 dias chega, a gente para a máquina, troca e ela já volta a funcionar. Em vez de ficar sei lá, 7 dias parada, ela fica 1 dia parada só.” (PLAN1)

“Nós temos uma plataforma de IOT que foi preparada, para poder captar e trabalhar os dados né. Jogar esses dados para um local, um local onde eles possam ser trabalhados. Depois ele vai pro Big Data Analytics que a gente tá desenvolvendo. Nós temos alguns IOTs implementados já, com sucesso. por exemplo, o *wifi bottom*, que é uma botoeira, que faz chamada de peças né. ao invés de você usar um *scanner*, que vai *scannear* uma etiqueta para fazer uma chamada de uma peça, para repor uma embalagem, que é necessária, existe uma botoeira, onde você pressiona um botão e esse botão está conectado com um sistema corporativo de logística e diz: “olha, você precisa entregar uma embalagem nesse determinado local, através dessa chamada. Conectado a isso nós implementados em todas as empilhadeiras nos nossos armazéns, um tablet industrial, e cada vez que eu aciono um *wifi bottom*, ele manda uma chamada para esse tablet. Então um processo que era totalmente feito em papel, né. que a gente chama de *paper less*, né. Então acionei a botoeira, vai um sinal no tablet, numa empilhadeira dizendo qual a embalagem que eu tinha que trazer, de onde eu retiro ela do armazém, e onde eu entrego ela no supermercado. Tudo isso online. Né.” (LOG2)

“a gente usa IoT, o próprio AGV é um IoT. Nele a gente sabe todo o momento onde ele está, e comunica com as apertadeiras, por exemplo. Hoje as nossas apertadeiras, principalmente para torque. A parte logística também é muito forte, a parte de manutenção e tudo o mais.” (PROD3)

A **cybersegurança** foi falada principalmente em relação ao trabalho da área de TI em garantir a segurança dos dados gerados com os equipamentos utilizados no chão de fábrica.

“cybersegurança ela também conecta, ela traz sinergia também. uma vez que, uma vez que você tendo uma ferramenta, tendo essa segurança de que o dado tá protegido para compartilhar, para trabalhar, traz também uma segurança. Acho que ele ajuda, ajuda na sinergia.” (OP3)

O uso das impressoras 3D ou **manufatura aditiva** é empregado na construção de peças protótipo atrelado ao desenvolvimento de produtos.

“A impressão 3D a gente tem aqui na área de desenvolvimento aqui, a impressora. Hoje a gente faz principalmente para peças ne?! Então aquele conceito antigo de mandar para um fornecedor ou uma ferramentaria, faz uma peça, avalia, hoje você já tem o desenho, imprime ele em tamanho real.” (PROD1)

“Na produção é um pouco mais difícil, porque é uma máquina muito cara, é... pra fazer peças produtivas. Nem todas as peças são, são direcionadas para manufatura aditiva ou prototipagem rápida. fica mais fácil você, menos custoso, ééé... fazer um modelo, é um molde né, e mandar injetar. por exemplo, vai. Pra produzir em série. Mas tem uma, o *break-even point* né. Que até um certo ponto você consegue ter economia com uma máquina de prototipagem.” (DP1)

"aqui na minha área inclusive, a gente tem uma, mais para as peças plásticas. Para as peças plásticas a gente usa sim. Pra construir os primeiros protótipos, normalmente é feito dessa forma. (...) Antes o pessoal fazia os modelamentos, a gente chama de *clay* né, é como se fosse uma argila. A impressora é muito mais rápida, muito mais precisa." (DP2)

A tecnologia **RFID** para que as informações possam ser “lidas” no processo de produção.

“RFID com certeza. com certeza ela consegue, ela consegue, ela tem comunicação essa que a gente tem comunicação, ela consegue acionar pessoas entenderem assim que uma atividade foi concluída e que a próxima a gente já está disponível para próxima pessoa do processo, a pessoa que está na sequência.” (OP3)

A **Simulação** é utilizada para planejar processos de produção e sequenciamento, bem como utilização da mão de obra (PROD3):

“Simulação eu acho muito legal para um processo ainda embrionário, que ainda está no projeto, para planejamento (...) Mas assim, não quer dizer que você não possa usar a simulação depois que o projeto já está implantado, mas eu diria que os ganhos que você teria antes de realizar o projeto com a simulação seriam exponencialmente muito maiores. (...) Mas dá sim para mapear o processo, entender interferências, cálculo de MV, ajudar se não agrava o valor, fica bem explícito tudo isso. Um exemplo, que não é com processo, mas com pessoas... com simulação a gente consegue ver a real taxa de utilização da pessoa, quanto tempo ela está ociosa e tudo

mais, e colocar ela para fazer atividades que agregem valor ao produto. Então é bem legal, eu gosto bastante de simulação.” (PROD3)

A Realidade Aumentada foi apresentada em estágio mais inicial de utilização pelos entrevistados.

“Nós já temos alguns equipamentos desses aqui rodando.. inclusive nesse prédio, isso é uma ferramenta poderosa mais eu acredito que ainda não está 100% explorada. Eu acho que o potencial dela ainda é maior. [...] o que a gente precisa ainda é baratear ela, que ainda o custo dela é um pouco proibitivo.. e começar a massificar o desenvolvimento. Eu digo o desenvolvimento de softwares, de aplicativos, para que você torne isso um pouco mais popular. Hoje ela é um pouco elitizada ainda.” (PROD2)

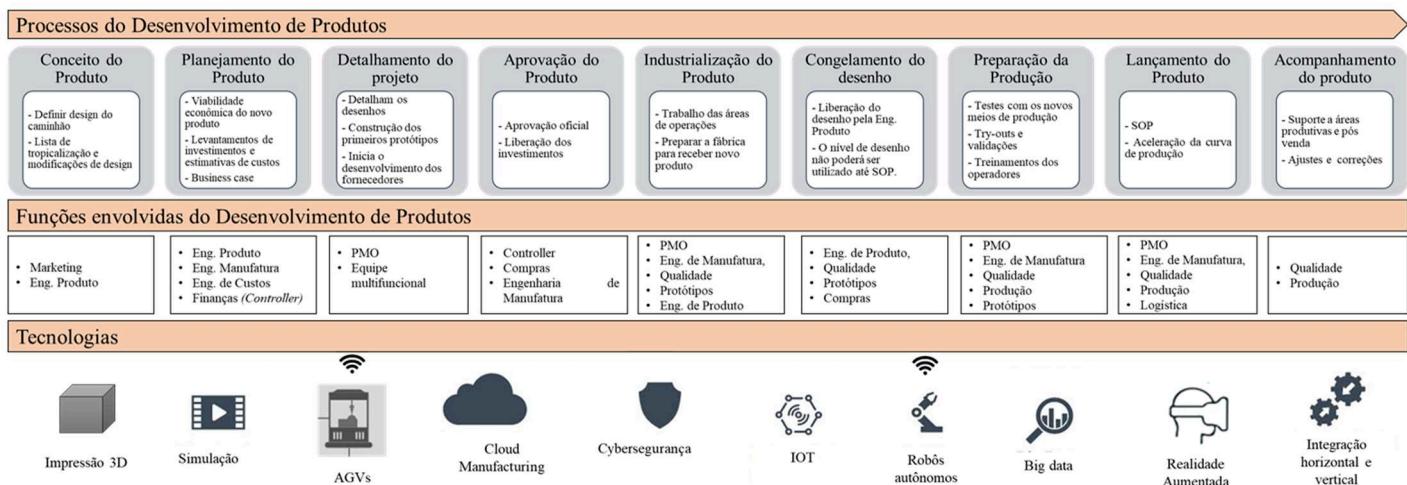
“aqui a gente já tem uma idéia implementada, que é na área de manutenção. E uma prova de conceito que a gente tá fazendo nesse momento é na área de qualidade. [...] então o operador, ele consegue em tempo real, observar quais que são os dados do PLC da máquina que ele tá atuando, como que esses dados variam, ele consegue não somente enxergar ou ver esses dados lá, passivamente. ele consegue atuar em teste de corpo virtual, ele aciona ou desaciona o PLC real. Porque o PLC virtual está conectado ao PLC real. por que eles são integrados. [...] através do gesto que a Honolenz dá. Então ele enxerga esse manual virtual que aí ele consegue fazer a manutenção. A Honolenz permite que o operador acesse aos manuais da máquina, instruções de como fazer aquele trabalho de manutenção, tudo disponível em tempo real pra ele.” (PLAN1)

As tecnologias foram capazes de gerar integração entre funções pela implementação de soluções inteligentes:

"eu vou dar um exemplo de integração entre a produção e a logística. Um grande desafio nosso no passado era que a produção fizesse a chamada de peças. Porque a produção não queria assumir a responsabilidade de chamar uma peça né, de fazer o *call off*, porque entendia que era uma obrigação da logística. (...) Então nós implementamos o *wifi bottom*, a responsabilidade passou a ser do homem da produção, que no passado não queria fazer. E alguns depoimentos só pra esclarecer o ganho: “olha isso aqui é muito bom, porque eu pressiono o botão e chamo a peça. antigamente eu via a minha caixa de peças esvaziando, eu tinha que correr atrás de empilhador. por favor corre, traz para mim a peça que vou ficar sem peça para fazer a montagem.”, depoimentos da produção.” (LOG2)

Haja vista que as tecnologias na organização, da forma como foram descritas pelos entrevistados apresentam elementos próprios da integração interfuncional na sua implementação, como o fato da organização lançar mão de equipes interfuncionais, as parcerias com fornecedores a fim de viabilizar as instalações, o ganho de know-how, a coordenação das atividades e o engajamento das pessoas, conforme Pellathy et al. (2019) sobre a melhoria de coordenação das atividades e a comunicação e troca de informações. A Figura 9 apresenta as tecnologias identificadas na organização junto dos processos de DP e funções internas apresentados anteriormente.

Figura 9. Tecnologias da indústria 4.0 relacionadas aos processos de DP e funções internas da empresa.



fonte: elaborado pela autora.

4.4 A presença da integração interfuncional na organização

Os fatores de integração mencionados na literatura de integração interfuncional foram compilados conforme o Formulário 2 do Anexo 1 e aplicado aos 16 entrevistados. A partir da aplicação e das entrevistas realizadas, analisou-se quais os fatores estão presentes na organização a fim de identificar se a organização possui os fatores de integração citados pela literatura e posteriormente, de que maneira estes fatores contribuem para a integração das atividades e para o desenvolvimento de produtos em si.

Atribuiu-se o número “1” a um fator que raramente aparece na organização, “2” ao que aparece pouco, “3” ao que ocorre algumas vezes, “4” ao que parece com certa frequência e o número “5” para um fator que ocorre frequentemente. A Tabela 3 a seguir apresenta os resultados do questionário.

A média geral das respostas dos entrevistados foi de 4,16, o que indica que os fatores de integração estão fortemente presentes na organização. “Com certa frequência” (4) e “Frequentemente” (5) foram selecionados mais vezes em cada um dos fatores de integração. Dos fatores de integração apresentadas aos entrevistados, se destacam com maior presença os fatores “Recursos e infraestrutura” e “Equipes interfuncionais”, seguidos por “Sistemas de DP virtual compartilhado”, “Comunicação adequada” e “Apoio da alta administração”.

O fator de integração **Job rotation** recebeu a menor média de 2,44. Alguns entrevistados abordaram a ausência do job rotation como uma estratégia de integração. A troca de área

ocorreria apenas como consequência da necessidade de mudança por aspirações de carreira do próprio empregado. Alguns entrevistados mencionaram a valorização do profissional especialista, que se especializa após passar um determinado período em uma mesma área. Murphy e Poist (1996) e Pagell (2004) consideram que o job rotation, que se caracteriza por mudar os colaboradores da organização para outras funções em caráter temporário ou permanente, pode promover a integração interfuncional. Pagell (2004) observou que a rotação de trabalho pode ajudar a espalhar o conhecimento organizacional, uma vez que gerentes trocando de funções entre áreas diferentes pode contribuir para criar uma maior compreensão organizacional.

“Hoje em dia a rotatividade entre áreas aumentou bastante. No passado era mais enraizado ainda, a pessoa entrava numa área de produção ficava por dez, quinze anos. Hoje em dia o próprio funcionário já identifica essa necessidade de ele ter uma carreira de desenvolvimento horizontal ou desenvolvimento vertical, ele trabalhar esse conceito então, fica um período em uma área, muda pra outra. Já mudou bastante nos últimos anos. Mas em algum momento você precisa do especialista.” (PROD1)

“ao longo do tempo essas pessoas vão trocando de área. (...) Mas acontece naturalmente porque que as pessoas vão mudando ao longo dos anos. é bem normal, (...) Então você acaba tendo gente que conhece da outra atividade porque ela já foi daquela área, então acontece.” (PMO1)

“Acontece bastante. assim uma pessoa que tá lá na produção muda pra outra(...) quando você fala de uma pessoa que ela tem experiência na produção, ela conhece os meios, como que funciona, ela sabe os problemas que ela vive no dia a dia, e ela vai para uma área de engenharia, de produto, que é uma área que desenvolve, ele vai levar toda essa bagagem pra lá. Ele vai falar assim “ó, você está desenvolvendo essa peça dessa maneira, isso aqui vai dar pau.” Então ele leva esse know-how com os problemas que ele sofreu no passado.” (OP3)

“eu trabalhei na produção aqui muitos anos, depois eu trabalhei na qualidade, e agora eu tô aqui no desenvolvimento né. Então, eu passei por várias etapas que hoje são importantes para onde eu tô hoje né. Eu acho que por passar por bastante dificuldade, na área de produção, você acaba se familiarizando mais né. Do que quem não passa por essas outras áreas.” (DP2)

Tabela 3. Frequência dos Fatores de Integração

Legenda: 1 - Raramente; 2 - Pouco; 3 - Algumas vezes; 4 - Com certa frequência; 5 – Frequentemente

Questões	Entrevistados															
	PROD1	PLAN3	PMO1	OP3	RH1	RH2	OP1	QUA2	DP3	DP1	LOG2	LOG1	OP2	PLAN2	QUA1	DP2
1 Sistemas de informação conectados a máquinas	3	5	3	3	4	4	5	3	4	4	3	4	5	4	4	4
2 Sistemas de DP virtual compartilhado	5	4	4	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5
3 Sistemas de solução compartilhada de problemas	3	5	5	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	5	5
4 Job rotation	1	2	2	5	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	4	2
5 Reconhecimento de interdependência funcional	5	5	5	5	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4
6 Apoio da alta administração	4	5	4	5	4	4	5	5	4	5	4	4	5	5	4	5
7 Comunicação adequada aspectos formais	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5
8 Treinamento interfuncional	3	5	5	2	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	3	3
9 Disposição voluntária das pessoas	4	5	5	3	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	4	4
10 Compartilhamento de informações	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4
11 Comunicação informal	5	5	5	5	4	4	5	5	3	4	4	4	5	5	4	5
12 Conhecimento mútuo entre funções	4	4	4	3	4	4	4	3	3	4	5	4	3	5	3	4
13 Trabalho de equipe	3	5	5	3	4	4	4	4	4	5	3	3	5	5	4	5
14 Confiança	3	5	4	4	3	3	5	4	4	4	4	4	5	4	3	5
15 Equipes interfucionais	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5
16 Sistema de avaliação e recompensas mútuas	3	4	4	3	4	4	4	3	4	4	5	5	3	5	3	4
17 Objetivos não conflitantes	3	4	4	5	3	3	4	4	3	4	4	5	5	4	3	4
18 Planejamento em conjunto	4	4	3	5	3	3	4	4	3	4	4	4	5	3	4	4
19 Longevidade dos relacionamentos	5	4	5	4	4	5	4	5	4	4	4	5	3	5	5	5

fonte: dados da pesquisa

“Agora por exemplo, se for uma área que não tem muita correlação, eu acho que não tem muito, muito benefício. Eu também acho que a gente acaba as vezes também, tem que tomar cuidado porque a gente acaba muito, perdendo know-how de especialistas né. Com o job rotation. Tem pessoas que com o tempo, se especializa, o cara acaba se especializando né, numa determinada coisa e depois acaba trocando de área. Vai pra uma área totalmente diferente, você acaba perdendo ali um, know-how né, uma pessoa experiente.” (DP2)

Os fatores de integração permeiam a integração interfuncional nos processos de desenvolvimento de produtos bem como na implementação das tecnologias da indústria 4.0. Neste ponto do estudo apresento os fatores de integração presentes nos processos da organização que foram descritos em detalhes nos tópicos anteriores.

O apoio da alta administração foi abordado pelos entrevistados como uma necessidade frente aos processos de aprovação e escalação dos projetos de desenvolvimento de produtos em suas diversas fases. A presença da alta administração ao longo dos processos para demonstrar apoio às ações das equipes é colocada como frequente.

“Então esses fóruns são os fóruns que são utilizados para levar pro *management* pra decisão. Então, sempre que tem um ponto, todo ponto que tem em aberto, ou toda discussão que tem aberto, tem que existir um fórum de, onde você possa levar e escalar.” (PMO1)

“então a gente cria algumas reuniões a mais, para que, regulares, às vezes vai e muitas vezes eu vejo isso, gerente sênior indo, até diretor indo, para poder, eu vou usar uma expressão que um alemão falou pra mim: “se você coloca a sementinha lá na plantinha e você não rega, a plantinha morre. Então as vezes você tem que ficar regando a plantinha lá para ela crescer, hora que ela ganha força aí você fala beleza agora tá, agora posso deixar e eu não preciso mais.” mas no começo você precisa ir. e assim eu vejo muito a atuação do *management* mesmo aqui. Então eu acho que eles têm uma participação grande assim. as vezes você até se surpreende. Você fala “poxa, mas um diretor precisaria tá aqui” mas ele, é uma postura dos diretores aqui, dos diretores, gerentes sênior, eles vão, fazem, participam, eles querem saber mais no detalhe, é uma postura, eu diria que é cultural aqui.” (PMO1)

“Assim, não necessariamente são os diretores que definem as regras, na verdade são feitas propostas e eles dão ok ou não ok né, com as propostas ne. Mais sim, eles são facilitadores. Eles, eles são na verdade aquelas partes que apoiam ne, os *sponsors* dos projetos né, e isso... você sabendo o que que está por trás disso, e que tem alguém apoiando, muda completamente a força e a robustez, aí, de um processo de desenvolvimento. Faz toda a diferença.” (OP3)

Este apoio da alta administração no que toca às tecnologias é muito explícito na fala dos entrevistados. A organização criou uma cultura de aproximação das pessoas de diferentes níveis hierárquicos a fim de facilitar a implementação das inovações trazidas pela indústria 4.0.

“a nossa base da empresa ela tá muito próxima hoje dentro dos nossos altos executivos da empresa. Por exemplo, ele tem total acesso ao nosso COO, para discutir os temas de IOT dele. E assim: ele não precisa passar por mim, ou pelo meu chefe, pelo chefe do meu chefe, para chegar no nosso COO. Ele tem total acesso para ir lá na porta dele e conversar com ele sobre o que tá acontecendo, sobre o IOT. E ele tem todo apoio, eu tenho certeza absoluta disso, que ele tem todo apoio do COO, para ele fazer o que ele tem que fazer, e da forma que ele tem que fazer. Então, eu acho que essa horizontalização da organização, ela tá facilitando as mudanças. Ela tá facilitando uma nova cultura, um novo aprendizado aqui e tornando as coisas mais rápidas e mais benéficas para gente.” (LOG1)

O reconhecimento de interdependência interfuncional está presente na necessidade dos colaboradores de se utilizar de representações para conseguir cumprir as agendas de reuniões, fóruns e discussões dos produtos. Este fator de integração é defendido como necessário para empoderar pessoas em suas ações e como positivo para gerar velocidade nos projetos.

“às vezes é difícil, você trazer aqui, eu listei aí 5, 8 áreas, às vezes é difícil você colocar todo mundo que trabalha no projeto numa reunião. não existe sala pra isso. Então o que a gente faz muito aqui, a gente usa representantes. Então a gente tem muita essa questão de não só por área, mas também por atividade, de ter sempre um representante que vai na reunião, pega as informações, leva informação, traz demanda, leva a demanda.” (PMO1)

“Depende, depende muito. às vezes, e é algo que o PMO tem que trabalhar para que isso aconteça. então assim, a realidade é que as vezes não tem. E é problemático, porque você às vezes está numa discussão e você precisa de alguém que tenha poder de decisão. Ainda mais na empresa que a gente tá, que a hierarquia é forte. Então como a hierarquia é forte então realmente você levar um *write color* lá para a reunião não vai funcionar. Então quem trabalha para fazer quem, qual nível tem que estar nos fóruns, e quem tem que sair representante e forçar para que isso aconteça, com que as pessoas que venham tenham poder de decisão, até os chefes é o PMO, o PMO ele cuida de fazer esse essa interação aí. mas é fato. Acontece de as vezes chegar na reunião, a pessoa não ter poder de decisão, ou a área achar que é um fórum menor, que não tem que participar, enfim, a realidade é essa.” (PMO1)

“você consegue receber o ok e consegui aprovação de todos que são necessários. Você acelera. você cria, você tem um ganho muito alto com isso. Velocidade. Você evita retrabalho, você evita que “não gente, preciso ver e vou voltar.” “Ai, não sei tô em dúvida”. eu vou ter que voltar aqui, (...) vai falar tudo de novo aquilo que você já ouviu para chegar no mesmo ponto. Então... quanto mais empoderadas são as pessoas, quanto mais conhecimento ela tem da atividade, melhor é o ganho pra toda a empresa. Você economiza muito dinheiro nisso.” (OP3)

“E hoje o que vem de cima pra gente, e que a gente acaba disseminando, é sim uma cultura de liberdade, uma cultura de cada um tem que assumir a sua responsabilidade, as pessoas elas têm que assumir a sua alta performance. Elas têm que ser pessoas auto gerenciáveis. E isso, a gente acaba transmitindo. o que a gente recebe de cima, a gente acaba transmitindo é... pras pessoas que tão dentro do nosso time. É...eu sempre brinco com eles, eu falo “meu, vocês têm que estar feliz de eu não tá aqui sentado na minha mesa. E vocês tem que se virar igual a qualquer outro dia” eu falo “eu tô gerente hoje, mas amanhã eu posso não estar gerente aqui nessa área. e se não

tiver sentado alguém aqui, seja eu, seja qualquer outra pessoa, vocês vão ter que funcionar do mesmo jeito.” É simples assim.” (LOG1)

O Compartilhamento de informações entre pessoas de diferentes áreas é colocado de forma positiva nos processos de desenvolvimento de produtos em que uma equipe se faz presente. Porém quando se fala em compartilhar informações entre diferentes áreas, há menção a aspectos burocráticos e de forte presença de hierarquia.

“Engenharia, recursos humanos, dependendo do tema que você precisa discutir é meio complicado conseguir. Pode ser pela questão de confidencialidade, as vezes a parte técnica do produto ne, você precisa de uma informação para fazer uma avaliação de processo, e você passa essa informação, espera uma resposta rápida e ela não acontece. E isso acaba atrasando a atividade. Justamente por burocracias das outras áreas ou fica aquela questão posso não posso, tem que falar com meu chefe primeiro, então essa autoavaliação, falar até que ponto essa informação tem o risco ou não de ser compartilhada, as vezes atrasa um pouquinho.” (PMO1)

“Olha, eu não sei assim... eu já escutei falar de muito projeto que tinha muita falta de transparência. O projeto que eu estou, do tamanho que ele é, eu acho que tem muita transparência. acho que é algo que é muito positivo. Os últimos *reports* que a gente fez pro *board* na Alemanha, eles vêm da mesma forma, que a gente tem muita transparência na mesa. isso é muito positivo. inclusive eles veem como positivo. A gente tem os problemas, a gente coloca esses problemas na mesa e vamos trabalhar em cima deles. mas não ficar escondendo alguma coisa.” (PMO1)

A Comunicação é defendida como um elemento fundamental nos processos de desenvolvimento de produtos para disseminar informações. A comunicação formal na organização com disposição de recursos e infraestrutura como e-mail, laptops, softwares para troca de mensagens entre os colaboradores, telefones, fones de ouvido e salas para realizar web conferências, são providos pela organização.

“Às vezes a pessoa quando faz aquela operação, ela tem uma visão muito particular do mundo dela né? então ela acha que aquilo lá não vai afetar mais ninguém. E isso acaba afetando todo mundo na fábrica. Né? desde a parte de qualidade, até a parte de logística que a gente tava falando, que trazem peças. então com certeza, esse tipo de reunião é essencial para todo mundo. não tem como manter um projeto, de uma determinada complexidade, ou até simples, sem essa parte, sem isso, comunicação é tudo.” (OP2)

“esse fórum também serve para disseminar a informação. Que é algo bem complexo no projeto grande. Você tem que ter esses fóruns também por que todo mundo tenha a mesma informação. E volta e meia às vezes não tem, enfim, mas é sempre, você tem que sempre manter esses fóruns regulares para manter também a comunicação ativa de todo mundo trabalha na mesma prioridade, todo mundo saber o que é a prioridade, todo mundo saber o que tem que fazer. então também tem isso. Então eu diria que a comunicação é essencial. Fóruns, sistemas tratados é essencial.” (PMO1)

"(...) nós somos uma fábrica de conversar então você fala “olha, eu preciso dessa aplicação”. Aí a partir disso, vendas fala “eu gostaria de ter um negócio que me desse maiores vantagens, ou que melhorasse para mim meu consumo

de combustível, ou que melhore meu custo-hora, meu custo por quilometro rodado”. (OP2)

“Quando eu entrei aqui, 6 anos atrás eu diria que gente tinha sei la três ou quatro salas de videoconferência aqui na empresa. hoje eu diria que quase qualquer departamento tem uma sala de vídeo conferência. Além de videoconferência, a gente tem o Skype for Business né, que é uma ferramenta poderosa. muitas reuniões eu não saio nem da minha mesa, eu uso o fone de ouvido e você consegue fazer áudio, vídeo, compartilhar a sua tela, de ferramenta eu diria que a gente não tem problema não, a gente tem bastante recurso.” (PMO1)

“a gente aqui hoje, a gente tem diversos recursos que, eu posso estar fazendo um home office e, enfim, ter uma reunião. Com qualquer pessoa. Ne. eu posso pegar, tem o Skype corporativo, eu posso entrar numa videoconferência. É, isso assim, esse recurso está disponível, a gerencia apoia, e ele gera também, ele gera valor para nós.” (OP3)

O acesso à Comunicação livre e informal é colocado como presente entre as áreas e os níveis hierárquicos.

“aqui pessoal pode chegar, não tem muita, muita sala não. se você precisar, você vai a sala de alguém, não tem nenhum problema com isso não. Tem bastante acesso. se você quer uma coisa, uma informação mais ou menos, você manda e-mail. Se você quer uma informação melhorada, você liga. Se você quer o top dos tops, você vai na mesa do cara. Esse é o segredo da coisa.” (OP3)

“Eu acho que tudo depende de pessoa pra pessoa né. Como eu já fui de outras áreas e conheço bastante gente aqui, eu não me incomodo muito de chegar, sentar na mesa da pessoa e conversar, eu preciso muito manter contato com pessoal de produção.” (DP2)

“porque uma coisa por exemplo, é você mandar e-mail pra uma pessoa e você esperar sei lá, um, dois dias, três dias e a pessoa não te responde, aí você vai lá e manda um outro. Ou, entendeu? Aí você fala “ah, eu vou até lá, eu vou conversar com ele, eu vou dar uma ligada, vou quando ele tá lá, a gente vai lá junto, a gente bate um papo... porque no meio da correria tem muita gente que acaba deixando um e-mail pra lá, e acaba priorizando outras coisas, então eu acho que... esse fato de você ter que ir até a pessoa e conversar, é melhor.” (DP2)

“Hoje por exemplo a gente teve com nosso COO num evento chamado bate-papo com [nome], que é o nosso COO. E ele voltou a ressaltar “minhas portas estão abertas.” E realmente estão abertas né, não é aquele cara que fala mas nunca está lá. Ele realmente está disposto e fomentando, “gente, tragam ideias, vamos discutir, vem para minha sala. não fique limitados no seu, é, posto de trabalho, na sua área de atuação. É... seja participativo né. Trabalhe como se a empresa fosse sua”. Então ou seja, o que não te agrada, fale. o que te agrada, fale.” (LOG2)

Sobre os de **Sistemas de Desenvolvimento de Produto compartilhados**, os entrevistados abordam a quebra de barreiras físicas entre os colaboradores que trabalham em diferentes regiões do mundo (PMO1), bem como a capacidade de prever falhas por

meio do uso de softwares que permitem visualizar e compartilhar os desenhos de peças em 3D (DP2).

“e outra não vou falar que não tem problema. Às vezes você vai fazer uma reunião por Skype aqui com a Alemanha e aí um tá com o áudio ruim, aí “abaixa o microfone”, a conexão cai no meio, enfim.. acontece as vezes. é parte do novo mundo ne. mas acho que a gente... é até engraçado, tem muita interação assim, é muito rápido as coisas né, então hoje em dia, eu lembro de uma ultima reunião que a gente teve há umas duas, três semanas atrás, a gente estava aqui no Brasil fazendo videoconferência, tinha uma pessoa na Holanda, algumas pessoas na Alemanha, algumas pessoas na Turquia... então assim no final das contas a gente tava falando a mesma coisa na mesma reunião, mas cada um estava num lugar do mundo, todo mundo tava enxergando o mesmo material, todo mundo falando inglês né. Então... as barreiras diminuíram muito assim.” (PMO1)

“É, antigamente o pessoal trabalhava sem isso né. Mas eu não sei como eles faziam não. Antigamente, como eles faziam né, eles só conseguiam identificar se ia ter algum problema, ou não, é... na montagem. só pegava alguma coisa na montagem dos primeiros protótipos. E hoje em dia a gente já consegue prever muito erro que seria pego no protótipo, a gente já consegue prever antes de chegar na montagem de protótipos ne. Através do software 3D.” (DP2)

O produto altamente complexo requer o uso de tecnologia, **sistemas de compartilhamento de desenho** em 3D, a fim de que o operador reconheça os componentes a serem montados e a sequência de montagem.

Hoje eu diria que é extremamente difícil falar assim “eu vou montar um caminhão que não tem... eu não vou usar nenhum software. mesma coisa que a gente falar de digital mokup né, produzir sem 3D. hoje nosso caminhão que a gente vai montar agora, ele, eu não diria que é impossível, mas ele é muito difícil de ser montado se você não tiver informações visuais no digital mokup. Alguns posicionamentos de peça só têm no digital mokup. não existe uma folha que fala olha põe na posição X. existe uma coordenada que ela puxa um desenho, e aí mostra uma tela. E essa tela mostra onde o operador tem que montar. então assim tem um monte de tecnologias que a gente tá implementando, que assim, eu diria, eu vou dizer do ponto de vista de produto. produto ganhou uma complexidade, uma customização tão grande...

A respeito da **confiança**, os entrevistados se dividem entre aqueles que afirmam que a confiança está presente nas relações entre as áreas e aqueles que relatam situações em que pessoas de outros departamentos desconfiam de como o trabalho foi executado.

“Ele fala “olha, eu não preciso ficar indo ver o que você tá fazendo, checar, ficar lá dando opinião, pitaco toda hora. eu confio plenamente no que vocês estão fazendo. E isso é legal, isso passa pra gente, a gente passa pra baixo. “ó confio plenamente no que vocês tão fazendo.” Então você tem essa característica dele confiar na equipe, confiar no todo, confiança um com outro, mutua “ó, o que você está fazendo ó, é no mesmo objetivo”, isso é alinhamento.” (OP2)

“Mas tem pessoas que você precisa, as vezes precisa mandar uma foto, ou chamar pra ver alguma coisa, tem pessoas que as vezes não confia só num e-

mail, ela tem que ver né, ela tem que enxergar. Isso aí acontece, acontece. Mas na maioria das vezes, aqui na engenharia, quando a gente faz alguma coisa, normalmente, o pessoal confia, confia bastante.” (DP2)

O entendimento mútuo entre as funções é colocado pelos entrevistados como presente em relação às áreas que têm mais proximidade com o trabalho. Por se tratar de uma grande empresa, muitos departamentos trabalham em realidades e localidades distintas e isso dificulta o conhecimento da realidade do trabalho alheio (OP3, DP2).

“a gente chama aqui de entendimento simples do processo alheio. O pessoal conhece um pouquinho e acha que conhece tudo. E acabam dando palpite que nem sempre é a hora de dar esse palpite. Isso atrapalha bastante.” (PROD1)

“Tem gente que sabe muito o que a gente faz, tem gente que...depende. depende muito do tipo de parceiro que você tá... dos seus parceiros mais próximos sim, você sabe exatamente o que ele faz ne. Mas, eu mesmo, tem uma parte da área fiscal que eu tô conhecendo hoje. (...)Então eu concordo, normalmente você conhece. Daqueles parceiros próximos ne, que você precisa, que você tá lidando, aí você conhece ne. mas não toda a empresa né.” (OP3)

“Quando eu tava na qualidade, e precisava fazer alguma alteração, e envolvia por exemplo, a alteração de um desenho de engenharia né, e a gente sempre ficava falando “pô, mas é só alterar o desenho, é coisa rápida”. Então realmente só quando você tá aqui que você vê, o quão trabalhoso é, o quão complexo é. Então é legal estar dos dois lados né, de um eu tenho o cara da qualidade, que precisa daquilo rápido, que precisa resolver as coisas rápido, o problema rápido. eu também tenho, do lado do engenheiro o quão complexo é fazer um teste, e a documentação, aprovação, homologação e tudo mais. Porquê da mesma forma que as vezes tem quando o cara tá aqui e tá reclamando do cara da qualidade “pô, mas esse cara da qualidade tá reclamando disso, pô mas, isso daí é assim mesmo”, eu também sei que lá na qualidade a pressão também é grande pra se resolver algum problema que tá dando no campo né.” (DP2)

“As vezes acontece de desenvolver uma peça, aí vem o engenheiro de manufatura e ele fala “ah legal, mas a gente não consegue produzir essa peça, essas tolerâncias que você colocou são muito apertadas, a gente não consegue fazer e tal”. As vezes acontece esse tipo de coisa. Aí a gente tem que pegar e refazer a peça, estudar, tem que refazer. Por isso que é legal também a gente fazer, ir fazendo em conjunto com, o produto, desde o início. Por isso também, exatamente por isso que tem as reuniões.” (DP2)

A disposição voluntaria das pessoas é discutida como um elemento muito presente em relação aos relacionamentos estabelecidos em torno dos trabalhos que são desenvolvidos.

“não acontece porque alguém mandou. Acontece porque eu conheço o João da outra área e aí eu sento com ele e falo “cara, vamos fazer isso aqui” então tem bastante disso. E eu acho que isso que às vezes faz movimentar o projeto, se todo mundo ficar só “eu só faço o que me mandarem” ou “só vou fazer o quê tá no procedimento”, a coisa não anda.” (PMO1)

As **equipes interfuncionais** neste estudo se mostraram presentes nos processos de desenvolvimento de produtos e também se fizeram presentes na estratégia da organização para implementar as novas tecnologias da indústria 4.0.

“Baseado nisso, é, a gente traz todas essas demandas, todas essas ações para dentro da fábrica, e essas demandas, elas são discutidas em grupos é...que eles chama de *module team*. (...) cada grupo desse ele é composto pelas áreas de vendas, pelas áreas de engenharia, pelas áreas de logística, áreas de produção, pelas áreas de manufatura, e assim por diante. (...) existe uma pessoa central que é o projeto, que é o PMO do projeto, que sempre puxa. Que integra todos né.” (LOG1)

“diante de algum desafio, algum problema que eles estão enfrentando ali num determinado momento, eles se unem esse grupo que fica focado em resolver aquele determinado problema e trazendo esses inputs. São equipes rápidas, assim sabe. que é para, justamente para, eles fazem muito nos workshops né. Então tem workshops que o pessoal faz focado em, em decidir alguma coisa ne. Então tem todos aqueles problemas que estão tendo, os desafios que estão tendo e esses grupos são muito eficazes, eles trazem muito resultados.” (OP3)

“quando tem as pessoas especialistas e o cara tem, ele cumpre os prazos dele, começa a nascer um compromisso assim, tá lá, as pessoas sentem vontade de cumprir os compromissos né. Porque na realidade são pessoas que tem um nível de conhecimento muito bom dentro das suas especialidades e elas estão contribuindo. Aliando esse conhecimento, mais a amizade, essa parte pessoal né. O pessoal vai almoçar, no final do ano todo mundo se junta, “ah vamo, vamo fazer um almoço de despedida do ano” né tal. E como o projeto sempre dá certo, no final sempre dá certo né, com alguns problemas aqui, mas sempre dá certo. O pessoal então gosta disso aí então vai comemorar ne. Isso é uma coisa bacana.” (DP1)

“Então, hoje para você implantar qualquer tecnologia da indústria 4.0, primeiro, existem grupos multifuncionais da [nome]. Então, o [nome] ele é o líder do IOT. só que junto com ele, eu tenho uma pessoa da engenharia, eu tenho uma pessoa de vendas, uma pessoa de compras, uma pessoa da logística, tem uma pessoa da engenharia de manufatura e assim por diante.” (LOG1)

O **espírito de grupo** criado a partir dos relacionamentos entre as pessoas foi descrito por PMO1 como “ir um pouco além” das atividades que são da responsabilidade da área, a fim de solucionar os problemas que surgem.

“muita coisa na fábrica aqui na [nome] do Brasil se resolve no relacionamento. Porque acho que é natural né, existe o processo, existem os problemas. mas às vezes, como é que eu posso explicar? Você tem o processo daquilo que você tem que fazer, e os *inputs* e *outputs* do que você tem que fazer. Mas muitas vezes no projeto, como as coisas não estão funcionando perfeitamente e é normal no projeto, uma área e a outra tem que ir um pouco além do que ela faz. e eu enxergo isso como você ir um pouco além, entender um pouco do outro, fazer um pouco do outro, sentar para escutar um pouco o outro é um pouco, muitas vezes acontece num relacionamento.” (PMO1)

O espirito de grupo que se estabelece entre as pessoas que trabalham em equipes interfuncionais ao longo do desenvolvimento dos produtos é capaz de estabelecer **relacionamentos de longo prazo** e o desejo de **celebrar os resultados** alcançados juntos.

“e depois que acaba o projeto, muitas vezes quando você precisa de mais algum outro tema você sempre tem aquela pessoa como referência e mantém o contato quando precisa das outras áreas, isso é prática normal.” (PROD1)

“Aliando esse conhecimento, mais a amizade, essa parte pessoal né. O pessoal vai almoçar, no final do ano todo mundo se junta, “ah vamo, vamo fazer um almoço de despedida do ano” né tal. E como o projeto sempre dá certo, no final sempre dá certo né, com alguns problemas aqui, mas sempre dá certo. O pessoal então gosta disso aí então vai comemorar ne. Isso é uma coisa bacana.” (DP1)

Sobre os **objetivos comuns e não conflitantes** entre diferentes departamentos, os entrevistados relatam que existem diversas situações em que as pessoas, pela própria natureza humana, apontam para a área que está apresentando problemas, a fim de se justificar sobre os problemas (PMO1, PROD1).

“eu acredito que não. ainda tem muito a questão de cada um cuidar do seu bloco em algumas atividades. quando o negócio começa a pegar fogo, vamo falar, cada um tende a puxar mais para o seu lado e a falar “minha parte eu resolvi e agora é o outro” né” (PROD1)

“a gente na hora de apresentar para o *board*, a gente não pode falar “não eu não fiz, porque o fulano não me entregou, ou o ciclano...”. não, a gente é [nome da empresa], a gente tem que, é uma coisa só. e eu acho que assim, não é tão natural. às vezes no processo de problemas, você tem... é um processo de sobrevivência eu diria, vai. Digamos assim, o ser humano ele é assim... ele tem essa questão de sobrevivência. Ele fala assim “não, eu tô atrasado, mas não é um problema meu.” É uma questão de fuga assim. Mas a gente, como PMO, os nossos gerentes, eles sempre batem nessa tecla, e eu acho que tem sido muito efetivo. Muito efetivo. mas assim tem que sempre lembrar. porque eu acho que é natural até do ser humano.” (PMO1)

“as funções ali assim, você saber o que é pra você fazer, fica bem claro assim. tem às vezes, é lógico tem uns espertinhos que as vezes quer pular fora da tarefa e tenta te empurrar. Mas se você souber onde você está, se você conhece o escopo das duas áreas, você consegue entender isso. Normalmente quem está mais próximo de você, os departamentos que você trabalha mais próximo, você conhece o que eles fazem. Mas isso aqui, você fala “isso não é meu não”. Ou vice-versa, “isso é meu, você não precisa se preocupar com isso.” (OP3)

“quando eu tenho metas individuais, cada um vai lutar pela sua. É briga do cara que quer que passa todo dia, que no final das contas é do mesmo negócio né.” (LOG1)

Porém os gestores encorajam as pessoas a agir em prol do resultado final e dos **objetivos comuns** da organização (PMO1, LOG1). Os entrevistados relatam que as

avaliações individuais não são computadas no cálculo dos resultados gerais da empresa, a fim de se estabelecer objetivos comuns.

“os últimos workshops que a gente fez, o nosso diretor foi muito bem, ele sempre fala... muito... não é a logística ou a produção, somos nós [nome da empresa], a gente tem que trabalhar como um time” (PMO1)

“porque o *board* ele tem essa visão aí, ele quer, ele espera da gente uma atitude profissional e a gente evita muito pra que não aconteça, mas a gente trabalha muito forte para que não aconteça e os nossos diretores apoiam isso inclusive. o que eu falo, a abertura de workshop eu diria que as últimas três, o discurso foi parecido. Olha sem *finger point*, vamos colocar os problemas na mesa, não tem meu problema, seu problema, vamos resolver.” (PMO1)

“Se a empresa não for organizada, ela tem margem mas não tem resultado. Que é um conjunto de tudo. A empresa tem que dar resultado, então é nesse sentido. todo mundo tem que trabalhar só pra um bem, numa mesma direção. o nosso resultado pessoal, ele deixou de ser avaliado. a partir desse ano. O que é avaliado, agora, é só o Ebitda da empresa. todos tem um objetivo comum. então não adianta eu cuidar bem da minha área, fazer a minha área dar resultado, e fazer a área do meu colega dar prejuízo.” (LOG1)

A respeito do **sistema de avaliação e recompensas**, os entrevistados relatam que a organização tem modificado a maneira de avaliar os colaboradores em busca de ter maior transparência.

“eu vejo no grupo também, um grande movimento né, até formas de avaliar né. Foi mudada a forma dos gestores serem avaliados. Provavelmente ano que vem vão mudar a forma de avaliar as pessoas, e tudo isso vem pra um caminho de realmente, integrar mais as pessoas, é... ter mais transparência, e coisas desse tipo. Então, ou seja, tem um movimento grande da empresa em realmente se preocupar com os relacionamentos das pessoas, a forma que elas estão sendo avaliadas, o dia a dia das pessoas.” (LOG2)

“Eu lanço as minhas metas na frente de todos os outros executivos debaixo da minha diretoria. E eles tem total liberdade de opinarem, ou tirarem, ou excluírem, ou incluírem metas dentro da minha, minha avaliação. Porque a gente faz tudo em conjunto.” (LOG1)

A importância do **planejamento em conjunto** para que as pessoas se sintam à vontade pelas tarefas e prazos estabelecidos e o próprio uso da ferramenta gerencial *module team* como para discutir e planejar os primeiros passos dos projetos de novos produtos.

“e essas demandas, elas são discutidas em grupos é... que eles chama de *module team*. Esse *module team*, ele é um, nada mais é do que uma divisão do caminhão, então o caminhão é dividido por acabamento interior, acabamento exterior, cabina, chassis, freios, etc. cada grupo desse ele é composto pelas áreas de vendas, pelas áreas de engenharia, pelas áreas de logística, áreas de produção, pelas áreas de manufatura, e assim por diante. (...) E nesse fórum é tomada a decisão do que deve ser feito ou não deve ser feito no veículo. (OP2)

“você não consegue o compromisso de ninguém, se você não fizer o planejamento com a pessoa. Não adianta, não adianta. Você pode colocar no papel lá e até por uma reatividade assim, se eu tô te dando um prazo, é natural que a pessoa fique mais reativa àquele prazo.(...) Mas em geral em conjunto até para você ganhar o compromisso das pessoas. então é importante o ganhar o compromisso das pessoas.” (PMO1)

“Você sabe quando é feito em conjunto. [...] Então se você já, já consegui responde-la, isso ajuda bastante. a você, “é meu, eu tenho que fazer isso”. Esse planejamento esta correto, essa atividade para mim, esse prazo faz sentido, né. Eu acredito que isso que acontece bastante aqui dentro.” (OP3)

“quando eu tô requerendo qualquer tipo de alteração no veículo, por conta de um documento, que tem um workflow por traz, o que a gente tem na hora do fechamento desse workflow, na definição de qualquer tipo de alteração do produto, a gente tem uma, uma, uma decisão mais sólida. onde todas as pessoas, todas as áreas envolvidas, puderam colocar todos os impactos, ou todos os recursos necessários, ou toda a necessidade para implementar aquilo e também todos os benefícios para implementar aquilo. Então, quem vai tomar decisão no final desse workflow, ele tem uma clareza daquilo que vai ser implantado e o que aquilo vai trazer de benefício para ele.” (LOG1)

Como se viu na descrição dos entrevistados do Quadro 6, as pessoas costumam se estabelecer por um longo período na organização, o que se estende aos relacionamentos entre as pessoas e por consequência, entre os diversos departamentos internos da empresa. A **longevidade dos relacionamentos** foi discutida pelos entrevistados como se vê a seguir:

“É lógico, não é mundo perfeito. às vezes existem conflitos. Então ao mesmo tempo que existe relacionamento bom, existe relacionamento ruim. E aqui, se você pegar, culturalmente, as pessoas ficam muito tempo aqui, as pessoas trabalham muitos anos aqui. Então ao mesmo tempo que você tem relacionamentos bons com as pessoas de várias áreas, você também tem algumas rusgas do passado. (...) todo gerente aqui dentro e PMO, eles têm que conseguiram enxergar entre as linhas que as vezes existe isso. Falar “ué, por que que não tá andando?” às vezes não é a técnica. As vezes são as pessoas.” (PMO1)

“eu vejo um grande desafio nosso que, muitas informações estão nas pessoas. E aí a gente tem, quando a gente perde, a gente acaba perdendo um capital intelectual. Hoje nós temos processos robustos, mas alguns processos ainda podem ser melhorados para que a gente não dependa tanto das informações das pessoas. (...) o detentor desse conhecimento é o [nome]. (...) com o passar do tempo, fica conhecido por ele ser o homem que detém as informações daquele assunto. e nem sempre, o processo tá tão robusto, a ponto que todas as informações que o [nome] tem, possam ser passadas automaticamente para outros. Então eu acho que isso é típico de empresa de pessoas.” (LOG2)

Os entrevistados relacionaram em suas falas, a **longevidade dos relacionamentos** com o aumento do nível de confiança entre as pessoas.

“Quanto mais você conhece a pessoa, mais você sabe a maneira como ela reage, a maneira como ela trabalha, como ela desempenha. Isso é bem frequente.” (OP3)

“Você ganha muito com isso, integração, cooperação, é... velocidade, trabalhar juntos e assim por diante, mas por outro lado, tem desafios. É então, pra mim é isso, a cooperação é muito grande. Conhecer as pessoas e poder contar com as pessoas que você conhece acho que isso é uma arma grande que a gente tem aqui dentro. Eu tenho um desafio por exemplo, eu vou ligar para o [nome] que eu sei que ele conhece e vai me ajudar. Isso é bem típico aqui da [nome da empresa]. Mas por outro lado eu sofro com essas dores de ter muita coisa concentrada nas pessoas.” (LOG2)

Foi evidenciado o **desenvolvimento de habilidades e competências** como um elemento de fundamental importância para liderar as pessoas e motivá-las no sentido de gerar uma mentalidade de inovação.

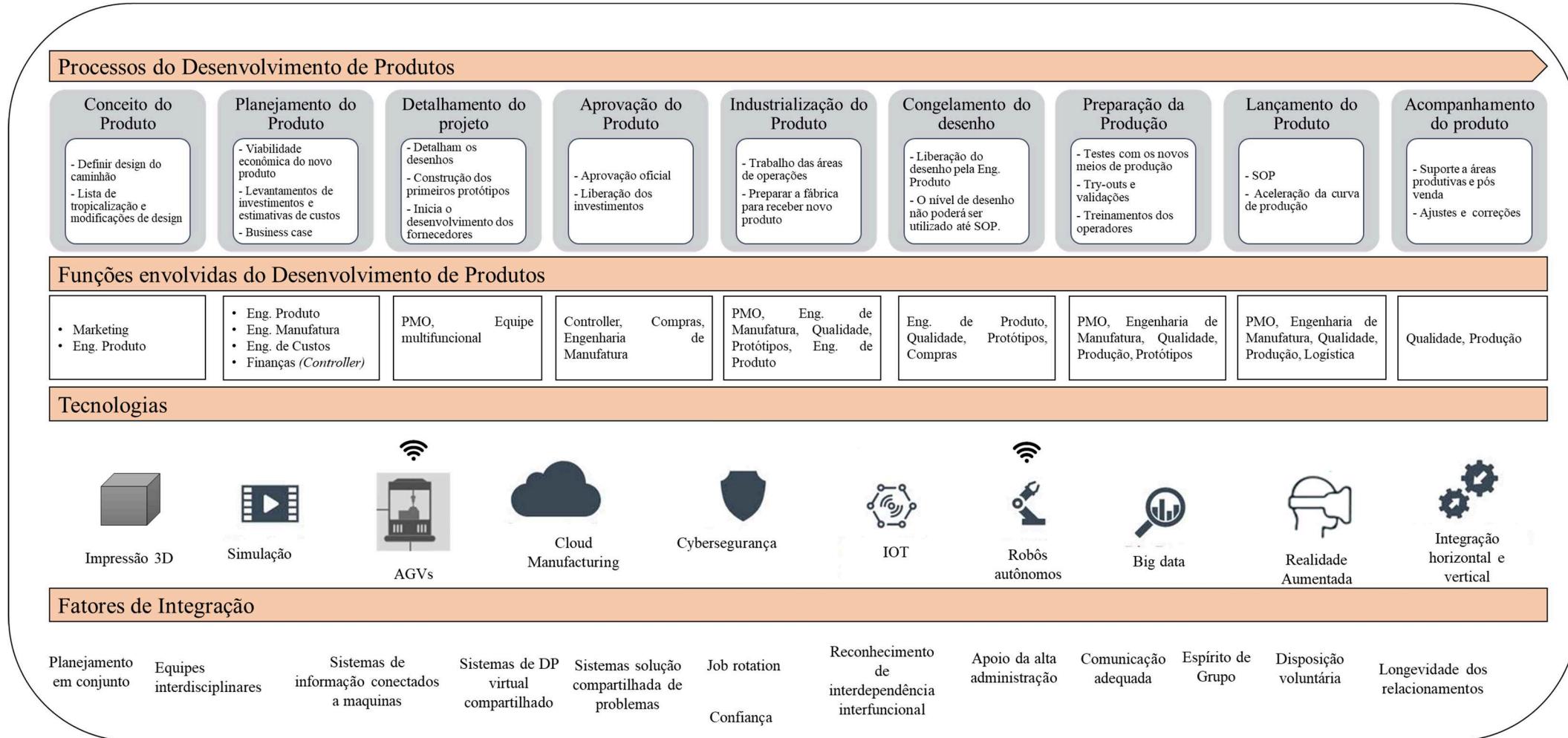
“Na parte de treinamento de pessoas, aqui a gente tem trabalhado com 3 níveis de treinamentos: treinamentos para as pessoas que vão utilizar as tecnologias no dia-a-dia delas; pessoas que vão pensar em novas tecnologias para serem implementadas no chão de fábrica; e treinamentos de liderança e inovação, para as pessoas que vão liderar as equipes que vão desenvolver novas tecnologias. Então a gente trabalha nessas 3 esferas de treinamento e capacitação das pessoas e a gente tem tido um bom resultado nesse sentido. Para as pessoas que vão utilizar essas tecnologias... a gente precisa de maior competência em elétrica, eletrônica, mecatrônica, de modo que isso traga um pouco mais de familiaridade para elas na hora de utilizar essas novas tecnologias, bem como que elas possam trazer mais propostas de soluções e melhorias, caso a gente tenha algum problema, com algumas dessas tecnologias no chão de fábrica. Para as pessoas que vão criar ou desenvolver essas novas tecnologias, a gente tem trabalhado com alguns treinamentos de metodologias ágeis de projeto, metodologias de ideação, para que elas possam realmente entrar num *mindset* diferente para desenvolver e também, obviamente a gente trabalha com palestras, com eventos, tanto promovidos por nós, quanto a participação em eventos de outras entidades, para manter sempre esses temas de tecnologia frescos na cabeça do pessoal. E para o nível de liderança, a gente tem buscado, treinamentos de liderança em inovação, em ambientes de inovação.” (PLAN1)

“a gente adotou 10 pilares, com as tecnologias habilitadoras, e um dos pilares a empresa optou por colocar pessoas, para desenvolver treinamentos e habilitação dos profissionais, tanto dos novos quanto dos já existentes.” (PLAN3)

“Outro aspecto importante é o investimento que ela está fazendo em treinamento e capacitação é uma coisa que a gente não via há muitos anos, eu tenho bastante tempo não tinha visto, seria o intercâmbio, o *sharing*, a de *best practices* de *expertise*[...] Então eu acho que esses são os pilares aí que estão fazendo com que a gente comece a capacitar, comece a preparar esse profissional estar adequado à esse ambiente que a gente está criando..a gente está criando um ambiente, 4.0.. Automação.. Big Data...” (PROD2)

Dessa forma, se propõe a criação de um novo fator de integração como contribuição aos fatores apresentados por Pimenta, Silva e Tate (2006): **“Desenvolvimento de habilidades e competências”**.

Figura 10. Processos identificados na organização estudada: PDP, funções internas, tecnologias da indústria 4.0 e fatores de integração.



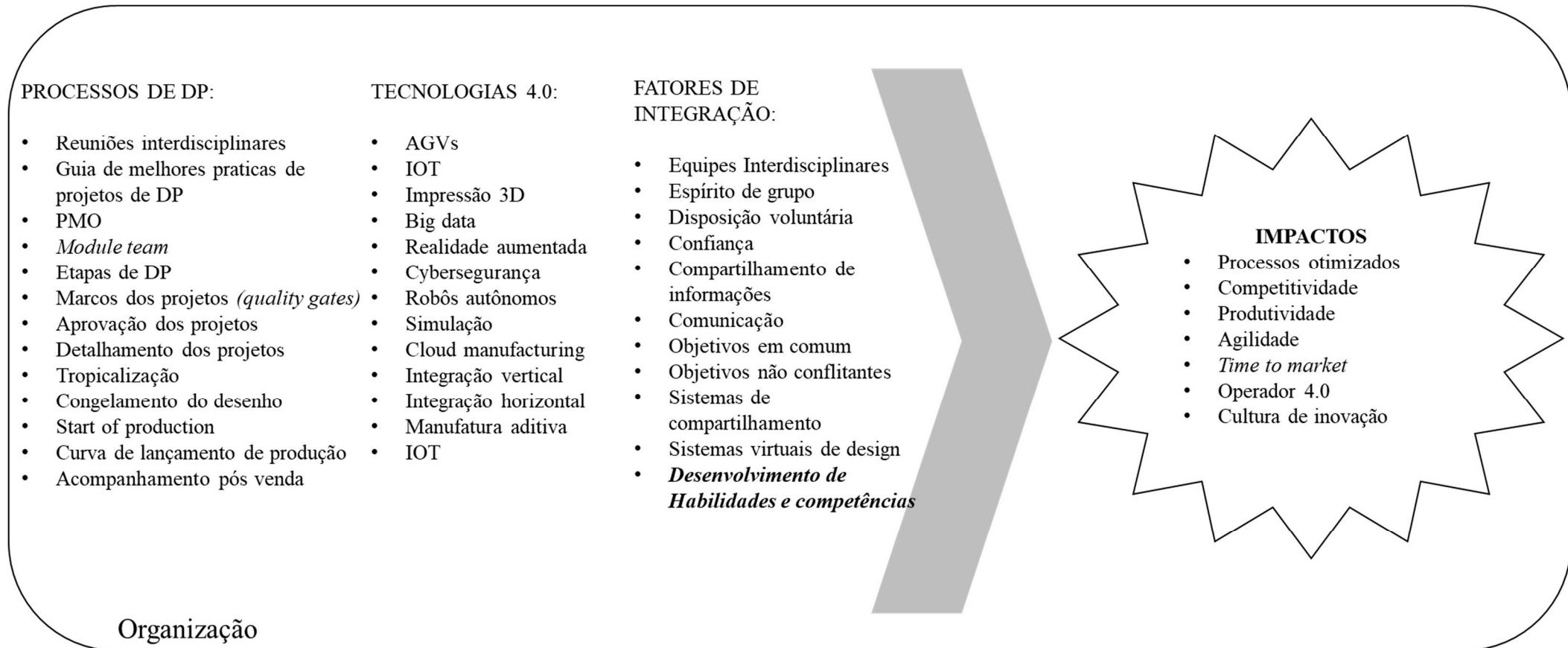
Fonte: elaborado pela autora

4.5 Os impactos da integração interfuncional sobre os PDP no contexto da indústria 4.0

Nesta sessão são abordados os impactos citados pelos entrevistados, que podem ser gerados por meio das diversas iniciativas de integração entre as funções envolvidas nas atividades de desenvolvimento de produtos que serão fabricados em um contexto de tecnologias da indústria 4.0. A integração interfuncional está presente na organização nos processos estudados em diversos pontos de contato, dado o aspecto multidisciplinar que o desenvolvimento de novos produtos exige. Uma característica encontrada após a realização das entrevistas foi a forte presença da integração interfuncional como uma estratégia adotada pela empresa para implementar as tecnologias da indústria 4.0.

A Figura 11 consolida os elementos identificados na organização após a apresentação dos resultados dessa pesquisa e os apresenta em um *framework*. A figura apresenta os processos de DP encontrados, as tecnologias da indústria 4.0 presentes e os fatores de integração que permeiam todos esses processos e que culminam para gerar os **Impactos da Integração**. A seguir apresento em tópicos, a descrição dos impactos e a maneira como todos os elementos se combinam para gerar cada um dos impactos encontrados.

Figura 11. Framework da integração interfuncional presente na organização estudada.



Fonte: elaborado pela autora

Processos otimizados

Os processos produtivos empregados na manufatura de caminhões já se encontram em estágio maduro de utilização de recursos e de eficiência, como afirmam os entrevistados (OP2, LOG2). Os entrevistados abordam que os novos produtos que passarão a ser lançados sobre a linha, necessitarão estar em estágio correto de releases de peças, nível de desenho, pois no caso de haverem desvios por exemplo, após as novas tecnologias haverem sido implementadas com toda a capacidade de comunicação e rastreabilidade das peças, irão dificultar ou mesmo impedir que uma montagem possa ser realizada de forma manual.

"Primeiro vamos deixar bem claro uma coisa né. É... tecnologia não traz otimização de processos. antes de eu implantar qualquer tecnologia, eu tenho que ter o ótimo do processo. Não adianta eu implantar uma tecnologia num processo ruim, que eu vou ter um processo ruim automatizado. ou seja, eu vou ter mais erros por segundo. A gente brinca bastante né? Quando eu automatizo um processo ruim, eu tenho mais erros por segundo. Então eu tô piorando a situação." (LOG2)

"e aí hoje na linha, nós entramos muito com esse desenvolvimento. Esse é o arroz e feijão natural, só que agora que nós estramos com a indústria 4.0 né. Agora, falo "olha meu amigo, agora com a indústria 4.0 não adianta pôr uma roda quadrada aqui. Tem que parar com esse antagonismo né?! Não adianta pôr uma roda quadrada que a coisa não vai rolar. Então, isso tudo tem que se conversar com os sistemas de IT e tudo mais. Então a gente desenvolve isso tudo. você tem novos produtos, novas variantes, tudo mais, toda a parte de logística com o IT. Nós produção, entramos com esses novos produtos nas novas linhas." (OP2)

"Tá bom, tá bom, então temos que trabalhar pesado com tablets, com, entrando com novos mecanismos pra gente começar a trabalhar com paper less, entrar com pick by light né. pick by light já vamos ter uma linha só com pick by light. No câmbio já estamos produzindo." (OP2)

"Então nós vamos ter linhas com AGV, linhas com *takt* correto, montagem tudo através de monitor, você não tem mais papel para ficar vendo plano de processo. Como que eu monto isso? Como que monto aquilo? O cara já vai estar ali no visor né. Checagem de especificações, registros de torques, registros de qualidade, tudo automático." (OP2)

"O que a gente vê muito dentro, do nosso caso de logística, é realmente, uma otimização de processo e um ganho de custo. É... a nossa operação hoje ela é muito mais barata hoje do que no passado. Hoje eu faço muito mais com a mesma quantidade de pessoas." (LOG2)

Competitividade

A principal motivação apontada para a implementação da indústria 4.0 seria a busca pela **competitividade**, por meio da redução de custos operacionais, pela melhoria dos processos internos e pelo posicionamento em relação aos competidores no mercado.

"E eu acho que um pensamento que a gente tem aqui, é o seguinte: é, não adianta a gente esperar a tecnologia amadurecer no mercado. nós temos que testar, nós temos que errar, tem que testar de novo, até acertar. a gente tem que ser o primeiro. Se a gente for o segundo, a gente sempre vai tá como vice. E nunca como primeiro no mercado." (LOG1)

"Eu acho que a linha de produção acompanhou essa vontade do consumidor por produtos mais customizados e por consequência, a agilidade no processo, maior rapidez... e consequentemente a competitividade." (PLAN3)

"Esse é o meu desafio né. Então eu acho que, o meu desafio hoje, para qualquer implementador de inovação é falar de *payback*, falar do valor da inovação. É.. porque, você inova para ser competitivo, ou para continuar sendo competitivo. E o agente de inovação é venda, ponto. Então a gente tem que ganhar lucro. Seja no processo, seja em receita, seja em redução de custo." (LOG2)

Produtividade

O reconhecimento da interdependência interfuncional melhora a velocidade da tomada de decisão, evita o retrabalho, **empodera** as pessoas, traz **liberdade, auto responsabilidade e ganho de produtividade**.

"Você, você consegue receber o ok e consegui aprovação de todos que são necessários. Você acelera. você cria, você tem um ganho muito alto com isso. Velocidade. Você evita retrabalho, você evita que "não gente, preciso ver e vou voltar." "Ai, não sei tô em dúvida". eu vou ter que voltar aqui, depois que a gente tem que falar de novo do tema, aí vai o cara vai chorar as pitanga de novo, vai falar tudo de novo aquilo que você já ouviu para chegar no mesmo ponto. Então... quanto mais empoderadas são as pessoas, quanto mais conhecimento ela tem da atividade, melhor é o ganho pra toda a empresa. Você economiza muito dinheiro nisso." (OP3)

"E hoje o que vem de cima pra gente, e que a gente acaba disseminando, é sim uma cultura de liberdade, uma cultura de cada um tem que assumir a sua responsabilidade, as pessoas elas têm que assumir a sua alta performance. Elas têm que ser pessoas auto gerenciáveis. E isso, a gente acaba transmitindo. o que a gente recebe de cima, a gente acaba transmitindo é... pras pessoas que tão dentro do nosso time. (LOG1)

"O que a gente vê muito dentro, do nosso caso de logística, é realmente, uma otimização de processo e um ganho de custo. É... a nossa operação hoje ela é muito mais barata hoje do que no passado. Hoje eu faço muito mais com a mesma quantidade de pessoas. (...) Assim, eficiência. o nosso foco aqui realmente está em eficiência." (LOG2)

Agilidade

Os colaboradores foram subdivididos em **equipes interfucionais** que se reuniam para discussão e troca de ideias em torno das tecnologias. As pessoas passaram a se sentirem parte das decisões, com senso de autorresponsabilidade. A interação entre as pessoas e as tecnologias, como falado na literatura, pode unir processos e pessoas em direção a objetivos

comuns nesse novo contexto industrial e melhorar a integração interfuncional da organização (Moeuf et al, 2017; Neirotti et al., 2018).

“eu acho que, tentando sumarizar um pouco. no final da, de contas. Assim, com a mudança de toda a tecnologia com et essa mudança radical que tá acontecendo, a gente notou que não dava mais para ser igual, fazer a mesma coisa que a gente fazia no passado. não era as áreas trabalharem individualmente, é... sem se comunicarem umas com as outras.” (LOG1)

“Então, hoje para você implantar qualquer tecnologia da indústria 4.0, primeiro, existem grupos multifuncionais (...)junto com ele, eu tenho uma pessoa da engenharia, eu tenho uma pessoa de vendas, uma pessoa de compras, uma pessoa da logística, tem uma pessoa da engenharia de manufatura e assim por diante.” (LOG1)

“a gente tem uma pessoa de cada área participando e vai de todos os níveis. Tem desde de gerente participando do pilar, da área de eixos, como um montador da área de ônibus, quanto estagiário da área de motor, dentro desse mesmo pilar para disseminar essa informação.” (PLAN3)

“E eles puxam os temas como um suor organization juntos. todos participam da criação do desenvolvimento de novas tecnologias e de novas ferramentas. Quando as pessoas elas são integradas, e elas fazem parte do desenvolvimento de alguma coisa, elas se sentem responsáveis por aquilo. então a implantação e a disseminação disso dentro da empresa fica muito mais fácil.” (LOG1)

Houve referências à manufatura Ágil, que diz respeito a capacidade de reagir de forma rápida e flexível em ambientes altamente dinâmicos, em que ocorram mudanças contínuas e inesperadas motivadas pelo desejo dos clientes por novos produtos ou serviços (Gunasekaran & Yusuf, 2002). A agilidade surge como consequência do processo de planejamento dos produtos e das novas tecnologias quando é realizado em conjunto pelas pessoas de diversas funções:

“Ah isso daí é importante porque quando integra todas essas atividades, cada um na sua especialidade, você começa a resolver problemas muito mais rapidamente. Você tem um problema, e aí o especialista da área tal, ele, ele tá naquela função de resolver, de trazer uma solução, mas os outros podem dar soluções. a engenharia por exemplo, quando trabalha junto com a produção, o que eu tava falando né, o projeto do produto, o projeto de acordo com o produto. se você faz um processo de desenvolvimento de produto em sequência, um termina uma coisa e depois vai o outro, depois vai o outro, aí tem o looping, imagina, vai ter que começar tudo do zero. Mas se você tiver todo mundo trabalhando junto, esses loopings eles vão reduzindo o tempo de desenvolvimento de projeto.” (DP1)

“Então o suor, o agile, trouxe uma mudança de cultura [...] Uma mudança de cultura para as pessoas. Então a gente, por isso que a gente quando fala de indústria 4.0, a gente não fala mais em nove pilares. Que são os nove pilares padrão da industria 4.0. a gente fala em 10. É que a gente tem o décimo que são pessoas. [...] trabalhando de forma ágil com pokes, com tryouts, com pilotos. E colocando exatamente aonde a função, a operação vai ser executada, a gente consegue um giro muito mais rápido e uma, é... uma participação muito maior das pessoas, uma aderência né.” (LOG1)

A agilidade é também apontada como um efeito dos processos de fabricação mais tecnológicos e ágeis.

“Eu acho que a linha de produção acompanhou essa vontade do consumidor por produtos mais customizados e por consequência, a agilidade no processo, maior rapidez... e consequentemente a competitividade.” (PLAN3)

“dando condição da pessoa trabalhar, eu digo até o seguinte: quando a gente chegar no nível de trabalho onde o meu montador vai tá tão feliz operando, as funções dele, como se ele tivesse brincando no celular né, que a gente vai chegar nisso aí eu acredito, por causa da tecnologia, eu vou tá lá no topo da cadeia. Ou seja, é... agilidade, tecnologia, facilidade, satisfação. Né, isso que a gente busca.

“Então o suor, o agile, trouxe uma mudança de cultura [...] Uma mudança de cultura para as pessoas. Então a gente, por isso que a gente quando fala de indústria 4.0, a gente não fala mais em nove pilares. Que são os nove pilares padrão da industria 4.0. a gente fala em 10. É que a gente tem o décimo que são pessoas. [...] trabalhando de forma ágil com pokes, com tryouts, com pilotos. E colocando exatamente aonde a função, a operação vai ser executada, a gente consegue um giro muito mais rápido e uma, é... uma participação muito maior das pessoas, uma aderência né.” (LOG1)

“produtos são muito customizados e o mix é bem variado, então, essa parte de automação ligada a sistemas, na terceira revolução com a quarta, "linka" bem o que o consumidor deseja. Eu acho que a linha de produção acompanhou essa vontade do consumidor por produtos mais customizados e por consequência, a agilidade no processo, maior rapidez.. e consequentemente a competitividade. Então eu acho que os pontos principais dessa ligação de indústria 4.0, de lean, somente lean ou terceira terceira (automação), com a quarta é...aumento de competitividade, flexibilidade e integração de todos os sistemas para a tomada de decisão, transparência de informação, agilidade, tempo de resposta, eu acho que são os pontos principais.” (PLAN3)

Time to market

Os entrevistados abordam o impacto na redução do **time to market** sobre o emprego da tecnologia de **manufatura aditiva** para impressão de peças protótipo ao invés do processo anterior em que as peças precisavam ser fabricadas em ferramentaria e muitas vezes necessitam até de ferramental novo nos fornecedores.

“A impressão 3D a gente tem aqui na área de desenvolvimento aqui, a impressora. Hoje a gente faz principalmente para peças ne?! Então aquele conceito antigo de mandar para um fornecedor ou uma ferramentaria, faz uma peça, avalia, hoje você já tem o desenho, imprime ele em tamanho real.” (DP2)

As **equipes interfuncionais e o planejamento em conjunto** trazem resultados para melhorar a colaboração entre as pessoas, o compromisso e a aderência das pessoas com a entrega das atividades, o que pode levar a melhorar os resultados dos projetos, contribui para a viabilidade dos novos produtos e reduz o **time to market**.

“a integração na verdade, nós temos é alinhamento. E isso é importante pra nós. Nós sempre falamos “nós temos que alinhar todo mundo” por que? Porque ela é uma

cadeia continua né. Não adianta você criar algo que eu não consigo comprar no mercado, que eu não consigo receber de fornecedores, algo que eu não tenho máquina, ou que preciso de um investimento gigantesco para fazer." (OP2)

"então tem a engenharia simultânea, é... aí você coloca, grupos funcionais juntos, numa mesma área, numa mesma sala, e eles começam a discutir. Aí as respostas vêm mais rápido. Dependendo de como essa engenharia simultânea é feita, ela pode ser muito boa para o produto, para o processo, como podem também" (DP1)

"tem vários processos de desenvolvimento, um deles é funil de desenvolvimento. Você chega, você põe um monte de gente junta, e vai dando ideias e aí vai afunilando. vai analisando cada ideia, vai eliminando, usa prototipagem rápida, usa algum teste. Vai diminuindo, aí vai afunilando, e o que acontece lá no final? Sai uma ideia perfeita, ela não muda mais, ela não muda porque ela já foi testada, já foi verificada, analisada, todo mundo já deu sua contribuição e ela não tem o looping." (DP1)

"Ah isso daí é importante porque quando integra todas essas atividades, cada um na sua especialidade, você começa a resolver problemas muito mais rapidamente. Você tem um problema, e aí o especialista da área tal, ele, ele tá naquela função de resolver, de trazer uma solução, mas os outros podem dar soluções. a engenharia por exemplo, quando trabalha junto com a produção, o que eu tava falando né, o projeto do produto, o projeto de acordo com o produto. se você faz um processo de desenvolvimento de produto em sequência, um termina uma coisa e depois vai o outro, depois vai o outro, aí tem o looping, imagina, vai ter que começar tudo do zero. Mas se você tiver todo mundo trabalhando junto, esses loopings eles vão reduzindo o tempo de desenvolvimento de projeto." (DP1)

Operador 4.0

Com relação ao uso das tecnologias com a finalidade de trazer melhorias para o trabalho realizado pelas pessoas, os entrevistados mencionam a preocupação em criar um posto de trabalho mais tecnológico, principalmente para os operadores do chão de fábrica, o que corrobora o trabalho de Li, Fast-Berglund, & Paulin (2019) sobre como os processos de produção centrados no homem estão apoiando o trabalho de montagem, especialmente para o operador 4.0.

"a gente tem em cada posto de trabalho uma IHM, que é uma tela (Interface Homem-máquina), é uma tela touch, que tá ligada ao sistema, como se fosse um tablet gigante. Nesse tablet a gente tem um sistema que chama SGClient (Sistema de Gerenciamento da Produção Client), que é para o nosso cliente da linha, que são os operadores, montadores e tudo o mais. Nele, a gente tem o seguinte, a nossa linha a movimentação é feita por AGVs. [...]." (PLAN3)

"o nosso foco aqui realmente está em eficiência. e evidente dar melhores condições de trabalho para nossos operadores, né. Principalmente no fator segurança, que é um pilar muito importante, mas fazendo isso e gerando valor. Né, dando condição da pessoa trabalhar, eu digo até o seguinte: quando a gente chegar no nível de trabalho onde o meu montador vai tá tão feliz operando, as funções dele, como se ele tivesse brincando no celular né, que a gente vai chegar nisso aí eu acredito, por causa da tecnologia, eu vou tá lá no topo da cadeia. Ou seja, é... agilidade, tecnologia, facilidade, satisfação. Né, isso que a gente busca." (LOG2)

“a gente tem que pensar a automação em dois lados. Um lado para substituir sim as atividades críticas né, falo de segurança do trabalho e questões de qualidade, estações de soldagem. vou começar a implantar agora um braço automatizado [...] substituir a atividade manual. E umas outras questões podem ser para auxiliar a atividade manual. Então movimentações de peças pesadas por exemplo, em vez de você ter o homem manuseando uma talha, você pode ter um braço robotizado e ele posiciona a peça para o homem utilizar. Então pensar dessas duas formas automação como substituição da mão de obra e automação para auxiliar a mão de obra. Esses dois conceitos para mim eu acredito que numa linha de montagem, eles precisam ser bem desenvolvidos.” (PROD1)

“Então, quando o veículo entra no posto, atualiza a tela com o plano de processo em vídeo. Além das informações sobre qual tipo de modelo é, quais são os codes relevantes, a descrição e denominação dos itens, peças relevantes que vão naquele veículo naquele posto, problemas de qualidade que tiveram em postos anteriores, e também uma coisa que a gente tá fazendo agora para linkar tudo isso, chama matriz de qualificação, é uma antena RFID que a gente tá colocando em cada posto, a gente já fez alguns pilotos, alguns (prova de conceito), que é o seguinte. tem uma antena RFID em cada posto alocada junta a essa IHM, a pessoa bate o crachá nessa antena, aparece uma lista de atividades para ela selecionar, a pessoa seleciona e de acordo com a qualificação daquela pessoa é habilitada as atividades daquele posto ou não para ela. E a parte de plano de processo, tanto em vídeo quanto em tabelas de torque e tudo o mais, está no posto de trabalho.” (PLAN3)

Cultura de inovação

A organização precisou se reinventar para dar conta de toda a inovação representada pelas tecnologias da indústria 4.0. As tecnologias foram, em sua grande maioria, desenvolvidas muito recentemente, algumas foram pioneiras no país ou até estavam em processo de desenvolvimento quando este estudo de caso ocorreu. A empresa se utilizou de estratégias para gerar engajamento e envolvimento das pessoas a fim de disseminar as informações e adotar o uso das tecnologias no trabalho.

A cultura é discutida em torno das diferentes gerações de pessoas que atuam na organização e em torno da transformação da mentalidade dos colaboradores pela introdução de valores com as inovações da indústria 4.0:

“Essa geração mais nova eles vêm com uma cabeça diferente né. Eles querem ter esse contato com outras áreas, conhecer outros processos, são um pouquinho mais ansiosos assim. Eles não querem ficar só... “ah, já tô há um mês aqui, já é o suficiente”, calma, a gente fala que tem que criar calo um pouquinho ne.” (PROD1)

“Então o suor, o *agile*, trouxe uma mudança de cultura [...]. Uma mudança de cultura para as pessoas. Então a gente, por isso que a gente quando fala de indústria 4.0, a gente não fala mais em nove pilares. Que são os nove pilares padrão da indústria 4.0. a gente fala em 10. É que a gente tem o décimo que são pessoas. Então o como a [nome] trabalha, trabalhando de forma ágil com *pokes*, com *tryouts*, com pilotos. E colocando exatamente aonde a função, a operação vai ser executada, a

gente consegue um giro muito mais rápido e uma, é... uma participação muito maior das pessoas, uma aderência né.” (LOG1)

“Nós precisamos de gente com *mindset* diferente. Então, começou um processo [...] de renovação em todas as camadas. Então se você pegar hoje.. é nítido o rejuvenescimento cronológico de todas as etapas, desde o CEO, diretoria, gerência, engenheiros, operadores.. estamos nos tornando uma fábrica mais jovem. O pessoal está saindo por tempo de serviço, se aposentando.. e essa galera está entrando muito mais oxigenada, eu acho que esse é o primeiro ponto.[...] Só que, será que o nosso poder, a nossa força laboral, o nosso pessoal que realmente põe a mão na massa está preparado para lidar com tudo isso?.. Então a fábrica está atenta à isso e tem trabalhado isso, só que isso é um processo lento, eu acho que não dá para virar a chave com a mesma velocidade da tecnologia, então isso está sendo feito camada por camada.” (PROD2)

O apoio da alta administração pela promoção de treinamentos dos profissionais para **desenvolvimento de novas habilidades**, suportar a implementação das novas tecnologias e disseminar informação, promovem **engajamento e liberdade**.

“É porque o ponto assim a importância não é nem só da entrega do projeto, mas pro dia a dia ne. Se você precisar de um tel, você lembra ne daquela pessoa de tal área que você conhece, ah vou ligar para ele. se ele não conhecer ele vai sempre ter um contato, então cria um ciclo assim vamos falar, de ajuda interna né. Um vai ajudando o outro a resolver o problema.” (PROD1)

“a empresa optou por colocar pessoas, para desenvolver treinamentos e habilitação dos profissionais, tanto dos novos quanto dos já existentes para saber quais tecnologias, mas a ideia principal desses 10 pilares, por exemplo, hoje eu estou como líder do pilar dos robôs colaborativos, a gente tem uma pessoa de cada área participando e vai de todos os níveis. (...) para disseminar essa informação. (...) Se a auta gestão não quisesse defender essa integração de todos, realmente ficaria algo só para um nível mais alto, digamos... para um pensamento estratégico, porque a gente acaba falando de investimento em dinheiro, em inovação em novas tecnologias, que tem um risco associado, e a gente tem tido liberdade para planejar isso tudo e envolver estrategicamente a empresa... diretamente.” (PLAN3)

O apoio da alta administração com o encorajamento dos empregados para que participem de forma ativa com opiniões e ideias, o desenvolvimento de workshops como oportunidades para que os empregados pudessem desenvolver cultura e mentalidade voltadas às tecnologias, a liberdade para discutir de forma aberta e transparente sobre investimentos e o **planejamento em conjunto** das ações foram citados como motivadores para gerar engajamento das pessoas.

“Um exemplo disso também é um workshop que a gente teve semana passada, (...) no primeiro dia a gente teve a presença de umas 300 pessoas, e aí todos os níveis de pessoas e tudo o mais, para nivelamento de informação, abertura para novas ideias, palestras de exemplos de cases em outros lugares, foi bem legal e é justamente para isso... Se a auta gestão não quisesse defender essa integração de todos, realmente ficaria algo só para um nível mais alto, digamos.. para um pensamento estratégico, porque a gente acaba falando de investimento em dinheiro, em inovação em novas tecnologias, que tem um risco associado, e a gente tem tido liberdade para planejar isso tudo e envolver estrategicamente a empresa... diretamente.” (PLAN3)

“não adianta ter várias estratégias e não ter cultura. porque a cultura gera participação, gera iniciativa, gera vestimento de camisa né, gera prazer no trabalho.” (LOG2)

“a gente apresentou para vocês os pilares que a gente trabalha, mas hoje a gente já está pensando muito mais em um conceito de rede. Não faz mais sentido a gente pensar que a integração de sistemas é algo desvinculado por exemplo de Big Data ou de IoT. Então, a gente enxerga.. tem observado que para a gente conseguir potencializar os resultados de cada um desses pilares, eles precisam andar juntos com outros. Então, em função disso a gente já está pensando exatamente em como mudar o conceito de.. dos pilares de tecnologia para uma rede de tecnologias.” (PLAN1)

Novos valores foram introduzidos pela **cultura** que se criou, com a forte presença da **experimentação**, uma característica típica aos ambientes de TI, bem como a linguagem utilizada como o “*prove of concept*” ou “*poke*” que se refere aos testes realizados com as tecnologias. Algumas capacidades citadas por Gunasekaran e Yusuf (2002) incluem elementos encontrados neste estudo de caso, como a formação rápida de parceiros de negócios, a engenharia simultânea, a prototipagem rápida e o sistema de informação integrado com produtos e negócios.

"como você implanta uma tecnologia nova, você faz uma prova de conceito, tem um grande risco de dar errado. E essa cooperação, por exemplo, no caso do chefe geral, essa cooperação com a ferramentaria, essa troca de *know-how*, de conhecimento em dispositivos, com parte de IT, com integração de sistemas, com parte de planejamento de processos foi fundamental.(...)" (PLAN3)

"todos precisam saber o que está acontecendo. entender o tema. porque eles vão ver isso acontecendo ao lado deles. E se eles puderem tá inseridos, dentro desse sistema e dar a opinião deles e fazer aquilo funcionar melhor, pra gente é um benefício." (LOG2)

“*Agile* porque a gente trabalhou sempre com *poke* “ah experimenta a ideia. não deu certo, esquece vamos para outra. Experimenta de novo.” errar pequeno. para poder errar várias vezes e chegar no valor agregado muito bom. Né. Esse foi o conceito. *Poke*, piloto e *rollout*. esse foi o conceito que a gente usou.” (LOG2)

“Então a gente exercita muito o *poke*. Então até é uma coisa que eu falo bastante “se eu fiz, tive várias idéias, e todos os meus pokes deram certo, é porque eu tive poucas ideias.” Porque o *poke* é pra dar errado. é pra dar errado o primeiro, pra dar errado o segundo, pra eu acertar. Então ou seja, se o meu *poke* tá dando tudo certo é porque as minhas ideias são poucas. *poke* é feito pra errar. Errar pequeno, errar rápido, muda de direção, alinha e vai caminhando.” (LOG2)

“porque hoje a Indústria 4.0 é a conectividade e integração de sistemas e redes, pessoas e fornecedores[...] Só que, na verdade, essa colocação de pilares para nós foi bom. Não quer dizer que a gente trabalhou só em tecnologias, mas sim que a gente soube melhor para onde caminhar, porque no início era muita gente fazendo muita coisa, cada um indo para um lado, e agora não. Ficou bem legal essa parte de pilares porque a gente consegue fazer o follow-up disso, disseminar esse conhecimento e hoje no chão de fábrica as pessoas já conseguem saber "ahh isso é um robô colaborativo... ahh isso é uma manufatura aditiva, uma impressora 3D, ahh isso é realidade aumentada, é um óculos Hololens", por exemplo, então ficou mais fácil mesmo e mais fácil de gerenciar.” (PLAN3)

4.6 A integração entre os processos de DP e as tecnologias da indústria 4.0

Os colaboradores da organização desempenham suas atividades de acordo com o departamento a que pertencem. Porém, devido à natureza do negócio da organização, em que realizam atividades de rotina ao mesmo tempo em que suportam projetos de DP, a organização se molda de forma que se estabelece uma estrutura matricial (Calia & Guerrini, 2006). As pessoas realizam atividades do departamento ao qual pertencem ao mesmo tempo em que são nomeadas formalmente como “membro” dos projetos de DP, oferecendo conhecimentos específicos quando for necessário e realizando os alinhamentos que se fizerem necessários dentro da área a que pertencem. Dessa maneira, se garante que exista suporte de uma equipe interfuncional.

Existem ainda, atividades relacionadas ao suporte de ações que ocorrem em caráter esporádico, como a implementação das novas tecnologias da indústria 4.0. Ou seja, as pessoas realizam as funções atribuídas pelo departamento em que atuam, suportam processos de DP e implementam novas tecnologias, ao mesmo tempo. A **interação** entre as pessoas é promovida formalmente pela organização através de processos de DP. Ao mesmo tempo, em que se promovem iniciativas como workshops, discussões e troca de ideias acerca das novas tecnologias. Em contrapartida, se fala da disseminação de informações e do engajamento das pessoas em prol das inovações que foram trazidos, porém em caráter gratuito, e de forma informal, onde se pode evidenciar a presença da **colaboração**. Esta colaboração foi confirmada pelos entrevistados conforme os elementos integrativos citados: espírito de grupo, disposição voluntária, liberdade, comprometimento, objetivos em comum. De forma que esta colaboração é capaz de gerar impactos para a organização como um todo, conforme os impactos que foram apontados: processos otimizados, agilidade, competitividade, produtividade, time to market e cultura de inovação. Estes impactos promovem a própria integração interfuncional que permeia toda a organização.

O fato é que todas essas pessoas estão envolvidas em ambas as frentes de trabalho ao mesmo tempo, de tal forma que influenciam as outras frentes de trabalho e disseminam o espírito criado pela condução das ações em prol das novas tecnologias. As pessoas que agem, interagem e disseminam informações e a cultura criada, em todas as diferentes frentes de trabalho em que atuam: função interna a que pertencem, suporte aos processos de DP quando ocorre o lançamento de um novo produto, suporte a implementação de novas tecnologias da indústria 4.0. e a atuação junto aos parceiros, fornecedores e clientes. Esta visão corrobora a

argumentação dos autores Hehenberger et al. (2016), Mauerhoefer, Strese e Brettel (2017) e Müller, Buliga e Voigt (2018) de que as tecnologias da indústria 4.0 permitem aprimorar o processo de DP por meio de mecanismos de integração interfuncional.

5. Considerações finais

5.1 Atendimento aos objetivos

O presente trabalho conseguiu atender aos objetivos estabelecidos uma vez que consegue identificar os elementos da integração interfuncional presentes nos processos de desenvolvimento de produtos, de forma que estas iniciativas se estabelecem em uma empresa que emprega as tecnologias da Indústria 4.0 em seus diversos pontos de contato, ao mesmo tempo em que analisou os processos de DP utilizados pela organização, descreveu como ocorre a integração na presença das novas tecnologias da indústria 4.0. E por último, explica como os fatores de integração identificados geram impactos para a organização, com a consolidação de um framework.

Foi verificada a presença de um nível alto de integração nos processos de DP na presença das tecnologias da indústria 4.0 pela presença de iniciativas formais e informais ao mesmo tempo, conforme os estudos de Pimenta et al. (2016) e Ferreira et al. (2019). Com relação à formalidade, se verificou a presença de aspectos mais formais no DP. A informalidade ficou evidenciada pela presença de elementos que foram relatados nas entrevistas, como “chamar para o café para conversar” em detrimento da troca de e-mail quando ocorrem conflitos. Celebrar juntos os resultados em confraternizações dos projetos, a abertura de diretores para que possam ir até a sala e conversar pessoalmente independente de nível hierárquico, se verificou a presença dos fatores de integração e se mediou a relevância dos fatores para os entrevistados.

O contexto em que ocorre o estudo, que são as tecnologias da indústria 4.0, surpreendeu pela profundidade dos elementos de integração interfuncional que permearam as ações de implementação, com presença de equipes interdisciplinares, planejamento em conjunto, comunicação e disseminação de informação, objetivos em comum para viabilizar e implementar tecnologias, desenvolvimento de habilidades, apoio da alta administração, além de novos elementos adicionais com a cultura de TI e o ambiente propício à inovação e experimentação, engajamento das pessoas e culto à liberdade e autonomia.

Os processos de DP e as tecnologias, pela ação dos fatores de integração geram diversos impactos que foram apresentados, como a competitividade, a produtividade, a agilidade, os processos otimizados e a cultura de inovação, com a consolidação de um framework.

5.2 Contribuições teóricas

Com relação a literatura de integração interfuncional, foram adicionados novos elementos à dinâmica da integração interfuncional de Pimenta, Silva e Tate (2016) pela presença das tecnologias da indústria 4.0, com a confirmação de fatores de integração estabelecidos pelos processos de DP, como os sistemas de compartilhamento virtual de design e os sistemas para resolução de problemas. Foi proposto a criação de um novo fator de integração “Desenvolvimento de habilidades e competências” a ser adicionado à dinâmica da integração interfuncional de Pimenta, Silva e Tate (2016).

A presença das tecnologias da indústria 4.0 trouxe diversos elementos novos ao estudo da integração interfuncional, com a presença da experimentação dada à necessidade de se conduzir testes a fim de esgotar as melhores opções de tecnologia em termos de custo-benefício, a presença da auto responsabilidade, a valorização da liberdade e o encorajamento das pessoas em gerar ideias e se empoderar para gerar contribuições voluntárias. Uma contribuição do estudo foi a adição de um novo fator de integração à dinâmica de integração interfuncional de Pimenta, Silva e Tate (2016), denominado “Desenvolvimento de habilidades e competências” necessária para lidar com processos mais otimizados evidenciados como resultado da implementação das tecnologias da indústria 4.0 na organização.

No que tange ao *locus* (Frankel & Mollenkopf, 2015), a integração ocorre em diversos níveis hierárquicos, nos níveis mais elevados, pela presença de membros da diretoria na condução de ações de engajamento dos funcionários em prol da disseminação da cultura de inovação pela organização, bem como no chão de fábrica devido ao papel relevante que se apresenta a figura do operador 4.0 pelo papel central que exerce ao passar a lidar diretamente com as tecnologias em seu posto de trabalho.

A presença da formalidade da integração nos processos de DP se contrapõe à informalidade disseminada pela alta diretoria quando da implementação das tecnologias junto as equipes interdisciplinares. A presença da experimentação e improviso quando da condução de testes com as novas máquinas, robôs e sistemas foram citados pelos entrevistados como necessários a avaliação de viabilidade técnica dos equipamentos junto aos desenvolvedores e fornecedores. A intensidade da integração fica evidente na fala dos entrevistados quando se referem ao espírito de grupo criado em prol da modernização das instalações.

Com relação aos impactos, a ênfase foi dada à competitividade como um elemento chave que motiva a organização a se modernizar, através da obtenção de processos mais otimizados, da melhor utilização da mão de obra que remete à produtividade e da flexibilização dos processos de produção com ganho de agilidade, redução do time to market, e a criação de postos de trabalho tecnológicos e a disseminação da cultura de inovação trazida pelas novas tecnologias.

5.3 Contribuições práticas e relação do estudo com a região do Programa de Pós-Graduação em Administração da UFU

As pessoas foram expostas a uma cultura de experimentação pelo ambiente que se constituiu e se moldou após sua atuação com as tecnologias. Os entrevistados citam os termos “suor *organization*”, “vestimento de camisa” para se referir ao engajamento e empoderamento das pessoas. “Agir diferente”, “pensar diferente”, “estar à frente”, “gerar ideias”, “melhorar processos”, “melhorar procedimentos” também foram citados (LOG1, LOG2, OP2, PLAN1, PLAN3). De forma que se pode influenciar as pessoas a se dispor voluntariamente a buscar melhores práticas na forma de realizarem o seu trabalho, inclusive no gerenciamento dos projetos de DP.

O Triângulo Mineiro e o Sul de Goiás, possuem empresas que também utilizam algumas das tecnologias da indústria 4.0 e que podem se beneficiar desse estudo pelo conhecimento das estratégias adotadas por uma empresa que está na liderança da implementação das tecnologias em seu setor de atuação. De tal forma que se acredita que os produtos que passarão a ser desenvolvidos na presença das novas tecnologias poderão alcançar melhores resultados neste novo contexto, após o trabalho interdisciplinar conduzido na implementação das tecnologias.

As habilidades e competências para conduzir a operação após a instalação das tecnologias foram apontadas como um desafio que necessita ser incorporado ao pacote tecnológico. A estratégia adotada pela organização ao utilizar-se de parcerias e de terceirização das atividades que não fazem parte do seu core de atuação podem se mostrar uma alternativa às empresas brasileiras e regionais que sejam usuárias das tecnologias sem que contemplem o desenvolvimento de tecnologias como seu principal ramo de atividade.

Algumas das recomendações e sugestões encontradas nos resultados do estudo podem ser utilizadas em empreendimentos da região de influência do PPGA-UFU, que contempla o

Triângulo Mineiro e Sul de Goiás, como por exemplo a necessidade de que os processos de produção estejam estabilizados e otimizados anteriormente à instalação de um pacote tecnológico avançado, dessa forma se recomenda que as empresas já façam uso de metodologias como *just-in-time* e *lean manufacturing*, por exemplo. A gestão da integração interfuncional pela alta administração necessita ser realizada como uma estratégia para envolver as pessoas em torno da disseminação da cultura e do uso das tecnologias.

O fenômeno da tropicalização dos produtos encontrado no estudo de caso foi evidenciado em estudos anteriores em uma indústria automobilística da região, localizada em Catalão, Goiás (Freitas et al., 2020). Dessa maneira, os processos utilizados pela organização para adaptar seus produtos para o mercado nacional poderão ser replicadas em empresas para adaptarem seus próprios produtos à realidade regional.

Dessa forma, os resultados desta pesquisa complementam os estudos sobre integração realizados na região sede do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal de Uberlândia em 3 aspectos: 1) a necessidade de gerir a integração em processos de tropicalização na indústria automotiva local; 2) a capacidade de melhorar a resiliência por meio da integração interna nas empresas da cadeia de suprimento automotiva local; 3) a flexibilidade e a adaptabilidade que são proporcionadas pelos aspectos informais da integração. Estas capacidades são necessárias para guiar a empresa situada no interior do país devido à dificuldade de se encontrar mão de obra qualificada em uma região distante das grandes capitais.

5.4 Limitações

As principais limitações da pesquisa se referem ao estudo de caso único, haja vista que a organização estudada é uma indústria de grande porte, com processos bem estabelecidos na condução do desenvolvimento de produtos e na maturidade dos processos produtivos. Porém pela relevância da indústria automobilística e pela forte presença de empresas do ramo automobilístico em todo o país bem como na região do sul goiano, se pretende contribuir para as organizações que passarão pela implementação das novas tecnologias da indústria 4.0 através da antecipação dos desafios e estratégias utilizados pela organização estudada, que se trata de uma referência em tecnologia dentro de seu setor de atuação.

5.5 Sugestões ou agenda para pesquisas futuras

Após a realização do estudo, acredita-se que os produtos que serão desenvolvidos no contexto das tecnologias da indústria 4.0 poderão se beneficiar de uma maior interfuncional , de tal forma que se incentiva o aprofundamento da pesquisa com a questão: as tecnologias poderão influenciar positivamente os resultados dos novos produtos?

Se sugere como complemento a esta pesquisa, o estudo dos impactos quantitativos que as tecnologias promovem nos resultados do desenvolvimento de novos produtos, bem como o estudo dos desdobramentos dos impactos encontrados através da realização de estudos quantitativos com o fim de mensurar o nível em que os impactos ocorrem e a sua relação com cada uma das tecnologias evidenciadas na organização.

Com base no framework de pesquisa elaborado neste estudo, se incentiva a realização de novos estudos em outros setores de atuação bem como em outras indústrias do ramo automobilístico, haja vista que se trata de um estudo de caso único e se encoraja o estudo comparativo.

6. Referências

- Albertin, M. R., Elienesio, M. L. B., Aires, A. S., Pontes, H. L. J., & Aragão Junior, D. P. (2017). Principais inovações tecnológicas da indústria 4.0 e suas aplicações e implicações na manufatura. *Simpósio de Engenharia de Produção. Anais do XXVI SIMPEP. São Paulo: Bauru*, 01-13.
- Anfavea, Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (2019). Anuário da Industria Automobilística Brasileira. [<http://www.anfavea.com.br/anuarios.html>].
- Araujo, V. M.; Botelho, M. dos R. A. Impactos regionais da distribuição dos novos investimentos da indústria automobilística brasileira. *Revista Espacios*, v. 36, n. 20, 2015.
- Bardin, L. (2008). Análise de conteúdo (4 a edição, pp. 70). *Lisboa: Edições*.
- Bauer, M. W., & Gaskell, G. (2017). *Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático*. Editora Vozes Limitada.
- Bekey, G. A. (2005). *Autonomous robots: from biological inspiration to implementation and control*. MIT press.
- Bertan, F. O., Ferreira, A. C., Pimenta, M. L., & Hilletoft, P. (2016). Análise da Integração Interfuncional nos Pontos de Contato de Processos de Desenvolvimento de Sementes. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, 18(3).
- <https://doi.org/10.21714/2238-68902016v18n3p238>
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International journal of mechanical, industrial science and engineering*, 8(1), 37-44.
- Butterfield, L. D. et al. (2005). Fifty years of the critical incident technique: 1954-2004 and beyond. *Qualitative Research*, London, v. 5, n. 4, p.475-497, 2005. <https://doi.org/10.1177/1468794105056924>
- Calia, R. C., & Guerrini, F. M. (2006). Estrutura organizacional para a difusão da produção mais limpa: uma contribuição da metodologia seis sigma na constituição de redes intra-organizacionais. *Gestão & Produção*, 13(3), 531-543.
- <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2006000300014>
- Candi, M., & Beltagui, A. (2019). Effective use of 3D printing in the innovation process. *Technovation*, 80, 63-73.
- <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2018.05.002>
- Chen, B., Wan, J., Shu, L., Li, P., Mukherjee, M., & Yin, B. (2017). Smart factory of industry 4.0: Key technologies, application case, and challenges. *IEEE Access*, 6, 6505-6519.
- <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2783682>
- Consoni, F., & Quadros, R. (2006). From Adaptation to Complete Vehicle Design: a case study on product development capabilities of multinational assemblers in Brazil. *International Journal of Technology Management*, 36(1-3), 91-107.
- <https://doi.org/10.1504/IJTM.2006.009963>

- Cooper, R. G. (2014). Invited Article: What's Next? After Stage-Gate. *Research-Technology Management*, 57, 20-31.
- <https://doi.org/10.5437/08956308X5606963>
- Cooper, R. G., & Kleinschmidt, E. J. (1994). Determinants of timeliness in product development. *Journal of Product Innovation Management: An international publication of the product development & management association*, 11(5), 381-396.
- <https://doi.org/10.1111/1540-5885.1150381>
- Daugherty, P. J., Chen, H., Mattioda, D. D., & Grawe, S. J. (2009). Marketing/logistics relationships: influence on capabilities and performance. *Journal of business logistics*, 30(1), 1-18.
- <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2009.tb00096.x>
- Davis, J., Edgar, T., Graybill, R., Korambath, P., Schott, B., Swink, D., ... & Wetzel, J. (2015). Smart manufacturing. *Annual review of chemical and biomolecular engineering*, 6, 141-160.
- <https://doi.org/10.1146/annurev-chembioeng-061114-123255>
- Davis, S., Davis, S. M. & Meyer, C. (1998). Blur: the speed of change in the connected economy.
- Ellinger, A. E. (2000). Improving marketing/logistics cross-functional collaboration in the supply chain. *Industrial marketing management*, 29(1), 85-96.
- [https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(99\)00114-5](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(99)00114-5)
- Ellinger, A. E., Keller, S. B., & Hansen, J. D. (2006). Bridging the divide between logistics and marketing: facilitating collaborative behavior. *Journal of business logistics*, 27(2), 1-27.
- <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2006.tb00215.x>
- Ellram, L. M., Tate, W. L., & Petersen, K. J. (2013). Offshoring and reshoring: an update on the manufacturing location decision. *Journal of Supply Chain Management*, 49(2), 14-22.
- <https://doi.org/10.1111/jscm.12019>
- Engelen, A., Brettel, M., & Wiest, G. (2012). Cross-functional integration and new product performance-the impact of national and corporate culture. *Journal of International Management*, 18(1), 52-65.
- <https://doi.org/10.1016/j.intman.2011.07.001>
- Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihn, W. (2016). Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. *Procedia CiRp*, 54(1), 13-18.
- <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.162>
- Esper, T. L., Ellinger, A. E., Stank, T. P., Flint, D. J., & Moon, M. (2010). Demand and supply integration: a conceptual framework of value creation through knowledge management. *Journal of the Academy of marketing Science*, 38(1), 5-18.
- <https://doi.org/10.1007/s11747-009-0135-3>
- Fain, N., & Wagner, B. (2014). R&D-marketing integration in innovation-does culture matter? *European Business Review*, 26(2), 169-187.
- <https://doi.org/10.1108/EBR-09-2013-0121>

Fawcett, S. E., Fawcett, A. D., & Swanson, D. (2019). Collaborative capability and organizational performance: Assessing strategic choice and purity. *International Journal of Production Economics*, 214, 139-150.

<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.04.006>

Ferreira, A. C., Pimenta, M. L., & Bertan, F. O. (2015). Characterization of cross-functional integration level: A multi case study in Agribusiness Organizations. *Journal of Operations and Supply Chain Management*, 8(2), 36-51.

<https://doi.org/10.12660/joscmv8n2p36-51>

Ferreira, A., Pimenta, M. and Wlazlak, P. (2019), "Antecedents of cross-functional integration level and their organizational impact", *Journal of Business & Industrial Marketing*, Vol. 34 No. 8, pp. 1706-1723.

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

Flick, U. (2008). Introdução à pesquisa qualitativa-3. Artmed editora.

Flynn, B. B., Huo, B., & Zhao, X. (2010). The impact of supply chain integration on performance: A contingency and configuration approach. *Journal of operations management*, 28(1), 58-71.

<https://doi.org/10.1016/j.jom.2009.06.001>

Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210, 15-26.

<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>

Frankel, R., & Mollenkopf, D. A. (2015). Cross-functional integration revisited: Exploring the conceptual elephant. *Journal of Business Logistics*, 36(1), 18-24.

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

Freitas, M. R., Pimenta, M. L., Hilletoth, P., Jugend, D., & Oprime, P. C. (2020). Demand management: the role of cross-functional integration in a context of political turbulence. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*. In-press.

<https://doi.org/10.1108/APJML-11-2018-0473>

Fuchs, C. (2018). Industry 4.0: The Digital German Ideology. *Triplec: Communication, Capitalism & Critique*, 16(1), 280-289.).

<https://doi.org/10.31269/triplec.v16i1.1010>

Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2010). Design for additive manufacturing. In *Additive manufacturing technologies* (pp. 299-332). Springer, Boston, MA.

https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1120-9_11

Gil, A. C. (1999). Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas.

Goodman, L. A. (1961). Snowball sampling. *The annals of mathematical statistics*, p. 148-170.

<https://doi.org/10.1214/aoms/1177705148>

Gunasekaran, A., & Yusuf, Y. Y. (2002). Agile manufacturing: a taxonomy of strategic and technological imperatives. *International Journal of Production Research*, 40(6), 1357-1385.

<https://doi.org/10.1080/00207540110118370>

Hanski, J., Kortelainen, H., & Uusitalo, T. (2018, September). The impact of digitalization on product-service system development in the manufacturing industry. In *13th World Congress on Engineering Asset Management, WCEAM 2018*.

<https://doi.org/10.29007/36kb>

Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2016). Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. *Procedia Cirp*, 54(1), 1-6.

<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.102>

Hehenberger, P., Vogel-Heuser, B., Bradley, D., Eynard, B., Tomiyama, T., & Achiche, S. (2016). Design, modelling, simulation and integration of cyber physical systems: Methods and applications. *Computers in Industry*, 82, 273-289.

<https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.05.006>

Jugend, D., Da Silva, S. L., Magnanini Almeida, L. F., & Gobbo Junior, J. A. (2013). Integration practices for the technological innovation of products: Case studies at two large technological companies. *Journal of technology management & innovation*, 8, 58-58.

<https://doi.org/10.4067/S0718-27242013000300058>

Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). *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.

Kahn, K. B., & Mentzer, J. T. (1996). Logistics and interdepartmental integration. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 26(8), 6-14.

<https://doi.org/10.1108/09600039610182753>

Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y., ... & Do Noh, S. (2016). Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 3(1), 111-128.

<https://doi.org/10.1007/s40684-016-0015-5>

Lawrence, P. R., & Lorsch, J. W. (1967). *Organization and Environment: Managing Differential and Integration*. Harvard University.

Li, D. (2016). Perspective for smart factory in petrochemical industry. *Computers & Chemical Engineering*, 91, 136-148.

<https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2016.03.006>

Li, D., Fast-Berglund, Å., & Paulin, D. (2019). Current and future Industry 4.0 capabilities for information and knowledge sharing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1-13.

<https://doi.org/10.1007/s00170-019-03942-5>

Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. D. F. R., & Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal. *International journal of production research*, 55(12), 3609-3629.

<https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576>

Liboni, L. B., Cezarino, L. O., Jabbour, C. J. C., Oliveira, B. G., & Stefanelli, N. O. (2019). Smart industry and the pathways to HRM 4.0: implications for SCM. *Supply Chain Management: An International Journal*.

<https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0150>

Liu, X. F., Shahriar, M. R., Al Sunny, S. N., Leu, M. C., & Hu, L. (2017). Cyber-physical manufacturing cloud: Architecture, virtualization, communication, and testbed. *Journal of Manufacturing Systems*, 43, 352-364.

<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2017.04.004>

Liu, Y., & Xu, X. (2017). Industry 4.0 and cloud manufacturing: A comparative analysis. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 139(3), 034701.

<https://doi.org/10.1115/1.4034667>

Mauerhoefer, T., Strese, S., & Brettel, M. (2017). The impact of information technology on new product development performance. *Journal of Product Innovation Management*, 34(6), 719-738.

<https://doi.org/10.1111/jpim.12408>

McIvor, R. (2013). Understanding the manufacturing location decision: the case for the transaction cost and capability perspectives. *Journal of Supply Chain Management*, 49(2), 23-26.

<https://doi.org/10.1111/jscm.12010>

Miguel, P. A. C. (2017). The potential of new product development in the automotive industry in Brazil: an exploratory study. *Product: Management & Development*, 4(1), 35-43.

Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1118-1136.

<https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647>

Mollenkopf, D., Gibson, A., & Ozanne, L. (2000). The integration of marketing and logistics functions: an empirical examination of New Zealand firms. *Journal of Business Logistics*, 21(2), 89.

Moorman, C., & Rust, R. T. (1999). The role of marketing. *Journal of marketing*, 63(4_suppl1), 180-197.

<https://doi.org/10.1177/00222429990634s117>

Müller, J. M., Buliga, O., & Voigt, K. I. (2018). Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 2-17.

<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.12.019>

Murphy, P. R., & Poist, R. F. (1996). Comparative views of logistics and marketing practitioners regarding interfunctional co-ordination. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 26(8), 15-28.

<https://doi.org/10.1108/09600039610128249>

Neirotti, P., Raguseo, E., & Paolucci, E. (2018). How SMEs develop ICT-based capabilities in response to their environment: Past evidence and implications for the uptake of the new ICT paradigm. *Journal of Enterprise Information Management*, 31(1), 10-37.

<https://doi.org/10.1108/JEIM-09-2016-0158>

Oesterreich, T. D., & Teuteberg, F. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in Industry*, 83, 121-139.

<https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006>

Oprime, P. C., Tristão, H. M., & Pimenta, M. L. (2011). Relationships, cooperation and development in a Brazilian industrial cluster. *International Journal of Productivity and Performance Management*.

<https://doi.org/10.1108/17410401111101467>

Pagell, M. (2004). Understanding the factors that enable and inhibit the integration of operations, purchasing and logistics. *Journal of operations management*, 22(5), 459-487.

<https://doi.org/10.1016/j.jom.2004.05.008>

Papazoglou, M., van den Heuvel, W. J., & Mascolo, J. (2015). Reference architecture and knowledge-based structures for smart manufacturing networks. *IEEE Software*.

<https://doi.org/10.1109/MS.2015.57>

Pellathy, D. A., Mollenkopf, D. A., Stank, T. P., & Autry, C. W. (2019). Cross-Functional Integration: Concept Clarification and Scale Development. *Journal of Business Logistics*.

<https://doi.org/10.1111/jbl.12206>

Penas, O., Plateaux, R., Patalano, S., & Hammadi, M. (2017). Multi-scale approach from mechatronic to Cyber-Physical Systems for the design of manufacturing systems. *Computers in Industry*, 86, 52-69.

<https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.12.001>

Pettit, T. J., Fiksel, J., & Croxton, K. L. (2010). Ensuring supply chain resilience: development of a conceptual framework. *Journal of business logistics*, 31(1), 1-21.

<https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2010.tb00125.x>

Pimenta, M. L.; Silva, A. L.; Tate, Wendy L. (2016). Characteristics of Cross-functional Integration Processes: Evidence from Brazilian Organizations. *International Journal of Logistics Management*, v. 27, n.2.

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

Posada, J., Toro, C., Barandiaran, I., Oyarzun, D., Stricker, D., de Amicis, R., ... & Vallarino, I. (2015). Visual computing as a key enabling technology for industrie 4.0 and industrial internet. *IEEE computer graphics and applications*, 35(2), 26-40.

<https://doi.org/10.1109/MCG.2015.45>

Qu, Y. J., Ming, X. G., Liu, Z. W., Zhang, X. Y., & Hou, Z. T. (2019). Smart manufacturing systems: state of the art and future trends. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1-18.

<https://doi.org/10.1007/s00170-019-03754-7>

Rafael, R., Shirley, A. J., & Liveris, A. (2014). Report to the president accelerating US advanced manufacturing. Report, US.

Rashid, A., Masood, T., Erkoyuncu, J. A., Tjahjono, B., Khan, N., & Shami, M. U. D. (2018). 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*, 12(2), 96-136.

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

Rinehart, L. M., Cooper, M. B., & Wagenheim, G. D. (1989). Furthering the integration of marketing and logistics through customer service in the channel. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 17(1), 63-71.

<https://doi.org/10.1007/BF02726355>

Rogalsky, H. (2018). Análise da relação entre práticas de desenvolvimento de produto de uma empresa com a manufatura enxuta consolidada e as práticas do PDP enxuto. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo. 2018.

Roy, R., Stark, R., Tracht, K., Takata, S., & Mori, M. (2016). Continuous maintenance and the future-Foundations and technological challenges. *Cirp Annals*, 65(2), 667-688.

<https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.006>

Rozenfeld, H., & Amaral, D. C. (2006). *Gestão de Projetos em Desenvolvimento de Produtos*. São Paulo: Saraiva.

Ruiz-Alba, J. L., Guesalaga, R., Ayestarán, R., & Mediano, J. M. (2019). Interfunctional coordination: the role of digitalization. *Journal of Business & Industrial Marketing*.

<https://doi.org/10.1108/JBIM-03-2019-0129>

Rymaszewska, A., Helo, P., & Gunasekaran, A. (2017). IoT powered servitization of manufacturing-an exploratory case study. *International Journal of Production Economics*, 192, 92-105.

<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.02.016>

Santos, A. R. (2001). Metodologia Científica: a construção do conhecimento. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Shapiro, B. P. (1977). Can marketing and manufacturing co-exist. *Harvard Business Review*, 55(5), 104.

Sharafi, A., Wolfenstetter, T., Wolf, P., & Krcmar, H. (2010). Comparing product development models to identify process coverage and current gaps: A literature review. In *2010 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (pp. 1732-1736)*. IEEE.

<https://doi.org/10.1109/IEEM.2010.5674575>

Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *Procedia Cirp*, 40, 536-541.

<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.129>

Tessarolo, P. (2007). Is integration enough for fast product development? An empirical investigation of the contextual effects of product vision. *Journal of Product Innovation Management*, 24(1), 69-82.

<https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2006.00233.x>

Toledo, J. C. D., Silva, S. L. D., Alliprandini, D. H., Martins, M. F., & Ferrari, F. M. (2008). Práticas de gestão no desenvolvimento de produtos em empresas de autopartes. *Production*, 18(2), 405-422.

<https://doi.org/10.1590/S0103-65132008000200015>

Tortorella, G. L., & Fettermann, D. (2018). Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2975-2987.

<https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1391420>

Triviños, A. N. (1987). A pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas.

Turkulainen, V., Roh, J., Whipple, J. M., & Swink, M. (2017). Managing internal supply chain integration: integration mechanisms and requirements. *Journal of Business Logistics*, 38(4), 290-309.

<https://doi.org/10.1111/jbl.12165>

Ulrich, K. T.; Eppinger, S. D. (2016). Product design and development. 6th edition. New York: McGraw-Hill Education.

Vila, C., Ugarte, D., Ríos, J., & Abellán, J. V. (2017). Project-based collaborative engineering learning to develop Industry 4.0 skills within a PLM framework. *Procedia Manufacturing*, 13, 1269-1276.0

<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.050>

Vyatkin, V., Salcic, Z., Roop, P. S., & Fitzgerald, J. (2007). Now that's smart! *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 1(4), 17-29.

<https://doi.org/10.1109/MIE.2007.909540>

Wang, L., & Wang, G. (2016). Big data in cyber-physical systems, digital manufacturing and industry 4.0. *International Journal of Engineering and Manufacturing (IJEM)*, 6(4), 1-8.3

<https://doi.org/10.5815/ijem.2016.04.01>

Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D., & Zhang, C. (2016). Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data-based feedback and coordination. *Computer Networks*, 101, 158-168.

<https://doi.org/10.1016/j.comnet.2015.12.017>

Weber, J. Automotive Development Processes. Berlin Heidelberg Springer-Verlag, 2009.

<https://doi.org/10.1007/978-3-642-01253-2>

Wiesmann, B., Snoei, J. R., Hilletofth, P., & Eriksson, D. (2017). Drivers and barriers to reshoring: a literature review on offshoring in reverse. *European Business Review*, 29(1), 15-42.

<https://doi.org/10.1108/EBR-03-2016-0050>

Yin, R. K. (2015). *Estudo de Caso: Planejamento e métodos*. Bookman editora.

APÊNDICE 1

Roteiro de entrevista com gestores funcionais

Data da entrevista: _____ Hora inicial: _____ Hora final: _____

Local da entrevista: _____

Nome do entrevistado: _____

1 – Procedimentos iniciais da entrevista

- Apresentação do pesquisador e de sua documentação pessoal.
- Explicar a pesquisa em linhas gerais e informar o objetivo da mesma.
- Informar uma estimativa de duração da entrevista.
- Solicitar autorização para gravar a entrevista (registrar no gravador que concorda).

2 – Coleta de informações

- Tempo de experiência profissional do entrevistado.
 - Qual cargo ocupa atualmente?
-
- Como funciona o desenvolvimento de produtos nesta empresa?
 - Quais as etapas do desenvolvimento de produtos nesta empresa?
 - Quais as áreas que se envolvem em cada uma das fases? (exemplo: Planejamento, Aprovação, desenvolvimento do conceito, detalhe do projeto, Protótipos, Instalações, Lançamento, etc.)
 - Apresentar as 10 atividades do processo de planejamento de produtos do **Apêndice 2** – (0) Planejamento, (1) Desenvolvimento de conceito do novo produto, (2) Desenvolvimento a nível de sistema, (3) Detalhe do Projeto, (4) Testes e protótipos, (5) Produção ramp-up, (6) Distribuição – e solicitar ao entrevistado para caracterizar as atividades com as quais tem mais contato em sua rotina de trabalho.

Fases do DP	Funções participantes de cada fase

- Na sua opinião, existe a necessidade de se desenvolver novas habilidades e competências para lidar com as tecnologias da I 4.0 na empresa?
- Quais seriam estas habilidades e competências?
- Você acredita que a empresa disponibiliza recursos e ferramentas necessários para que ocorra este aprendizado por parte dos colaboradores?

ANEXO 1

Formulários:

- **Formulário I: Tecnologias envolvidas no processo de DP**
- **Formulário II. Avaliação dos fatores de integração**

Formulário I. Quais das tecnologias abaixo foram consideradas nesse processo de desenvolvimento de produtos (Porque serão usadas na produção desse produto ou no próprio processo de DP)										
Big data analytics						6. Integração horizontal (CPS)				
	ocorre raramente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ocorre frequentemente		ocorre raramente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ocorre frequentemente
2. Robótica autônoma ou colaborativa	ocorre raramente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ocorre frequentemente	7. Internet of things / IIoT.	ocorre raramente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ocorre frequentemente
3. AGV/Drones	ocorre raramente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ocorre frequentemente	8. Computação em Nuvem	ocorre raramente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ocorre frequentemente
4. Simulação	ocorre raramente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ocorre frequentemente	9. Manufatura Aditiva	ocorre raramente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ocorre frequentemente
5. Integração vertical.	ocorre raramente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ocorre frequentemente	10. Realidade Aumentada	ocorre raramente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ocorre frequentemente
11. RFID										

	<p>ocorre raramente</p> <input type="radio"/>	<p>ocorre raramente</p> <input type="radio"/>	<p>ocorre raramente</p> <input type="radio"/>	<p>ocorre frequentemente</p> <input type="radio"/>	<p>ocorre frequentemente</p> <input type="radio"/>	
12. Cybersegurança						
	<p>ocorre raramente</p> <input type="radio"/>	<p>ocorre raramente</p> <input type="radio"/>	<p>ocorre raramente</p> <input type="radio"/>	<p>ocorre frequentemente</p> <input type="radio"/>	<p>ocorre frequentemente</p> <input type="radio"/>	
13. Inteligência Artificial						
	<p>ocorre raramente</p> <input type="radio"/>	<p>ocorre raramente</p> <input type="radio"/>	<p>ocorre raramente</p> <input type="radio"/>	<p>ocorre frequentemente</p> <input type="radio"/>	<p>ocorre frequentemente</p> <input type="radio"/>	

Formulário II. Avalie se as funções que você citou acima são integradas com os seguintes mecanismos de integração (Se você percebe a existência ou não destes fatores)

1. O sistema de informação integrado coleta dados dos recursos físicos e interage com as pessoas através de terminais de controle. Objetos físicos e entidades informacionais são profundamente integrados.

ocorre raramente	ocorre frequentemente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. São utilizados sistemas virtuais de compartilhamento de dados para auxiliar os processos de desenvolvimento de produtos.

ocorre raramente	ocorre frequentemente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Sistemas de solução compartilhada de problemas. Esses sistemas automatizam e controlam a participação de várias pessoas, de varias funções, nos processos de solução dos problemas que emergem no campo físico ou virtual.

ocorre raramente	ocorre frequentemente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. Alguns membros de uma equipe são transferidos para outra (*job-rotation*). Isso ocorre, permanentemente ou temporariamente, na intenção de aprimorar o conhecimento que uma função tem da outra.

5. São realizadas reuniões periódicas entre as equipes e com a presença de pessoas de todas as áreas, com poder de decisão.

ocorre raramente	ocorre frequentemente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. A alta administração apoia o processo integrativo. Os diretores definem regras adequadas ao mútuo apoio entre as funções e delegam autoridade suficiente para que o trabalho seja coordenado.

ocorre raramente	ocorre frequentemente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. A gerência facilita a comunicação entre equipes funcionais por meio de equipamentos, infraestrutura, e-mail, telefone e documentos.

ocorre raramente	ocorre frequentemente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Periodicamente são realizados treinamentos de pessoas, destas áreas para trabalharem em conjunto, com diferentes linguagens e pontos de vista adotados dentro da organização. Tal estratégia reduz diferenças de linguagem e cultura.

ocorre
raramente

ocorre
frequentemente

9. Os gerentes reconhecem a importância da disposição voluntária das pessoas em trabalhar de forma integrada, entendem que isso ajuda a integrar as áreas da empresa.

ocorre
raramente

ocorre
frequentemente

10. As pessoas têm disposição para compartilhar informações funcionais.

ocorre
raramente

ocorre
frequentemente

11. As pessoas que trabalham nessas equipes têm livre acesso à comunicação informal frequente independentemente da exigência de comunicação formal.

ocorre
raramente

ocorre
frequentemente

12. Equipes interfuncionais: existe um grupo específico ou diversas equipes temporárias (força tarefa) que promovem a integração interfuncional entre as áreas envolvidas.

ocorre
raramente

ocorre
frequentemente

•

ocorre
raramente

ocorre
frequentemente

14. Gerentes e funcionários das áreas conhecem bem as responsabilidades de cada uma das áreas. Há um entendimento mútuo entre as funções.

ocorre
raramente

ocorre
frequentemente

15. Existe um clima de cooperação no ambiente organizacional e isso facilita a resolução de conflitos (Espírito de grupo). Atmosfera de cooperação que facilita a resolução dos conflitos.

ocorre
raramente

ocorre
frequentemente

16. Pessoas das funções se relacionam com confiança, independentemente de questões burocráticas ou de hierarquia.

ocorre
raramente

ocorre
frequentemente

17. O planejamento das atividades é feito em conjunto por integrantes das funções, assim, problemas interfuncionais são evitados.

ocorre
raramente

ocorre
frequentemente

13. A avaliação de desempenho e os sistemas de recompensa/ comissão não geram conflitos entre as áreas, uma área não prejudica a outra visando seu desempenho individual.

ocorre raramente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ocorre frequentemente	<input type="radio"/>
------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

19. As funções possuem objetivos comuns e não conflitantes entre elas.

ocorre raramente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ocorre frequentemente	<input type="radio"/>
------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

18. Os funcionários se conhecem a muito tempo e isso ajuda a compreender atitudes e valores de cada um.

ocorre raramente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ocorre frequentemente	<input type="radio"/>
------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------