

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS — UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
NÍVEL MESTRADO

VANDERLEI GIOVANI BENETTI

SMART PDP:
Processo de Desenvolvimento de Produtos da Indústria de Autopeças no Contexto da
Indústria 4.0

SÃO LEOPOLDO-RS
2021

Vanderlei Giovani Benetti

SMART PDP:
Processo de Desenvolvimento de Produtos da Indústria de Autopeças no Contexto da
Indústria 4.0

Projeto de Pesquisa apresentado como
requisito parcial à qualificação de Mestrado
pelo Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção e Sistemas da
Universidade do Vale do Rio dos Sinos -
UNISINOS

Orientador:
Prof. Dr. Cristiano Richter

Co-orientador:
Prof. Dr. André L. Korzenowski

São Leopoldo-RS
2021

B465s

Benetti, Vanderlei Giovanni

Smart PDP:: processo de desenvolvimento de produtos da indústria de autopeças no contexto da indústria 4.0 / Vanderlei Giovanni Benetti — 2021.

136 f.: il.; 30 cm.

Dissertação (mestrado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Eng. de Produção e Sistemas, São Leopoldo-RS, 2021.

“Orientador: Prof. Dr. Cristiano Richter; Co-orientador: Prof. Dr. André L. Korzenowski.”

1. Processo de Desenvolvimento de Produtos. 2. Indústria 4.0. 3. Indústria de Autopeças. 4. Smart PDP. I. Título.

CDU 658.5:629.02

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)

(Bibliotecário Alessandro Dietrich — CRB 10/2338)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me dado a perseverança necessária ao longo desta jornada, e por sempre me conceder sabedoria para tomar as decisões certas ao longo da vida.

Agradeço à minha esposa Mariane, por sempre estar ao meu lado e me apoiar incondicional em todos desafios que assumi desde que estamos juntos. Com certeza ainda virão outros mais, que farão nossa vida cada vez mais "divertida".

Agradeço à minha família, em especial aos meus pais Nilton e Vanusa, e meus irmãos Paula, Vitor e Arthur, que mesmo à distância, sempre me apoiaram de todas as maneiras possíveis.

Agradeço imensamente ao meu orientador, Professor Cristiano Richter, por ter cumprido a promessa de me apoiar além do desenvolvimento acadêmico, mas também no aspecto profissional e pessoal. Te agradeço pela paciência e dedicação ao longo de todo o trabalho.

Agradeço ao meu co-orientador, Professor André Korzenowski, que me aceitou e deu a oportunidade de ingressar no mestrado, me apoiando sempre que necessário.

Agradeço todos professores e colegas do curso, que contribuíram para meu desenvolvimento e aprendizado ao longo do curso, de uma maneira muito enriquecedora.

Agradeço à Bruning Tecnometal, por todo suporte e apoio, não só durante o mestrado, mas ao longo da minha trajetória como funcionário desta empresa que gosto tanto.

Agradeço de maneira especial ao Fabrício Schmidt, que sempre me acompanhou e apoiou mais do que como um bom líder faz, mas como um grande mentor, inclusive me incentivando a buscar o mestrado como forma de desenvolvimento pessoal e profissional.

Agradeço também a todos familiares, amigos e colegas, que nunca me deixaram desanimar, e sempre foram essenciais para conseguir alcançar o objetivo do mestrado.

Muito obrigado a todos vocês!

RESUMO

A indústria automotiva é um dos mais importantes motores mundiais de crescimento, emprego e inovação. A intensa globalização e o crescimento da individualização, digitalização e uma maior competição no setor pressionam os participantes desta cadeia. Ao mesmo tempo, a Indústria 4.0 emerge como novo paradigma para a indústria. Os conceitos da Quarta Revolução Industrial envolvem a integração das tecnologias físicas e digitais em todas as fases do ciclo de vida do produto. A integração entre esses fatores proporciona mais customização à produção e ao produto, reduzindo o tempo de desenvolvimento do produto e o tempo necessário para iniciar sua comercialização. Neste cenário, mudanças relacionadas ao produto, mercado, processos de negócio e tecnologias caracterizam o contexto desafiador apresentado pela Indústria 4.0 à indústria de autopeças na atualidade. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa é adaptar o PDP - Processo de Desenvolvimento de Produtos da indústria de autopeças ao atual contexto da Indústria 4.0. Para alcançar este objetivo, a metodologia de pesquisa escolhida foi a DSR - *Design Science Research*. Buscando o desenvolvimento de uma solução satisfatória ao problema de pesquisa, a estratégia adotada foi utilizar o APQP (*Advanced Product Quality Planning*) como base para a construção de um artefato, e explorar elementos de processo (estrutura, etapas, interações, gestão) e tecnologia (ferramentas, técnicas e tecnologias) para serem incorporados ao PDP proposto. O desenvolvimento do artefato contou com sugestões identificadas na literatura, e também nas etapas de coleta de dados com profissionais e especialistas com experiência no PDP da cadeia automotiva. Ao final, o artefato foi submetido a um Grupo Focal, que foi a técnica escolhida para a avaliação qualitativa do artefato. O artefato proposto, intitulado Smart PDP, destaca-se com as seguintes características e contribuições para a indústria de autopeças: I) integração de tecnologias e elementos da Indústria 4.0, utilizando a abordagem do *Digital Twin* - Gêmeos Digitais, para suportar a definição, desenvolvimento e validação do projeto virtual do produto e dos processos de manufatura; II) adoção de *Gates* de Projeto em 4 momentos críticos para o atendimento aos objetivos do projeto; III) utilização da metodologia *Kanban* para gestão dos projetos; IV) organização das atividades de implementação dos processos de manufatura a partir dos *Sprints de Try-Out* e V) integração de um fluxo para gestão das Lições Aprendidas e Oportunidades de Melhoria identificadas ao longo dos projetos.

Palavras-chave: Processo de Desenvolvimento de Produtos. Indústria 4.0. Indústria de Autopeças. Smart PDP.

ABSTRACT

The automotive industry is one of the most important worldwide drivers of growth, employment, and innovation. The intense globalization and the growth of individualization, digitization and greater competition in the sector put pressure on the participants in this chain. At the same time, Industry 4.0 emerges as a new paradigm for the industry. The concepts of the Fourth Industrial Revolution involve the integration of physical and digital technologies at all stages of the product lifecycle. The integration between these factors provides more customization to the production and to the product, reducing product development time and the time needed to start selling. In this scenario, changes related to the product, market, business processes and technologies characterize the challenging context presented by Industry 4.0 to the auto parts industry today. Therefore, the objective of this research is to adapt the PDP - Product Development Process for the auto parts industry to the current context of Industry 4.0. To achieve this goal, the research methodology chosen was DSR -Design Science Research. Seeking to develop a satisfactory solution to the research problem, the strategy adopted was to use the APQP (Advanced Product Quality Planning) as a basis for building an artifact, and to explore process elements (structure, stages, interactions, management) and technology (tools, techniques and technologies) to be incorporated into the proposed PDP. The artifact's development had suggestions identified in the literature, and also in the data collection stages with professionals and experts with experience in the PDP of the automotive chain. At the end, the artifact was submitted to a Focus Group, which was the technique chosen for the qualitative assessment of the artifact. The proposed artifact, called Smart PDP, stands out with the following characteristics and contributions to the auto parts industry: I) integration of technologies and elements from Industry 4.0, using the Digital Twin approach to support the definition, development and validation of the virtual design of the product and manufacturing processes; II) adoption Project Gates at 4 critical moments to achieve the project objectives; III) use of the Kanban methodology for project management; IV) organization the manufacturing process implementation activities with Try-Out Sprints and V) integration a management flow of Lessons Learned and Improvement Opportunities identified during the projects.

Keywords: Product Development Process. Industry 4.0. Auto Parts Industry. Smart PDP.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Posição de Competitividade do Brasil comparada aos 18 países analisados no relatório	16
Figura 2:	Fatores-chave do Mapa Estratégico da Indústria 2018-2022	16
Figura 3:	Resultado da Busca com Temas da Pesquisa na Base Scopus	17
Figura 4:	Principais etapas do Projeto de Produto e Processo	21
Figura 5:	Resumo de Grupos de Modelos de Inovação e NPD	23
Figura 6:	Modelo <i>Stage-Gate</i> de Segunda Geração	25
Figura 7:	Modelo de Referência de PDP proposto por Rozenfeld et al. (2006)	26
Figura 8:	Processo de Melhoria do PDP proposto por Rozenfeld et al. (2006)	27
Figura 9:	Scrum Framework, proposto por Schwaber e Sutherland (2020)	29
Figura 10:	Quadro Kanban	30
Figura 11:	Macrofases do PDP, segundo o Manual de APQP	33
Figura 12:	Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0	37
Figura 13:	Classificação das Tecnologias da Indústria 4.0	40
Figura 14:	Possibilidade de aplicação das ferramentas e tecnologias da Indústria 4.0 em cada Etapa do PDP	42
Figura 15:	Caracterização do <i>digital twin</i>	45
Figura 16:	<i>Digital twin</i> no PDP	46
Figura 17:	Tecnologias Habilitadoras do <i>Digital twin</i>	46
Figura 18:	Esquema utilizado para elaboração do Modelo Conceitual	49
Figura 19:	Artefato M0 Preliminar	53
Figura 20:	Síntese dos principais conceitos da Design Science	54
Figura 21:	Método de Trabalho	57
Figura 22:	Etapas de elaboração e aperfeiçoamento do Artefato	58
Figura 23:	Critérios e Resultados da Revisão da Literatura	59
Figura 24:	Organograma da Bruning Tecnometal	61
Figura 25:	Artefato Proposto M1	76
Figura 26:	Exemplos de Produtos da Indústria de Autopeças do Contexto da Pesquisa	77
Figura 27:	Detalhamento das Fases 0 e 1 do Artefato M1	81
Figura 28:	Detalhamento da Fase 2 do Artefato M1	85
Figura 29:	Representação da Estrutura de um Fluxograma de Processos	86
Figura 30:	Roteiro para Reunião de Fechamento do Produto	87
Figura 31:	Níveis de Projeto de Processo e Projeto de Fluxo	89
Figura 32:	Roteiro para Reunião de Fechamento do Processo	92
Figura 33:	Detalhamento da Fase 3 do Artefato M1	93
Figura 34:	Desenvolvimento das Atividades de <i>Try-Out</i>	94
Figura 35:	Detalhamento da Fase 4 do Artefato M1	97
Figura 36:	Detalhamento da Fase 5 do Artefato M1	99
Figura 37:	Kanban do Projeto	100
Figura 38:	Detalhamento do Fluxo de Gestão das Lições Aprendidas e Oportunidades do Artefato M1	102
Figura 39:	Smart PDP - Artefato M2 Final	110

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:	Atividades por Fase do APQP	35
Quadro 2:	Produtos de uma <i>DSR</i>	55
Quadro 3:	Pontos a explicitar ao longo das etapas de condução de uma <i>DSR</i>	56
Quadro 4:	Profissionais Participantes Questionário na Bruning Tecnometal	62
Quadro 5:	Especialistas Participantes da Coleta de Dados e Grupo Focal	65
Quadro 6:	Resumo da Quantidade de Ocorrências por Código de Comentário	72

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APQP	<i>Advanced Product Quality Planning</i>
AIAG	<i>Automotive Industry Action Group</i>
BDA	<i>Big Data Analytics</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAE	<i>Computer Aided Engineering</i>
CAM	<i>Computer-Aided Manufacturing</i>
CNC	<i>Computer Numeric Control</i>
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CPS	<i>Cyber-Physical Systems</i>
DES	<i>Discrete Event Simulation</i>
DSR	<i>Design Science Research</i>
DT	<i>Digital Twin</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
NPD	<i>New Product Development</i>
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produtos
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PIB	Produto Interno Bruto
PPAP	<i>Production Part Approval Process</i>
ROI	<i>Return over Investment</i>
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Apresentação do Tema e Problema de Pesquisa	12
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo Geral	14
1.2.2 Objetivos Específicos	14
1.3 Justificativas	15
1.4 Delimitações da Pesquisa	18
1.5 Estrutura do Trabalho	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 O PDP - Processo de Desenvolvimento de Produtos	21
2.1.1 O APQP - Planejamento Avançado da Qualidade do Produto	32
2.2 A Indústria 4.0	36
2.3 A Indústria 4.0 e o PDP	40
2.4 Síntese do Capítulo e Proposição de um Modelo Conceitual Baseado na Literatura - ARTEFATO M0	48
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	54
3.1 Metodologia	54
3.2 Método de Trabalho	57
3.2.1 Conscientização	58
3.2.2 Sugestão	58
3.2.3 Desenvolvimento	64
3.2.4 Avaliação	66
3.2.5 Conclusão	68
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	69
4.1 Análise dos Dados Coletados	69
4.1.1 Análise dos Dados Coletados com Profissionais da Empresa Bruning Tecnometal	69
4.1.2 Análise dos Dados Coletados na Entrevista com Especialistas	71
4.1.3 Resumo dos itens que serão considerados na revisão do Artefato M1	74
4.2 Proposição do Artefato Revisado - ARTEFATO M1	75
4.2.1 Considerações iniciais e gerais sobre o ARTEFATO	77
4.2.2 Fase 0 - Atividades de Pré-PROJETO	81
4.2.3 Fase 1 - Planejamento do PROJETO	83
4.2.4 Fase 2 - Projeto do PRODUTO e do PROCESSO	84
4.2.5 Fase 3 - Desenvolvimento do PROCESSO	93
4.2.6 Fase 4 - Validação do PRODUTO e do PROCESSO	96
4.2.7 Fase 5 - Análise Crítica e Encerramento do PROJETO	98
4.2.8 Gestão e Monitoramento do PROJETO	100
4.2.9 Gestão das Lições Aprendidas e Oportunidades de Melhoria do PROJETO e do PDP	102

4.3	Análise das Considerações do Grupo Focal	103
4.4	Proposição do Smart PDP - ARTEFATO M2 Final	109
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	114
5.1	Oportunidades para Trabalhos Futuros	115
	REFERÊNCIAS	116
APÊNDICE A	QUESTIONÁRIO PARA COLETA DE DADOS NA EMPRESA BRUNING TECNOMETAL	121
APÊNDICE B	ROTEIRO PARA CONDUÇÃO DE ENTREVISTA COM ESPE- CIALISTAS	126
APÊNDICE C	ROTEIRO PARA CONDUÇÃO DO GRUPO FOCAL	128
APÊNDICE D	RESUMO E CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS DO QUES- TIONÁRIO	131
APÊNDICE E	RESUMO DAS TRANSCRIÇÕES DA ENTREVISTA COM ES- PECIALISTAS	134

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do Tema e Problema de Pesquisa

A indústria automotiva é um dos mais importantes motores mundiais de crescimento, emprego e inovação. A relação entre a indústria automotiva e a tecnologia está em constante evolução, e a inclusão de inovações tecnológicas nos automóveis é maior a cada dia. A indústria automotiva está se tornando cada vez mais complexa e competitiva, principalmente devido à evolução da natureza do seu produto, ao aumento do número de modelos e ao aumento dos custos de desenvolvimento. Neste cenário, todos integrantes da sua cadeia vêm procurando novas maneiras de melhorar suas operações para se manterem lucrativos (OLIVEIRA; NUNES; AFONSO, 2018).

As empresas fornecedoras de autopeças, por sua vez, são muito influenciadas pelos processos de *design* e desenvolvimento de produtos. Assim, o PDP - Processo de Desenvolvimento de Produtos, pode ser uma das principais formas delas obterem vantagem competitiva diante dos seus concorrentes. O PDP tem alto impacto em toda a cadeia de valor e decisões como qualidade, custo e tempo são cruciais para o alcance de uma vantagem competitiva no mercado. O objetivo do desenvolvimento do produto é integrar os requisitos de engenharia e projeto industrial por meio de um processo estruturado, que permite a obtenção de menor custo, maior qualidade e menor tempo de desenvolvimento dos produtos (NUNES; PEREIRA; ALVES, 2017).

O PDP consiste num conjunto de atividades por meio das quais se busca, a partir das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, ainda considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa, chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, pelo qual a manufatura seja capaz de produzi-lo (PAULA; MELLO, 2013; ROZENFELD et al., 2006). O sucesso de um novo produto ou processo está intimamente relacionado com as etapas do PDP, a forma como essas etapas são executadas e a forma como essas etapas se complementam, e também como os agentes responsáveis por esse processo interagem com uns aos outros (PATIL; KULKARNI; RAO, 2019). O gerenciamento de custos em PDP também é importante e necessário para otimizar o desempenho e o custo de um produto. Na verdade, a maioria dos custos do produto são definidos durante a fase de desenvolvimento, e após esta fase não podem mais ser influenciados de forma significativa (OLIVEIRA; NUNES; AFONSO, 2018).

Por estes motivos, os modelos e métodos de PDP tornam-se cada vez mais importantes para a gestão de desenvolvimento de produtos, à medida que a complexidade deste processo

aumenta. As empresas estão explorando uma gama de soluções diferentes para encontrar o melhor processo de desenvolvimento de produtos, de acordo com suas necessidades específicas. Isso força os inovadores a pensar em maneiras mais flexíveis de gerenciar o desenvolvimento de produtos sem sacrificar sua eficiência (SOMMER et al., 2015).

Concomitante ao cenário que foi apresentado, também emerge a Quarta Revolução Industrial, influenciando diretamente todos os setores e as relações da indústria global. Esta nova realidade trata de uma economia com forte presença digital e conectividade entre as pessoas, entre máquinas, e entre máquinas e pessoas, cujo foco principal é a troca de informação (OIAN; CESAR; MAKIYA, 2017).

Desde 2011, quando o conceito de Indústria 4.0 apareceu pela primeira vez na Alemanha, a Quarta Revolução Industrial vem evoluindo. Inicialmente, a expressão foi mais comumente usada em países de língua alemã, mas recentemente vem ganhando popularidade em todo o mundo (KLINGENBERG; BORGES; ANTUNES JR, 2019). Em outros países podem-se encontrar denominações diferentes, como, por exemplo, *Advanced Manufacturing* nos Estados Unidos (HABEKOST, 2019).

Klingenberg, Borges e Antunes Jr (2019) descrevem que a expressão Indústria 4.0 define o próximo estágio dos sistemas industriais, quando os processos em rede, automatizados e inteligentes serão flexíveis e auto-configuráveis. Esses processos se desenvolverão por meio de uma combinação de tecnologias digitais e de manufatura, que permitem a integração em vários níveis de toda a cadeia de valor. Quando essa integração acontece, a empresa pode alocar de forma eficiente as máquinas, identificar problemas rapidamente, reduzir o gargalo de produção, otimizar processos, reduzir defeitos e prevenir problemas antes de começar a fabricar um produto. A integração entre esses fatores proporciona mais customização à produção e ao produto, reduzindo o tempo de desenvolvimento do produto e o tempo necessário para iniciar sua comercialização (SANTOS et al., 2017). Muitas das tecnologias que afetam a transformação das organizações promovida pela Indústria 4.0 não são novas, a inovação está na combinação destas tecnologias de informação, computação, comunicação e conectividade (HAUSBERG et al., 2019).

Os produtos e processos estão sendo largamente influenciados por este novo paradigma industrial. As rápidas mudanças econômicas e a crescente dinâmica do mercado resultam numa demanda por desenvolvimento de produtos mais complexos e inteligentes. Ao mesmo tempo, os produtos se tornam mais modulares e configuráveis, possibilitando personalização em massa e impulsionando processos de desenvolvimento ágeis, criativos e colaborativos (FERRAZ; TOLEDO, 2019).

A inserção de elementos da Indústria 4.0 na indústria de componentes automotivos permite

o desenvolvimento de produtos altamente inovadores e de maior valor agregado aos clientes. Além disso, a Indústria 4.0 pode ser considerada o principal impulsionador para o futuro da cadeia de valor da manufatura. Na verdade, permite uma evolução dos sistemas de produção industrial, trazendo benefícios como o desenvolvimento de produtos mais complexos e inovadores, melhorando a eficiência dos processos, reduzindo custos e reduzindo o tempo de colocação no mercado (OLIVEIRA; NUNES; AFONSO, 2018).

Neste cenário, é possível caracterizar o contexto trazido pela Indústria 4.0 para a indústria de autopeças como o conjunto de mudanças relacionadas ao: I) Produto: expectativa de elevada qualidade, menor custo, menor *time-to-market*; II) Mercado: tendência de maior variedade de produtos oferecidos ao consumidor, forte variação do mix de produção, produtos com maior frequência de mudança e menor tempo de vida; III) Negócio e seus Processos: maior conectividade, dinamismo, e com uma gestão ágil e colaborativa; IV) Tecnologia: foco na coleta e análise de dados, modelagem e simulação em ambientes virtuais, possibilitando tomadas de decisão mais rápidas e assertivas, em direção às *smart factories*. Estas características do contexto atual da Indústria 4.0 serão utilizadas como pano de fundo para desenvolvimento desta pesquisa.

Em suma, percebe-se uma tendência e a necessidade de adaptar e preparar o PDP da indústria de autopeças ao contexto da Indústria 4.0. A mudança do cenário industrial global exige a reorientação e reinvenção do PDP das empresas, para obter os benefícios oferecidos pela Indústria 4.0 e se manterem competitivas no mercado (PATIL; KULKARNI; RAO, 2019). Assim, surge a seguinte questão que deu origem a este trabalho: **de que forma o PDP - Processo de Desenvolvimento de Produtos da indústria de autopeças pode se adaptar ao atual contexto da Indústria 4.0?**

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta dissertação é adaptar o PDP - Processo de Desenvolvimento de Produtos da indústria de autopeças ao atual contexto da Indústria 4.0.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Identificar as melhores práticas de gestão do processo de desenvolvimento de produtos aplicáveis à indústria de autopeças

2. Identificar os principais elementos da Indústria 4.0 aplicáveis ao processo de desenvolvimento de produtos e suas contribuições para este processo
3. Identificar as principais restrições e oportunidades no processo de desenvolvimento de produtos da indústria de autopeças no ambiente de aplicação da pesquisa
4. Propor um método para desenvolvimento de produtos para a indústria de autopeças adaptado ao atual contexto da Indústria 4.0

1.3 Justificativas

Nesta seção serão apresentadas as justificativas que embasam a relevância e utilidade da pesquisa. Estas justificativas serão exploradas nos âmbitos prático e acadêmico.

Inicialmente, é importante ressaltar a relevância do setor industrial brasileiro para a economia do país, no qual está inserido o contexto desta pesquisa. Atualmente, o setor industrial, como um todo, representa 20,4% do PIB do Brasil, entretanto, responde por 69,2% das exportações de bens e serviços e por 69,2% da pesquisa e desenvolvimento investidos pelo setor privado. Dentro do setor industrial, está inserida a indústria de transformação, responsável por 11,3% do PIB nacional e 14,4% das vagas de emprego formal (CNI, 2021).

Mesmo sendo um setor da economia muito expressivo para o país, quando o desempenho deste setor é comparado ao de outros países fica evidente a necessidade de seu aperfeiçoamento. Em 2018 o Brasil ocupou a 80ª posição no ranking global de competitividade do *World Economic Forum - WEF* (CNI, 2018). Mais recentemente, foi lançado o relatório *Competitividade Brasil 2019-2020*, para comparar os dados de competitividade do Brasil com outros 17 países selecionados, que apresentam características econômicas similares a do nosso país. Este relatório, que é gerado anualmente pela CNI - Confederação Nacional da Indústria desde 2010, apresenta o Brasil ocupando a penúltima posição do ranking, conforme apresentado na Figura 1 a seguir (CNI, 2020).

O detalhamento apresentado nos estudos como este da CNI mostra que o Brasil vem evoluindo nos fatores que compõe o indicador de competitividade das nações, porém, os demais países também vem o fazendo (CNI, 2020). Desta forma, é necessário que os esforços se intensifiquem para elevar a produtividade da indústria nacional, conseqüentemente, sua competitividade global. Um caminho para alcançar este objetivo é investindo cada vez mais na inovação tecnológica e de gestão das organizações.

POSIÇÃO COMPETITIVA DOS 18 PAÍSES SELECIONADOS

KOR	CAN	AUS	CHN	ESP	THA	POL	CHL	RUS	ZAF	TUR	MEX	IDN	IND	COL	PER		ARG
1º Coreia do Sul			4º China			7º Polônia			10º África do Sul			13º Indonésia				16º Peru	
2º Canadá			5º Espanha			8º Chile			11º Turquia			14º Índia				17º Brasil	
3º Austrália			6º Tailândia			9º Rússia			12º México			15º Colômbia				18º Argentina	

Figura 1: Posição de Competitividade do Brasil comparada aos 18 países analisados no relatório
Fonte: CNI (2020).

Este foi um dos motivadores que fizeram com que a CNI propusesse o Mapa Estratégico da Indústria 2018–2022, com o objetivo de lançar uma agenda nacional para o Brasil desenvolver novas competências e construir uma indústria competitiva, inovadora, global e sustentável. Esta agenda enumera 11 fatores-chave, sendo um deles a Produtividade e Inovação na Empresa, tendo como uma das iniciativas propostas, no que diz respeito à Inovação na Indústria, a promoção da adoção de tecnologias associadas à Indústria 4.0. A estrutura dos 11 fatores-chave do projeto da CNI é apresentada na Figura 2 a seguir. Esta iniciativa demonstra a grande relevância dos temas relativos à inovação e produtividades dos processos das empresas, com os quais o tema da pesquisa tem relação direta.



Figura 2: Fatores-chave do Mapa Estratégico da Indústria 2018-2022
Fonte: Adaptado de CNI (2018).

Já no âmbito acadêmico, o trabalho propõe abordar temas de grande relevância para as pesquisas recentes. Este aspecto pode ser verificado à partir do número de publicações relacionadas ao tema da pesquisa identificadas na base Scopus, como é apresentado no gráfico da Figura 3 a seguir.

Realizando uma busca a partir de um conjunto de termos que representam o tema PDP, a pesquisa retornou 28.231 documentos nos últimos 10 anos. Já realizando a busca com os termos relacionados à Indústria 4.0 no mesmo período, 20.328 documentos retornaram à pesquisa. Os temas PDP e Indústria 4.0 se apresentam como assuntos que vêm atraindo uma atenção significativa dos pesquisadores ao longo dos últimos anos.

Entretanto, o volume de publicações retornadas na pesquisa é muito inferior quando a mesma é realizada de maneira conjunta. Apenas 247 documentos retornaram quando os termos relativos à PDP e Indústria 4.0 foram pesquisados em conjunto. E este número reduz para 14 documentos quando foram acrescentados os termos relativos à indústria de autopeças/automotiva. Isso mostra o pequeno volume de referências disponíveis na literatura sobre a relação do PDP e da Indústria 4.0, e a oportunidade de explorar e aprofundar as discussões sobre esta relação.

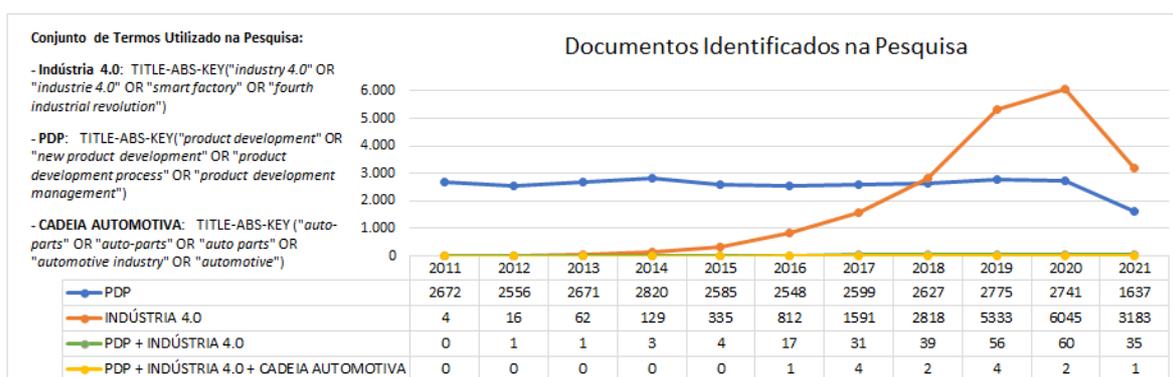


Figura 3: Resultado da Busca com Temas da Pesquisa na Base Scopus
Fonte: Elaborado pelo Autor com base nos dados de Scopus (2021).

Já com relação ao conteúdo das publicações disponíveis, muitas destas pesquisas identificam e exploram especificamente a Manufatura Aditiva. É debatido como esta tecnologia da Indústria 4.0 contribui para o PDP da cadeia automotiva, suportando as atividades de um projeto, ou que podem ser apoiadas com a aplicação de prototipagem rápida, reduzindo custos e prazos de desenvolvimento de um novo produto. Vale mencionar os trabalhos de Oliveira, Nunes e Afonso (2018), Ferraz e Toledo (2019) e Pessôa e Becker (2020).

Outra linha de pesquisa identificada tem explorado de maneira abrangente a relação entre as tecnologias da Indústria 4.0 com as etapas do PDP. Porém, na sua maioria, apenas realizam

proposições com base na literatura, e com grande ênfase nas etapas de conceito e *design* do produto. Os trabalhos de Santos et al. (2017), Patil, Kulkarni e Rao (2019), Schneider (2019) e Inkermann et al. (2019) podem ser citados neste sentido.

A análise destas publicações indica que, na sua maioria, são exploradas as oportunidades pontuais de integração de técnicas ou tecnologias que emergem com a Indústria 4.0 no processo de desenvolvimento de produtos. Além disso, ainda é incipiente o debate acerca de como o PDP das organizações precisa ser adaptado ao contexto emergente da Indústria 4.0. Neste sentido, a intenção desta dissertação é explorar de maneira mais ampla a transformação necessária do PDP da indústria de autopeças, avaliando com as organizações possam se beneficiar do novo paradigma da Indústria 4.0, ao passo que se mantenham produtivas e competitivas no mercado.

1.4 Delimitações da Pesquisa

Como esta pesquisa reúne e discute temas de grande abrangência na literatura e no cotidiano das organizações, algumas delimitações se fazem necessárias para que a pesquisa possa ser desenvolvida de maneira adequada. O contexto geral da pesquisa irá abordar o PDP - Processo de Desenvolvimento de Produtos da indústria de autopeças, o qual se busca adaptar ao contexto trazido pela Indústria 4.0.

A seguir são apresentados alguns aspectos relevantes que foram levados em conta durante o desenvolvimento da pesquisa:

- Não serão abordados os aspectos de *design* do produto na pesquisa. Esta é uma etapa do PDP que será considerada de responsabilidade do cliente (montadora) no desenvolvimento do artefato, dando enfoque ao desenvolvimento do processo de manufatura ao longo do trabalho;
- Não serão abordados os aspectos humanos, culturais e comportamentais que emergem a partir das discussões do PDP e da Indústria 4.0;
- Não serão abordados os aspectos de custos relacionados às ferramentas e tecnologias discutidas ao longo do trabalho;
- Não será objetivo desta pesquisa realizar a implementação total ou parcial da solução proposta;
- As informações e percepções práticas coletadas com profissionais e especialistas relacionados ao PDP estão limitadas aos participantes da pesquisa;

- A indústria de autopeças abordada na pesquisa é a do segmento metalmecânico, estando as propostas de solução direcionadas para as especificidades das empresas deste segmento;
- Não será objetivo da pesquisa questionar ou propôr mudanças nos requisitos e demandas apresentadas pelo Manual de APQP;
- Não será objetivo do trabalho realizar uma análise de todas ferramentas, método e modelos de PDP disponíveis na literatura. Serão analisados e exploradas as contribuições daqueles apresentados no Capítulo 2 do trabalho, os quais foram escolhidos pelo autor por serem considerados mais pertinentes ao contexto da pesquisa;
- Será utilizado na pesquisa o conhecimento de caso do autor, com base em 10 anos de vivência e experiência em empresa de grande porte fornecedora de autopeças para as principais montadoras do Brasil;
- Não serão abordados nesta pesquisa os elementos necessários para a integração e conexão dos ambientes físico e virtual do produto e processo.

1.5 Estrutura do Trabalho

A dissertação será composta por 5 capítulos. O Capítulo 1 - Introdução, trata da apresentação do Tema e o Problema de Pesquisa, que foram os motivadores para os Objetivos do Trabalho, que também são apresentados neste capítulo. As Justificativas, Delimitações e Estrutura do Trabalho também compõe este capítulo

O Capítulo 2 - Referencial Teórico, apresenta os elementos mais relevantes da literatura relacionados ao tema da pesquisa. Ao final deste capítulo, será apresentada uma síntese e o artefato preliminar - Artefato M0.

Já no Capítulo 3 - Procedimentos Metodológicos serão apresentadas a Metodologia de Pesquisa e Método de Trabalho que serão utilizados para desenvolvimento da dissertação. Quanto à Metodologia, será brevemente apresentada a *Design Science Research - DSR* e os motivos da sua escolha para desenvolvimento do trabalho. Quanto ao Método de Trabalho, os passos seguidos para desenvolvimento desta pesquisa são apresentados.

O Capítulo 4 - Apresentação e Análise dos Resultados, apresenta as atividades para construção de uma solução satisfatória para o problema de pesquisa. Neste capítulo também é contemplada a análise dos dados coletados no ambiente, o detalhamento do Artefato M1, as considerações do Grupo Focal e, por fim, a apresentação do Artefato Final M2.

Ao final, o Capítulo 5 - Considerações Finais, apresenta uma síntese da dissertação e as oportunidades para trabalhos futuros. Em seguida, são apresentadas as Referências e Apêndices do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentado o Referencial Teórico utilizado como base para construção do projeto, e estará dividido em três etapas. A primeira buscará pelo entendimento do conceito geral de PDP e por melhores práticas de estrutura e gestão deste processo, aplicáveis à indústria de autopeças. Na segunda etapa, será buscado o entendimento sobre o conceito e os elementos que compõe a Indústria 4.0, bem como este novo paradigma impactará a o PDP das organizações. Por fim, será realizada uma síntese do capítulo, com a proposição de um modelo conceitual elaborado com os achados a partir da literatura.

2.1 O PDP - Processo de Desenvolvimento de Produtos

De acordo com Amaral e Rozenfeld (2008), processo é qualquer atividade ou conjunto de atividades que utiliza uma entrada, adiciona valor a ela, e resulta em uma saída para o cliente. Na visão de processos, o desenvolvimento de produtos engloba um conjunto de atividades realizadas pelos diversos departamentos funcionais da empresa, que realizam a transformação de informações sobre necessidades de mercado em informações e recursos para a produção de um produto (PAULA; MELLO, 2013). Por sua vez, o **Processo de Desenvolvimento de Produtos - PDP** consiste num conjunto de atividades por meio das quais se busca, a partir das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, ainda considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa, chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, pelo qual a manufatura seja capaz de produzi-lo (PAULA; MELLO, 2013; ROZENFELD et al., 2006). Souza e Toledo (2001) apresentam as etapas de um macroprocesso de desenvolvimento de produtos genérico, conforme a Figura 4 a seguir.



Figura 4: Principais etapas do Projeto de Produto e Processo
Fonte: Souza e Toledo (2001).

A gestão do PDP possui uma complexidade inerente e se relaciona com todas as demais atividades da empresa (TOLEDO et al., 2008). Isso exige a integração entre as áreas funcionais da organização, a partir de formação de equipes multidisciplinares e da comunicação eficiente entre as etapas do desenvolvimento. Quanto mais complexo for o grau de trabalho, mais

complexa será a interdependência entre os departamentos funcionais durante as diferentes fases do PDP (PAULA; MELLO, 2013).

Para Rozenfeld et al. (2006), o PDP, comparado a outros processos de negócio, tem diversas especificidades. As principais características que diferenciam esse processo com os demais são:

- elevado grau de incertezas e riscos das atividades e resultados;
- decisões importantes devem ser tomadas no início do processo, quando as incertezas são ainda maiores;
- dificuldade de mudar as decisões iniciais;
- geração e manipulação de alto volume de informações;
- as informações e atividades provêm de diversas fontes e áreas da empresa, também da cadeia de suprimentos;
- multiplicidade de requisitos a serem atendidos pelo processo, considerando todas as fases do ciclo de vida do produto e expectativas dos seus clientes.

Segundo Paula e Mello (2013) apresentam, o desenvolvimento de produtos é um processo incerto e, por isso, precisa ser estruturado através de fases bem definidas, que terminem com uma tomada de decisão sobre o futuro do projeto do novo produto. Estas fases representam o processo de negócio, nas quais podem se materializar as políticas gerenciais, os fluxos de documentos e informações, os procedimentos operacionais e os processos de manufatura (PAULA; MELLO, 2013).

Segundo Rozenfeld et al. (2006):

Para que o desenvolvimento de produtos possa cumprir com o seu papel de contribuir com a competitividade da empresa, um processo eficaz e eficiente de gestão necessita ser implementado com base em um **Modelo de Referência**, que determine a capacidade das empresas controlarem o processo de desenvolvimento e de aperfeiçoamento dos produtos, e de interagirem com o mercado e com as fontes de inovação tecnológica.

Para Paula e Mello (2013), Modelos de Referência são elaborados a partir das melhores práticas do PDP, e representam uma aplicação mais ampla e geral (genérica), que pode ser utilizada como referência para adaptações e o desenvolvimento de modelos com necessidades

específicas. Os modelos de referência para o PDP são compostos por etapas sequencialmente definidas e padronizadas que podem ser aplicadas ao desenvolvimento de produtos diversos (FERRAZ; TOLEDO, 2019).

Entendendo que o PDP pode ser considerado um processo de inovação nas organizações, e no sentido de conhecer e entender os principais modelos de PDP disponíveis na literatura, o trabalho de Bagno, Salerno e Silva (2017) analisa e apresenta de forma agrupada os principais modelos de referência para o processo e gestão da inovação, com base nas suas representações gráficas. Utilizando diversos fatores para análise, os autores agrupam estes modelos de acordo com suas características, mas todos eles que tem forte relação com as atividades de P&D e no processo de desenvolvimento de novos produtos das organizações. Um resumo dos grupos de modelos é apresentado conforme Figura 5 a seguir.

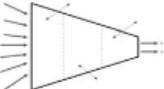
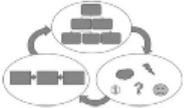
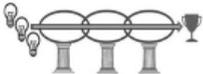
Grupo de Modelos	Autores Citados no Artigo	Resumo da Descrição e Contribuição do Grupo de Modelos
Modelos Lineares de NPD: atividades, etapas e pontos de decisão 	Pugh (1991) Cooper (1993, 1994) Amaral and Rozenfeld (2007) Thomas (1993) Utterback (1970) Roberts (1988)	As principais contribuições dos modelos focados no processo de NPD, o desenvolvimento de inovações segue essencialmente um conjunto de etapas e decisões que vão desde a ideia até o pleno desenvolvimento de uma oportunidade até o seu lançamento. Assim, o processo tende a convergir para a redução contínua de um leque diversificado de riscos. Normalmente, esses modelos NPD são substanciados pela suposição, que às vezes é falsa, de que as ideias para inovação podem ser bem definidas pela gama de tecnologia existente de uma empresa, por sua estratégia definida ou pelo mercado. O resultado é uma maior aderência às inovações incrementais.
Modelos de funil: seletividade em uma perspectiva de multi-projetos 	Clark and Wheelwright (1992) Docherty (2006)	A lógica do funil demonstra que o processo de desenvolvimento da inovação ocorre em ambientes com recursos escassos. Nem todas as ideias se tornam projetos, e nem todos os projetos serão desenvolvidos para o lançamento. O funil de inovação aberta induz mudanças dramáticas em termos de alocação de recursos, política de gestão de conhecimento (por exemplo, gestão de propriedade intelectual) e construção / terceirização de competências. Portanto, propõe uma visão mais ampla dos processos subjacentes à inovação.
Modelos focados em estratégia, organização e interações entre elementos organizacionais 	Levy (1998) Temaguide (1998) Jonash and Sommerlatte (1999) Kamm (1987)	Estes modelos enfatizam o papel da estratégia, estrutura e alocação de recursos para apoiar o processo de inovação. O desenvolvimento de inovações transforma continuamente a organização, e essa transformação consolida a capacidade organizacional de inovar, formando assim um ciclo virtuoso.
Modelos centrados na capacidade 	Goffin and Mitchell (2010) Hansen and Birkinshaw (2007) Bessant et al. (2005) O'Connor et al. (2008)	Os modelos neste grupo vão além do desenvolvimento de novos produtos e reforçam a necessidade de "hardware e software" organizacional equilibrado. Os modelos de inovação radical aprofundam a compreensão das ferramentas analíticas usando abordagens diferentes dos modelos de inovação incremental. Aqui, o foco não está no processo, mas na organização geral.

Figura 5: Resumo de Grupos de Modelos de Inovação e NPD
 Fonte: Adaptado de Bagno, Salerno e Silva (2017).

É possível observar no trabalho de Bagno, Salerno e Silva (2017) que os modelos lineares são aqueles com maior foco e direcionamento para as etapas do PDP que esta pesquisa aborda. Este grupo de modelos lineares estabelece uma lógica de seleção, avaliação e desenvolvimento de projetos, com objetivo de melhorar a qualidade deste processo de negócio, buscando diminuir os riscos das organizações investir erroneamente ou em projetos ruins. Ainda quando aos Modelos Lineares, Bagno, Salerno e Silva (2017) descrevem:

"Para resumir as principais contribuições dos modelos focados no processo de NPD, o desenvolvimento de inovações segue essencialmente um conjunto de etapas e decisões que vão desde a ideia até o desenvolvimento completo de uma oportunidade até o seu lançamento. Assim, o processo tende a convergir para a redução contínua de um leque diversificado de riscos. Normalmente, esses modelos NPD são fundamentados pela suposição, que às vezes é falsa, de que as ideias para inovação podem ser bem definidas pela gama de tecnologias existentes na empresa, por sua estratégia definida ou pelo mercado. O resultado é uma maior aderência às inovações incrementais."

Buscando avaliar mais contribuições dos modelos de PDP lineares, que também são chamados de "tradicionais" pela pesquisa de Salerno et al. (2015), avançou-se com a busca de outras publicações que explorem mais estes modelos, suas aplicações e adaptações. Nestas buscas, ganharam destaque os modelos propostos por **Cooper (1993)** e **Rozenfeld et al. (2006)**, os quais serão explorados a seguir. Ambos foram mais representativos e frequentes nos trabalhos relacionados às etapas do PDP e nos segmentos da indústria que estão sendo abordados nesta pesquisa.

O modelo *Stage-Gate* apresentado por Cooper (1993, 1994) propõe uma estrutura de processual para o processo de desenvolvimento de novos produtos, baseada em uma série de estágios que conduzirão o PDP desde a geração de ideias até sua comercialização. Cada etapa é consistida de uma lista de atividades predefinidas, multifuncionais e paralelas. A entrada de cada etapa é um *gate*, que controla o processo e serve como um ponto para avaliação e monitoramento do projeto (BAGNO; SALERNO; SILVA, 2017). O modelo *Stage-Gate* foi sendo aperfeiçoado pelo autor ao longo dos anos, e suas revisões compartilhadas por suas publicações. A Figura 6 abaixo mostra o modelo chamado de "Segunda Geração" por Cooper (1994).

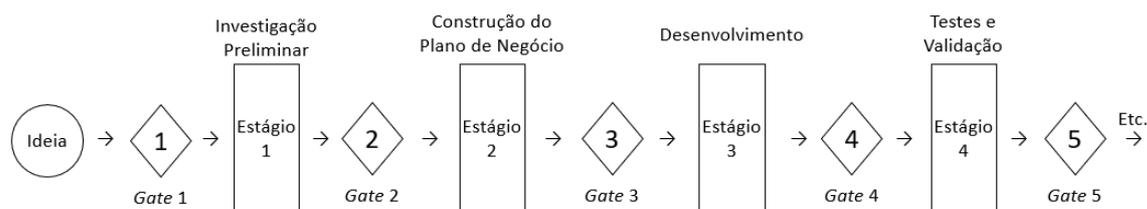


Figura 6: Modelo *Stage-Gate* de Segunda Geração

Fonte: Traduzido de Cooper (1994)

Se tratando de um modelo, o *Stage-Gate* também é adaptável ao contexto de cada organização (DZULINSKI, 2016). Buscando contribuições deste modelo para esta pesquisa, a abordagem estratégica dos gates, que avaliam a evolução do projeto e buscam mitigar riscos, é uma opção a ser explorada dada as características e expectativas que vêm apresentando os novos projetos no contexto da Indústria 4.0: projetos mais dinâmicos, com menores prazos, e expectativa por maior qualidade nas entregas. Adotar *gates* no PDP pode ser uma opção para manter pontos de avaliação e checagem dos aspectos mais relevantes do projeto.

Já o modelo apresentado na publicação de **Rozenfeld et al. (2006)** apresenta uma estrutura dividida em 3 macro-fases: I Pré-Desenvolvimento, II Desenvolvimento e III Pós-Desenvolvimento. Os autores apresentam que, para cada macro-fase, estas possuem fases específicas, e estas ainda possuem atividades genéricas e específicas (LHAMA, 2017). Conforme os autores, esta estrutura é adaptável às necessidades de cada organização. Outro ponto importante deste modelo, que é apresentado na Figura 7, além da sua adaptabilidade à cada contexto, é ele levar em conta diversos outros aspectos da gestão de projetos e portfólios, como, por exemplo: gestão do conhecimento no projeto, documentação das atividades do projeto, gerenciamento da mudança, definição de indicadores de desempenho do PDP e relacionamento colaborativo com parceiros de projeto.

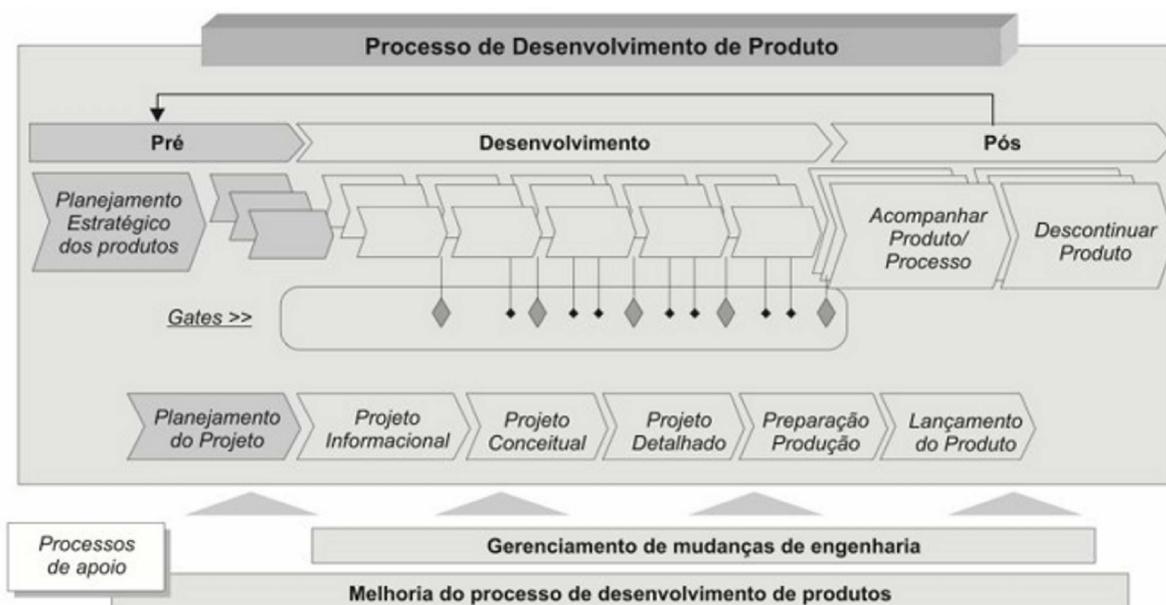


Figura 7: Modelo de Referência de PDP proposto por Rozenfeld et al. (2006)

Fonte: Rozenfeld et al. (2006).

Um dos elementos relevantes apresentados no modelo do PDP de Rozenfeld et al. (2006) é o processo de apoio de Melhoria Incremental do PDP, detalhado na Figura 8 a seguir. Os autores apresentam que este processo de apoio ao PDP é cíclico, iniciado a partir de um problema a ser resolvido ou uma oportunidade que surge. É sugerido pelos autores que as organizações estruturam este processo em conjunto com o PDP propriamente dito, com o objetivo de aperfeiçoar o seu modelo de PDP na medida que oportunidades internas e externas à empresa sejam identificadas. Outro fator importante mencionado por Rozenfeld et al. (2006) é a necessidade deste processo de apoio também estar vinculado com a estratégia da empresa, que deve ser também direcionadora para as melhorias necessárias no PDP.

Outro ponto relevante apresentado na publicação de Rozenfeld et al. (2006) é a proposição de *gates* ao final de cada fase de um projeto. Este é um conceito largamente apresentado no modelo de Cooper (1993), porém apresentado de forma mais detalhada, auxiliando sua operacionalização para as empresas que optarem por adotá-lo. A Revisão de Fase faz parte de um conjunto de atividades genéricas para cada fase do modelo, e tem como objetivo realizar uma avaliação pela equipe sobre a execução da fase, sobre o desempenho da própria equipe do projeto e também uma avaliação da evolução do projeto.

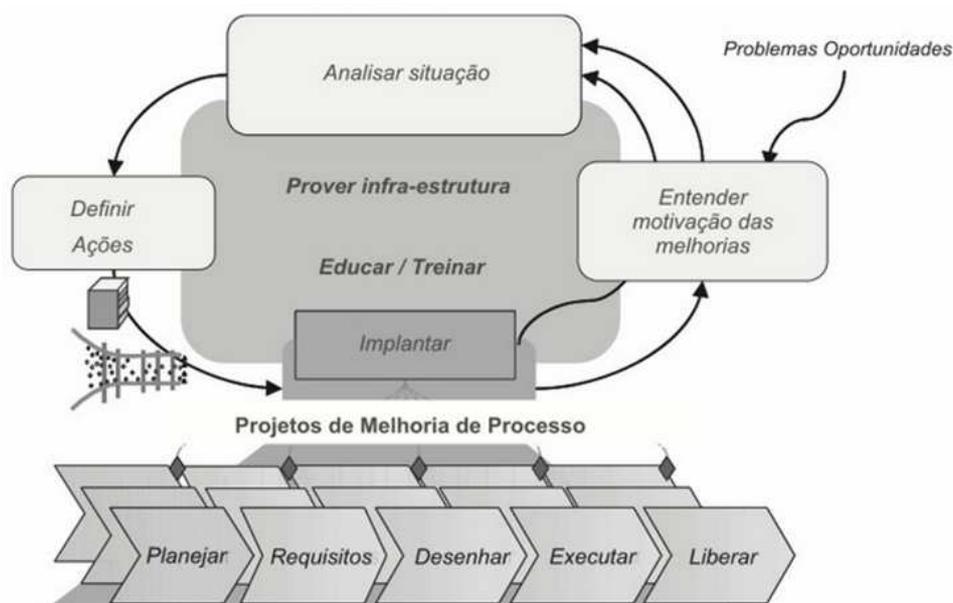


Figura 8: Processo de Melhoria do PDP proposto por Rozenfeld et al. (2006)
 Fonte: Rozenfeld et al. (2006).

Após analisar os modelos propostos por Cooper (1993) e Rozenfeld et al. (2006), é possível identificar que ambos propõem modelos com uma estrutura mais adequada e aderente ao PDP da indústria de bens de consumo, contendo etapas, atividades, *gates*, além de processos de suporte para apoiar e aperfeiçoar o PDP das organizações. Toda a estrutura proposta por estes modelos de referência precisa ser adaptada e integrada aos demais processos de negócio e à estratégia da organização.

Avançando a pesquisa na literatura buscando por trabalhos que apresentem casos de adaptação e/ou aplicação de modelos de referência na indústria, ganharam destaque alguns trabalhos que fizeram uso de elementos dos modelos de referência relevantes nesta pesquisa, ou por aplicação em segmentos de mercado alinhados com a indústria de autopeças/automotiva ou de manufatura em geral.

O trabalho de Dzulinski (2016) propõe um modelo de desenvolvimento de produtos para fornecedores da cadeia automotiva, que integrou elementos de modelos de referência com requisitos da norma ISO/TS 16949. Este trabalho contribui com uma visão mais detalhada dos requisitos específicos que são demandados pelas montadoras do segmento automotivo, e quais elementos de modelos de PDP podem contribuir em cada etapa do PDP da cadeia automotiva.

Já o trabalho de Silva e Kaminski (2017) propôs um *framework* orientativo para o PDP da indústria automotiva, abordando desde as etapas iniciais do PDP da montadora, até o casca-

teamento destas atividades para os fornecedores de autopeças. A contribuição deste modelo também está em correlacionar as atividades relacionadas ao PDP da cadeia automotiva com os modelos de referência disponíveis na literatura.

Foi possível observar que todas as publicações avaliadas durante a pesquisa, incluindo as apresentadas no trabalho, fornecem métodos bem estruturados, com etapas e atividades claras, propondo robustez ao longo da aplicação do PDP proposto. Este é o caso dos modelos de Dzulinski (2016) e Silva e Kaminski (2017). Entretanto, há carência de uma proposta de gerenciamento dinâmico do PDP, que proporcione as organizações focarem sua gestão naquelas atividades que são essenciais ao projeto, e otimizar o uso de seus recursos, em especial àquele mais escasso para as organizações atualmente: o tempo.

Salerno et al. (2015) argumentam que o ambiente de elevada competitividade em que as empresas estão inseridas cada vez mais vêm exigindo que seus modelos de trabalho sejam revisados, além de suas técnicas e ferramentas de gerenciamento. Neste sentido, uma das tendências é a integração de elementos de diferentes modelos de processo e gerenciamento de PDP, para desenvolver soluções mais adaptadas às necessidades de cada empresa. Um caminho que vem sendo explorado e publicado recentemente é a integração de elementos extraídos dos métodos ágeis de desenvolvimento de softwares ao processo de desenvolvimento de produtos (SOMMER et al., 2015).

No final do século passado, as empresas de desenvolvimento de software enfrentaram desafios semelhantes aos da indústria automotiva atual, com relação à necessidade de desenvolver produtos inovadores de maneira mais rápida e assertiva (SCHMIDTNER et al., 2020). Neste cenário, os **Métodos Ágeis** de desenvolvimento de softwares foram desenvolvidos como uma resposta aos modelos sequenciais com controle de fases, e têm uma natureza mais holística em que equipes multidisciplinares trabalham em paralelo ao longo do processo de desenvolvimento de produto (AHMED-KRISTENSEN; DAALHUIZEN, 2015). Os métodos ágeis são leves, com processos mais rápidos e ágeis do que aqueles invocados por métodos de desenvolvimento mais tradicionais (SOMMER et al., 2015).

Scrum e Kanban são duas das metodologias ágeis mais populares que se mostraram eficazes com milhares de empresas desde o início deste século. Algumas similaridades entre estas duas metodologias podem ser citadas: divisão dos projetos em tarefas menores; proposição de equipes auto-organizadas e bem gerenciadas; prezam pela transparência (ZAYAT; SENVAR, 2020). Também há aspectos que são distintos entre as duas metodologias, que serão abordados a seguir.

Embora atualmente uma série de diferentes métodos ágeis são conhecidos na literatura, o método ágil mais amplamente utilizado no desenvolvimento de software é o **Scrum**. E por

mais que tenha sido originalmente desenvolvido para a indústria de software, o Scrum atraiu grande interesse da comunidade de desenvolvimento de produtos industriais. O método Scrum foi amplamente adotado pela primeira vez pelos departamentos de TI; os resultados desses projetos atraíram a atenção de outros departamentos, inclusive de P&D, onde começou a ser visto como uma forma alternativa de gestão do desenvolvimento de novos produtos (SOMMER et al., 2015). As iniciativas de adaptar elementos de metodologias distintas, criando métodos híbridos de desenvolvimentos de produtos, apresentou novos métodos e conceitos de Desenvolvimento Ágil de Produtos - *Agile Product Development*.

A ideia principal do Scrum é dividir o processo geral de desenvolvimento em iterações, chamadas *sprints*, que resultam na criação de um incremento potencialmente entregável do projeto (SCHUH et al., 2018). Schmidtner et al. (2020) apresentam que no Scrum, cada *sprint* deve terminar com um incremento de produto novo e utilizável. No desenvolvimento de *hardware* com tarefas de longa duração, esse requisito pode levar a durações de *sprint* muito longas. Para compensar isso, a definição do resultado do *sprint* foi alterada. Em vez de um novo incremento de produto, cada *sprint* deve resultar em um artefato que pode ser avaliado pelo cliente. Exemplos disso incluem modelos 3D, planos de construção, simulações ou primeiros protótipos. Ao final de cada *sprint* é realizada uma revisão e, se necessário, o *backlog* é ajustado.

A estrutura geral do Scrum é apresentada no *framework* a seguir.

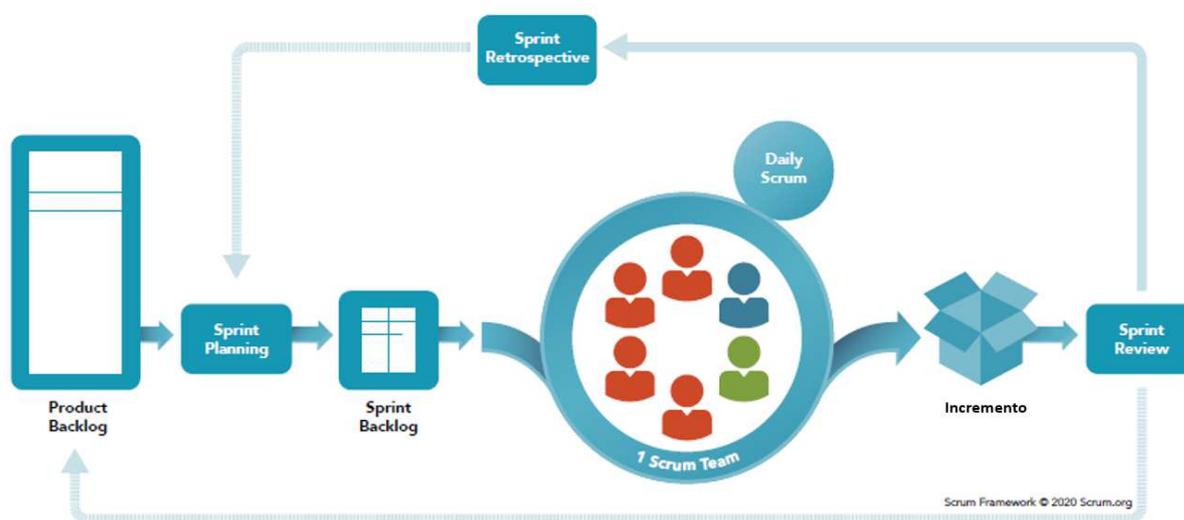


Figura 9: Scrum Framework, proposto por Schwaber e Sutherland (2020)

Fonte: scrumguides.org/download.

Já o **Kanban**, que possui seu conceito original extraído do Sistema Toyota de Produção, teve sua essência adaptada para implementação no desenvolvimento de *software* e sistemas de

tecnologia da informação em geral. O foco principal do Kanban é o fluxo de trabalho junto com a eliminação de atividades desnecessárias, o que leva a ciclos de *feedback* mais curtos. Talvez, o maior atributo do Kanban seja que ele fornece uma visualização clara do trabalho atribuído a cada funcionário. Além disso, comunica as prioridades e minimiza o trabalho em processo, desenvolvendo apenas os itens solicitados, o que leva a um fluxo contínuo do trabalho (ZAYAT; SENVAR, 2020).

O elemento central da metodologia Kanban é o Quadro Kanban (*Kanban Board*). Ele é dividido em colunas que representam as estações no fluxo de trabalho e, em seguida, os cartões se movem de uma coluna para outra simulando o que realmente está acontecendo no sistema real. Essa abordagem simples pode levar a uma grande clareza sobre o que deve ser feito e mostra quaisquer gargalos existentes, se houver. Desta forma, é possível visualizar o fluxo de trabalho, limitar o WIP, medir e gerenciar o fluxo e melhorar a produtividade (ZAYAT; SENVAR, 2020). Um exemplo de estrutura de Quadro Kanban pode ser visto na Figura 10 a seguir.

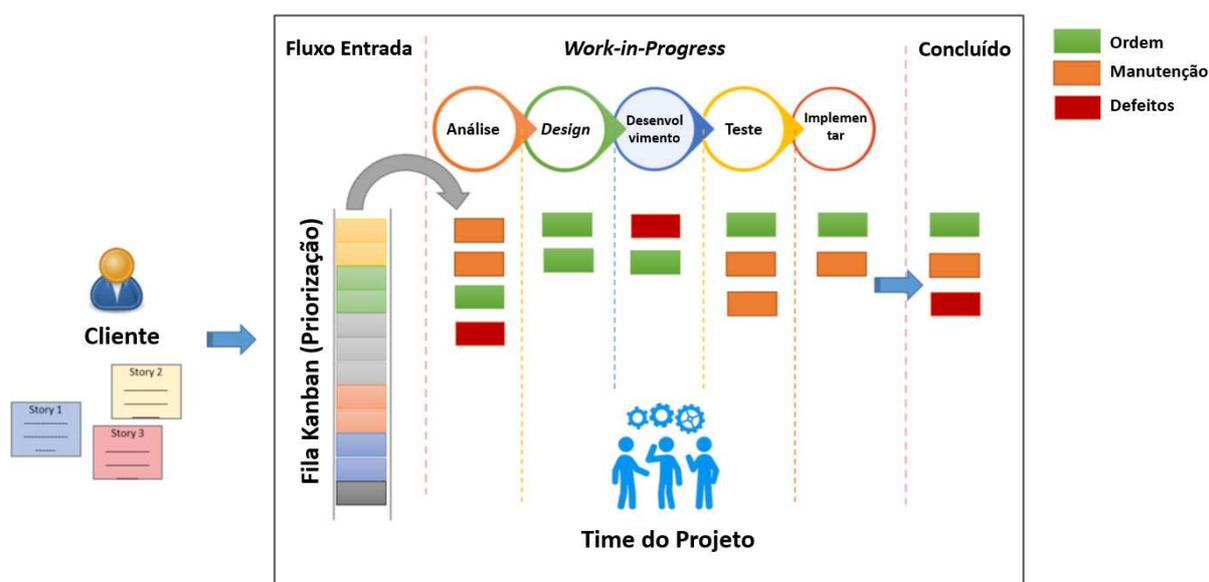


Figura 10: Quadro Kanban
Fonte: Adaptado de Zayat e Senvar (2020).

Zayat e Senvar (2020) apresentam ao final de seu estudo um resumo comparativo entre as metodologias Scrum e Kanban. Ele apoia o entendimento de seus conceitos, e auxilia na identificação de oportunidades de adaptá-los a outras realidades além do desenvolvimento de softwares:

"Concluindo, o Scrum é mais eficaz quando uma mudança fundamental é necessária ou quando o projeto está sujeito a um número específico de *user stories*. Essa metodologia valoriza muito os atributos da organização, como gerenciamento do tempo, planejamento, apresentação e acompanhamento do trabalho. Kanban é mais sobre o fluxo de trabalho. Esta metodologia se concentra na construção de uma estrutura simplificada; Kanban pode se adaptar para lidar com mudanças de instância ou prioridades diferentes. [...] Além disso, até certo ponto, ambas as metodologias são flexíveis e podem ser moldadas de acordo com os ambientes de trabalho onde, em alguns lugares, uma combinação das duas metodologias, que é referida como Scrumban, pode ser definida nas semelhanças entre Scrum e Kanban."

Se as vantagens dos métodos ágeis e híbridos puderem ser aproveitadas em toda a cadeia de valor das empresas, seus benefícios podem levar a tempos de desenvolvimento mais curtos e comunicação mais eficiente entre os times do projeto (SCHUH et al., 2018). Assim, algumas publicações foram identificadas na literatura, apresentando aplicações e adaptação de elementos das metodologias ágeis em ambientes industriais, ou integrando estes elementos com modelos tradicionais de PDP.

O trabalho de Sommer et al. (2015) e Ahmed-Kristensen e Daalhuizen (2015) propõe e avaliam a integração da metodologia Scrum ao *Stage-Gate* de Cooper (1993). Ambas pesquisas investigaram a integração destas duas metodologias no PDP de companhias de manufatura de diferentes segmentos. As publicações apresentaram que, na maioria das empresas pesquisadas, a gestão estratégica do PDP era baseada no *Stage-Gate*, utilizando o Scrum para estruturar a execução do trabalho dentro das equipes de desenvolvimento. As empresas que adaptaram seu PDP desta forma buscavam gerar dinamismo e interatividade nas fases de execução do projeto, mantendo a estrutura de etapas e *gates* ao longo do processo.

Já o artigo de Schuh et al. (2018) buscou identificar elementos dos métodos ágeis de desenvolvimento de softwares para serem integrado ao processo de desenvolvimento de produtos da indústria de manufatura. Avançando neste sentido, Varl, Duhovnik e Tavčar (2020) apresenta um estudo de caso da utilização da metodologia Scrum para estruturar o processo de desenvolvimento de produtos de uma indústria de equipamentos especiais (transformadores de energia). Como os produtos fabricado por esta indústria são altamente customizados, para suportar o dinamismo da equipe ao longo do PDP e reduzir o *time-to-market*, o caso apresentado aplicou os conceitos do Scrum por completo no seu PDP. Neste caso, a empresa conseguiu alcançar resultados significativos de redução do tempo de espera, preparação e realização de atividades do projeto dos produtos.

As pesquisas recentes identificadas na literatura demonstram que há uma tendência em relacionar modelos de referência de PDP tradicionais com elementos dos métodos ágeis de

desenvolvimento de softwares. Quando integrados, geralmente os modelos de referência são utilizados para estruturar o PDP e sua estratégia, e os métodos ágeis contribuem para articular a execução do trabalho das equipes. Esta combinação contribui em gerar dinamismo e interatividade ao longo do desenvolvimento dos projetos, ao mesmo tempo que há uma estrutura adequada do PDP como processo estratégico de negócio (SOMMER et al., 2015).

2.1.1 O APQP - Planejamento Avançado da Qualidade do Produto

Ao contrário do movimento de evolução percebido nas publicações sobre modelos de PDP e métodos ágeis, o conceito e o modelo proposto pelo Manual de APQP estão praticamente intactos desde meados da década de 90. Entretanto, ele continua sendo adotado como requisito específico de parte significativa das montadoras ao redor do mundo, como ferramenta de comunicação e padronização nos desenvolvimentos de novos produtos entre as montadoras e sua cadeia de suprimentos. A seguir serão apresentados os conceitos gerais do APQP, que necessitam ser integrados ao PDP das organizações que desejam fornecer às montadoras que são aderentes à esta ferramenta de qualidade.

Cada montadora de automóveis possui particularidades em relação às exigências de qualidade e de PDP direcionadas aos seus fornecedores. Entretanto, com a evolução do segmento automotivo, viu-se a necessidade de padronização no processo de seleção de fornecedores e nas consequentes exigências a eles direcionadas (DZULINSKI, 2016). Assim surge o APQP (*Advanced Product Quality Planning*) - Planejamento Avançado da Qualidade do Produto. Concebido no início da década de 90 nos Estados Unidos, o APQP é um modelo estruturado que define ações necessárias para o desenvolvimento de novos produtos na indústria automotiva de acordo com os requisitos da norma IATF 16949, sucessora dos sistemas QS-9000 e ISO/TS 16949. Ele estabelece um padrão mundial que unifica o vocabulário e o formalismo das atividades durante o PDP na cadeia automotiva (NAKAMURA, 2017).

O conceito APQP teve sua origem nos EUA, através da General Motors, Ford e Chrysler, para buscar padronizar os sistemas de qualidade das empresas montadoras, pois a existência de inúmeras normas gerava, para os fornecedores, esforços desnecessários para atender a todos os requisitos. Muitas vezes, duas normas exigiam praticamente o mesmo documento, porém com diferente formatação. Em outros casos, algumas empresas exigiam procedimentos extremamente burocráticos, sendo que outras já utilizavam soluções mais eficientes (JUNIOR; SOUSA NETO, 2016).

O processo de APQP é dividido em cinco fases e baseado na Engenharia Simultânea. O manual do APQP declara que a Engenharia Simultânea é um processo no qual equipes

multidisciplinares perseguem uma meta comum. Nas duas definições a essência é o abandono de uma abordagem sequencial para a realização de atividades, de modo concomitante, com o objetivo de acelerar o lançamento de produtos de qualidade (SOUZA, 2006). As 5 fases do APQP são:

- Fase 1:** Planejamento e definição do programa
- Fase 2:** Projeto e desenvolvimento do produto
- Fase 3:** Projeto e desenvolvimento do processo
- Fase 4:** Validação do produto e do processo
- Fase 5:** Retroalimentação, avaliação e ação corretiva

A Figura 11 abaixo mostra a estrutura geral apresentada pelo Manual de APQP AIAG (1995), com as 5 fases e a proposta de sobreposição, fazendo referência ao conceito de Engenharia Simultânea.

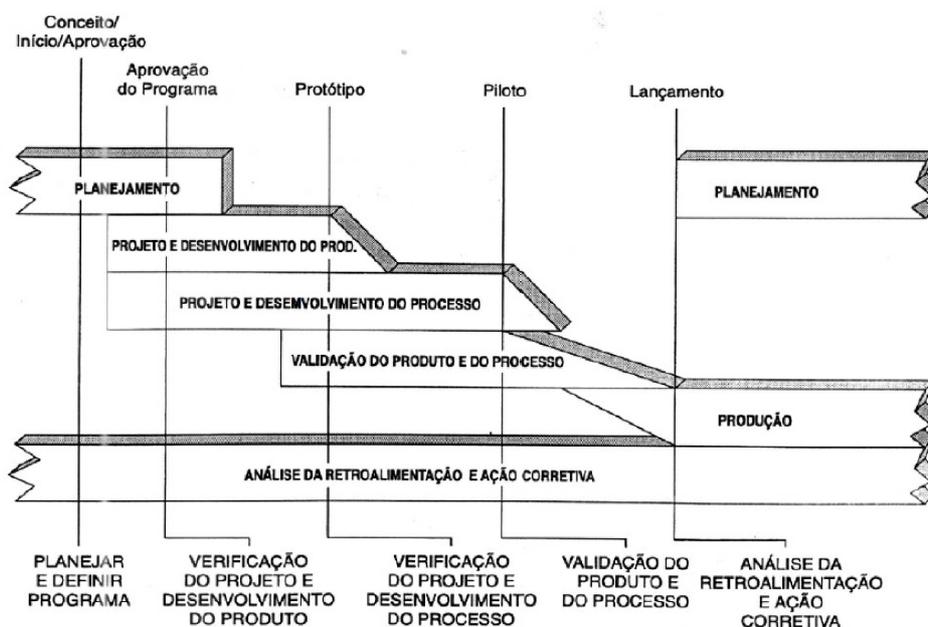


Figura 11: Macrofases do PDP, segundo o Manual de APQP

Fonte: AIAG (1995)

Embora o APQP seja desenvolvido e comumente requisitado pelas empresas americanas, as empresas europeias também possuem suas normas específicas de sistema de qualidade. É o caso da alemã VDA (*Verband der Automobilindustrie*), da francesa EAQF (*Evaluation Aptitude Qualité Fournisseur*), e da italiana AVSQ (*ANFIA Valutazione Sistemi Qualità*). Porém, no caso da VDA, o manual VDA 6.3 define como deve ser a auditoria sob o ciclo de vida do

do produto, e seu elemento de processo P3 é basicamente o próprio APQP, demonstrando as atividades exigidas para a etapa de desenvolvimento de um novo produto.

Vale ressaltar que tanto o APQP quanto a VDA 6.3 não determinam como deve acontecer o detalhamento do PDP no fornecedor, para evitar inibir a flexibilidade e a melhoria contínua dos processos (NAKAMURA, 2017). Porém, o fornecedor deve executar, no mínimo, as atividades solicitadas no manual, que são apresentadas resumidamente no Quadro 1 a seguir. É neste sentido que a adoção de modelos de referência para apoiar a estruturação do PDP das empresas fornecedoras de autopeças faz-se necessária.

Ainda referente à relação entre montadora e fornecedor durante o desenvolvimento de um novo produto, de acordo com Clark e Fujimoto (1991), o fornecedor da cadeia automotiva pode participar do projeto e do desenvolvimento do novo produto de diferentes formas, conforme três padrões (ROCHA; SALERNO, 2014):

I) Peça de propriedade de fornecedor: tipicamente de catálogo, quando a montadora adquire um produto padrão já desenvolvido e produzido pelo fornecedor;

II) Peça *black box*: quando a montadora fornece os requisitos gerais do produto, e o fornecedor o desenvolve buscando uma performance desejada e acordada;

III) Peças controladas: quando a montadora mantém o controle de engenharia básica, e o fornecedor basicamente desenvolve o processo de manufatura da peça.

Este aspecto de relação e responsabilidade sobre o produto muda drasticamente a estrutura e a organização do PDP do fornecedor. Desta forma, para fins de delimitação desta pesquisa, será considerado que o fornecedor tem relação do tipo III com a montadora, e ele estrutura seu PDP para atender as necessidades gerais de desenvolvimento do processo de manufatura do produto. De qualquer forma, por mais que o *design* básico do produto é de responsabilidade da montadora, o fornecedor pode (e deve) interagir com a montadora sempre que riscos ou oportunidades forem identificadas no projeto do produto.

Após o entendimento dos conceitos gerais sobre o PDP e das oportunidades encontradas nos modelos de referência para aperfeiçoar o PDP da indústria de autopeças, a seção seguinte irá abordar a relação deste processo de negócio com o contexto emergente da Indústria 4.0, e como os conceitos, técnicas e tecnologias que surgem e se atualizam podem contribuir na evolução do PDP.

Quadro 1: Atividades por Fase do APQP

Fase do APQP	Atividades/Requisitos
Fase 1	1.1- Voz do Cliente 1.2- Plano de Negócio 1.3- Dados de Benchmark do Produto/Processo 1.4- Premissas do Produto/Processo 1.5- Estudos de Confiabilidade do Produto 1.6- Dados Fornecidos pelo cliente 1.7- Objetivos do Projeto 1.8- Metas de Confiabilidade e Qualidade 1.9- BOM - Bill of Materials preliminar 1.10- Fluxograma Preliminar do Processo 1.11- Lista Preliminar de Características Especiais de Produto e Processo 1.12- Plano de Garantia do Produto 1.13- Suporte da Gerência
Fase 2	2.1- DFMEA 2.2- Projeto para Manufaturabilidade e Montagem 2.3- Verificação do Projeto 2.4- Análise Crítica do Projeto 2.5- Construção do Protótipo - Plano de Controle 2.6- Desenhos de Engenharia 2.7- Especificações de Engenharia 2.8- Especificações de Materiais 2.9- Alterações de Desenhos e Especificações 2.10- Requisitos para Novos Equipamentos, Ferramentas e Instalações 2.11- Características Especiais do Produto e Processo 2.12- Requisitos para Dispositivos de Medição/Equipamentos de Teste 2.13- Comprometimento da Equipe com a Viabilidade e Suporte da Gerência
Fase 3	3.1- Padrões e Especificações de Embalagem 3.2- Análise Crítica do Sistema da Qualidade do Produto/Processo 3.3- Fluxograma do Processo 3.4- Lay-out das Instalações 3.5- Matriz de características 3.6- PFMEA 3.7- Plano de Controle de Pré-Lançamento 3.8- Instruções de Trabalho 3.9- Plano de Análise dos Sistemas de Medição 3.10- Plano de Estudo Preliminar de Capabilidades do Processo 3.11- Suporte da Gerência
Fase 4	4.1- Corrida Piloto de Produção 4.2- Avaliação dos Sistemas de Medição 4.3- Capabilidade do Processo 4.4- PPAP - Processo de Aprovação de Peça de Produção 4.5- Testes de Validação da Produção 4.6- Avaliação das Embalagens 4.7- Plano de Controle de Produção 4.8- Aprovação do Planejamento da Qualidade
Fase 5	5.1- Redução das Variações do Processo 5.2- Satisfação do Cliente 5.3- Entregas e Serviço 5.4- Uso das Lições Aprendidas/Melhores Práticas

Fonte: Adaptado de AIAG (1995).

2.2 A Indústria 4.0

A transformação digital sempre teve forte conexão com a indústria desde a Terceira Revolução Industrial. Diferentes tecnologias estão crescendo exponencialmente e mudando radicalmente os processos industriais, acelerando-os e tornando-os mais flexíveis e inteligentes. A indústria de autopeças está cada vez mais marcada pela integração de novas tecnologias em seus produtos, e pela crescente necessidade de adaptar ou evoluir a gestão de custos do PDP, e otimizar processos que, até então, eram considerados "otimizados"(OLIVEIRA; NUNES; AFONSO, 2018). Nesta seção, será buscada uma delimitação para o conceito de Indústria 4.0, e também para o novo contexto que ela está apresentando à indústria em geral. Após, serão avaliados os impactos e exigências deste contexto ao PDP das empresas de autopeças, e como o PDP pode se beneficiar de elementos que emergem junto aos conceitos da Indústria 4.0.

O termo **Indústria 4.0** representa a Quarta Revolução Industrial, com um novo nível de organização e controle de toda a cadeia de valor ao longo do ciclo de vida dos produtos (ALVES, 2018). Para Kagermann et al. (2013), a Indústria 4.0 indica a transformação das indústrias tradicionais pela Internet das Coisas (*internet of things*), conectando e tornando-as fábricas inteligentes (*smart factories*). Estudos apontam que, para a análise e descrição da Indústria 4.0, é mais apropriado analisá-la um conjunto de tecnologias em vez de cada uma individualmente (KLINGENBERG; BORGES; ANTUNES JR, 2019). Segundo Alves (2018), a base da Indústria 4.0 se constituiu pela disponibilidade de todas as informações relevantes em tempo real, conectando todos os envolvidos da cadeia de valor, podendo melhorar, assim, a eficiência, reduzir custos, aumentar receita e, conseqüentemente, reforçar a competitividade da indústria.

Santos et al. (2017) citam, a partir da literatura, que a evolução das organizações em direção da Indústria 4.0 apresenta os seguintes objetivos:

I) a produção precisa se adaptar à uma demanda baixa, média e alta, ao mesmo tempo que há variação no tipo de produto a ser produzido;

II) rastreamento e auto-reconhecimento de peças e produtos durante sua manufatura através de "máquinas inteligentes";

III) melhor interação entre a interface homem-máquina (IHM);

IV) otimização da produção com base na comunicação das ferramentas da internet das coisas (IoT);

V) mudança significativa no modelo de negócio, o que contribui para mudar as formas de

interação com a cadeia de valor.

Um PDP para a Indústria 4.0 compatível com *smart factories* ainda está evoluindo gradualmente, e é impulsionado pelos desenvolvimentos de tecnologias embarcadas e interconectadas, e o envolvimento de todos os *stakeholders* deste processo. Schneider (2019) menciona que diversos autores resumem em nove as principais tecnologias relacionadas à Indústria 4.0, conforme Figura 12 a seguir.

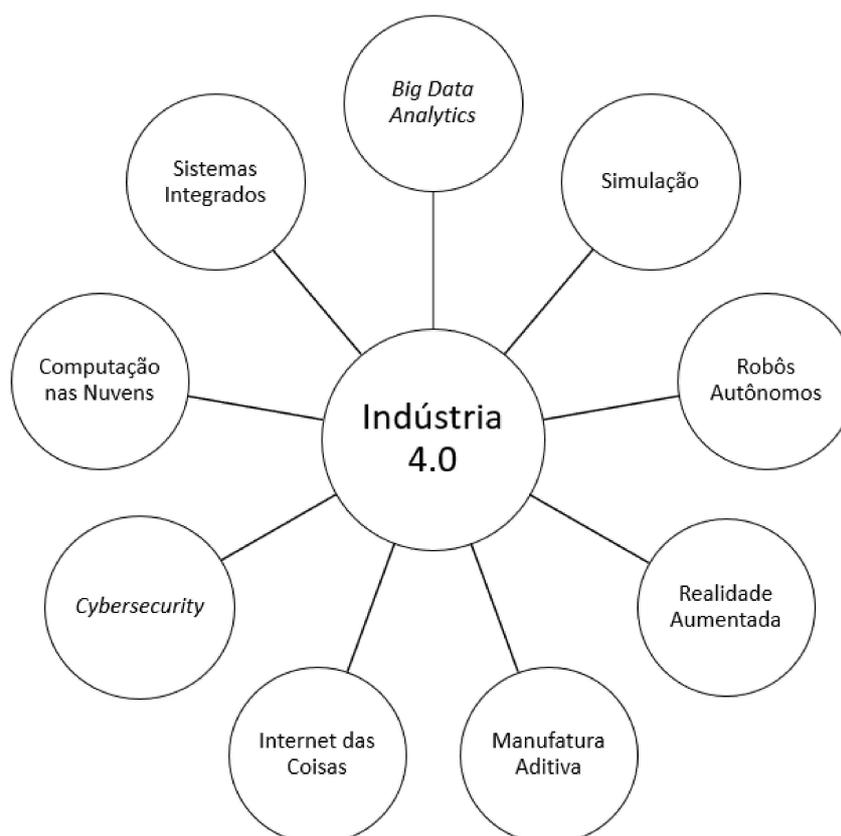


Figura 12: Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0
Fonte: Schneider (2019)

A compreensão das novas tecnologias, novas aplicações para tecnologias já consolidadas, e as relações delas com os processos de negócio e com as fases do ciclo de vida do produto oportunizam o entendimento sobre o impacto da Indústria 4.0 para as indústrias na atualidade. Neste sentido, Schmidt (2019) e Schneider (2019) descrevem resumidamente o conceito destas tecnologias:

1. *Big data analytics* (BDA): análise de grande quantidade de dados, gerados por equipamentos, máquinas, componentes, produtos e pessoas conectados, que ajudam a otimizar a

produção, reduzir o consumo de energia e melhorar a eficiência dos processos;

2. Simulação (*Simulation*): utilizada pelas organizações para testar e otimizar os processos, diminuindo os custos e tempos de produção, sem afetar os processos físicos antes da condição ideal;

3. Robôs autônomos (*Autonomous Robotics*): o uso de robôs no processo de fabricação não é novo, contudo, eles também estão sujeitos a melhorias e evolução, podendo ser mais flexíveis e colaborativos. Neste sentido, compreende-se que o conceito de “autônomo” ganha maior destaque;

4. Realidade aumentada (*Augmented Reality*): proporciona a exibição de imagens virtuais no ambiente real, reduzindo os custos e melhorando a informação, combinando simultaneamente: a combinação do ambiente real e virtual, interação em tempo real e registros e projeções tridimensionais;

5. Manufatura aditiva (*Additive Manufacturing*): produção de peças por meio de impressoras 3D, sendo possível fabricar rapidamente estruturas com geometrias complexas a partir da deposição de materiais camada sobre camada;

6. Internet das Coisas (*Internet of Things - IoT*): o termo refere-se a possibilidade de conectar um número infinito de "coisas" e objetos na rede, para que cada um tenha sua própria identidade e possa ser conectado de forma permanente ou intermitente, agindo de modo inteligente e sensorial;

7. *Cybersecurity*: segurança da informação e, também, proteção de todas as informações e dados de usuários, equipamentos e processos;

8. Computação nas nuvens (*Cloud Computing*): banco de dados criado, capaz de ser acessado de qualquer lugar por meio de dispositivos conectados à internet, e acessível de maneira conveniente e sob demanda;

9. Sistemas integrados (*System Integration*): ter sistemas totalmente integrados tem o objetivo de criar um cenário onde diversas áreas estão conectadas por meio da virtualização dos dados. Apresenta-se de três formas: Integração Vertical, Integração Horizontal e Integração *end-to-end*.

Outro conceito elementar e central, quanto se tratando de Indústria 4.0, é o CPS - *Cyber Physical Systems*. Klingenberg, Borges e Antunes Jr (2019) citam em sua pesquisa que esta tecnologia é a mais citada nas publicações relacionadas à Indústria 4.0. O termo CPS refere-se à combinação dos ambientes físicos e cibernéticos, quando ambos começam a atuar como

um só sistema. Essa interação demanda a integração de três elementos: sistemas embarcados, redes de comunicação, e conexão pela internet e pessoas (KLINGENBERG; BORGES; ANTUNES JR, 2019). O grande ponto de disrupção relacionado ao CPS é a possibilidade de desenvolvimento de processos autônomos, em que o próprio processo, baseado em algoritmos previamente programados, passa a ter capacidade de tomada de decisão e de se autoconfigurar quando necessário (JASKULSKI, 2018).

Como um resumo acerca dos conceitos e relação das tecnologias da Indústria 4.0, ela está alicerçada na integração do CPS na manufatura e logística, e no uso da IoT em todos os processos industriais. Além destes, acrescenta-se o BDA, como recurso chave na utilização dos dados para geração de vantagem competitiva às organizações (KAGERMANN et al., 2013; JASKULSKI, 2018; KLINGENBERG; BORGES; ANTUNES JR, 2019).

Outra abordagem importante para uma compreensão abrangente da Indústria 4.0, apresentada por Klingenberg, Borges e Antunes Jr (2019), os autores classificaram, a partir de seus achados na literatura, as tecnologias relacionadas à Indústria 4.0 em quatro grupos, conforme apresentado na Figura 13 a seguir. A classificação das tecnologias utilizou, como critério de classificação, a função que elas executam relacionadas aos dados/informação. Ao total, foram identificadas 111 diferentes tecnologias relacionadas à Indústria 4.0, coletadas em 119 artigos publicados. Os quatro grupos de tecnologias são apresentados a seguir.

- **Grupo 1** Geração e captura de dados: que engloba tecnologias que geram e coletam dados sobre produtos, componentes, máquinas, processos e pessoas. Este grupo engloba 6 tecnologias, como, por exemplo, sensores e RFID (*Radio-Frequency Identification*).

- **Grupo 2** Transmissão de dados: composto por tecnologias relacionadas ao transporte de dados desde seus pontos de origem até os locais onde serão armazenados ou utilizados. Este grupo engloba 23 tecnologias, como, por exemplo, *Internet of Things* e *Internet of Services*.

- **Grupo 3** Condicionamento, Armazenamento e Processamento de Dados: composto por tecnologias relacionadas à proteção, manutenção, disponibilidade e transformação de dados, gerando conhecimento. Este grupo engloba 22 tecnologias, como, por exemplo, *Big Data*, *Cloud Computing*, simulação e Inteligência Artificial.

- **Grupo 4** Aplicação de dados: composto por tecnologias que representam a aplicação de dados, alterando as atividades da cadeia de valor. Este grupo engloba 13 tecnologias, como, por exemplo, *Smart Factories* e robótica.

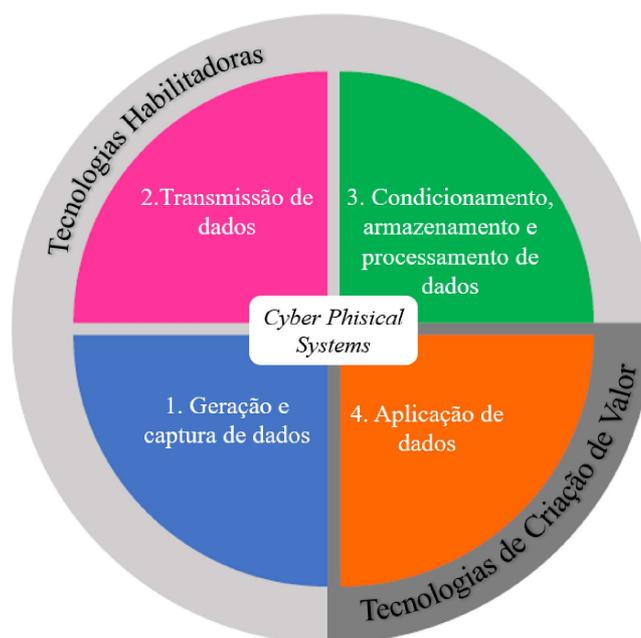


Figura 13: Classificação das Tecnologias da Indústria 4.0
 Fonte: Adaptado de Klingenberg, Borges e Antunes Jr (2019)

A literatura indica que a tendência para a fábrica do futuro é se destacar, majoritariamente, por sua digitalização, automatização, conexão e inteligência (JASKULSKI, 2018; SCHMIDT, 2019). Neste sentido, é importante analisar como os novos produtos e processos de manufatura da indústria em geral, mas especialmente abordando a indústria de autopeças neste trabalho, precisam avançar nesta direção. Desta forma, a próxima seção irá explorar os desafios e oportunidades relacionados ao PDP no contexto da Indústria 4.0.

2.3 A Indústria 4.0 e o PDP

Após a compreensão do que se trata a Indústria 4.0 e das tendências para a "fábrica do futuro", é importante avaliar como o PDP precisa se adaptar para contribuir na entrega de produtos e processos de manufatura que se aproximem cada vez mais deste contexto. Além disso, nesta seção será avaliada a relação entre os elementos e tecnologias da Indústria 4.0 com as etapas do PDP, identificando oportunidades de otimizar o PDP a partir da integração destes conceitos. Isso posto, partiu-se para a literatura para buscar publicações que explorassem a relação destes dois temas: Indústria 4.0 e o PDP. A partir dos documentos identificados na revisão da literatura, é possível constatar que os estudos e publicações referentes ao tema ainda são recentes e incipientes. Desta forma, foi necessário avaliar também publicações fora

do contexto da indústria de autopeças, para identificar aspectos que pudessem ser relevantes para este trabalho. A seguir serão apresentados os achados mais relevantes da pesquisa acerca do tema.

A pesquisa de Pessôa e Becker (2020) buscou, através da literatura e de entrevistas com especialistas da academia e da indústria, estabelecer características e elementos que moldarão o PDP ao longo da Quarta Revolução Industrial. Os autores trazem o termo *Smart Design Engineering* referenciando o desenvolvimento de produtos neste novo contexto. Os autores organizaram e apresentaram os resultados de sua pesquisa enumerando 10 tópicos principais (*key findings*). Cada um deles foi analisado e detalhado no artigo em 3 aspectos: I) Pessoas, II) Processo e III) Ferramentas, Técnicas e Tecnologias. Ao final, a pesquisa resume como a Indústria 4.0 moldará o PDP nos próximos anos da seguinte forma:

- **Pessoas:** Para maior aproveitamento das oportunidades apresentadas pela Quarta Revolução Industrial, as equipes de trabalho relacionadas ao PDP devem ser qualificadas em assuntos relacionados à tecnologia da informação, principalmente em análise e modelagem de dados e nos conceitos da *Internet of Things*. A *Cybersecurity* também precisa ser compreendida e respeitada por esses profissionais.
- **Processos:** O processo de desenvolvimento deve ser aprimorado como um todo, de modo a facilitar o uso e a interação com os dados e informações existentes e necessários sobre o produto e processo. Desta forma, o *Digital Twin* é uma abordagem que auxilia na tomada de decisão durante o PDP, e também facilita a preparação para futuros ciclos de mudança e melhoria no processo e produto desenvolvidos.
- **Ferramentas, técnicas e tecnologias:** O grande foco dos recursos tecnológicos que serão utilizados estarão relacionados à coleta e análise de dados, modelagem e simulação em ambientes virtuais, para possibilitar uma ágil integração entre *hardware* e *software*. Tudo isso auxiliará a criação do *Digital Twin* e operacionalização da *Internet of Things*.

Já o trabalho de Schneider (2019) buscou relacionar as tecnologias e ferramentas da Indústria 4.0 às fases do PDP. Por mais que o contexto de sua pesquisa é a indústria de elétricos eletrônicos, boa parte da pesquisa pode ser replicada para outros setores da indústria. Um resumo de parte desta pesquisa pode ser verificado na Figura 14 a seguir. O autor também apresentou quais indicadores de performance do PDP pode ser impactado positivamente com a adoção de elementos da Indústria 4.0. Sucintamente, ele identificou forte tendência de redução dos prazos de conclusão de cada etapa do PDP a partir da adoção de tecnologias da

Indústria 4.0, o que permite a redução do tempo de desenvolvimento dos produtos, consequentemente, redução de custos relacionados ao projeto.

É possível identificar, a partir da pesquisa de Schneider (2019), que praticamente todas os principais elementos e tecnologias da Indústria 4.0 tem relação com alguma etapa do PDP, e alguns elementos como *Cybersecurity* e Integração de Sistemas tem relação forte com todas etapas do PDP. Isso se dá pois são aspectos relacionados com toda a organização, não apenas ao PDP. Para esta dissertação, as contribuições mais relevantes são relacionadas às possibilidades de utilização do *Big Data* e Computação na Nuvem nas etapas iniciais do PDP, e a Simulação ao longo de todas etapas do PDP.

Ferramentas da 4.0	Etapas do Processo									
	Estabelecer Conceitos do Mercado	Definir Conceito do Produto	Definir o Produto	Amostras de Engenharia	Protótipos de Engenharia	Protótipos de Produção	Planejamento de Manufatura e Logística	Teste de Clínica e de Mercado	Implementação do Planejamento Logístico e de Produção	Lançamento do Produto para Produção
Big Data	80%	80%	60%	40%	40%	40%	60%	60%	40%	40%
Realidade Aumentada	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	20%	0%	0%
Internet das Coisas	60%	60%	60%	20%	20%	20%	20%	40%	20%	20%
Computação em Nuvem	80%	80%	80%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%
Manufatura Aditiva	0%	20%	20%	80%	80%	20%	20%	0%	20%	20%
Robôs e Sistemas autônomos	0%	0%	0%	20%	20%	20%	20%	20%	40%	60%
Simulações	80%	100%	80%	60%	60%	40%	80%	60%	40%	40%
Ciber Segurança	80%	100%	100%	80%	80%	80%	80%	80%	100%	100%
Cyber Physical Systems	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	80%	80%	80%
Integração de Sistemas	60%	80%	80%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%

Figura 14: Possibilidade de aplicação das ferramentas e tecnologias da Indústria 4.0 em cada Etapa do PDP

Fonte: Schneider (2019)

Outros artigos também surgiram na revisão da literatura analisando a relação de PDP e Indústria 4.0, entretanto, explorando com mais ênfase as etapas relacionadas ao *design* do produto. O artigo de Santos et al. (2017) menciona que as etapas de definição de requisitos e *design* do produto tem forte relação com os elementos da Indústria 4.0, devido a estas fases se beneficiarem da elevada disponibilidade de informações e a conectividade oportunizadas pela IoT.

O trabalho de Oliveira, Nunes e Afonso (2018) apresenta o resultado de uma pesquisa com fornecedores de autopeças de Portugal, de diversos segmentos, acerca das oportunidades identificadas por estas empresas com a integração de elementos da Indústria 4.0 no seu PDP. O uso da manufatura aditiva para prototipagem rápida é uma oportunidade que vem sendo mais

explorada pelas empresas. Outro achado na pesquisa de Oliveira, Nunes e Afonso (2018) é o uso mais intenso de softwares no desenvolvimento dos produtos para potencializar a engenharia simultânea, principalmente em produtos que há tecnologia embarcada. Neste cenário surgiu um novo desafio para os fornecedores entrevistados, que é o gerenciamento de várias frentes de trabalho independentes, muitas vezes de fora da organização. O exemplo citado no artigo foi de empresas parceiras que desenvolvem o software que será utilizado no produto que a indústria de autopeças está desenvolvendo. Uma tendência identificada por este estudo é a adoção de metodologias oriundas das próprias empresas de desenvolvimento de softwares (Métodos Ágeis), pois o PDP destas duas indústrias está apresentando uma dinâmica cada vez mais parecida.

Já o trabalho de Patil, Kulkarni e Rao (2019) propõe um processo de desenvolvimento de um novo produto para os *Smart Manufacturing Systems* da Indústria 4.0. O estudo menciona que as fases tradicionais de PDP (estes autores consideram 6 fases: planejamento, desenvolvimento do conceito, projeto em nível de sistema, projeto detalhado, testes e refinamento, *ramp-up* de produção) precisam ser adaptadas para desenvolver sistemas de manufatura ou produtos inteligentes. Isso também vale para o processo de gestão do PDP, que é lógico, estruturado e baseado em procedimentos. Os autores apresentam que o PDP de produtos e processos para a Indústria 4.0 exigirá dinamismo das organizações, muitas vezes formatando uma estrutura de PDP adaptada para cada novo projeto, o que exigirá uma atuação diferente de todos os envolvidos no PDP da organização.

Por mais que o estudo de Patil, Kulkarni e Rao (2019) seja desenvolvido no contexto de fabricantes de máquinas e equipamentos industriais (*machine tools*), a abordagem apresentada pelos autores tem relevância ao contexto desta pesquisa. O PDP proposto pelos autores, com expressiva interação entre as fases, busca a implementação de um produto e processo com forte relação com dados. Para que o PDP proposto por Patil, Kulkarni e Rao (2019) seja possível, é crucial que o desenvolvimento de produtos e processos sejam conectados à fábrica existente, e permaneçam gerando informações continuamente para possibilitar *feedbacks* aos novos desenvolvimentos.

A publicação de Inkermann et al. (2019) apresenta um *framework* genérico para apoiar na classificação e aplicação de tecnologias da Indústria 4.0 relacionadas ao desenvolvimento de produtos e processos. Os autores definiram 5 classificações para as tecnologias de acordo com seu o âmbito de aplicação (Produção, Desenvolvimento de Produto, *Stakeholder*, *Cyber World* e Uso em Campo), e sugeriram a aplicação mais adequada destes tipos de tecnologias ao longo do ciclo de vida do produto (Planejamento, Desenvolvimento, Produção e Uso). Um aspecto bem explorado pelos autores são a interface entre os processos de desenvolvimento e

de produção, e o planejamento e a aplicação dos *cyber physical systems*. Os autores reforçam a abordagem de integração cíclica dos *inputs* e *outputs* desde o início do processo de desenvolvimento até a produção do produto, reforçando que o PDP na Indústria 4.0 necessita de várias etapas de *loops* e *feedbacks* antes da transição efetiva do mundo virtual para o mundo físico de um produto ou processo de manufatura.

Ainda sobre a abordagem de Inkermann et al. (2019), os autores reforçam que é essencial integrar o modelo de produto e o modelo de produção (processo) para criar um *cyber physical system* robusto. Isso sendo possível, uma série de vantagens podem ser extraídas das tecnologias da Indústria 4.0. Os autores mencionam que, a partir do projeto virtual do produto e do processo, são possíveis uma série de validações e análises antes de iniciar a produção, evitando erros antes de encaminhar o produto e processo à produção real. Os autores chamam estas atividades de *Virtual Start-up*.

A abordagem apresentada na pesquisa de Inkermann et al. (2019) remete a um conceito que emergiu com muita frequência em demais estudos relacionados ao PDP na Indústria 4.0, é o **Digital Twin - Gêmeos Digitais**. Esse conceito vem ganhando maior espaço nas etapas do PDP, já que é possível que o *digital twin* seja gerado a partir do desenvolvimento de um novo produto ou processo. Lim, Zheng e Chen (2019) enumeram diversas definições de *digital twin* encontradas na literatura. Entretanto, o núcleo destas definições é sempre o mesmo, de forma que pode ser considerado como "uma réplica virtual do ativo físico com alta fidelidade, com comunicação em tempo real de duas vias, para fins de simulação e tomada de decisão para aprimoramento produto e serviço relacionados". A Figura 15 apresenta um resumo dos conceitos que caracterizam o *digital twin*.

Tao et al. (2018) acrescenta as três seguintes características do *digital twin*: 1) reflexo em tempo real, do espaço físico e virtual; 2) interação e convergência, relacionadas aos aspectos de a) espaço físico, b) dados históricos e dados em tempo real e c) fatores físicos e ambiente virtual; e 3) auto-evolução, quando os dados em tempo real podem ser utilizados para aperfeiçoar os modelos virtuais, e estes serem comparados simultaneamente. Ao longo dos anos, o conceito e a abrangência do *digital twin* vem evoluindo, desde uma simples "representação virtual de um ativo físico, com suas propriedades", até, mais recentemente, como "o processo de simular, registrar e aprimorar o processo de produção, desde a etapa de projeto até o final do ciclo de vida do produto, incluindo o conteúdo do espaço virtual, espaço físico e a interação entre eles"(LIM; ZHENG; CHEN, 2019).

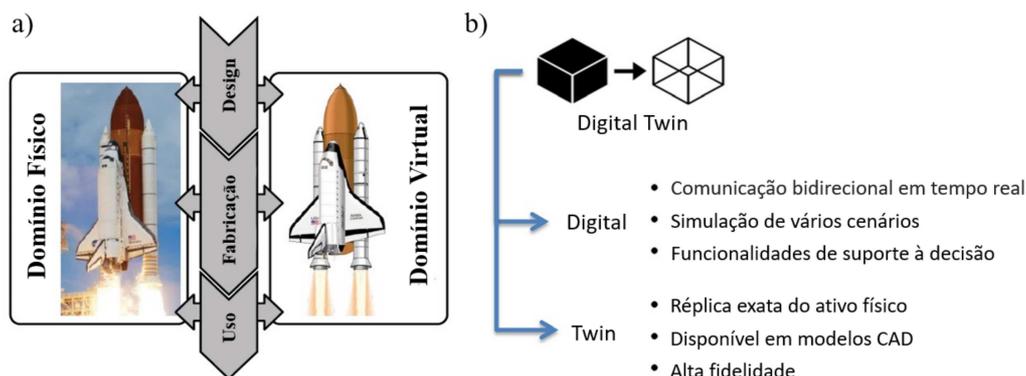


Figura 15: Caracterização do *digital twin*

Fonte: a) Adaptado de Wagner et al. (2019) e b) Adaptado de Lim, Zheng e Chen (2019)

Com base nas definições conceituais do *digital twin*, podem-se identificar seus benefícios e aplicabilidade não só no PDP, mas continuamente ao longo do ciclo de vida do produto. Tao et al. (2018) apresenta que, durante o projeto de um produto, o *digital twin* podem suportar os engenheiros a integrar facilmente as inúmeras informações de especificações e requisitos do projeto e do produto, juntamente com os dados do aspecto físico do processo que serão adotados. Além disso, conseguem apoiar grande parte da validação do produto e do processo virtualmente, reduzindo inúmeros testes práticos que, por vezes, são caros e demorados.

A interação e integração das fases iniciais do PDP com os elementos do *digital twin*, segundo Tao et al. (2018), podem ser observadas na Figura 16 a seguir. A troca de informações entre o ambiente físico e virtual ao longo do PDP é rica (projeto conceitual, projeto detalhado e projeto virtual), pois possibilita o aperfeiçoamento do projeto de um novo produto e novo processo, a partir do que está ocorrendo na prática com produtos ou processos reais (relação entre fatores físicos e virtuais).

Já a Figura 17, apresentada por Tao et al. (2019) auxilia no entendimento das tecnologias habilitadoras do *digital twin*, e sua relação e contribuição ao longo do ciclo de iteração dos ambientes físico e virtual. Os autores apresentam 6 etapas para criação de um gêmeo digital funcional, e relacionam com cada etapa as tecnologias habilitadoras que podem suportá-las.



Figura 16: Digital twin no PDP
 Fonte: Adaptado de Tao et al. (2018)

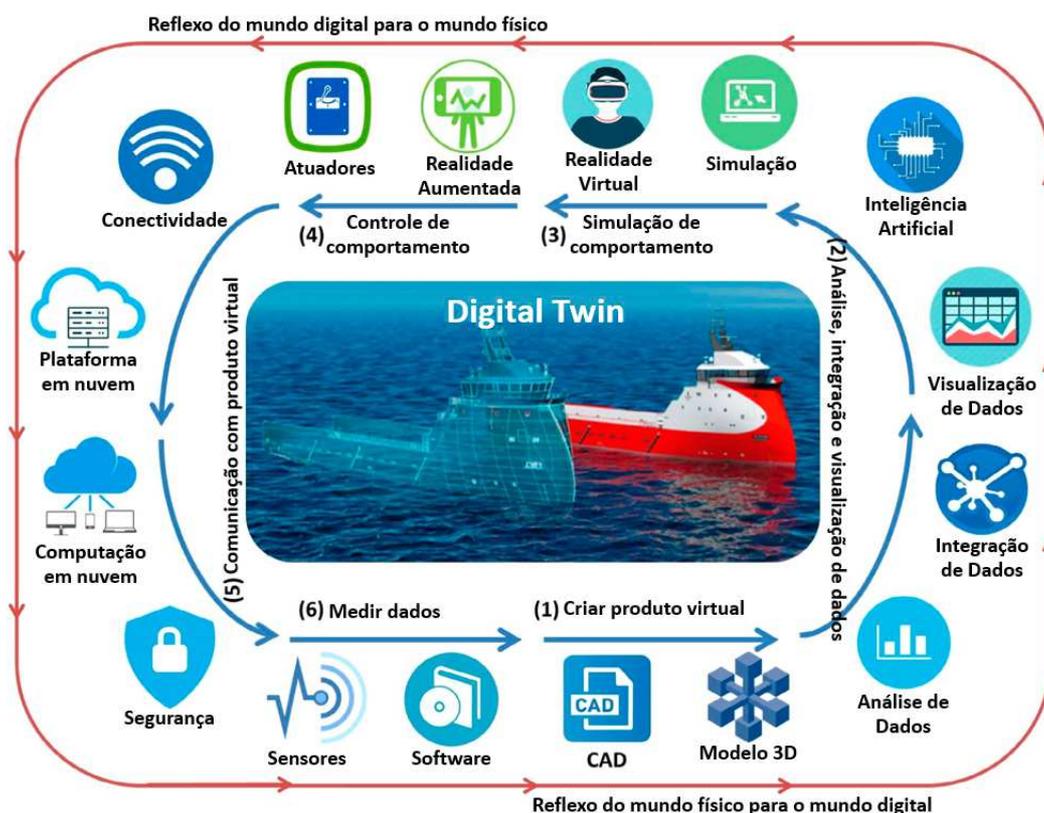


Figura 17: Tecnologias Habilitadoras do Digital twin
 Fonte: Adaptado de Tao et al. (2019)

Fazendo uma relação da abordagem do *digital twin* de Tao et al. (2019) com o PDP, explorando os elementos das Figuras 16 e 17, é possível identificar as seguintes oportunidades com as relações entre cada uma das fases do PDP e das tecnologias habilitadoras do DT:

- **(2) Análise, integração e visualização dos dados:** Os elementos e tecnologias para Análise de Dados, Integração de Dados, Visualização de Dados e Inteligência Artificial podem ser relacionadas e suportar as etapas iniciais do PDP, principalmente no planejamento e definição do melhor processo de manufatura para o produto em questão. Os dados podem ser coletados de uma série de locais diferentes, principalmente relacionados à produtos e processos físicos existentes. A partir daí, Tao et al. (2019) apresenta como agregá-los ao *digital twin*, o que também pode ser replicado ao PDP:

"Em primeiro lugar, a Análise de Dados é necessária para converter os dados em informações mais concretas, que podem ser consultadas diretamente pelos engenheiros para as tomadas de decisão. Em segundo lugar, uma vez que os dados do produto são coletados de diversas fontes, a Integração de Dados é útil para descobrir os padrões ocultos que não podem ser descobertos com base em uma única fonte de dados. Em terceiro lugar, as tecnologias de Visualização de Dados são incorporadas para apresentar os dados de uma forma mais explícita. Finalmente, técnicas avançadas de Inteligência Artificial podem ser incorporadas para melhorar a capacidade cognitiva de um *digital twin* (por exemplo, raciocínio, resolução de problemas e representação de conhecimento), de modo que certas recomendações relativamente simples podem ser feitas automaticamente."

- **(1) Criar Projeto Virtual:** As tecnologias de CAD (projeto assistido por computador) e modelagem 3D podem ser relacionadas com as etapas de projeto do produto e do processo no PDP. Isso possibilita criar um modelo virtual do produto contendo as características e especificações de acordo com o projeto do cliente, utilizando-o como entrada para projetar um processo de manufatura capaz de produzir este produto.
- **(3) Simulação de Comportamento:** As tecnologias de Simulação e Realidade Virtual oportunizam a análise e otimização dos projetos de produto e processo, ainda no ambiente virtual do projeto. A RV auxilia os engenheiros, e até mesmo os usuários daquele processo, a interagir com o produto diretamente no ambiente simulado.
- **(4) Controle do Comportamento, (5) Comunicação com o Produto Virtual e (6) Medir dados:** Com as 3 etapas anteriores desenvolvidas durante PDP, as 3 etapas seguintes

são possíveis serem aplicadas ao longo da produção corrente do produto. Com o produto e processo desenvolvidos em ambientes virtuais, a abordagem do *digital twin* fica completa quando o produto e processo físico são conectados a partir da aplicação e uso de tecnologias como: Atuadores, Conectividade, Plataforma na Nuvem, Computação na Nuvem, *Cybersecurity*, Sensores e Softwares.

Em suma, a integração da abordagem do *digital twin* no PDP oportuniza elevar o nível dos resultados do projeto, a partir da adoção de elementos e tecnologias habilitadoras sugeridas na pesquisa de Tao et al. (2019). Mas além disso, oferece à organização a oportunidade de avançar em direção à *smart factory*, possibilitando que os modelos digitais do produto e processo sejam conectados à fábrica física, e utilizados como ferramenta de análise e otimização dos processos.

Publicações explorando a relação entre o PDP e a Indústria 4.0 ainda são recentes na literatura disponível. Dos documentos que foram analisados, uma parcela considerável aborda as oportunidades de integração dos elementos da Indústria 4.0 nas fases iniciais do PDP, voltadas à geração de ideias e *design* do produto, que não são o foco desta pesquisa. Já para as etapas de desenvolvimento do processo, utilizando o conceito do *digital twin* é possível perceber que as tecnologias relacionadas à coleta e análise de dados (*Big Data Analytic* e Inteligência Artificial, por exemplo) podem apoiar no planejamento mais assertivo de um novo processo de manufatura, e tecnologias para modelagem, simulação, otimização e visualização (CAD, simulação e Realidade Virtual, por exemplo) podem suportar a criação e validação do produto e do processo virtualmente, antes de sua implementação.

2.4 Síntese do Capítulo e Proposição de um Modelo Conceitual Baseado na Literatura - ARTEFATO M0

Nesta seção, um resumo dos aspectos mais relevantes identificados na literatura serão apresentados e, em seguida, um modelo conceitual de PDP será proposto, como solução preliminar ao problema de pesquisa.

A Figura 22 abaixo apresenta o esquema utilizado durante a pesquisa na literatura, que também é utilizado como base para a elaboração do Artefato Preliminar M0. Nele é demonstrado que o artefato será estruturado da seguinte forma:

I - **Estrutura geral** do PDP proposto será baseado nas macro-fases do APQP, que serão adaptadas para dar ênfase nas atividades de desenvolvimento do processo de manufatura, que são o foco desta pesquisa;

II - Análise do **processo** geral do APQP, incorporando novos elementos, e suas interações, de forma que contribuam para uma estrutura e gestão aprimorada do PDP;

III - Análise de **tecnologias**, que também contemplará ferramentas e técnicas, para suportar e dar mais robustez ao PDP, levando os projetos de novos produtos cada vez mais próximos ao contexto da Indústria 4.0;

IV - **Pessoas** é um fator relevante para o PDP das organizações, porém, não será abordado nesta pesquisa, devido à delimitação do escopo do trabalho.

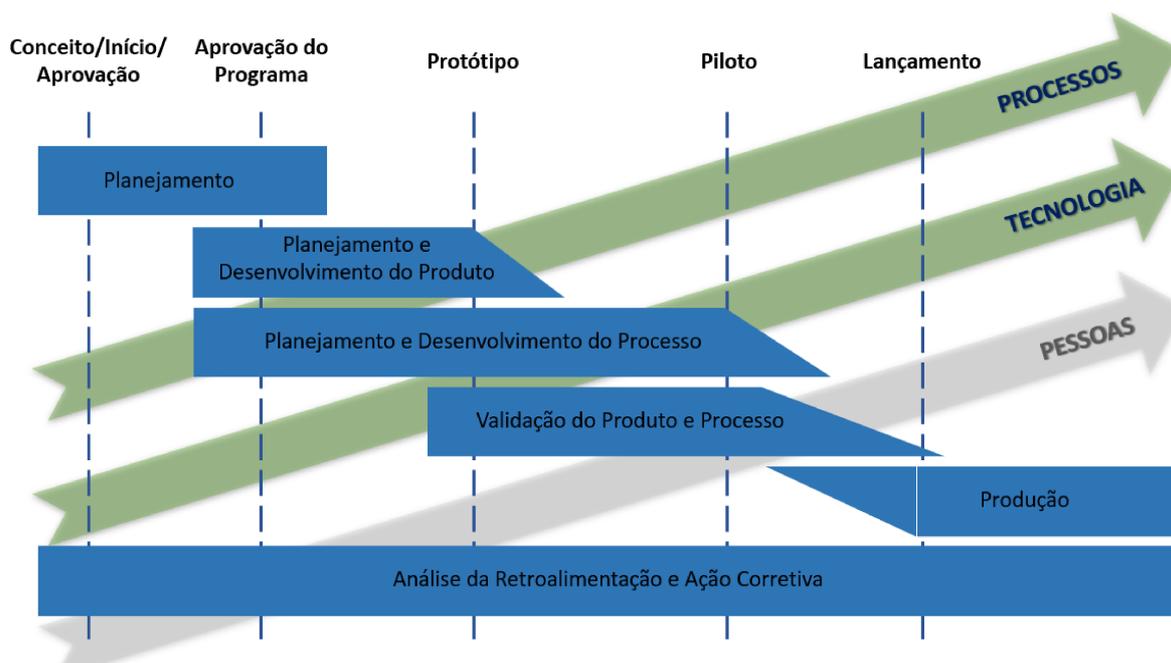


Figura 18: Esquema utilizado para elaboração do Modelo Conceitual
Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir, os elementos mais relevantes da literatura, e sua inter-relação, são apresentados:

- O PDP pode ser considerado um dos processos de negócio mais estratégicos das organizações. Por ele passam muitas decisões críticas que interferem na competitividade e futuro das organizações. Estruturar um processo de desenvolvimento de produtos adequado para as necessidades e a estratégia de cada empresa é fator-chave para mitigar os riscos e controlar as incertezas que são inerentes ao PDP (PAULA; MELLO, 2013; ROZENFELD et al., 2006; TOLEDO et al., 2008).
- Buscando por referências e melhores práticas disponíveis na literatura, direcionadas para as etapas do PDP que serão abordadas nesta pesquisa (desenvolvimento e implementação dos processos de manufatura), os modelos classificados como lineares ou

tradicionais são aqueles que mais apresentam elementos com relação ao problema de pesquisa. Dentre eles, a pesquisa foi direcionada para os modelos de Cooper (1993) e Rozenfeld et al. (2006), considerados os mais relevantes. Ambos, apresentam uma estrutura processual que contém estágios, etapas, *gates* de avaliação, além da proposição de processos de apoio ao PDP (por exemplo, processo de melhoria proposto por Rozenfeld et al. (2006)) (COOPER, 1993, 1994; ROZENFELD et al., 2006; BAGNO; SALERNO; SILVA, 2017; SALERNO et al., 2015; DZULINSKI, 2016).

- Buscando por estudos que demonstrem aplicação ou adaptações de modelos de referência na indústria, os trabalhos identificados seguem a tendências dos modelos de PDP lineares, com atividades sequenciais com estágios e *gates*. Neste aspecto, uma limitação dos modelos e estudos publicados é o risco destes processos se tornarem rígidos e lentos, prejudicando a velocidade e flexibilidade da entrega dos projetos aos clientes, afetando a competitividade das empresas (SOMMER et al., 2015; SILVA; KAMINSKI, 2017; DZULINSKI, 2016; NAKAMURA, 2017).
- Por outro lado, publicações recentes vêm explorando a oportunidade de integrar elementos originalmente utilizados nos métodos ágeis de desenvolvimento de softwares, com objetivo de aperfeiçoar os modelos de PDP, tornando-os mais flexíveis, ágeis e focados nas necessidades do cliente. Esta oportunidade é recente e pouco explorada na indústria de manufatura em geral, e esta lacuna de conhecimento será abordada neste trabalho (SOMMER et al., 2015; SCHUH et al., 2018; AHMED-KRISTENSEN; DAALHUIZEN, 2015; VARL; DUHOVNIK; TAVČAR, 2020; ZAYAT; SENVAR, 2020).
- Buscando por conceitos e possíveis adaptações de elementos, técnicas e ferramentas dos métodos ágeis ao PDP, a partir da análise do artigo de Zayat e Senvar (2020) identificou-se oportunidades relacionadas ao Scrum e Kanban. O Kanban apresenta a possibilidade de apoiar na gestão do fluxo de trabalho, com elementos simples e visuais (por exemplo, o Quadro Kanban). Já o Scrum é mais eficaz quando utilizado para suportar o desenvolvimento incremental de algo que já está melhor definido e claro para a equipe, dividindo os entregáveis em partes menores, e monitorando a evolução do trabalho por rotinas de acompanhamento e avaliação (ZAYAT; SENVAR, 2020; SCHUH et al., 2018; SCHMIDTNER et al., 2020; SOMMER et al., 2015).
- Outros aspecto que não pode ser deixado de lado na proposição de um modelo de PDP para fornecedores de montadoras é o atendimento aos seus requisitos normativos. Neste trabalho, foi optado em para buscar aderência ao Manual de APQP da AIAG. Sua prin-

principal contribuição para o PDP da indústria de autopeças é a padronização dos requisitos e da comunicação entre as montadoras e seus fornecedores (AIAG, 1995; DZULINSKI, 2016; JUNIOR; SOUSA NETO, 2016).

- A Indústria 4.0 emerge, elevando o patamar da competitividade das organizações para outro nível. A fábrica do futuro, vislumbrada a partir da Quarta Revolução Industrial, se destaca por sua digitalização, automatização, conexão e inteligência. (JASKULSKI, 2018; SCHMIDT, 2019; SCHNEIDER, 2019).
- Independentemente das mudanças do produto a partir da evolução da indústria automotiva, ou das novas expectativas para os processos de manufatura que necessitam avançar em direção à Indústria 4.0, o PDP continuará sendo um processo de negócio estratégico para a organização. Entretanto, a sua abordagem precisa se adaptar a um novo contexto, possibilitando o desenvolvimento de produtos mais ágil, mais robusto, mais barato e mais dinâmico. Estas são as principais expectativas expressadas nas publicações analisadas (SCHNEIDER, 2019; OLIVEIRA; NUNES; AFONSO, 2018; PATIL; KULKARNI; RAO, 2019).
- Buscando por ferramentas, técnicas e tecnologias emergentes da Indústria 4.0 que contribuam ao PDP da indústria de autopeças, um conceito que se destacou durante a revisão da literatura foi o *digital twin* - gêmeos digitais. O DT consiste em três partes: produto físico, produto virtual e a ligação entre o produto físico e virtual. A oportunidade identificada na literatura está em integrar a perspectiva do *digital twin* ao longo das etapas do PDP, durante o planejamento e implementação de um novo processo de manufatura. Esta oportunidade pode ser dividida em **dois aspectos** (TAO et al., 2018, 2019; LIM; ZHENG; CHEN, 2019).
- **O primeiro aspecto** é o uso das tecnologias relacionadas ao *digital twin* (e também à Indústria 4.0) para aprimorar o PDP. Neste sentido as tecnologias relacionadas à análise, integração e visualização dos dados, criação do projeto virtual, modelagem, simulação e apresentação dos resultados apresentaram maior contribuição para otimizar o PDP da indústria de autopeças. Estas são as mesmas tecnologias relacionadas à criação do gêmeo virtual do DT (INKERMANN et al., 2019; TAO et al., 2019; SCHNEIDER, 2019; OLIVEIRA; NUNES; AFONSO, 2018).
- **O segundo aspecto** é a utilização do gêmeo digital (desenvolvido a partir do projeto virtual ao longo do PDP) na conexão e integração com seu o gêmeo físico (produto e processo implementados), oportunizando a criação de um sistema de comunicação,

simulação, análise e otimização dos processos ao longo do ciclo de vida do produto. Esta pode ser uma contribuição relevante do PDP, auxiliando a empresa avançar em direção à Indústria 4.0 a cada novo projeto desenvolvido (TAO et al., 2018, 2019).

- Para que o ciclo de criação de um *digital twin* funcional seja completo, é necessária a aplicação de tecnologias relacionadas ao controle do produto e processo, coleta de dados, conexão e comunicação (TAO et al., 2018, 2019; GUO et al., 2019). Entretanto, a discussão dos conceitos e tecnologias relacionados a estas etapas não serão abordadas nesta dissertação.
- Por fim, é possível identificar que a integração da abordagem do *digital twin* ao PDP oportuniza as empresas a darem um passo em direção à fábrica do futuro a cada novo projeto, evoluindo incrementalmente seus processos baseados na tecnologia que eles farão uso durante seu desenvolvimento, e posteriormente ao longo de sua produção.

A partir dos achados na literatura, será proposto um modelo conceitual, denominado Artefato M0. Ele representa a proposição de uma solução preliminar ao problema de pesquisa tratado nesta dissertação. O Artefato M0 é apresentado na Figura 19 a seguir.

Após a pesquisa e análise da literatura disponível, foi possível identificar e entender os conceitos mais relevantes acerca do problema de pesquisa. Com esta etapa concluída, no capítulo seguinte será apresentada a metodologia elaborada para o desenvolvimento da pesquisa.

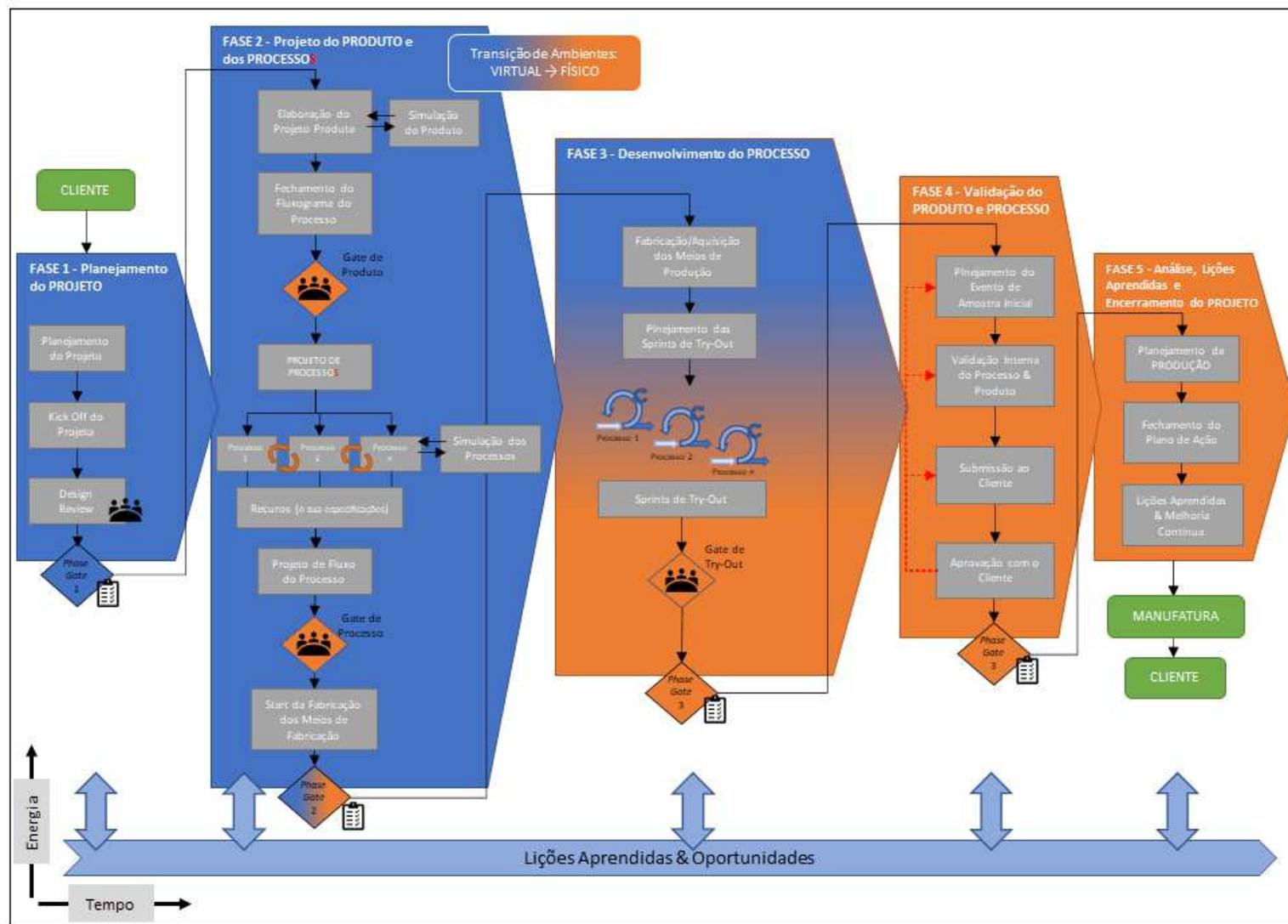


Figura 19: Artefato M0 Preliminar
 Fonte: Elaborado pelo autor.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo será apresentada a Metodologia de Pesquisa que foi utilizada no desenvolvimento do trabalho, bem como o Método de Trabalho adotado para alcançar os objetivos propostos e apresentados no Capítulo 1. Inicialmente, o Método de Pesquisa escolhido e os motivos da sua escolha serão apresentados na Seção 3.1, e, após, o Método de Trabalho será apresentado e detalhado na Seção 3.2.

3.1 Metodologia

Com o objetivo de demonstrar rigor na pesquisa e confiabilidade dos resultados obtidos, a escolha de um Método de Pesquisa adequado e reconhecido pela comunidade científica é fundamental (DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015). Partindo da necessidade de solucionar um problema real, do cotidiano de diversos profissionais, ou seja, de natureza **aplicada**, o Método de Pesquisa adotado neste trabalho foi a *Design Science Research - DSR*. Conforme apresentado por Dresch, Lacerda e Júnior (2015), a DSR tem como objetivo desenvolver artefatos que permitam soluções satisfatórias aos problemas práticos. O objetivo desta metodologia de pesquisa é **prescritivo**, ou seja, a pesquisa prescritiva tem o objetivo de projetar e propôr soluções para um problema específico.

Uma síntese dos principais conceitos da *Design Science - DS*, que é operacionalizada pelo método de pesquisa *DSR*, é apresentada na Figura 20 a seguir.

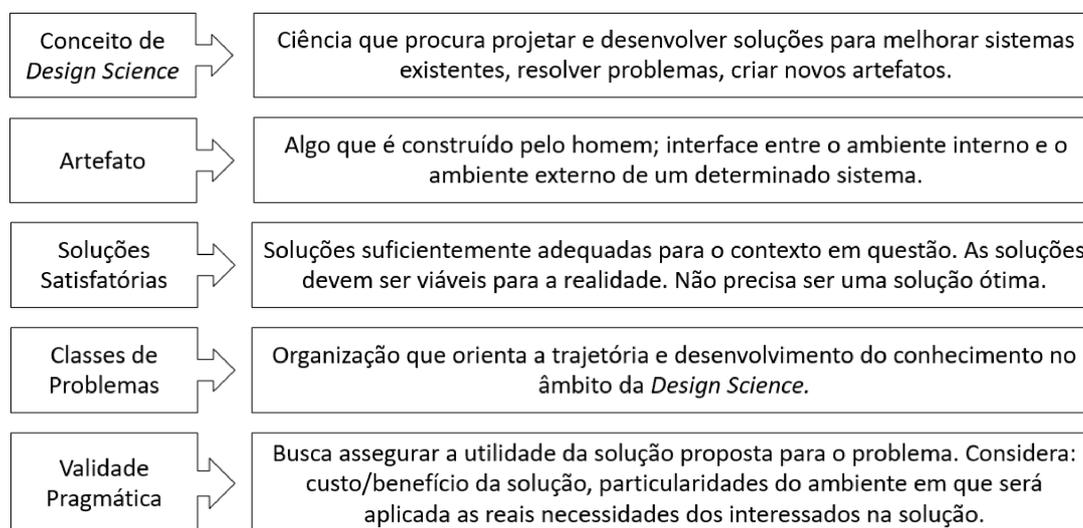


Figura 20: Síntese dos principais conceitos da Design Science
Fonte: Adaptado de Dresch (2013).

Lacerda et al. (2013) afirmam que a fonte de validade de uma pesquisa desenvolvida a partir da *Design Science Research* se compreende como um conjunto de procedimentos para garantir que os resultados gerados pelo artefato provêm do ambiente interno projetado e o ambiente externo em que foi preparado para operar. Para contribuir no sentido de explicitar estes procedimentos que devem ser adotados na pesquisa em *DSR*, os autores apresentam o Quadro 3 a seguir, que associa as etapas e suas respectivas saídas, de acordo com o que foi proposto no trabalho de Manson (2006).

O artefato, como um dos objetos centrais da *DSR*, pode ser descrito como algo construído pelo homem; a interface entre os ambientes interno e externo de um determinado sistema (DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015). Os artefatos construídos podem ser classificados em constructos, modelos, métodos, instâncias ou *design propositions*. Uma breve descrição de cada tipo de constructo é apresentada no Quadro 2 abaixo.

Quadro 2: Produtos de uma *DSR*

Tipo de Artefato	Descrição
Constructos	Vocabulário conceitual de um domínio
Modelos	Conjunto de proposições ou declarações expressando relacionamento entre constructos
Métodos	Conjunto de passos usados para desempenhar uma tarefa
Instâncias	Operacionalização de constructos
<i>Design Propositions</i>	Melhoria no entendimento a partir do estudo de um artefato

Fonte: Adaptado de Manson (2006).

Após apresentados os tipos de artefatos possíveis, e de conhecimento do problema e objetivos de pesquisa, o tipo de artefato desenvolvido neste trabalho é um **Método**. Este tipo de artefato se caracteriza por ser um conjunto de passos necessários para desempenhar uma determinada tarefa, e favorecem a transformação de sistemas em busca de sua melhoria (DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015). A escolha deste tipo de artefato se dá pois, ao final da pesquisa, busca-se apresentar um conjunto de passos que possam ser adotados por organizações para desenvolver um produto no atual contexto da Indústria 4.0.

Com as definições metodológicas adotadas, a seguir serão apresentadas as atividades práticas que foram realizadas ao longo do projeto, para alcançar os objetivos do projeto apresentando o rigor metodológico necessário.

Quadro 3: Pontos a explicitar ao longo das etapas de condução de uma DSR

Etapa de Condução	Saídas da DSR	Pontos a Explicitar
Conscientização	Proposta	<ul style="list-style-type: none"> • Evidenciar a situação problemática • Explicitar o ambiente externo e seus principais pontos de interação com o artefato • Explicitar as métricas e os critérios para a aceitação da solução do artefato (quando não for possível a obtenção de uma solução ótima) • Explicitar os atores que se interessam pelo artefato • Explicitar as Classes de Problemas, os artefatos existentes e suas limitações
Sugestão	Tentativa	<ul style="list-style-type: none"> • Explicitar as premissas e requisitos para a construção do artefato • Registrar todas as tentativas de desenvolvimento do artefato • Registrar as razões que fundamentaram a exclusão da tentativa de artefato do Desenvolvimento • Verificar possíveis implicações éticas da aplicação do artefato
Desenvolvimento	Artefato	<ul style="list-style-type: none"> • Justificar a escolha das ferramentas para o desenvolvimento do artefato • Explicitar os componentes do artefato e as relações causais que geram o efeito desejado para que o artefato realize seus objetivos • Explicitar as formas pelas quais o artefato pode ser testado
Avaliação	Medidas de Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> • Explicitar, em detalhes, os mecanismos de avaliação do artefato • Evidenciar os resultados do artefato em relação às métricas inicialmente projetadas • No caso de avaliações qualitativas do artefato, explicitar as partes envolvidas e as limitações de viés • Evidenciar o que funcionou como o previsto e os ajustes necessários no artefato
Conclusão	Resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Sintetizar as principais aprendizagens em todas as fases do projeto • Justificar a contribuição do trabalho para a Classe de Problemas em questão

Fonte: Lacerda et al. (2013).

3.2 Método de Trabalho

Seguindo os passos de operacionalização da DSR propostos por Manson (2006), as etapas do método de trabalho que foram adotadas para desenvolvimento da pesquisa são apresentadas na Figura 21 a seguir. A coluna "Etapas da DSR" apresenta os 5 passos da DSR; na coluna "Saídas Práticas do Trabalho" são descritas as atividades práticas desenvolvidas para atendimento aos Pontos à Explicitar listados no Quadro 3 anteriormente; a coluna "Objetivos Específicos" apresenta os momentos em que os 4 objetivos específicos do trabalho foram desenvolvidos; por fim, a coluna "Capítulo do Trabalho" apresenta em qual capítulo deste trabalho são apresentadas as Saídas Práticas e os Objetivos Específicos desenvolvidos.

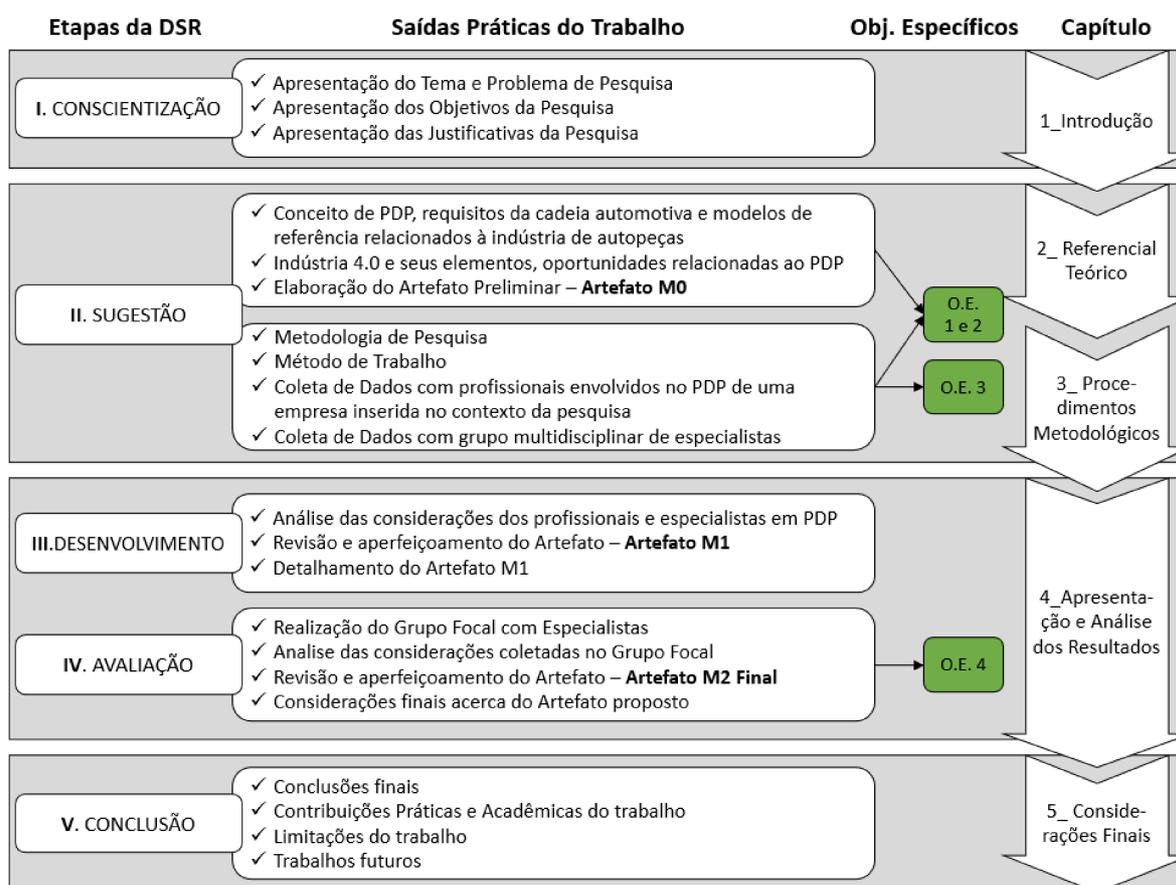


Figura 21: Método de Trabalho

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação ao objeto principal do trabalho, a Figura 22 resume o esquema adotado para elaboração e aperfeiçoamento do artefato ao longo do projeto.

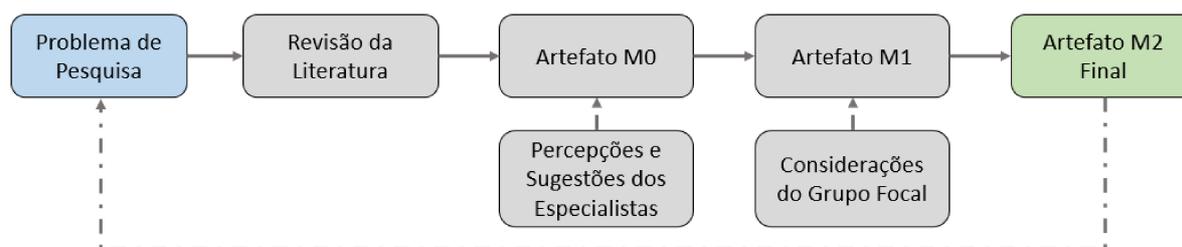


Figura 22: Etapas de elaboração e aperfeiçoamento do Artefato

Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir, serão detalhadas as atividades desenvolvidas ao longo do trabalho de acordo com os 5 passos da DSR, buscando demonstrar de qual forma os entregáveis da pesquisa foram obtidos.

3.2.1 Conscientização

A primeira etapa metodológica da pesquisa, a Conscientização, consiste na apresentação do problema de pesquisa. Esta etapa é apresentada no Capítulo 1 do trabalho, onde o seu detalhamento contempla os objetivos e as delimitações da pesquisa.

Para atuar como norteador, o Objetivo Geral da pesquisa foi desenvolvido a partir do problema de pesquisa, e foi definido como: **adaptar o PDP - Processo de Desenvolvimento de Produtos da indústria de autopeças ao atual contexto da Indústria 4.0.**

3.2.2 Sugestão

Estando o problema de pesquisa definido e compreendido, a etapa metodológica seguinte é a Sugestão, que é apresentada nos Capítulos 2 e 3 da dissertação. Neste trabalho, a busca por sugestões para elaboração de um artefato que solucione satisfatoriamente o problema de pesquisa foi dividida em duas partes. A primeira delas, a Revisão da Literatura, buscou elementos disponíveis na literatura para integrarem o artefato. Na segunda parte, foram coletadas contribuições de profissionais relacionados ao PDP de uma empresa enquadrada no contexto da pesquisa, e também de especialistas com experiência no PDP da cadeia automotiva. Estas duas atividades serão apresentadas nas seções a seguir.

3.2.2.1 Revisão da Literatura

A Revisão Sistemática da Literatura é a primeira atividade desenvolvida na busca de elementos para compôr o artefato. A Figura 23 a seguir, representa os critérios que foram utilizados na pesquisa às bases de dados, e foi elaborada com base no trabalho de Moher et al. (2009).

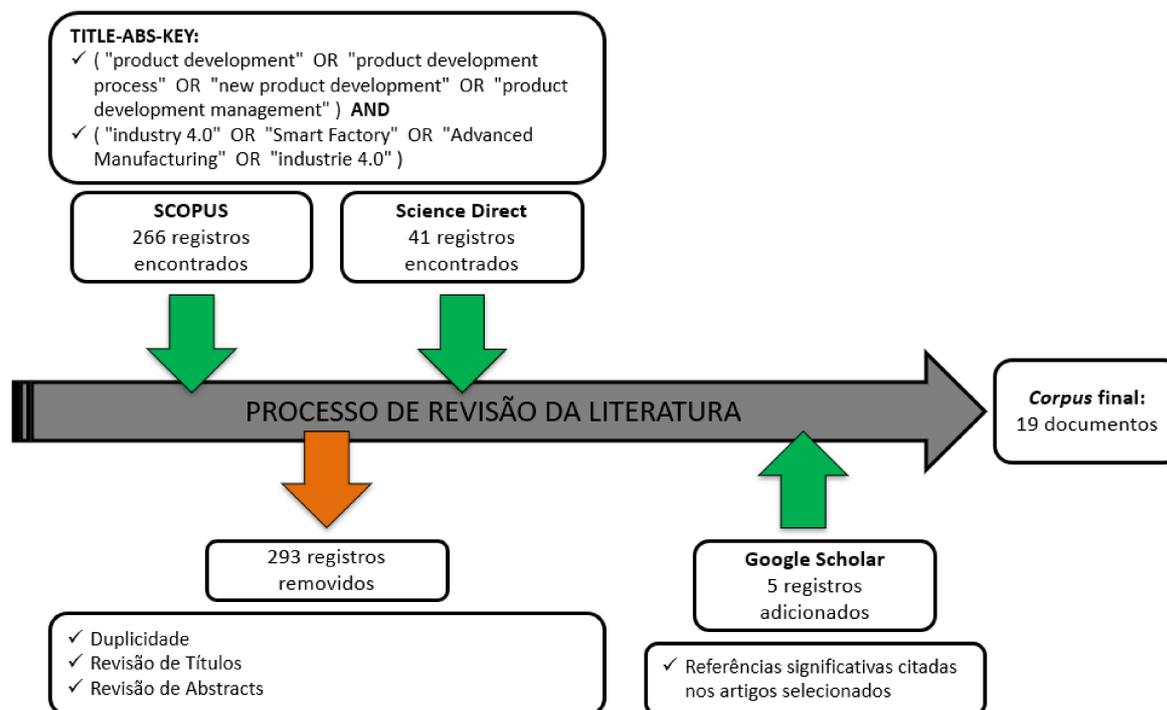


Figura 23: Critérios e Resultados da Revisão da Literatura

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para obter uma abrangência adequada durante as pesquisas, inicialmente foram definidos dois conjuntos de palavras-chave relacionados ao tema central da pesquisa: PDP e Indústria 4.0. Após, estes dois conjuntos foram utilizados simultaneamente para realizar as buscas nas bases Scopus e Science Direct, buscando nos títulos, resumos e palavras-chave dos documentos, sem limite de período definido para as pesquisas. Em seguida, o *corpus* de análise foi revisado, inicialmente excluindo os documentos duplicados. Após, os documentos restantes tiveram seus títulos e resumos revisados, excluindo demais documentos que não se enquadravam no objetivo pesquisa.

Com o grupo de documentos mais relevantes para a pesquisa selecionados, ainda foram acrescentados mais 5 documentos a partir da técnica Bola de Neve (*snowball*), que consiste

em pesquisar e analisar as referências dos arquivos selecionados inicialmente na revisão da literatura. Ao final, um *corpus* de análise de 19 documentos foi escolhido para embasar um artefato preliminar, desenvolvido com base na revisão da literatura e nos objetivos da pesquisa. Este artefato, intitulado Artefato M0, será explanado na seção a seguir, e o detalhamento das análises da literatura apresentadas no Capítulo 2 do trabalho.

3.2.2.2 Proposição do Artefato Preliminar - Artefato M0

Compondo a etapa de Sugestões, e relacionado às análises da literatura disponível sobre o problema de pesquisa, um artefato preliminar M0 foi proposto. O mesmo é apresentado na Figura 19 ao final do Capítulo 2. Este artefato foi elaborado com base no modelo conceitual apresentado na Figura 18. É importante ressaltar que a inter-relação dos elementos que compõe o Artefato M0 também contou com o conhecimento e vivências práticas do autor, buscando a proposição de um modelo com maior aderência ao ambiente prático das empresas.

3.2.2.3 Coleta de Dados com Profissionais do PDP de Empresa do Contexto da Pesquisa

Além da busca por oportunidades de soluções disponíveis na literatura, é extremamente importante o entendimento dos desafios e oportunidades conhecidos e vivenciados por profissionais que atuam no PDP de organizações inseridas no contexto da pesquisa. Neste sentido, buscou-se realizar uma coleta de informações com profissionais do nível tático e estratégico de uma empresa do segmento de autopeças, os quais possuem relação e atuação direta no PDP daquela organização. Assim, a Bruning Tecnometal, que oportunizou a realização desta coleta de dados, foi a empresa onde um questionário eletrônico foi aplicado, o qual será apresentado a seguir.

A Bruning Tecnometal, empresa nacional de grande porte do segmento de autopeças, com uma única planta situada no estado do Rio Grande do Sul, atua no fornecimento de peças e conjuntos metálicos para grandes montadoras de 4 segmentos do mercado distintos: Automotivo (GM e VW), Rodoviário (Volvo, Scania, Mercedes-Benz, Iveco, DAF e MAN), Agrícola (John Deere, AGCO e CNH) e Construção Civil (Caterpillar e Deere-Hitachi). Com mais de 70 anos de história, atualmente conta com aproximadamente 2.300 funcionários diretos atuando no seu parque fabril. A Bruning possui diversos processos de manufatura para atender as necessidades de seus clientes, a citar: desbobinador, corte por guilhotina, corte por laser e plasma, estampagem, dobra, usinagem, solda mig/mag (manual e robotizada), solda por resistência, linhas de pintura e-coat, pó e líquida, montagem de conjuntos, entre outros. Sua

previsão de faturamento bruto para o ano de 2021 é superior à R\$ 1 bilhão.

Já com relação ao processo de desenvolvimento de produtos da Bruning, alguns aspectos importantes são apresentados a seguir:

- A Bruning possuiu uma estrutura organizacional dedicada para o desenvolvimento de novos produtos, organizada funcionalmente conforme a Figura 24 abaixo. Dentro das gerências de Engenharia, Ferramentaria e Qualidade/Projetos, há equipes dedicadas ao PDP, que recebem as demandas de novos projetos da equipe Comercial. Para cada novo projeto, um membro do time de Gestão de Projetos é designado para liderar o time daquele projeto, composto por um (ou mais, dependendo da complexidade do projeto) representante dos departamentos envolvidos naquele projeto. A Bruning também possui uma Ferramentaria própria, para fabricação interna de ferramental, dispositivos e máquinas especiais, o que é um diferencial oferecido aos seus clientes.

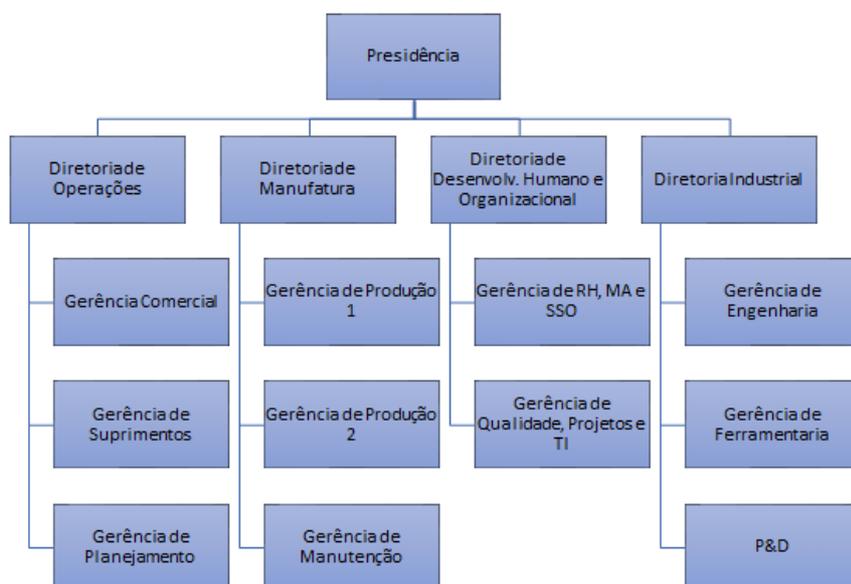


Figura 24: Organograma da Bruning Tecnometal

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Atualmente a Bruning é especializada em oferecer soluções em processos de manufatura aos seus clientes, não sendo responsável por desenvolver o *design* dos produtos que fornece. Entretanto, vem apoiando alguns projetos de seus clientes com *co-design*, e desenvolvendo algumas atividades para também, futuramente, oferecer soluções completas aos seus clientes, como projeto de produto ou produtos próprios.

- Por requisitos dos clientes para quem fornece, a Bruning tem seu processo e procedimentos internos de desenvolvimento de produtos baseados no Manual de APQP. Este processo é frequentemente auditado pelo seu departamento de Auditorias Internas, pelo organismo certificador (a empresa é certificada nas normas ISO 9001:2015 e IATF 16949:2016) e pelos próprios clientes.
- Atualmente, a Bruning gerencia as atividades dos projetos de desenvolvimento utilizando o módulo PS do ERP SAP. Para cada projeto (produto novo ou alteração de engenharia), há um projeto-modelo (*template*) que contém todas as atividades e sua duração padrão. Sob este modelo, cada projeto é detalhado, e atividades podem ser acrescentadas ou adaptadas a partir das particularidades de cada projeto. Dados são extraídos do SAP para gerar relatórios e indicadores com o uso da ferramenta Power BI, e utilizados para gerenciar a performance dos projetos e do portfólio.
- Quanto às tecnologias utilizadas pela Bruning para suportar seu PDP, atualmente ela conta com um aparato de softwares de CAD, CAM e CAE de última geração, para suportar o planejamento de seus processos. Além disso, dispõe de software para simulação de eventos discretos - DES, para análise e otimização dos seus sistemas de produção.

Sabendo que a Bruning é um *player* relevante da indústria de autopeças brasileira, 8 profissionais de nível tático e estratégico (especialistas, supervisores e gerentes) foram convidados para responder um questionário eletrônico acerca do PDP da empresa. Destes, 6 retornaram o questionário preenchido. Todos estes profissionais possuem responsabilidade sobre o PDP da organização, e também uma visão abrangente do mesmo. Por este motivo, foram convidados a compartilhar suas percepções acerca do PDP da Bruning. No Quadro 4 a seguir, são apresentadas as funções e tempo de experiência dos respondentes do questionário.

Quadro 4: Profissionais Participantes Questionário na Bruning Tecnometal

Função	Tempo de Empresa
Especialista em Simulação Numérica	29 anos
Gerente de Engenharia	20 anos
Gerente Qualidade, Projetos & TI	14 anos
Supervisor de P&D	15 anos
Supervisor de Gestão de Projetos	3 anos
Supervisor de TI	3 anos

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como o objetivo da coleta de dados com os profissionais da Bruning era identificar tanto os desafios enfrentados no PDP no atual cenário da indústria de autopeças, e também as oportunidades já percebidas por estes profissionais para este processo, buscou-se desenvolver um questionário semi-estruturado que apoiasse tal abordagem. Por este motivo, optou-se por estruturar um questionário com foco em 2 aspectos: o Processo/Fluxo de PDP e as Tecnologias relacionadas a este processo. Também optou-se em estruturar e direcionar as perguntas com referência na Matriz SWOT - *Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats* (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças).

O objetivo de utilizar o SWOT foi identificar com os especialistas os aspectos positivos conhecidos deste processo (Forças e Oportunidades) e os pontos de atenção também conhecidos (Fraquezas e Ameaças), que foram utilizados como *insights* práticos para o artefato. A análise SWOT, apresentada pela primeira vez pelo consultor americano de negócios e gestão Albert S. Humphrey, é uma abordagem estratégica que é usada para determinar os pontos fortes e fracos de uma situação, para identificar oportunidades e ameaças, levando em consideração os fatores internos e externos que contribuem para o ambiente estudado (BÜYÜKÖZKAN; MUKUL; KONGAR, 2021).

Para auxiliar na coleta dos dados com os entrevistados, o questionário semi-estruturado foi desenvolvido com o auxílio do Google Formulários, o que facilita a posterior extração e análise das respostas. O questionário utilizado nesta etapa do trabalho é apresentado no Apêndice A da dissertação.

De posse das respostas dos profissionais da Bruning, no Capítulo 4 as considerações coletadas serão analisadas de maneira estruturada, e apoiarão no desenvolvimento do Artefato M1. Já na seção a seguir, será apresentada a outra etapa de coleta de dados com um time de especialistas em PDP de atuação variada no mercado.

3.2.2.4 Entrevistas com Time de Especialistas

Para que a solução proposta evite o viés das considerações coletadas apenas dos profissionais da Bruning Tecnometal, conforme apresentado na seção anterior, a etapa seguinte buscou contribuições com um time multifuncional de especialistas em PDP, o que complementou a busca por soluções a partir de uma visão mais abrangente sobre o problema de pesquisa e as possíveis soluções. Esta etapa foi desenvolvida a partir de um encontro virtual com os profissionais convidados, e o planejamento e condução deste encontro serão apresentados a seguir.

Inicialmente, um roteiro foi desenvolvido para apresentação do problema e contexto de

pesquisa, o qual foi enviado com antecedência aos convidados, e utilizado como guia na contextualização e condução do encontro. Este roteiro é apresentado no Apêndice B do trabalho. Já com relação à escolha dos convidados, buscou-se representantes do meio acadêmico e corporativo, que pudessem contribuir com visões diferentes e complementares sobre o tema da pesquisa, a partir das suas formações e experiências. Desta forma, um breve resumo dos currículos dos participantes do encontro é apresentado no Quadro 5 a seguir. Vale ressaltar que este mesmo grupo de participantes foi convidado a participar do Grupo Focal, atividade que será apresentada nas próximas seções do trabalho.

Para a condução do encontro, que foi realizado de maneira virtual, foi utilizada a ferramenta Microsoft Teams, o que também proporcionou a gravação do encontro (com autorização de todos participantes) para posterior análise dos dados coletados. O encontro com o grupo foi realizado no dia 15/07/2021, das 16:00 às 17:30, sendo as discussões mediadas pelo autor, com foco nas questões previamente definidas, porém, dando liberdade aos convidados para trazerem para a discussão fatos e opiniões que eles julgassem relevantes a respeito do tema da pesquisa.

Para uma análise adequada das informações coletadas no encontro, o vídeo da gravação foi analisado qualitativamente com o suporte do software ATLAS.ti. Para isso, o vídeo foi importado para o software, onde cada consideração dos participantes foi analisada e codificada. Os códigos, que são as classificações aplicadas aos comentários dos participantes, foram definidos previamente de acordo com os tópicos mais relevantes buscados, mas que também sofreram ajustes ao longo da codificação, conforme surgiam novos pontos que facilitariam a análise posterior dos dados. Ao final, um relatório contendo os comentários e suas classificações (códigos) foi gerado pelo software, e utilizado como base para as análises que serão apresentadas na Seção 4.2.2. adiante.

3.2.3 Desenvolvimento

A etapa de Desenvolvimento da solução, que é apresentada no Capítulo 4 do trabalho, é composta por duas atividades principais, que serão detalhadas metodologicamente a seguir. Inicialmente, os dados coletados a partir das atividades apresentadas anteriormente foram analisados criticamente, quanto à relevância para a pesquisa. Após as análises, o artefato foi revisado para a proposição do Artefato M1, o qual terá seu conteúdo detalhado para melhor entendimento.

Quadro 5: Especialistas Participantes da Coleta de Dados e Grupo Focal

Participante	Objetivo do Convite	Currículo Breve
Participante 1	Experiência acadêmica em PDP	Doutora em Engenharia de Produção pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI-USP). Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas e graduada em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Professora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS) da UNISINOS. Pesquisadora do Observatório da Inovação e Competitividade (OIC/USP) e Pesquisadora do Laboratório de Gestão da Inovação (LGI/USP). Consultora de empresas com mais de 10 anos de experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Gestão da Inovação, Estratégia, Engenharia e Gestão de Processos. Autora de diversos artigos científicos e capítulos de livros na área de Gestão da Inovação e Gestão de Operações.
Participante 2	Experiência prática PDP Autopeças	Doutor em Engenharia de Produção e Sistemas pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Também é Técnico em Produção Industrial pelo Colégio Evangélico Panambi (CEP), Engenheiro Mecânico pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Possui experiência em Gestão da Produção e Operações, Gestão da Qualidade, Gestão de Projetos, Governança de TI, Melhoria Contínua, Planejamento e Desdobramento da Estratégia, Lean Manufacturing/Office e Seis Sigma. Atualmente é Gerente da Qualidade e TI da empresa Bruning Tecnometal.
Participante 3	Experiência prática PDP Autopeças	Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade de Caxias do Sul (UCS), Especialista em Negócios pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), e Engenheiro Mecânico pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). Possui experiência em desenvolvimento de projetos automotivos e desenvolvimento/análises de dinâmica veicular, com experiência e atuação internacional. Atualmente é Coordenador da Engenharia de Desenvolvimento do Produto na empresa Suspensys Sistemas Automotivos do Grupo Randon.
Participante 4	Experiência prática PDP Montadora	Mestre em Engenharia Automotiva com ênfase em Segurança Automotiva pela Technische Hochschule Ingolstadt (THI). Tese de mestrado desenvolvida no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Porsche, Weissach, Alemanha. Engenheiro mecânico pela Universidade do Rio dos Sinos (UNISINOS). Foi bolsista do programa Ciência sem Fronteiras, na Coreia do Sul. Possui experiência profissional em empresas automotivas asiáticas e europeias. Atualmente é diretor e fundador da Closs & Kühne Engineering, empresa de engenharia voltada para soluções técnicas de carros de pista e clássicos de coleção.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.3.1 Análise dos Dados Coletados

Com os dados coletados de acordo com as Seções 3.2.2.3 e 3.2.2.4 já tratados, os mesmos foram submetidos a uma análise crítica. Os objetivos das análises são:

- Confrontar as considerações práticas dos profissionais e especialistas com as informações levantadas previamente a partir da revisão da literatura;
- Identificar os pontos mais relevantes para a proposição de soluções, de acordo com o problema de pesquisa;
- Argumentar sobre os pontos enumerados pelos profissionais e especialistas que não serão integrados ou abordados na solução proposta.

Como saída desta atividade, uma lista de itens relevantes foi definida para suportar a revisão do Artefato Preliminar M0 e proposição do Artefato M1 revisado. Esta lista é apresentada na Seção 4.1.3. no Capítulo 4.

3.2.3.2 Aperfeiçoamento e Detalhamento do Artefato M1

Concluindo a etapa de Desenvolvimento, o Artefato Revisado M1 é apresentado e detalhado no Capítulo 4, a partir das considerações relevantes destacadas pelos profissionais e especialistas, analisadas previamente, e acrescentadas ao Artefato M0. O Artefato M1 é apresentado na Figura 25.

3.2.4 Avaliação

Por fim, o projeto parte para a etapa de Avaliação. O método escolhido para avaliação do Artefato M1 foi o Grupo Focal, o qual será apresentado na seção a seguir. A partir da análise das considerações dos especialistas participantes do painel, o Artefato é revisado para apresentação do Artefato M2 final.

3.2.4.1 Realização do Grupo Focal

Conforme apresentado por Lacerda et al. (2013), o Grupo Focal (*Focus Group*) pode ser utilizado como forma de avaliação do artefato desenvolvido a partir da DSR. Isso se dá pois esta metodologia proporciona uma discussão mais profunda e colaborativa em relação aos

artefatos desenvolvidos pela pesquisa, além de auxiliar na realização da análise crítica dos resultados obtidos durante a pesquisa e que podem fazer surgir novas possibilidades, com o intuito de encontrar melhores soluções para os problemas em estudo.

Oliveira e Freitas (2006) apresentam que o Grupo Focal é estruturado em três fases: planejamento, condução das seções e análise dos dados obtidos. Desta forma, a seguir serão apresentadas as atividades desenvolvidas em cada uma das três fases do Grupo Focal, realizado para avaliação do Artefato M1.

PLANEJAMENTO:

A atividade inicial de planejamento do Grupo Focal foi a elaboração de um roteiro para condução das reuniões, conforme apresentado no Apêndice C deste trabalho. Ele foi elaborado com objetivo de contextualizar e nivelar a pesquisa para os participantes, e também para auxiliar os participantes na sua preparação para as reuniões, já que o mesmo foi enviado com antecedência aos convidados.

Quanto à escolha dos convidados para o encontro, optou-se por realizar o Grupo Focal com os mesmos participantes mencionados no Quadro 5, pois este grupo já estava familiarizado com o tema e contexto da pesquisa, e também foi considerado um grupo heterogêneo e adequado para realizar a avaliação necessária do artefato.

CONDUÇÃO DA SEÇÃO:

Devido ao estado de Pandemia do Covid-19 existente durante a realização do trabalho, a seção do Grupo Focal foi realizada de maneira virtual, utilizando a ferramenta Microsoft Teams. O encontro, realizado no dia 25/08/2021, das 13:00 horas às 14:00, foi gravado com autorização dos participantes, para que o vídeo fosse posteriormente analisado. O autor atuou como mediador do encontro, buscando extrair ao máximo dos participantes as suas percepções e opiniões sobre o Artefato M1, para que o mesmo possa ser considerado com solução aceitável para o problema de pesquisa.

ANÁLISE DOS DADOS:

Similar ao que foi apresentado na Seção 3.2.2.4, o vídeo do encontro do Grupo Focal foi analisado qualitativamente com o software ATLAS.ti. Após a codificação de todas as citações dos participantes, um relatório foi gerado contendo os códigos e a transcrição das partes mais relevantes de cada citação dos participantes. Este relatório foi utilizado como dado de entrada para análise dos dados coletados no Grupo Focal, e a saída desta análise foi utilizada para revisão do Artefato M1, e proposição do Artefato M2 final. O detalhamento da análise dos dados coletados no Grupo Focal será apresentada na Seção 4.3 do trabalho.

3.2.4.2 Desenvolvimento do Artefato M2

Como fechamento da etapa de avaliação da DSR, o Artefato M2 é apresentado na Figura 39, revisado de acordo com as considerações extraídas da avaliação do Grupo Focal.

3.2.5 Conclusão

As atividades que compõem a etapa de Conclusão do projeto são apresentadas na Seção 4.4 e no Capítulo 5 do trabalho. Neles serão apresentadas as principais contribuições da pesquisa, bem como as limitações e sugestões para trabalhos futuros.

Após a apresentação dos procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, o capítulo seguinte apresentará o desenvolvimento e análise das atividades propostas.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentadas as atividades relacionadas ao Desenvolvimento e Avaliação do Artefato, seguindo as etapas metodológicas propostas pela DSR. Inicialmente, os dados coletados junto aos profissionais e especialistas com experiência no PDP serão analisados. Após, o Artefato M1 revisado será apresentado e detalhado, e, em seguida, este artefato será submetido à avaliação de um Grupo Focal. Por fim, as considerações do Grupo Focal serão levadas em conta para revisão e proposição do Artefato M2 final, a partir do qual será apresentada uma síntese do artefato e do capítulo.

4.1 Análise dos Dados Coletados

Nesta seção serão apresentadas as análises e as conclusões extraídas das considerações dos profissionais e especialistas, coletadas durante as duas atividades apresentadas nas seções 3.2.2.3 e 3.2.2.4. Após, as considerações mais relevantes, e que serão levadas em conta para a revisão do Artefato M1, são apresentadas resumidamente.

4.1.1 Análise dos Dados Coletados com Profissionais da Empresa Bruning Tecnometal

Para realização da análise das respostas dos questionários pelos profissionais da Bruning, o relatório de respostas extraído do Google Formulários foi exportado para o excel. Após, as respostas foram organizadas em tópicos, sendo identificado um total de 78 tópicos de respostas para as 8 perguntas do questionário, já que os participantes poderiam contribuir com mais de uma resposta para cada pergunta. Em seguida, as respostas foram analisadas e organizadas, além das respostas repetidas serem reunidas. A partir disto, o resumo apresentado Apêndice D do trabalho foi gerado, no qual foram sinalizadas as respostas mais frequentes, e também as respostas consideradas não relevantes ao trabalho.

As respostas ao questionário analisadas e consideradas **não relevantes** para a pesquisa foram descartas pelos seguintes critérios: I) ser um aspecto específico de produto ou processo de manufatura da empresa entrevistada, II) ser aspecto importante para o PDP da empresa entrevistada, porém, não generalizável com o artefato, III) ser aspecto importante para o PDP da empresa entrevistada, porém, fora do escopo ou das delimitações do projeto, e IV) aspecto relacionado à gestão e qualificação da equipe envolvida no PDP da empresa entrevistada, pois é um aspecto que não será abordado nesta pesquisa.

Já as informações coletadas no questionário e consideradas **relevantes** para a pesquisa fo-

ram avaliadas se já estavam consideradas ou não no Artefato M0 preliminar. A seguir são enumerados os tópicos levantados pelos profissionais e **já são contemplados** no artefato preliminar, o que ajuda a endossar sua importância para a solução proposta:

Elementos já considerados no Artefato Preliminar M0:

- Utilização de elementos (ferramentas, técnicas e tecnologias) emergentes com a Indústria 4.0 para aprimorar e evoluir o PDP é considerado como um ponto forte para a Bruning, porém, ela ainda apresenta muitas oportunidades de evoluir neste sentido;
- Uso de ferramentas de CAD, CAM e CAE, por mais que não sejam tecnologias recentes, continuam se atualizando e evoluindo, e são imprescindíveis quando se trata de projetos de produto e industriais de modo geral. Também continuam sendo base necessária para outros conceitos que estão ganhando protagonismo com o advento da Indústria 4.0, como o *smart factory* de maneira geral, ou a manufatura aditiva, mais pontualmente.
- Manter um processo que seja aplicável a projetos de diferente complexidade, mantendo sua flexibilidade. Porém, importante manter-se compatível e aderente aos requisitos das montadoras - APQP.
- Propôr uma abordagem diferente às metodologias tradicionais de gerenciamento de projetos, para buscar mais dinamismo à gestão do PDP.

Quanto aos aspectos identificados nas respostas do questionário que ainda não são considerados na solução preliminar, após a análise crítica eles foram classificados entre os que comentários que **serão e não serão** adotados para a revisão do Artefato M1:

Elementos a serem considerados para a revisão do Artefato M1:

- Processo de revisão e melhoria do PDP. Sabendo que a velocidade de atualização dos recursos que as organizações podem utilizar para melhorar seus processos é cada vez maior, o PDP não pode ser um processo estático, que seja revisado apenas quando houverem *insights* externos. Desta forma, é necessário integrar ao artefato um elemento para avaliação e aperfeiçoamento constante do processo, para mitigar o risco dessa ameaça.
- Fluxo do PDP mais "enxuto" quanto for possível. A necessidade de se utilizar de um PDP ágil para reduzir o *lead time* de entrega de um projeto ao cliente é outra ameaça significativa indicada pelos profissionais consultados.

- Aproximar o PDP do cliente final - montadora. Como uma oportunidade de agregar mais valor aos clientes, é prudente que o artefato demonstre o ponto de interação com os clientes, para que as trocas entre o cliente e fornecedor sejam fomentadas pelo PDP, não atuando apenas pelas demandas recebidas, que é um risco quando o foco do desenvolvimento é apenas oferecer o processo de manufatura, e não o produto como um todo.
- Aproximar o PDP do cliente interno - manufatura. Esta oportunidade busca agregar o conhecimento da operação já existente ao novo projeto, e também reduzir o tempo necessário nas fases finais do PDP, já que a validação do projeto com a manufatura vem ocorrendo ao longo do projeto.

Elementos que não serão considerados para a revisão do Artefato M1:

- Discussão sobre softwares de PLM - *Product Lifecycle Management*. As considerações dos profissionais sobre o uso de softwares para gerenciar o ciclo de vida do produto e, conseqüentemente, melhorar o PDP fazem sentido, pois a Bruning está em meio ao processo de implementação de uma ferramenta para tal. Porém, para este trabalho, foi optado analisar e propôr um método de PDP antes das discussões sobre ferramentas para gerencia-lo, o que oportuniza revisar e preparar o processo (fluxo de PDP) para futuras discussões sobre adoção de qualquer ferramenta de gerenciamento.
- Discussão acerca de "pessoas" envolvidas no PDP. Apesar de todos os temas relacionados à pessoas (qualificação técnica, desenvolvimento comportamental, engajamento, rotatividade, etc.) são muito relevantes para as organizações, não só no PDP mas em qualquer processo de negócio, este aspecto não será abordados de maneira direta neste projeto.

4.1.2 Análise dos Dados Coletados na Entrevista com Especialistas

Conforme apresentado no capítulo anterior, nesta etapa serão analisadas as contribuições dos especialistas participantes da entrevista virtual. A partir da codificação realizada com o auxílio do software ATLAS.ti, um total de 26 trechos foram classificados com os 5 códigos definidos, conforme apresentado no Quadro 6 abaixo.

Após, uma revisão de todos os trechos codificados foi realizada, agrupando os comentários por similaridade. O Apêndice E do trabalho apresenta o resumo das transcrições dos comentários agrupados, com os pontos mais relevantes da gravação, e aqueles com maior frequência de ocorrência durante a entrevista.

Quadro 6: Resumo da Quantidade de Ocorrências por Código de Comentário

Código	Quantidade de Ocorrências	Conteúdo dos Comentário
Impactos da Indústria 4.0 no PDP	2	Opinião dos participantes sobre os impactos e oportunidades da Indústria 4.0 no PDP
Elementos da Indústria 4.0 aplicáveis ao PDP	5	Contribuições sobre os elementos da Indústria 4.0 e sua utilização para aperfeiçoar o PDP
Estrutura e Gestão do PDP	11	Contribuições sobre a estrutura e gestão do PDP no contexto da pesquisa
Considerações Gerais sobre o Tema	7	Discussões gerais sobre os desafios e oportunidades do tema da pesquisa
Comentários Extras	1	Discussões sobre assunto fora do tema de pesquisa, porém relevante para seu entendimento

Fonte: Elaborado pelo autor.

Da maneira similar à seção anterior, abaixo são apresentados os resultados da análise das contribuições dos especialistas participantes da entrevista, quanto a sua adoção ou não para a revisão do artefato:

Elementos já considerados no Artefato Preliminar M0:

- Uso de recursos de simulação para antever eventos com o produto e o processo, e alcançar maior robustez nas entregas do projeto.
- Levar em conta o APQP, para que o artefato proposto tenha aderência às empresas que possuem este requisito dos seus clientes.
- Levar em conta os demais processos de negócio que fazem interface com o PDP, pois eles podem impactar significativamente no seu desempenho. Relacionado a isso, um processo que já faz parte do PDP é a cotação dos novos produtos, também é uma etapa estratégica antes de fechar o negócio com o cliente, e que precisa ser ágil e robusta.
- Buscar a harmonização entre o PDP e os elementos da Indústria 4.0, para que estes elementos contribuam na evolução do processo. Atentar para não desconstruir aspectos importantes do PDP baseados em conceitos tradicionais de PDP, mas sim, evoluir este processo.

Elementos a serem considerados para a revisão do Artefato M1:

- Aprimorar a gestão ágil do processo como um todo. Um dos objetivos mais importantes de melhorar o PDP é a redução do *lead time* de desenvolvimento de um produto. Desta

forma, a gestão do fluxo do PDP como um todo é aspecto importante para alcançar este objetivo, não apenas gestão de determinadas partes.

- Avaliar possível integração de técnicas simples de gestão. É importante "descomplicar" a gestão do PDP, para possibilitá-lo ser mais ágil. Avaliar sugestões como *kanban*, focando no que é mais relevante gerenciar no projeto todo, por exemplo, atividades do Caminho Crítico do projeto.
- Avaliar a inclusão de uma etapa de coleta e análise de *feedbacks* do PDP. É importante o processo ser avaliado com relação à eficácia daquilo que ele se propõe a entregar.
- Reforçar o pragmatismo na definição de conceitos que serão utilizados durante o projeto, e também no próprio artefato. Desta forma, evita-se interpretações equivocadas dos temas que são propostos, pois muitos conceitos relacionados à PDP e Indústria 4.0 apresentem definições muito abrangentes e, por vezes, não bem assimiladas.
- Avaliar a integração das tecnologias de *Big Data Analytics* e Inteligência Artificial para aprimorar as tomadas de decisão relacionadas às definições de processo, em especial às atividades das etapas iniciais do PDP, inclusive na cotação. A cotação é uma etapa crítica para o resultado do PDP, e o uso destas (ou outras) tecnologias pode suportar e dar mais assertividades nas tomadas de decisão desta etapa.

Elementos que não serão considerados para a revisão do Artefato M1:

- Uso de RPA - *Robotic Process Automation* (Automação de Processos Robóticos). Esta é uma tecnologia que vem ganhando muito destaque recentemente, como uma solução para automatizar atividades repetitivas no ambiente de escritório com o uso de "softwares robôs". É inquestionável a oportunidade de aplicação do RPA em atividades de cadastro, registros, entre outras necessárias de ser realizadas ao longo do PDP das empresas. Porém, por ser uma tecnologia bem específica e aplicada pontualmente ao longo do PDP, este tema não será adotado no artefato revisado.
- Dividir escopo dos projetos. Esta foi uma sugestão trazida por um especialista participante do debate, com o intuito de reduzir o tamanho e, conseqüentemente, a complexidade do projeto a ser gerenciado. Como na maioria dos projetos de novos produtos de autopeças é necessário a entrega do produto e do processo por completo ano final do projeto, esta sugestão não será adotada no artefato revisado.

4.1.3 Resumo dos itens que serão considerados na revisão do Artefato M1

Após as análises e discussões apresentadas nas seções anteriores, abaixo são listados os itens que serão considerados para inclusão ou aperfeiçoamento na revisão do artefato em seguida. Como parte das respostas das duas atividades de coletas de dados tem similaridade, elas serão apresentadas de maneira conjunta, buscando uma convergência para a solução mais adequada ao problema de pesquisa.

Construção, Estrutura e Apresentação do Artefato:

- Acrescentar um fluxo para melhoria e evolução do PDP, baseado na sua performance e necessidades de cada organização.
- Acrescentar um fluxo para captação e análise de oportunidades de melhoria e inovação em produto e processo, ao encontro com as necessidades e oportunidades identificadas com os clientes.
- Organizar o artefato para enfatizar a centralidade do cliente no PDP.
- Reforçar as delimitações da pesquisa e a clareza na delimitação dos termos que serão utilizados ao longo do trabalho.

Fluxo e Gestão do PDP:

- Propôr técnicas para uma gestão simplificada e ágil do PDP como um todo, para que o artefato atenda as expectativas de buscar reduzir o *lead time* dos projetos. Sugestão dos especialistas: Kanban.
- Revisar a proposta de *gates* do artefato preliminar, buscando simplificar o fluxo e dar foco aos momentos de tomada de decisão mais significativos do processo.
- Revisar a organização das etapas do projeto, oportunizando uma "engenharia simultânea", reduzindo a duração do PDP como um todo.

Elementos da Indústria 4.0 para suportar a evolução do PDP:

- Integração de *Big Data Analytics* e Inteligência Artificial para suporte no planejamento do produto e processo nas fases iniciais do PDP.

A partir deste resumo das contribuições dos profissionais e especialistas, na seção seguinte será apresentado e detalhado o Artefato M1 revisado.

4.2 Proposição do Artefato Revisado - ARTEFATO M1

Nesta seção do trabalho, será apresentado o a versão M1 do artefato, que foi aperfeiçoada a partir das considerações dos profissionais e especialistas consultados. A Figura 25 a seguir apresenta o Artefato M1, que será detalhado ao longo da Seção 4.2.

Em seguida, o Artefato M1 será apresentado e detalhado seguindo a seguinte sequência:

I) Elementos de preparação e execução do Projeto:

- Considerações iniciais e gerais sobre o ARTEFATO
- Fase 0: Atividades de Pré-PROJETO
- Fase 1: Planejamento do PROJETO
- Fase 2: Projeto do PRODUTO e do PROCESSO
- Fase 3: Desenvolvimento do PROCESSO
- Fase 4: Validação do PRODUTO e do PROCESSO
- Fase 5: Análise Crítica e Encerramento do PROJETO

II) Elementos de gestão e suporte ao Projeto:

- Gestão do PROJETO
- Gestão das Lições Aprendidas e Oportunidades de Melhoria do PROJETO e do PDP:
 - Melhorias relacionadas ao PDP
 - Melhorias relacionadas à Produto e Processo

No detalhamento a seguir não serão abordadas todas as atividades demandadas pelo Manual do APQP, tampouco uma série de outras atividades necessárias serem realizadas pelo fornecedor para desenvolver e implementar o processo de fabricação de um novo produto. As atividades e etapas que serão propostas em cada uma das Fases do Artefato M1 são as que foram consideradas essenciais pelo autor, no contexto em que a pesquisa se dá. Outro fator relevante na escolha das atividades para serem detalhadas no artefato são aquelas mais relevantes a serem gerenciadas ao longo do fluxo, com o objetivo do fornecedor direcionar energia para gerenciar aquilo que é relevante para o projeto.

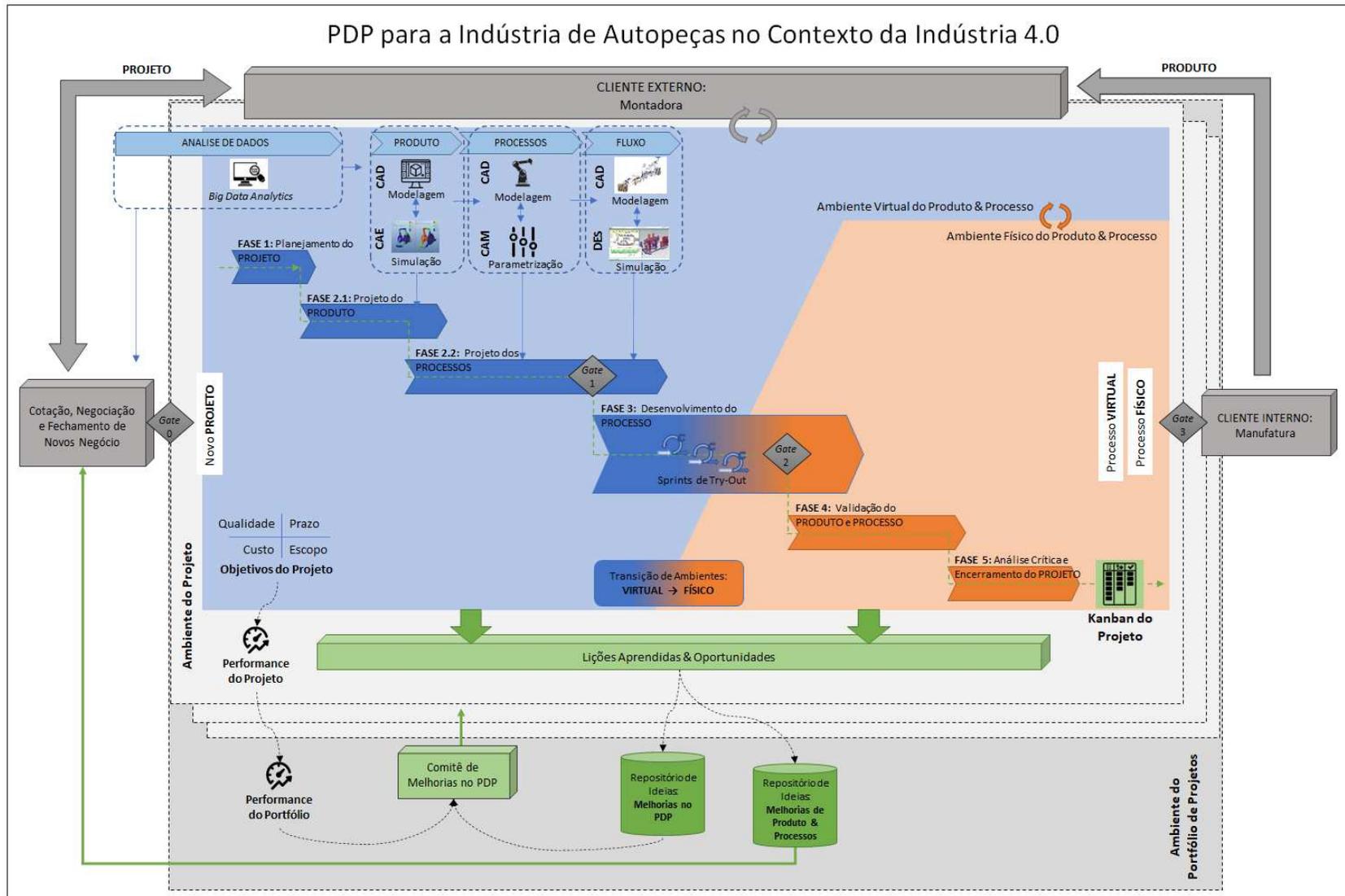


Figura 25: Artefato Proposto M1
 Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.1 Considerações iniciais e gerais sobre o ARTEFATO

Para auxiliar na apresentação e entendimento do Artefato M1 que será apresentado, é importante que, inicialmente, sejam enfatizados alguns fatores relevantes acerca do mesmo. A seguir será explanado sobre as **Terminologias** utilizada no artefato, a **Equipe de Trabalho** sugerida para um projeto, e a **Estrutura do Trabalho** dentro do projeto.

- **Terminologias:** De acordo com o contexto e com as delimitações da pesquisa, faz-se necessário apresentar alguns termos e definições, e de que forma eles serão utilizados no artefato ou durante sua apresentação, a listar:

- Projeto: refere-se ao projeto de implementação de um novo produto ou de uma alteração de engenharia em um produto já fornecido; seu início ocorre no fechamento do negócio com o cliente (*Gate 0* do artefato), e é encerrado com a entrega do processo de manufatura implementado e estável para o departamento de Produção, e o fornecimento de produtos de acordo com as especificações do cliente (*Gate 3* do artefato);

- Portfólio de Projetos: Será considerado como a consolidação de todos os projetos da empresa, classificados de acordo com a definição apresentada anteriormente, e que estão sendo executados simultaneamente. Alguns aspectos do artefato serão direcionados ao conjunto de projetos, e não ao projeto individualmente, e neste momento o termo portfólio será utilizado;

- Produto: são peças e conjuntos metálicos aplicados na fabricação de veículos diversos. No contexto desta pesquisa, estes produtos são majoritariamente projetados pela engenharia do cliente, e seus desenhos e especificações são encaminhados ao fornecedor para que ele desenvolva um processo de manufatura capaz de produzi-los em escala. A Figura 26 ilustra alguns produtos tipicamente encontrados neste contexto.



Figura 26: Exemplos de Produtos da Indústria de Autopeças do Contexto da Pesquisa
Fonte: Elaborado pelo autor.

- Cliente Externo: são as grandes montadoras de autoveículos (automóveis, veículos comerciais leves, caminhões e ônibus), máquinas agrícolas e rodoviárias (tratores, colheitadeiras, retroescavadeiras, etc.), que optam por terceirizar a fabricação dos componentes e conjuntos de seus equipamentos, e que desenvolvem os projetos de novos produtos com seus fornecedores orientados pelo APQP ou metodologia similar.

- Cliente Interno: utilizando uma abordagem de processos, geralmente o PDP das organizações também é um "fornecedor" do processo de manufatura. A manufatura utilizará os recursos desenvolvidos pela equipe do projeto para fabricação dos produtos que serão fornecidos às montadoras (cliente externo). Desta forma, o processo de manufatura (também chamado de Produção neste trabalho) será considerado um cliente interno do PDP, apresentado desta forma no Artefato M1.

- Fornecedor: são as empresas do setor metalmecânico, fornecedoras de autopeças para as grandes montadoras. Podem ser companhias fornecedoras do *Tier 1* (fornecem diretamente para as montadoras) ou do *Tier 2* (fornecem para outros fornecedores ou sistemistas que agregam mais valor ao produto antes de entregá-lo às montadoras). Vale ressaltar que, além das limitações relacionadas ao tipo de produto, este artefato também é direcionado às empresas que possuam estrutura e recursos para desenvolver projetos deste tipo com as montadoras. Geralmente estes fornecedores são classificados como de porte médio ou grande, pois comumente fornecedores de pequeno porte possuem uma estrutura dedicada ao PDP reduzida, e também optam por terceirizar algumas atividades que são propostas neste artefato.

- Projeto de Produto: Quando mencionado e relacionado ao artefato, projeto de produto refere-se às atividades de revisão de desenhos e outras especificações do produto recebidas do cliente, à transcrição dos desenhos para um formato interno utilizado pelo fornecedor, e também, por vezes, à sua modelagem e simulação. Além de padronizar o formato das informações técnicas utilizadas internamente, já que cada montadora possui seus próprios padrões de desenho e especificações, também é possível que seja identificada a necessidade de alguma correção do projeto com o cliente, ou discussão sobre oportunidades de melhoria no produto detectada nas análises iniciais do projeto.

- Projeto de Processos: Para que um produto possa ser fabricado e atenda as especificações definidas pelo cliente, um conjunto de processos de manufatura são necessários para a fabricação dos componentes, subconjuntos e do produto final. Desta forma, Projeto de Processos diz respeito às atividades necessárias para planejar e detalhar cada um dos processos de manufatura necessários para fabricação daquele produto.

Alguns exemplos de processos de manufatura de uma empresa do setor metalmeccânico fornecedora de autopeças: corte, dobra, conformação, usinagem, solda, tratamento de superfície, tratamento térmico, montagem, entre outros.

- **Equipe do Projeto:** É sabido que os recursos humanos disponíveis e a estrutura hierárquica de cada empresa depende de uma série de fatores. Por este motivo, é proposto que a equipe para operacionalização do Artefato M1 seja enxuta e flexível, sendo adaptável à estrutura disponível em cada empresa. Os papéis propostos para compor um projeto estruturado de acordo com o artefato são os seguintes:

- Gestor do Projeto: É o responsável pelo gerenciamento do projeto durante toda sua duração, garantindo que as atividades sejam planejadas e executadas adequadamente em direção ao atendimento dos objetivos do projeto;

- Time do Projeto: São os representantes de cada departamento responsáveis pela execução das atividades do projeto, e que acompanharão a evolução do projeto ao longo de sua duração. Sugere-se que sejam definidos como membros do time os representantes dos departamentos com maior responsabilidades e envolvimento no projeto, e que representantes de departamentos com atividades pontuais ao longo do projeto sejam acionados conforme haja demanda. Isso é proposto pois o time do projeto também terá encontros periódicos para definições e avaliação da evolução do projeto, além da execução das atividades básicas do projeto.

- Cadeia de Ajuda: É um grupo de líderes de nível tático dos departamentos com maior responsabilidade no projeto, que atuam ao longo do projeto participando de momentos de avaliação da evolução do projeto (por exemplo, os *Gates*), e também para tomada de decisão em situações de impasses ou problemas identificados pelo time do projeto no seu decorrer.

- **Estruturação do Trabalho:** O artefato proposto está esquematizado de acordo com os seguintes níveis de organização do trabalho:

- Fases: As 5 fases apresentadas no artefato tem referência no Manual de APQP, e foram ajustadas para darem ênfase ao planejamento de processos. Elas são organizadas de forma sequencial e tecnicamente lógicas, para direcionaram o projeto ao atendimento de seus objetivos.

- Etapas: As etapas propostas são macro-atividades consideradas elementos-chave dentro de cada fase do artefato. As etapas do projeto não são explicitamente apresentadas no artefato apresentado na Figura 25, porém serão utilizadas para sua explicação no

detalhamento a seguir.

- *Atividades*: São todos os elementos de trabalho que compõe o projeto, e necessários para produzir os entregáveis esperados pelo cliente interno e cliente externo. As atividades não são apresentadas no artefato, mas algumas delas são mencionadas durante a apresentação e detalhamento do Artefato M1.

- *Gates*: Os *Gates* do Projeto são elementos que simbolizam momentos importantes de análise e tomada de decisão ao longo do projeto. A proposição destes elementos no artefato é uma adaptação do conceito apresentado por Cooper (1993). A integração do conceito de *gate* do PDP busca estabelecer marcos estratégicos durante o projeto, a fim de garantir que o projeto avance de acordo com os objetivos definidos no Fase 1, e que estão alinhados com critérios para a satisfação do cliente e rentabilidade do negócio. No Artefato M1 são propostos os seguintes 4 *Gates*:

Gate 0: Decisão sobre fechamento do negócio (ou não) com o cliente. Além de avaliar se o novo negócio está alinhado com a estratégia da empresa, são avaliadas a viabilidade técnica e econômica daquele projeto.

Gate 1: Decisão sobre iniciar (ou não) a aquisição e/ou fabricação dos recursos de acordo com o que foi projetado na fase anterior. Neste *gate* é verificado se o processo planejado atenderá as especificações definidas em conjunto com o cliente, e se os objetivos do projeto continuam sendo atendido. A partir desta etapa, os investimentos são acelerados, e qualquer "retrabalho" no projeto do produto ou processo custará mais ao fornecedor.

Gate 2: Decisão sobre iniciar (ou não) a fabricação dos produtos no processo implementado na fase anterior. Após a realização dos *try-out* dos novos processos, neste *gate* é avaliado se o processo possui os requisitos mínimos para iniciar a produção dos primeiros lotes do produto.

Gate 3: Decisão sobre encerrar (ou não) o projeto, e passar a responsabilidade sobre o produto e processo para o departamento de manufatura. Este *gate* avalia se o projeto concluir satisfatoriamente suas entregas, e pode ser encerrado pelo fornecedor.

É proposto que cada fornecedor defina sua lista de verificação e critérios para aprovação em cada *gate*, bem como seu seu fluxo para reação, caso o projeto não seja aprovado pelo *gate*. Além disso, é necessária a definição de uma rotina de realização dos *gates* na empresa. É sugerido que o gestor do projeto seja responsável pela preparação do material e da rotina de avaliação dos projetos, e que os membros da cadeia de ajuda sejam os responsáveis pela avaliação dos projetos nos *gates*.

Após a apresentação destas definições, a seguir serão apresentadas as atividades que compõem cada fase do projeto.

4.2.2 Fase 0 - Atividades de Pré-PROJETO

A apresentação do Artefato M1 iniciará pela Fase 0, que é como será denominado o conjunto de atividades realizadas antes do início do projeto. Estas atividades estão relacionadas às negociações técnicas e comerciais que ocorrem antes do fechamento do negócio com o cliente. A relação entre estas atividades de pré-projeto e o início oficial do projeto estão representadas na Figura 27 a seguir.

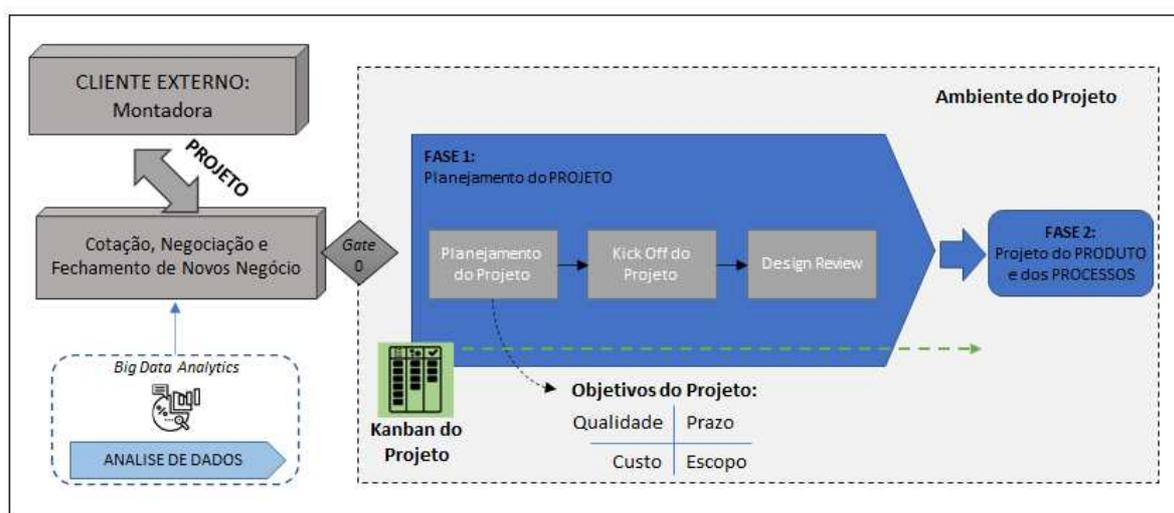


Figura 27: Detalhamento das Fases 0 e 1 do Artefato M1

Fonte: Elaborado pelo autor.

No contexto deste trabalho, onde o PDP tem enfoque em projetos de produtos que seu *design* é desenvolvido pelos clientes, geralmente as oportunidades de novos negócios são captadas pelo departamento Comercial/Vendas dos fornecedores, que recebem ou buscam solicitações para cotação de um **novo produto** ou para uma **alteração de engenharia**. A partir deste momento, as especificações do produto (desenhos e outras especificações técnicas e comerciais) são repassadas aos especialistas responsáveis por orçamentos/cotações no fornecedor.

Inicialmente, é necessária uma avaliação da viabilidade técnica e da intenção da empresa em fornecer aquele produto. Se a avaliação inicial for positiva, em seguida os especialistas elaboram um Fluxograma Preliminar de Processos, que representa (de maneira genérica) os processos de manufatura mais adequados para fabricação daquele produto.

A etapa de Cotação de um novo produto é extremamente crítica para os fornecedores de autopeças. É um mercado que há, de um lado, grande pressão das montadoras por preços menores, e do outro, grandes fornecedores que detém o poder sobre os preços das matérias-primas (por exemplo, as usinas fornecedoras de aço). Neste cenário, é importante que a decisão sobre o fechamento do negócio seja baseada em critérios que garantam a rentabilidade do novo negócio e a saúde financeira da empresa.

Porém, como uma grande quantidade de variáveis interferem na elaboração de uma cotação, é proposto a integração de elementos e tecnologias de *Big Data Analytics* para suportar esta etapa do PDP. A oportunidade relacionado à esta tecnologia é coletar grande quantidade de dados disponíveis internamente (por exemplo: histórico de vendas, produtividade, custos internos, preço de matéria-prima, etc.) e externamente (por exemplo: evolução do mercado consumidor, dos preços de materiais, inflação, câmbio, etc.) e, com uso de modelos estatísticos, analisar e encontrar padrões nos dados que possam ser transformados em informações.

As informações geradas com o uso do BDA são cruzadas com os custos de fabricação e investimentos necessários para aquele projeto. A partir daí, é possível definir o preço de venda do produto e o ROI - *Return over Investment* (Retorno sobre Investimento) do projeto. A partir destas análises econômicas e financeiras mais robustas, o fornecedor pode identificar em quais cenários fechamento do negócio ocorre com uma margem de lucro adequada, levando em conta os fatores de risco identificados nas informações extraídas do BDA.

Atualmente, uma série de ferramentas e tecnologias estão disponíveis no mercado para coletar e estruturar a base de dados das empresas - *Big Data*. Da mesma forma, outras existem várias ferramentas de análises de dados, cada uma com características e vantagens diferentes - *Data Analytics*. Elas devem ser avaliada por cada empresa, de acordo com suas necessidades.

Por fim, parte-se para as negociações comerciais com o cliente. Vale ressaltar que a dinâmica de negociação comercial entre o fornecedor e a montadora é muito particular de cada montadora. Podem haver várias rodadas de negociação com cliente, e é proposto no Artefato M1 que o desfecho dessas negociações seja decidido no **Gate 0**, quando o negócio é submetido à avaliação e tomada de decisão da liderança em nível estratégico da organização.

Se o time decidir por fechar o negócio com o cliente, o departamento Comercial/Vendas parte para a revisão e formalização de um contrato de fornecimento do produto em questão, e também são negociados os termos de desenvolvimento deste projeto, que são informações de entrada essenciais para a próxima etapa do PDP.

A partir da conclusão desta etapa o projeto pode ser iniciado. As atividades da primeira fase do Artefato M1 serão apresentados na seção seguinte.

4.2.3 Fase 1 - Planejamento do PROJETO

Após o fechamento de um novo negócio com o cliente, a primeira fase proposta pelo artefato contempla as etapas e atividades relacionadas à preparação e planejamento do projeto. A Fase 1 é, basicamente, alimentada pelas informações discutidas e definidas em conjunto com o cliente na Fase 0. Quando os projetos tratam de alterações de engenharia, também são utilizadas as informações do produto e processo atualmente produzidos como dados de entrada, bem como dados de performance atualizados do processo corrente. As principais etapas da Fase 1 também são apresentadas na Figura 27, e serão detalhadas nesta seção a seguir.

Nesta fase, a primeira etapa a ser realizada é o detalhamento do **Planejamento do Projeto**. Esta etapa é realizada pelo Gestor do Projeto designado pela organização, que, junto com a Cadeia de Ajuda do projeto, define o Time do Projeto. Nesta etapa também são definidas os Objetivos do Projeto, nos 4 seguintes aspectos:

- Escopo: Resumo dos entregáveis do projeto, para auxiliar no entendimento da complexidade do projeto;
- Prazo: Prazo final de encerramento do projeto, e também o prazo dos *milestones* internos e com o cliente;
- Custos/Investimentos: Custo do produto (R\$/peça) e valor para investimento definidos no fechamento do negócio com o cliente;
- Critérios de Qualidade e Requisitos do Cliente: Nível de Submissão do PPAP, critérios de validação e aprovação do produto, e outros requisitos de qualidade especificados pelo cliente para o produto ou processo.

A partir definição dos objetivos do projeto, é possível que o gestor do projeto construa o cronograma preliminar do projeto, que será posteriormente validado com a equipe do projeto. Com este cronograma é possível identificar o caminho crítico do projeto e as atividades mais significativas do projeto. Assim, serão definidas as atividades que serão gerenciadas pelo Kanban de Projeto, que será apresentado nas seções posteriores.

De posse das informações iniciais do planejamento, é necessária a realização da **Reunião de Kick-Off** do projeto, com o objetivo de apresentar um *overview* do projeto, do produto e do processo que serão desenvolvidos. Os objetivos dos projeto também são apresentados e validados com a equipe do projeto. Esta etapa pode ser considerada como um marco de início oficial do projeto, pois, a partir dela, o trabalho propriamente dito é iniciado. É proposto que esta reunião seja preparada e coordenada pelo gestor do projeto.

Após a estruturação e abertura do projeto, parte-se para uma análise técnica do projeto,

buscando revisão detalhada de todas as informações de entrada necessárias para seu desenvolvimento. Na indústria automotiva, esta é uma prática comum entre as montadoras e seus fornecedores no início dos projetos. Embora cada montadora tenha seu procedimento específico para realização desta revisão técnica, ela é comumente chamada de *Design Review* ou *Technical Review*. Neste artefato, será adotado o termo **Design Review**. O objetivo desta atividade é realizar uma revisão detalhada de todas as informações técnicas do produto, a fim de garantir que as informações de entrada do projeto estão disponíveis, claras e entendidas pela equipe do projeto. Esta atividade é realizada a partir de uma reunião (ou mais, se necessário) com o time do projeto, utilizando-se do apoio de um check-list, pois é grande a quantidade e variedade de informações de entrada necessárias para um projeto.

Estando o planejamento do projeto concluído e as informações de entrada revisadas em conjunto com a equipe do projeto, é possível o projeto avançar para a Fase 2, que será apresentada na seção seguinte.

4.2.4 Fase 2 - Projeto do PRODUTO e do PROCESSO

A Fase 2 do projeto pode ser considerada a mais crítica com relação ao atendimento dos objetivos do projeto, pois nela estão contidas as principais análises e decisões que impactam os objetivos contratados. Por este motivo, investir em recursos que possam suportar tecnologicamente e metodologicamente a equipe do projeto é importante. Nesta etapa do projeto, o produto e os processos de manufatura ainda são tratados no ambiente virtual, onde identificar e mitigar riscos ou problemas é menos oneroso do que quando isto ocorre no ambiente físico. Da mesma forma que nas fases subsequentes do projeto, as atividades mais significativas do projeto, que foram definidas na Fase 1, são gerenciadas pelo Kanban de Projetos.

A partir deste contexto, a Figura 28 demonstra como os elementos coletados na literatura e nas entrevistas com os profissionais e especialistas em PDP foram integrados na Fase 2 do artefato.

A primeira etapa da Fase 2 é a elaboração **Projeto Virtual do Produto**. Esta atividade recebe como informações de entrada os dados do projeto do cliente, os quais foram revisados tecnicamente na Fase 1. Este projeto virtual é desenvolvido com apoio de softwares CAD (*Computer Aided Design*, ou Projeto e Desenho Assistidos por Computador), com a finalidade de desenvolver um modelo 3D do produto. Este projeto suportará a análise detalhada de manufaturabilidade do produto, e também como entrada para o projeto detalhado dos processos de manufatura. As saídas desta atividade são o projeto 3D do produto e seus desenhos 2D, que darão suporte às atividades técnicas seguintes.

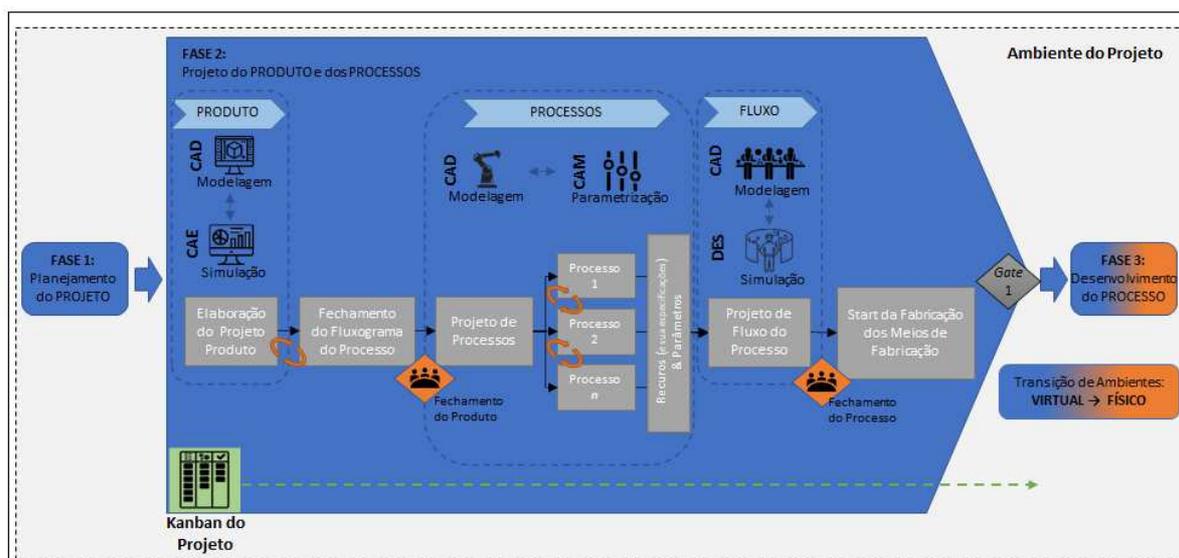


Figura 28: Detalhamento da Fase 2 do Artefato M1

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como o produto modelado de acordo com as especificações do cliente, dependendo do seu nível de complexidade e/ou exigências de aplicação no cliente, adicionalmente o produto pode ser submetido à **Simulação** com suporte de softwares CAE (*Computer Aided Engineering*, ou Engenharia Auxiliada por Computador). Esta é uma tecnologia amplamente utilizada na indústria automobilista, que apresenta várias vantagens relacionadas à otimização do produto e de custos de desenvolvimento. Uma variedade grande de ferramentas está disponível no mercado, com soluções para análises estáticas, dinâmicas, de materiais, entre outras várias possíveis. Porém, a possibilidade de realização de simulações e análises utilizando este tipo de tecnologia nos fornecedores está relacionada com o nível de informações sobre aplicações e condições de uso do produto, que são dados de projeto geralmente detidos pela montadora. Quando a simulação do produto for possível de ser aplicável no projeto, é uma oportunidade relevante do fornecedor reduzir riscos durante a implementação e produção do produto, validando o *design* concebido do cliente. Vale também mencionar que esta é uma atividade que pode ser subcontratada no projeto, pois há diversas empresas especializadas na prestação deste tipo de serviço no mercado atualmente.

Paralelamente ao projeto do produto, é concluída a revisão do **Fluxograma de Processo**. Este fluxograma deve apresentar, de maneira resumida, os processos de manufatura que o produto será submetido, desde seus componentes até o produto final. Como um fluxograma inicial foi necessário durante a cotação do projeto na Fase 0, na Fase 2 é necessário que o mesmo seja revisado, pois vários fatores podem gerar a necessidade de ajustes entre o fechamento do

projeto avançar em termos de detalhamento do processo, é imprescindível que a equipe do projeto realize uma validação destas informações. No Artefato M1, esta atividade é chamada de **Fechamento do Produto**. Trata-se de uma reunião com a equipe de projeto, com uma dinâmica de condução proposta conforme a Figura 30 a seguir. É sugerido que os membros do time do projeto responsáveis pelo projeto do produto (e sua simulação, quando aplicável) e pela elaboração do fluxograma de processos apresentem brevemente o resultado de suas atividades à equipe do projeto. O objetivo de promover este momento dentro da Fase 2 é reunir a equipe multidisciplinar do projeto para analisar criticamente o produto que será desenvolvido, buscando identificar e mitigar riscos relacionados à sua fabricação e atendimento às especificações. Para isso, utiliza-se de lições aprendidas de projetos anteriores ou da experiência dos especialistas nos processos de manufatura necessários. Como saída desta atividade, ajustes, correções ou melhorias podem ser realizadas no projeto do produto ou no fluxograma de processos, antes do projeto avançar para a etapa de detalhamento dos processos.

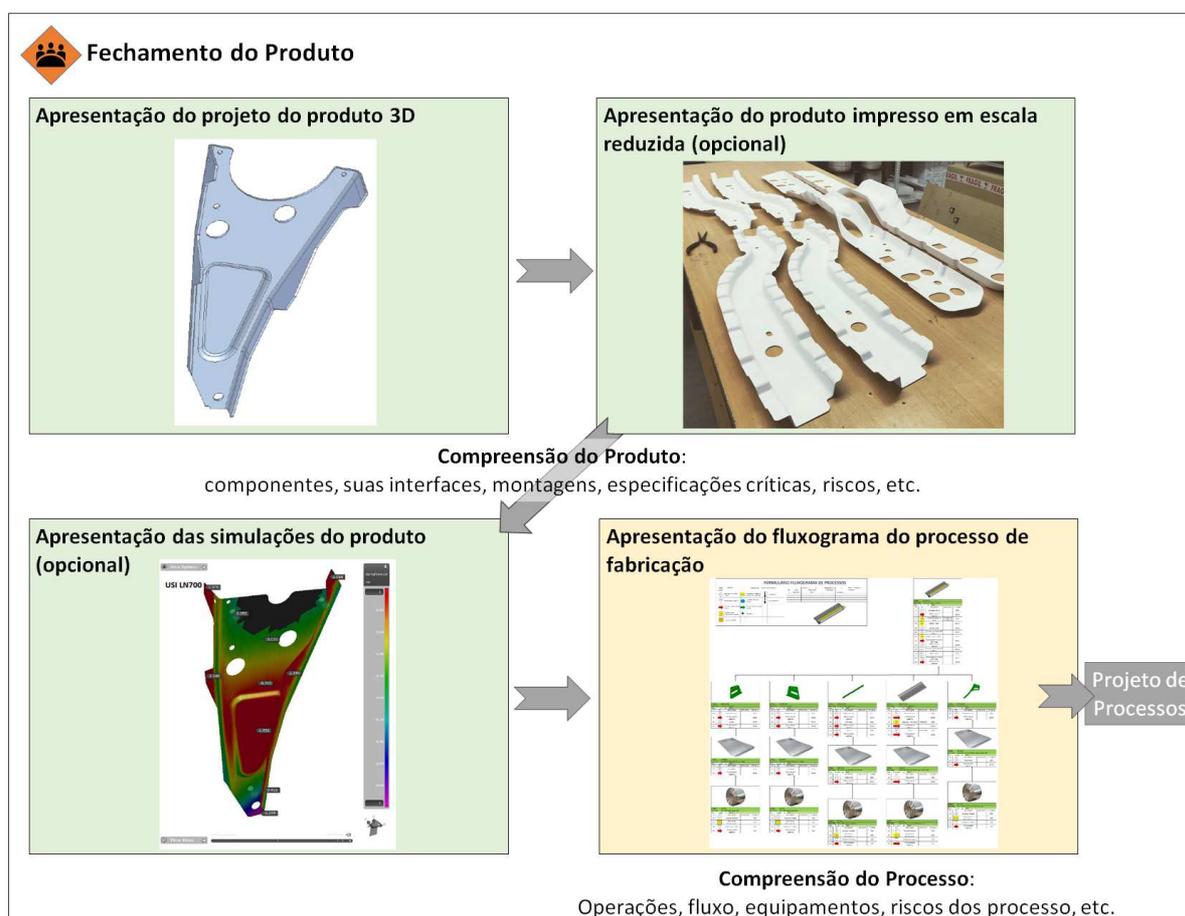


Figura 30: Roteiro para Reunião de Fechamento do Produto

Fonte: Elaborado pelo autor.

Além do uso de ferramentas de projeto e simulação, outra tecnologia da Indústria 4.0 que pode apoiar na análise e apresentação do produto durante as atividades de validação é a **Manufatura Aditiva**. A partir do projeto 3D do produto, é possível a fabricação de modelos em escala reduzida do produto ou de seus componentes, que podem ser utilizados durante a atividade de fechamento do produto, ou também em outros momentos ao longo do projeto. Desta forma, é possível buscar ainda mais assertividades nas análises do time de projeto, utilizando-se de recursos que estão cada vez mais acessíveis nas organizações. Esta é um recurso proposto de maneira opcional no artefato, e sua utilização pode ser definida previamente pela equipe do projeto durante a Fase 1 anteriormente.

Estando concluídas as discussões acerca do projeto do produto, o projeto passa para a etapa do **Projeto Virtual dos Processos**. Esta é uma etapa que tem duração e complexidade relacionadas à quantidade e variedade de processos de manufatura pelos quais o produto precisam ser submetido. Desta forma, cada novo projeto terá demandas específicas de projetos de processos de acordo com aqueles que foram definidos e formalizados no fluxograma de processo, e, conseqüentemente, demanda de profissionais especialistas distintos. A estruturação desta etapa do artefato propõe uma sincronia no trabalho dos membros da equipe, que atuarão individualmente em determinados momentos do projeto, mas que precisam se apoiar para a convergência de um processo de manufatura final que atenda as expectativas do cliente e objetivos do projeto. Isso posto, é proposto as atividades relacionadas ao projeto de processo sejam estruturadas de acordo com a Figura 31, que será apresentada em seguida.

A Figura 31 mostra que uma variedade n de processos precisam ser projetados pelos profissionais responsáveis por cada especialidade, e estes projetos individuais necessitam evoluir paralelamente. É possível classificar a complexidade dos projetos de processos individuais em 3 níveis, conforme será apresentado a seguir. Além disso, estes projetos individuais precisam ser consolidados por um projeto de fluxo, que engloba a disposição dos processo em um layout fabril e a definição de um fluxo para os materiais no processo. A seguir estes aspectos serão detalhados.

- **Projeto dos Processos Individuais:** Nesta etapa, os especialistas da equipe do projeto se dedicam no desenvolvimento do projeto de cada processo de manufatura individualmente, utilizando as especificações do projeto de produto revisadas anteriormente, e também as informações e dados de processos já existentes como dados de entrada. Como informações de saída desta etapa, os especialistas são responsáveis por definir os **parâmetros** e **recursos** necessários para cada processo. Para isso, os profissionais irão se utilizar tanto de softwares CAD quanto CAM (*Computer-Aided Manufacturing*, ou Fabricação Assistida por Computador), já que parte destes processos se utilizam de

equipamentos com tecnologia CNC (*Computer Numeric Control*, ou Controle Numérico Computadorizado).

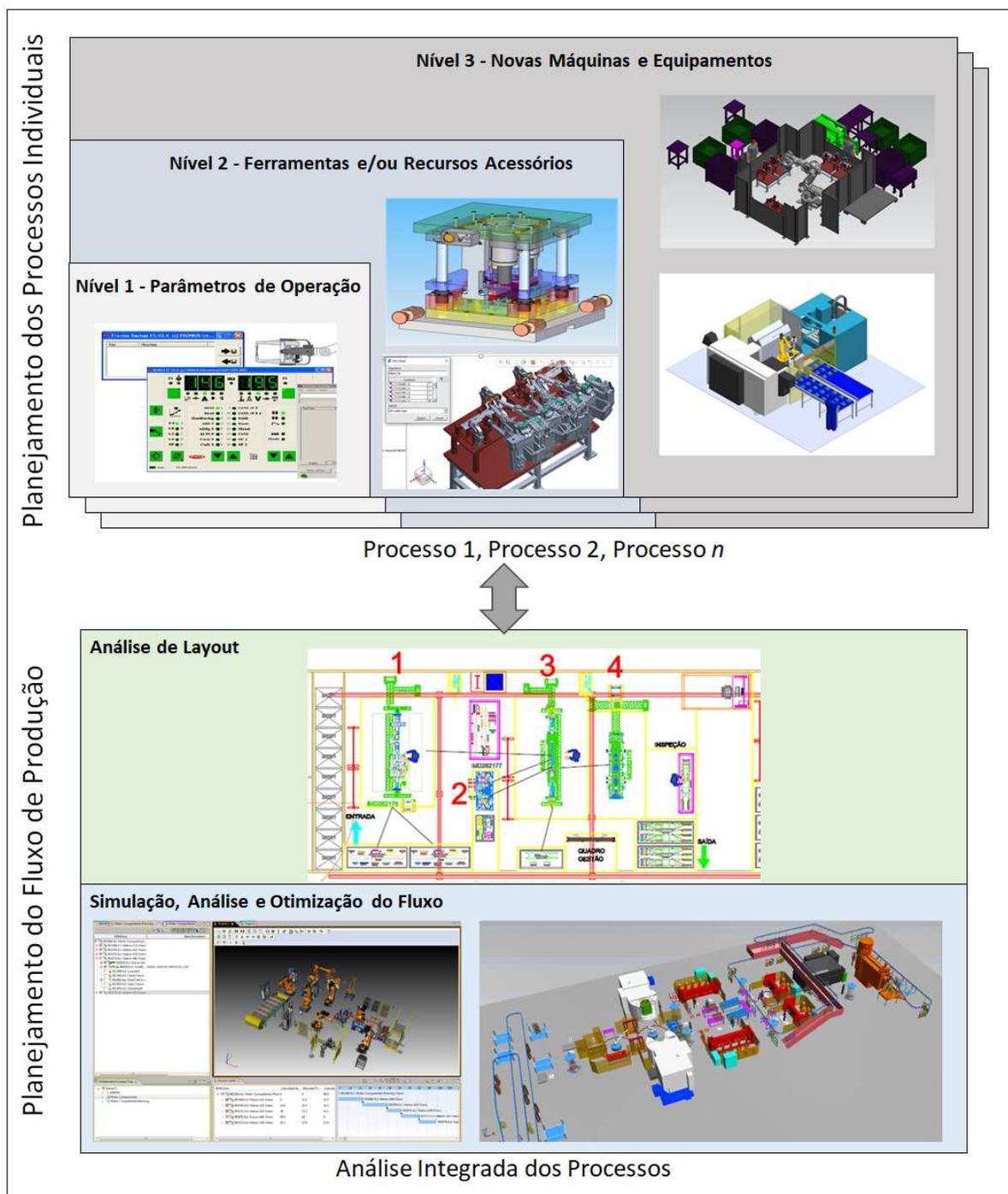


Figura 31: Níveis de Projeto de Processo e Projeto de Fluxo
Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste artefato, é proposto classificar os projetos individuais de cada processo de manufatura em três níveis crescentes de complexidade. Esta classificação visa auxiliar no planejamento de recursos do projeto, pois há uma diferente variedade de atividades de acordo com o nível de projeto de processo necessário. Além disso, também auxilia o gestor do projeto a planejar um cronograma mais assertivo para as atividades desta fase, com prazos de execução das atividades diferentes para cada nível. Os 3 níveis de projeto de processo são:

- Nível 1: Utilização de processos de manufatura já existentes e operantes na fábrica, sendo necessária a **definição dos parâmetros de operação** para o produto em questão, ou desenvolvimento e/ou aquisição de consumíveis específicos para este produto. Nesta situação, para desenvolvimento de processos relacionados à equipamentos com tecnologia CNC embarcada, a utilização de softwares CAM é também aplicada. Alguns exemplos de processos de manufatura desenvolvidos neste formato são corte laser, usinagem em tornos e solda MIG/MAG manual. Neste caso, o especialista daquele processo já dispõe do equipamento, e irá definir os parâmetros de fabricação específicos para este novo produto.

- Nível 2: Utilização de processos de manufatura já existentes e operantes na fábrica, porém, necessitam **desenvolvimento ferramentas ou outros tipos de recursos acessórios** mais complexos, que necessitam serem projetados especificamente para a fabricação do produto em questão. Alguns exemplos de processos de manufatura que são desenvolvidos neste formato são: conformação em prensa, que demanda desenvolvimento de ferramenta específica; solda manual ou robotizada, que demanda desenvolvimento de dispositivo locador específico. Nestes casos, o prazo necessário pelo especialista para detalhar o projeto daquele processo é maior.

- Nível 3: Necessidade de **aquisição de novas máquinas ou equipamentos**, para aumento de capacidade fabril ou aquisição de nova tecnologia. Neste caso, há um trabalho significativo envolvido na definição das especificações do equipamento necessário, além de procura, negociação e fechamento do negócio com fornecedores. Adicional a isso, ainda necessitam planejar a integração deste novo equipamento ao layout fabril existente, ou, até mesmo, desenvolvimento de novo layout para acomodação deste novo processo de manufatura. Pode-se considerar que desenvolvimento de processos com Nível 3 de complexidade são "subprojetos" dentro do projeto principal, e merecem uma atenção especial do gestor do projeto junto ao membro da equipe do projeto responsável por ele.

Além da busca por melhores soluções nos processos de manufatura individuais, é necessário que o fluxo produtivo do produto seja planejado adequadamente. Esta é uma análise crucial e que tem impacto direto na produtividade e nos níveis de inventário do processo planejado. Por este motivo, é proposto que as atividades a seguir sejam integradas da seguinte forma ao PDP:

- **Projeto do Fluxo do Processo:** A **análise de layout e fluxo** do projeto busca integrar da melhor forma a fabricação do novo produto ao fluxo de produção já existente na fábrica. A avaliação de um layout industrial é usualmente suportada por softwares CAD, dando agilidade e assertividade ao trabalho da equipe responsável. Além disso, nesta etapa também é incluída a análise dos recursos necessários para logística (movimentação e armazenagem) deste produto, como, por exemplo, embalagens e meios de transporte necessários, tanto internos quanto externos.

Ainda dentro do projeto do fluxo do processo, há uma atividade considerada opcional no projeto (mas de grande relevância), de acordo com o nível de complexidade dos processos que serão desenvolvidas ou da análise crítica realizada pela equipe do projeto durante o planejamento na Fase 1, que é a **simulação do fluxo do processo** de manufatura. Esta etapa, desenvolvida por softwares DES (*Discrete Event Simulation*), ou Simulação de Eventos Discretos, suportam o time de projeto na modelagem, simulação, análise e otimização do sistema de produção por completo, analisando o fluxo de materiais e pessoas no processo. Nesta etapa é possível prever a performance do processo como um todo, não apenas dos processos individuais. Identificando os gargalos do processo, é possível avaliar oportunidades de melhoria ainda na fase de projeto, e buscar reduzir desperdícios do processo, principalmente em movimentação de materiais, pessoas e inventário. Isso oportuniza maximizar a produtividade do processo ainda no seu ambiente virtual, durante a fase de planejamento.

Vale ressaltar que a modelagem e simulação do fluxo produtivo, conforme proposto anteriormente, é fator decisivo para que o PDP consiga entregar ao final do projeto um processo virtual validado, além do processo físico implementado. Este entrega oportuniza o fornecedor a avançarem em direção da Digitalização de sua planta, que será cada vez mais um diferencial competitivo das organizações no cenário da Indústria 4.0. Este ambiente virtual pode ser utilizado de inúmeras formas como uma ferramenta potente para integração, monitoramento e melhoria contínua do processo produtivo durante sua vida útil.

Com o detalhamento dos processos individuais e do fluxo realizado pelos especialistas, a

equipe do projeto reúne-se para realização do **Fechamento do Processo**. A dinâmica proposta para este encontro é apresentada na Figura 32 abaixo, quando os responsáveis pelo detalhamento de cada processo apresentam, de maneira resumida, como será sua operacionalização, buscando com os demais membros da equipe de projeto a confirmação de uma interface adequada entre os projetos. O time busca identificar possíveis riscos a serem mitigados ainda na fase virtual dos projetos. Nesta etapa de controle, é necessário que os processos Nível 2 e 3 recebam maior atenção do time do projeto, pois eles apresentam maior interação e complexidade, conseqüentemente, com maior risco durante sua implementação. Outro ponto importante a ser considerado pelo gestor do projeto é a participação da liderança da produção, que será responsável por executar este processo no futuro, buscando também suas contribuições e validação nesta etapa.

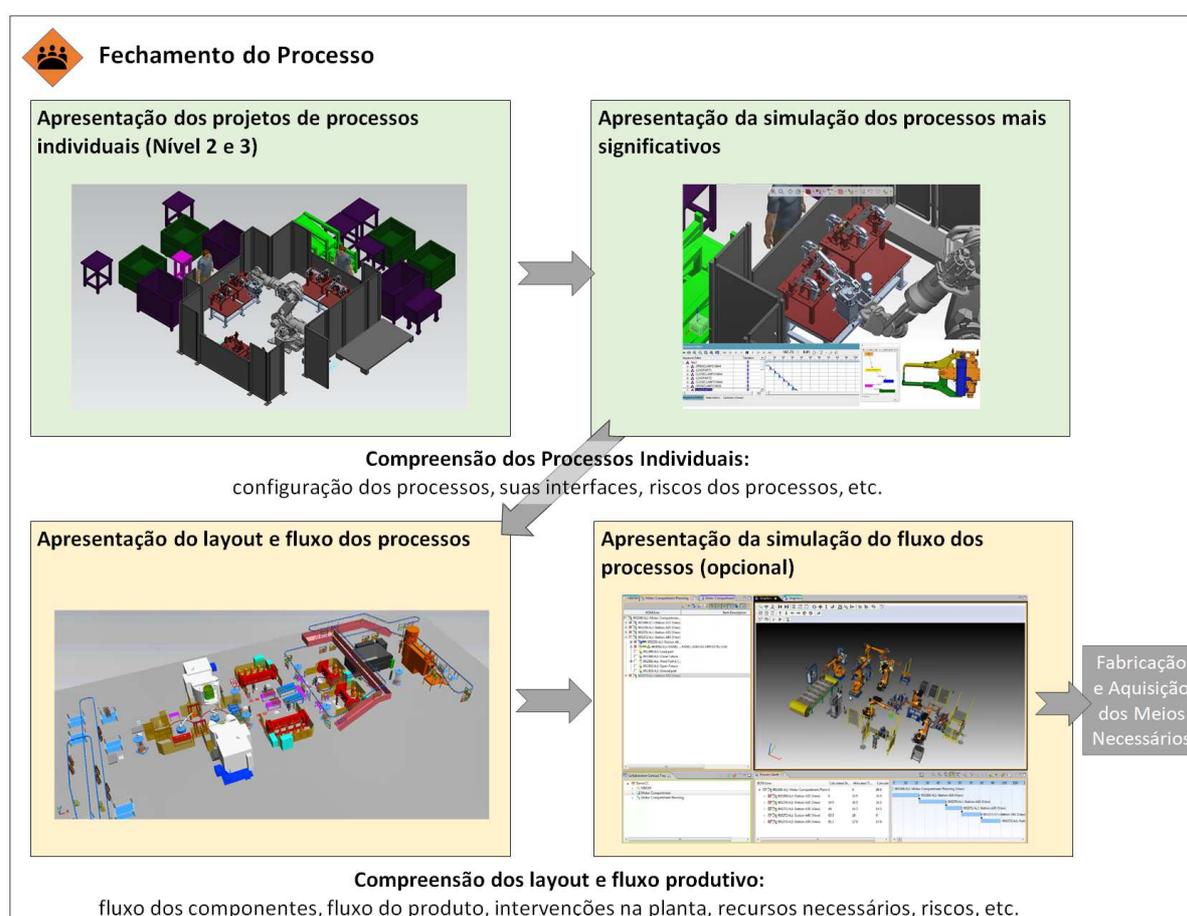


Figura 32: Roteiro para Reunião de Fechamento do Processo

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a equipe do projeto concluir Fechamento do Processo, o projeto avança até o **Gate 1**. Só após a aprovação do projeto neste *gate*, o projeto avança para a aquisição e/ou fabricação

dos recursos necessários para implementação do processo de manufatura. Esta é uma etapa que requer muita atenção do gestor do projeto, para firmar prazos de entrega dos recursos adequados com o cronograma do projeto. A seguir a Fase 3 do Artefato será apresentada.

4.2.5 Fase 3 - Desenvolvimento do PROCESSO

Após a conclusão das atividades de planejamento do produto e processos, os recursos do projeto iniciam sua transição do ambiente virtual para o ambiente físico. A Fase 3, que é apresentada na Figura 33 a seguir, tem seu ponto focal na implementação e validação dos meios de produção, os quais o Artefato M1 propõe serem desenvolvidos com suporte metodológico da **Sprint**. A Sprint, que é um artefato iterativo que compõe a metodologia Scrum, tem sua utilização proposta para gerir as atividades de *try-out* dos processos que necessitam ser implementados. A seguir as etapas e atividades da Fase 3 serão apresentadas.

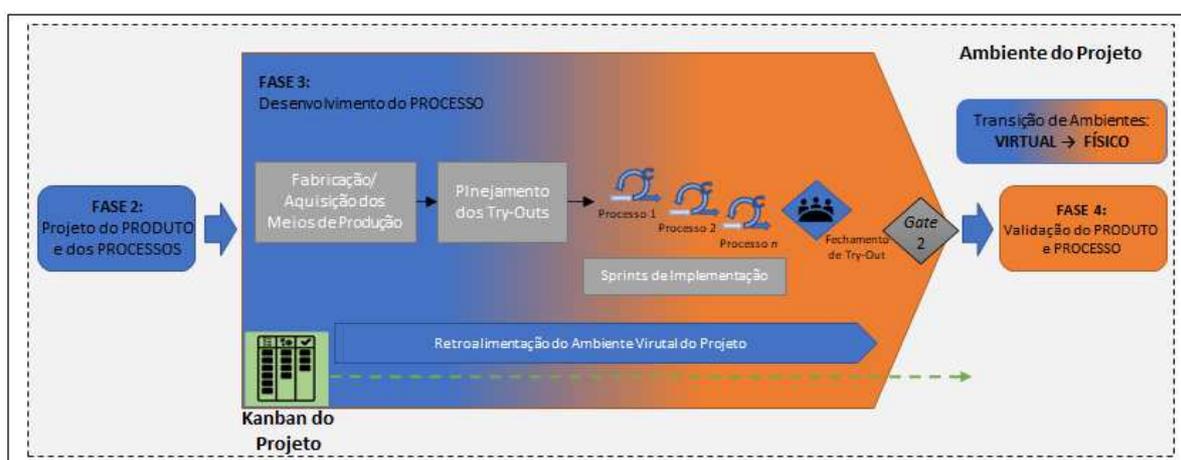


Figura 33: Detalhamento da Fase 3 do Artefato M1
Fonte: Elaborado pelo autor.

A **Fabricação ou Aquisição dos Meios** de fabricação é a primeira atividade contidas na Fase 3 do artefato. Nesta etapa, os recursos projetados na fase anterior são providenciados para posterior implementação e validação. Para alguns recursos, a possibilidade de fabricação interna ou aquisição externa dependerá do fornecedor possuir estrutura para tal, ou, por alguma estratégia, ele opte por aquisição externa. Por exemplo, para fornecedores de peças e conjuntos metálicos, ferramentas de conformação de peças são recursos essenciais na fabricação do produto. Algumas autopeças podem possuir estrutura interna para desenvolvimento e fabricação do ferramental, já outras podem apenas realizar a aquisição de outras empresas especializadas. Independente destes fatores, o artefato proposto é adaptável a ambas possibi-

lidades, principalmente na etapa que será apresentada a seguir.

Com os recursos ainda em processo de fabricação ou em trâmites de aquisição, é necessário atuar no planejamento para sua implementação rápida e assertiva. Além da disponibilização e instalação destes recursos propriamente dita, outra atividade essencial na etapa implementação é o *try-out*. No contexto industrial, é chamado *try-out* o conjunto de atividades relacionadas aos testes e ajustes necessários para um processo novo ou alterado performar conforme seu projeto. Para cada tipo de recurso (máquina, equipamento, ferramenta, etc.) que precisa ser implementado, as atividades relacionadas ao seu *try-out* são distintas. E por mais que uma grande quantidade de tempo é investida durante o projeto dos processos, sua implementação ainda é uma atividade que apresenta certo grau de incertezas, principalmente quando se trata de novas máquinas e ferramentas. Desta forma, é necessário estruturar um processo de implementação que apoie a gestão destas incertezas, direcionando os recursos do projeto onde e quando for necessário.

A seguir, a Figura 34 apresenta o detalhamento das atividades que compõe os **Try-Outs de Processo**. Nela é demonstrada as duas opções de gerenciamento das atividades de cada *try-out* do processo, sendo com ou sem o uso da Sprint. Quando a Sprint é adotada, ela padroniza uma frente de trabalho que será responsável por planejar, instalar, testar e validar um processo de manufatura específico. Esta frente de trabalho será composta por um grupo de trabalho, e terá rotinas específicas para monitorar e avaliar a evolução do trabalho, que, de acordo com a complexidade do processo que será implementado ou alterado, pode durar vários dias, ou até alguns meses.

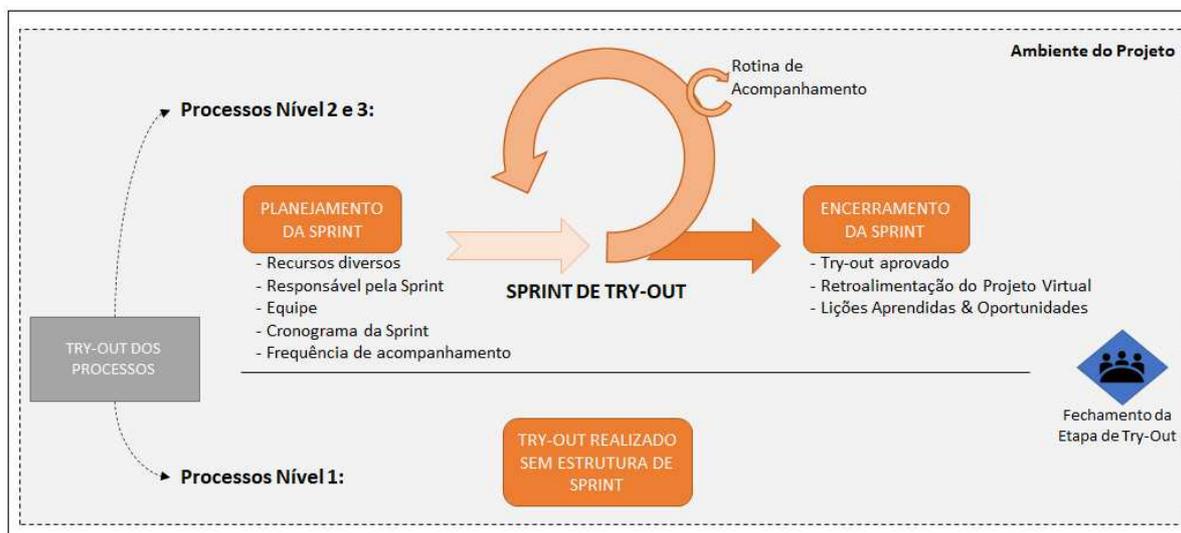


Figura 34: Desenvolvimento das Atividades de *Try-Out*

Fonte: Elaborado pelo autor.

As seguintes etapas compõem uma Sprint de *try-out*:

- **Definição da necessidade de Sprints:** Nesta etapa, o time do projeto avalia quais *try-outs* serão desenvolvidos no formato de Sprint. Como as atividades em formato Sprint propõem uma estrutura de trabalho mais robusta, a equipe do projeto pondera a complexidade e riscos envolvidos em cada processo a ser implementado, e assim define de qual forma de *try-out* será adotada para cada um deles. Se o processo partir para implementação sem estrutura de Sprint, o próprio especialista que realizou o desenvolvimento do processo na fase anterior é responsável por sua implementação e *try-out*, acionando recursos e suporte dos demais membros da equipe conforme necessidade. Processos com Nível 1 de desenvolvimento, conforme apresentado na seção anterior, geralmente não terão necessidade de implementação via Sprint. Por exemplo, a realização de *try-out* de um processo de corte com equipamento laser já existente na planta, onde as atividades são basicamente relacionadas à validação dos parâmetros de processo definidos previamente, é uma atividade com complexidade e riscos de falha baixos, por este motivo não demanda a estrutura de um Sprint.

Para aqueles *try-outs* que serão realizados pela Sprint, as três principais atividades que compõem cada Sprint são:

- **Planejamento da Sprint:** Para os processos que tiveram necessidade de Sprint levantadas pela equipe, geralmente os de Nível 2 e 3, os mesmos precisam ser planejados adequadamente antes do início da Sprint. Nesta etapa, o gestor do projeto é responsável por planejar e providenciar os recursos necessários para a realização de cada Sprint, bem como avaliar e sincronizar o uso de recursos compartilhados entre Sprints que estarão ocorrendo de maneira simultânea, o que ocorrerá com muita frequência, dada a necessidade de otimização do *lead time* do projeto. Além disso, o cronograma claro das atividades e entregas de cada Sprint é necessário para orientar o trabalho da equipe de cada Sprint. Outro fator importante no planejamento da Sprint é a definição de uma rotina com o time de projeto para acompanhamento da evolução do trabalho, bem como suportar a solução de problemas que possam surgir durante sua execução. O gestor do projeto é responsável por definir, em conjunto com a equipe da Sprint, a frequência, duração, horário e local dos encontros. A Cadeia de Ajuda do projeto pode ser acionada sempre que algum item crítico surgir durante a execução da Sprint, para suportar a equipe na definição e solução do problema.
- **Execução da Sprint:** Após o planejamento, as atividades do *try-out* iniciam. A instalação, teste, revisão de parâmetros, produção de lotes de teste, ajustes, entre outras

atividades, são realizadas pelos especialistas de cada processo, com o suporte do time que foi designado. A evolução das atividades são revisadas pela equipe nas reuniões de acompanhamento do *try-out*, para garantir que o mesmo avance dentro do cronograma definido. Como diversas atividades ocorrem concomitantemente no projeto, é crucial uma gestão adequada do cronograma pelo gestor do projeto, para evitar atrasos ou impactos negativos.

- **Encerramento da Sprint:** Após a conclusão das atividades do *try-out* daquele processo, um breve encontro da equipe do projeto marca o encerramento daquela Sprint. Além das evidências da implementação do processo de acordo com o projeto, o time revisa as possíveis lições aprendidas e oportunidades de melhoria identificadas ao longo da Sprint.

Ao longo da Fase 3, a **Retroalimentação do Projeto Virtual do Produto e Processos** é uma atividade necessária para manter o ambiente virtual do projeto atualizado, após os ajustes identificados e implementados dos *try-outs*. A partir desta fase, a retroalimentação do ambiente virtual do produto e processos será revista ao final de cada etapa até o encerramento do projeto.

Após a conclusão das atividades de *try-out* planejadas, o projeto avança para a avaliação do **Gate 2**. Só após a conclusão neste *gate*, o projeto avança para a Fase 4, que será a apresentada a seguir.

4.2.6 Fase 4 - Validação do PRODUTO e do PROCESSO

Após todo o desenvolvimento e implementação dos processos de manufatura, uma série de atividades são necessárias para analisar, ajustar e validar o produto e os processos, tanto internamente quanto com o cliente. Estas atividades são organizadas pelas etapas da Fase 4 do Artefato M1, que é apresentada na Figura 35 a seguir. Boa parte destas atividades são requisitos oriundos dos Manuais de AQPQ e PPAP. Vale ressaltar que é necessário que cada novo projeto seja ajustado para contemplar requisitos e demandas específicas daquele desenvolvimento, e o planejamento destas demandas deve ocorrer ainda na Fase 1.

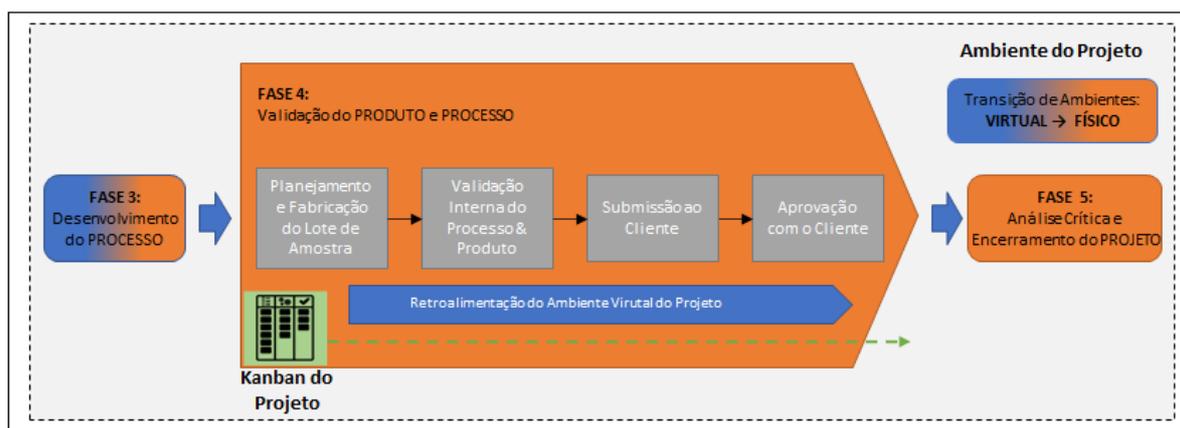


Figura 35: Detalhamento da Fase 4 do Artefato M1

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para realizar as atividades de validação é necessária a fabricação de um lote significativo do produto, executado pela equipe da Produção e sob supervisão e acompanhamento da equipe do projeto. A partir deste lote de produção, chamado de Lote de Amostra, as atividades de validação são realizadas. Similar à etapa de *try-out* apresentada anteriormente, uma série de recursos são necessários para a fabricação do lote de amostra. Por este motivo, a primeira etapa da Fase 4 do artefato é o **Planejamento do Evento de Amostra**. Nesta etapa, o gestor do projeto planeja, em conjunto com a equipe do projeto, os recursos e o cronograma desta atividade. Vale ressaltar que este é o primeiro momento em que o departamento de manufatura assume a responsabilidade pela fabricação do produto. O foco da equipe do projeto se volta para buscar *feedbacks* da Produção sobre o processo implementado, e monitorar se, utilizando os recursos e os parâmetros planejados anteriormente, o produto e o processo apresentarão a performance planejada.

Após o planejamento, a **Fabricação do Lote Amostra** é a etapa seguinte. Durante sua execução, a equipe do projeto também realizará a **Validação do Processo**, monitorando a performance do processo (produtividade, estabilidade e qualidade), e identificando outras oportunidades de melhoria aplicáveis em conjunto com a Produção. Uma série de dados também necessita ser coletada nesta etapa, como registro da atividade e evidência para posterior apresentação ao cliente, caso necessário.

Ao final da fabricação do lote de amostra, uma parte deste lote, tanto de componentes quanto do produto final, são direcionadas para as análises de **Validação do Produto**. Nesta etapa, o produto é submetido a uma série de testes e ensaios, para atestar que o mesmo atende às especificações de projeto definidas em conjunto com o cliente. Além de análises dimensionais e funcionais diversas, outros exemplos de características que podem ser ensaiadas e

analisadas são: solda, tratamento superficial (pintura, galvanização, etc.), tratamento térmico. Caso alguma característica do produto não apresentar resultado compatível com sua especificação, os especialistas são responsáveis por realizar correções no processo de manufatura para seu atendimento, e após, se necessário, fabricar um novo lote de amostra do produto. Os resultados e laudos de todas as análises realizadas nesta etapa devem ser armazenadas pelo fornecedor para futuras consultas, além de serem apresentadas ao cliente na etapa seguinte.

A partir do momento que as amostras produzidas estiverem disponíveis com os laudos de testes e ensaios aprovados, a etapa seguinte do projeto é a **Submissão de Amostras e PPAP** ao cliente. A forma de apresentação e envio da documentação do projeto é específica de cada cliente, mas, de maneira geral, esta é uma etapa que todas montadoras dedicam atenção, pois é o método que elas se utilizam para garantir a qualidade e capacidade de abastecimento de seus fornecedores. Dependendo da avaliação de criticidade do projeto pelo cliente, esta é uma etapa que pode ser acompanhada por um representante seu *in loco* no fornecedor.

Com as amostras físicas e a documentação de posse do cliente, a etapa seguinte é chamada de **Validação do Cliente**. Nesta etapa, a montadora aplica seu próprio protocolo de avaliação do produto e do processo. Esta atividade pode apresentar uma série de variações dependendo da montadora e do projeto, e os níveis de análise e de interação entre a montadora e o fornecedor podem ser muito diferentes. Porém, de maneira geral, as saídas possíveis para atividade são de acordo com o padrão apresentado no Manual de PPAP, onde o cliente pode apresentar 3 diferentes pareceres sobre o projeto: Aprovado *Full*, Aprovado Condicional ou Rejeitado. Quando o parecer é de PPAP Aprovado Condicional ou Rejeitado, ambas situações necessitam de elaboração de plano de ação, para correção da divergência encontrada pelo cliente. Já quando o PPAP tem Aprovação *Full*, significa que o produto e processo estão aprovados pelo cliente para início de fornecimento. Desta forma, o projeto poderá avançar com o planejamento do início da produção corrente, e a transferência da responsabilidade do produto e do processo para o departamento de Produção.

Da mesma forma como apresentado na fase anterior, ao longo e no fechamento da Fase 4 do artefato é proposto que os especialistas realizem a **Retroalimentação do Projeto Virtual do Produto e Processos**. A partir disso, o projeto pode avançar para sua fase final, que será apresentada na seção seguinte.

4.2.7 Fase 5 - Análise Crítica e Encerramento do PROJETO

Com o produto e processos planejados, desenvolvidos, implementados e validados com o cliente, é possível que a produção seriada do produto inicie. Na Fase 5 do artefato, apresentada

na Figura 36 abaixo, são contempladas as etapas relacionadas ao início de produção do produto e de encerramento do projeto.

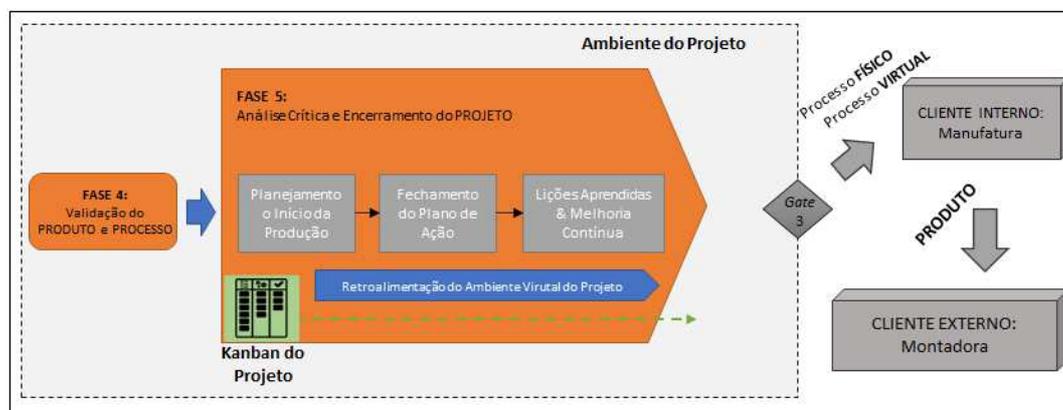


Figura 36: Detalhamento da Fase 5 do Artefato M1
Fonte: Elaborado pelo autor.

O **Planejamento da Produção Corrente** consiste na transferência da responsabilidade pelo processo e produto para a área de Produção, onde esse produto passa a integrar todas as rotinas internas que o fornecedor utiliza para fornecer seus produtos aos clientes. Isto contempla as atividades PCP (Planejamento e Controle da Produção), programação de materiais, gestão das pessoas, auditorias, manutenção de máquinas e ferramentas, entre outras. Porém, durante a fabricação dos primeiros lotes do novo produto instabilidades podem ocorrer, bem como problemas que não foram identificados ao longo da validação dos processos. Desta forma, durante o primeiro mês de produção corrente do produto, o time do projeto acompanha e suporta a equipe da Produção em demandas que possam surgir.

Em paralelo ao monitoramento dos lotes iniciais, o time do projeto é responsável por concluir todas atividades que possam ainda estar em aberto. Esta etapa de **Fechamento do Plano de Ação** é uma premissa para o projeto poder encaminhado para encerramento. Após mais lotes de produção terem sido executados e o processo avançar em termos de maturidade, além do plano de ação concluído, com ajustes e correções finalizados, se faz necessário mais um ciclo de **Retroalimentação do Projeto Virtual**.

Por fim, a última etapa do artefato é a Reunião de **Encerramento do Projeto**. Esta atividade promove uma reflexão da equipe do projeto quanto ao atendimento dos indicadores do projeto (escopo, prazo, custo e qualidade), e também das Lições Aprendidas e Oportunidades de Melhoria para futuros projetos. As lições e oportunidades levantadas pela equipe são debatidas, e lançadas nos Repositório de Ideias, que serão apresentados em seguida.

Após o projeto aprovado pelo **Gate 3**, o projeto é oficialmente encerrado, e o processo

de produção físico, juntamente com seu projeto virtual, são entregues ao cliente interno - a Manufatura.

Na seção seguinte são processos de gestão e suporte ao projeto.

4.2.8 Gestão e Monitoramento do PROJETO

A partir dos achados na literatura e de elementos coletados nas entrevistas com os especialistas, nesta pesquisa é proposto que a gestão do PDP seja realizada a partir do Kanban de Projetos. A estrutura sugerida para o Quadro do Kanban de Projetos é apresentada na Figura 37 abaixo. Esta proposta auxilia no desenvolvimento de um quadro físico para gestão do Kanban de Projetos, ou para a configuração de uma ferramenta eletrônica que possa suportar da mesma forma. Esta segunda opção é a mais indicada no contexto desta pesquisa, pois é direcionada para empresas de médio e grande porte, onde o número de projetos simultâneos é considerável. Atualmente uma grande gama de softwares e ferramentas está disponível no mercado para esta finalidade, podendo ser escolhida a que melhor atender as necessidades da empresa.



Departamento	Planejado	Em Andamento	Atasado	Revisão	Concluído
Engenharia	Limite: _____ 	Limite: _____	Limite: _____	Limite: _____	
Qualidade	Limite: _____	Limite: _____	Limite: _____	Limite: _____	
Ferramentaria	Limite: _____	Limite: _____	Limite: _____	Limite: _____	
Comercial	Limite: _____	Limite: _____	Limite: _____	Limite: _____	
...	Limite: _____	Limite: _____	Limite: _____	Limite: _____	

Figura 37: Kanban do Projeto

Fonte: Elaborado pelo autor.

No quadro apresentado na Figura 37 é proposto que, além da divisão das atividades em colunas de acordo com o *status* de realização da atividade, também haja a divisão por depar-

tamentos envolvidos nos projetos. É sugerido que os gestores também definam os limites para a carga de trabalho simultânea de suas equipes, baseado na quantidade de recursos que eles tenham disponíveis para execução dos projetos. Desta forma, é possível que os gestores possam facilmente acompanhar a carga de trabalho de suas equipes, e identificar antecipadamente possíveis gargalos de acordo com a quantidade de projetos.

É sugerido que apenas as atividades mais significativas para o projeto sejam monitoradas pelo Kanban de Projetos. Estas atividades são definidas em conjunto com a equipe do projeto na etapa de planejamento da Fase 1. Cada atividade do Kanban de Projetos deve possuir datas de início e fim, bem como apenas um responsável por sua execução. As atividades que não serão acompanhadas pelo Kanban seguem monitoradas pelo gestor do projeto a partir do cronograma completo do projeto.

Para um gerenciamento prático e dinâmico do portfólio de projetos, é proposto que 2 rotinas sejam implementadas simultaneamente:

- **Reunião Semanal do Kanban:** Nesta reunião, com a presença dos gestores de projeto e os líderes da Cadeia de Ajuda, é definido e revisado o planejamento dos projetos para as 2 próximas semanas. O foco dos participantes da reunião se concentra na entrada de novos projetos e nas atividades que passarão para execução nas próximas semanas (de Planejadas para Em Andamento no Kanban). Além disso, cada membro da cadeia de ajuda revisa as demandas de trabalho *versus* a capacidade de recursos disponível da sua equipe, para identificar a necessidade de alguma ação preventiva, evitando possíveis atrasos no projeto;
- **Reunião Diária do Kanban:** Nesta rotina, com a presença do mesmo público da reunião anterior, os participantes avaliam e definem contramedidas para atividades em atraso, e discutem contratempos identificados que possam gerar necessidade de replanejamento imediato de alguma atividade. Além disso, discutem alguma atividade que necessite de revisão pelo time, para confirmar sua conclusão.

Para a gestão e acompanhamento de cada projeto específico, é importante a realização de encontros periódicos da equipe de cada projeto, coordenada pelo gestor do projeto. De acordo com as características de cada projeto, esta rotina pode ser semanal ou quinzenal. O objetivo deste encontro é promover a comunicação entre a equipe do projeto, direcionando os trabalhos para o atendimento aos objetivos do projeto, e tratar dos assuntos pertinentes de acordo com cada fase que ele se encontra.

Para estas rotinas de gestão dos projetos, sua duração ideal é 30 minutos. Isso promove uma comunicação mais assertiva das equipes e auxilia que essa rotina tenha adesão dos seus

participantes.

4.2.9 Gestão das Lições Aprendidas e Oportunidades de Melhoria do PROJETO e do PDP

Além das atividades que compõe o fluxo de desenvolvimento de produto e processo propriamente ditos, o Artefato M1 também foi concebido para buscar o aperfeiçoamento do PDP diante das oportunidades e das lições aprendidas com falhas e erros que surgem ao longo dos projetos. Neste sentido, o Artefato M1 propõe a inclusão dos elementos de suporte ao PDP, conforme apresentado na Figura 38 a seguir.

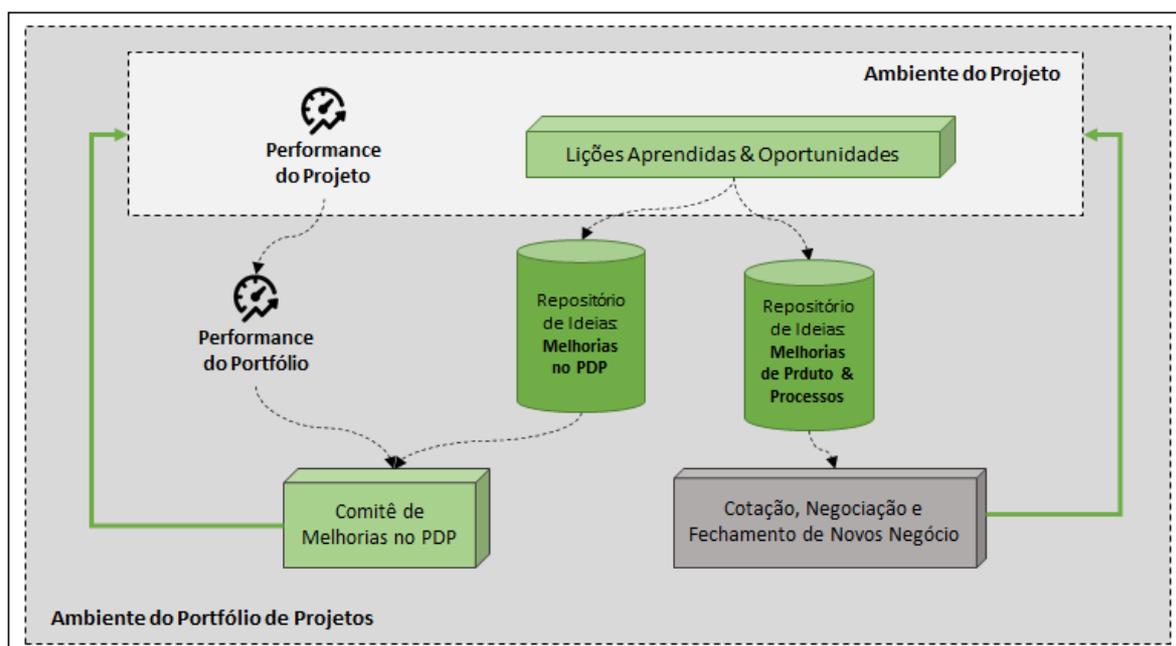


Figura 38: Detalhamento do Fluxo de Gestão das Lições Aprendidas e Oportunidades do Artefato M1
Fonte: Elaborado pelo autor.

O método proposto para a captação das oportunidades e ideias com o time considera que a organização elabore 2 diferentes repositórios, aos quais os gestores e as equipes de projetos tenham acesso para registrar suas ideias e sugestões. Estes repositórios podem ser construídos de maneira simples, como uma planilha em excel com acesso compartilhado, ou mais elaborada, como um portal desenvolvido em alguma plataforma online, para que possa ser acessado a qualquer momento, não apenas nas rotinas de encontro do projeto. Para que o maior número possível de oportunidades e lições aprendidas sejam captadas, é importante que esta ação seja fomentada pelo gestor do projeto e pela liderança do fornecedor.

Isso posto, em seguida são apresentados a proposta de fluxo para tratar as informações

coletadas pelos repositórios de ideias, de acordo com o foco das melhorias de cada um deles:

- Fluxo de Oportunidades de **Melhoria relacionadas ao PDP**: Este é fluxo responsável por captar e analisar sugestões e melhorias relacionadas ao próprio PDP da organização, que são alavancadas pela equipe e demais profissionais relacionados aos projetos. Com intuito de analisar a necessidade, viabilidade e criticidade das ações e melhorias registradas no repositório, é sugerido a criação de um **Comitê de Melhoria Contínua** do PDP. Este comitê, composto pela liderança dos departamentos relacionadas ao PDP da organização, e que também tenha autonomia de realizar mudanças no PDP quando necessário, reúne-se periodicamente (ao menos mensalmente) para analisar criticamente a performance dos projetos desenvolvidos pela organização, e elaborar e monitorar um plano de ação para aperfeiçoamento do PDP e dos seu resultado. Neste momento que o repositório é utilizado como informação de entrada para a reunião do Comitê, vinculando as oportunidades registradas no repositório às necessidade de melhoria de performance do PDP.
- Fluxo de Oportunidades de **Melhoria relacionadas à Produto e Processo**: Este fluxo trata de captar e gerenciar as sugestões e oportunidades de melhoria relativas aos produtos ou processos de manufatura existentes na organização, buscando gerar evolução e aperfeiçoamento em futuros projetos de PDP. Para que as sugestões registradas no repositório sejam avaliadas, é proposto que haja atividades de consulta ao repositório nas etapas iniciais do PDP, idealmente na etapa de Cotação (sugestões já serem levadas em conta durante discussões acerca de novos negócios) e na etapa de *Design Review* (como uma atividade de preparação durante a revisão técnica de um novo projeto). Situações como oportunidades de aplicações diferenciadas de processos de manufatura, ações geradas para soluções de problemas identificadas durante a implementação de um processo específico, ou limitações identificadas em equipamentos já existentes na empresa, podem exemplificar lições aprendidas ou melhorias a serem registradas neste repositório, que podem ser consideradas em futuros projetos.

Após a apresentação detalhada do Artefato M1, na seção seguinte será apresentada a síntese das considerações coletadas na avaliação pelo Grupo Focal.

4.3 Análise das Considerações do Grupo Focal

Nesta seção, as considerações dos participantes do Grupo Focal serão apresentadas, analisadas e comentadas. A condução do encontro foi realizada conforme o procedimento apre-

sentado na seção 3.2.4.1. Após a codificação das citações com o uso do software ATLAS.ti, as contribuições dos avaliadores foram organizadas em 4 tópicos, conforme a seguir.

I - Estrutura do Artefato:

Neste tópico foram reunidas as considerações dos participantes relacionadas à estrutura geral do artefato.

O Participante 1 elogiou o trabalho realizado na organização do artefato desde o encontro anterior (entrevista apresentada na seção 3.2.2.4). De maneira geral, sugeriu avaliar a possibilidade de "enxugar" as informações apresentadas no artefato:

"[...] eu sigo no meu comentário da nossa primeira conversa de tentar limpar um pouco mais a figura. Algumas coisas eu acho que você pode tirar".
(Participante 1)

Após, o Participante 1 ainda contribuiu com exemplos de informações apresentadas no artefato que, não opinião dele, poderiam estar apenas apresentadas no texto da dissertação. Foram mencionados: simplificar as imagens que representam às tecnologias que suportam o planejamento, produto e processo virtuais; remover o elemento que representa os objetivos do projeto; simplificar as informações que demonstram os ambientes físico e virtual. Estas considerações serão levadas em conta para a revisão final do Artefato, além de outras oportunidades identificadas pelo autor.

Ainda com relação à estrutura do Artefato, o Participante 1 pediu esclarecimentos sobre as cores do plano de fundo do artefato (representação dos Ambientes Físicos e Virtuais do projeto) e dos retângulos tracejados que emolduram o artefato (representação do Ambiente de Projetos e Ambiente do Portfólio de Projetos). Como estas informações não haviam sido apresentadas na explanação inicial do encontro, após a solicitação foi apresentado, ficando claro aos participantes. Não será necessário ajuste do artefato para esta questão.

Em outro momento, mas ainda relacionado à estrutura do artefato, o Participante 3 indagou sobre as contribuições do artefato além da estrutura do APQP: "[...] o que você está trazendo de diferente?". Por ser uma estratégia desta pesquisa, a estrutura geral do APQP foi adotada como base para o desenvolvimento do artefato. Após este questionamento, o autor explanou com mais detalhe as principais diferenças entre o artefato e o modelo do APQP, pois a apresentação inicial ao grupo havia sido breve e resumida. Entretanto, este comentário serviu de alerta ao autor, para que estas diferenças sejam bem enfatizadas ao longo da pesquisa. Por este motivo, a seção 4.4 do trabalho foi revisada, buscando clareza nestas informações. Não foi necessários ajustes no artefato com relação à este questionamento.

II - Elementos que Compõe o Artefato:

Neste tópico foram reunidas as considerações sobre os elementos que compõe o artefato apresentado.

O participante 2 comentou sobre sua experiência com as atividades de Cotação no PDP da empresa em que trabalha. Também compartilhar sua impressão desta atividade ser subestimada no artefato:

"quando ganhei negócio com a montadora [...], eu faço uma conceituação do produto, e primeira fase faço estimativa de custo e investimento para apresentar uma cotação [...] quando você sai do projeto conceitual para o projeto preliminar e para o projeto detalhado, é natural e existente o impacto de custo e investimento. Porquê tu vai mergulhando no projeto e entrando no detalhe, e situações não planejadas vão surgindo, e muita vezes oportunas. Tanto, conseguimos reduzir investimento, conseguimos reduzir custo. Ou então precisa voltar tudo de novo, e dizer olha, precisamos revisitar esse conceito, revisitar essa proposta, porquê está fora dos *targets* de investimento... e senti um pouco de falta disso aqui."(Participante 2)

Contribuindo nesta discussão, o Participante 3 também comentou que percebeu a Cotação pouco explora, "[...] eu acho que aqui é um mundo à parte, tu deixou só numa caixinha cinza, que é Cotação/Negociação/Fechamento do Negócio. Eu acho que cotação é estratégia para qualquer empresa, principalmente o ramo de autopeças, que é o que eu conheço e você está fazendo o trabalho". Durante este debate, foi comentado pelo autor que a proposição dos *gates* e suas posições são justamente no sentido de garantir o atendimento àqueles objetivos firmados no fechamento do negócio (Custo/Investimento, Prazo, Qualidade e Escopo do Projeto). Ainda nas discussões, o autor esclareceu que o objetivo de integrar tecnologias da Indústria 4.0 às atividades de Cotação (como o *Big Data Analytics*, por exemplo) tem a intenção dar mais robustez aos entregáveis desta fase do PDP.

As discussões sobre a fase de Cotação no artefato avançaram e se relacionaram aos *Gates* de avaliação do projeto. O Participante 2 comentou que gostaria de ver no artefato como seria a dinâmica de funcionamento dos *gates*. O Participante 1 ainda acrescentou sobre o conceito de *Stage-Gate* de Cooper:

"[...] o *gate* tem que estar fora da fase, isto é bem conceitual [...], o conceito do Cooper é bem consolidado na academia, a gente tem que ter cuidado para não desvirtuar quando usa. Tu tem que pensar bem em que momento é tua tomada de decisão [...]. Não faz sentido o *gate* no meio da fase. O que

é o critério do passa ou não-passa do *gate*? Isso tem que estar bem claro ti também [...]. O *gate* precisa de informações bastante objetivas para ser avaliado, ele não pode ser subjetivo". (Participante 1)

A partir das considerações com o grupo, foi possível evidenciar a oportunidade de enfatizar a relação da fase de Cotação com os *gates* de avaliação do projeto. E também esclarecer os critérios de avaliação de cada *gate* e sua dinâmica de funcionamento. Estas sugestões geraram revisão da seção 4.2.1, que apresenta a proposta dos *Gates* do Projeto, e também melhoria no artefato final, que será apresentado na seção 4.4 a seguir.

III - Elementos de Gestão do PDP:

Neste tópico foram reunidas as considerações sobre os elementos de suporte e gestão do PDP.

O Participante 2 solicitou mais detalhes sobre o fluxo de melhorias do PDP. Após apresentado com mais detalhes, o Participante 2 entendeu, concordou com sua importância, porém fez uma alerta sobre a sua aderência ao dia-a-dia das empresas: "[...] é bem difícil fazer isso que você falou, no dia-a-dia, no projeto, de modo geral pela indisciplina das pessoas que estão dentro do PDP elas acabam burlando essa etapa". O Participante 1, entretanto, elogiou a apresentação deste fluxo, e enfatizou sua importância:

"Acho que ficou super bacana esse negócio dos repositórios ali, tem um desafio nisso, tem um desafio nas lições aprendidas, no dia-a-dia também, mas acho que comunica bem esses pontilhados, essa possibilidade de, naquela linha que volta lá na caixinha de Cotação/Negociação/Fechamento do Negócio, porquê novos negócios podem emergir no meio do projeto, surjam uma ideia para um novo negócio". (Participante 1)

As considerações sobre a adesão da empresa ao fluxo de melhorias é pertinente. Como qualquer outra atividade proposta dentro do artefato, se não houver engajamento e comprometimento dos seus responsáveis, a eficácia do PDP fica comprometida. Entretanto, por limitação desta pesquisa, os aspectos relacionados à "pessoas" não serão abordados, conforme apresentado na seção 1.4 do trabalho.

O Participante 1 questionou a posição do elemento que simboliza o Kanban de Projetos no artefato: "[...] pra mim não faz muito sentido Kanban no final do projeto [...]". Esta breve consideração fez sentido, pois este elemento pode ser melhor posicionado no artefato. Esta será uma melhoria a ser considerada na revisão do Artefato.

Já o Participante 2 solicitou mais detalhes sobre as Sprints de Try-Out propostas na Fase

3 do artefato. Após a explicação, o participante entendeu e comentou preocupação sobre os responsáveis por esta atividade não priorizá-la adequadamente, e as entregas desta fase serem comprometidas. Este ponto específico foi considerado uma oportunidade de melhoria no artefato, incluindo o papel do Responsável pela Sprint. Este aspecto foi incluído na apresentação da Fase 3 do PDP, na seção 4.2.5, e também incluído na Figura 34.

Ainda relacionado aos elementos de gestão do PDP, o Participante 3 questionou o motivo da aplicação do Sprint apenas na Fase 3 do artefato, e não como método de gestão de todo o PDP:

"[...] a gestão de projetos que você traz aqui, você simplificou à Kanban, Kanban do Projeto. Você chamou ali Sprint de *Try-Out*, mas existe Sprint de revisão de desenho, existe Sprint de FMEA [...], em cada fase eu tenho Sprints [...] a tua abordagem poderia fazer link com métodos ágeis, aí tem que dar uma olhada na literatura como isso ficar mais bagunçado, mais matricial, um link com pessoas, responsabilidades. Aí tu traz de fato o que o APQP não tem, que é a gestão de projetos, que é algo de cada empresa [...]"(Participante 3)

Neste sentido, o autor considera que as sugestões sobre realizar a gestão do PDP por completo com Sprints, baseados na metodologia Scrum, poderia ter mais aderência em cenários de PDP em que as equipes atuam de maneira dedicadas em um ou poucos projetos simultaneamente. Esta possibilidade foi explorada na publicação de Varl, Duhovnik e Tavčar (2020), onde a empresa desenvolvia projetos de produtos customizados, e seu PDP foi adaptado à metodologia Scrum. Tendo como referência a pesquisa de Zayat e Senvar (2020), é possível identificar o que Kanban pode ser uma ferramenta mais adequada para gerenciar múltiplos projetos simultaneamente (caso das empresas de autopeças de médio e grande porte), contribuindo para o nivelamento da carga de trabalhos das equipes, e gerando ritmo na execução de cada projeto. Por fim, o autor avalia que não será necessário alterações neste aspecto do artefato.

IV - Elementos e Relação do PDP com a Indústria 4.0:

Neste tópico foram reunidas as considerações dos participantes sobre a relação do PDP com o contexto da Indústria 4.0, e as tecnologias da Indústria 4.0 que são propostas no artefato.

O Participante 3 comentou sobre a integração das tecnologias da Indústria 4.0 ao longo do PDP:

"[...] você trouxe aqui a questão da *Big Data*, em ter informações, mas o que tu tem de caminhos para a Indústria 4.0? Uma oportunidade pra poder comentar, e aí te dando uma resposta para poder aperfeiçoar, é os Gêmeos Digitais, que é o *Digital Twin*. Para dar uma olhada nesse material, isso pra desenvolvimento de produto, isso é bem interessante. É trazer pra dentro desta abordagem [...] onde está a Indústria 4.0 aqui? É num algo que, de repente não tua imagem não vai aparecer, é esse *Digital Twin*, essa questão de reaproveitar as informações, é ser mais rápido e ágil dentro do desenvolvimento de produto [...]". (Participante 3)

O conceito do *Digital Twin* não foi apresentado na explanação inicial, e também não está explicitamente apresentado no artefato. Entretanto, este conceito foi a base para a definição da integração de algumas tecnologias da Indústria 4.0 ao PDP, bem como a proposta de entregar produto e processo físicos e virtuais ao final do projeto. Sendo assim, não serão necessários ajustes no artefato a partir desta crítica do participante.

Ainda sobre as discussões acerca das tecnologias relacionadas à Indústria 4.0, o Participante 3 comentou:

"[...] quais são as tecnologias que você vai usar para fazer esse virtual durante todas as fases? Então, quais são as tecnologias da Fase 1? Quais são as tecnologias da Fase 2? Tu não precisa botar no artefato, mas precisa escrever em algum lugar do teu trabalho [...] hoje as tecnologias que existiam são essas, mas você deixa em aberto para futuras pesquisas avançar nisso também."(Participante 3)

No sentido de relacionar as tecnologias que podem suportar cada fase do PDP, esta apresentação detalhada já é realizada na seção 4.2 do trabalho, sendo que no artefato, e também no Grupo Focal, apenas uma representação abrangente das tecnologias é feita. Desta forma, não será necessárias adaptações no artefato proposto.

Por fim, os participantes foram questionados se, mesmo havendo as oportunidades de melhoria sugeridas por eles, o artefato tem aderência ao Problema de Pesquisa, e se ele é uma solução satisfatória. Todos participantes concordaram que sim.

Desta forma, as considerações relevantes dos especialistas participantes do Grupo Focal foram levadas em conta para a versão final do artefato, apresentada na seção seguinte.

4.4 Proposição do Smart PDP - ARTEFATO M2 Final

Após o planejamento e desenvolvimento das etapas de Conscientização, Sugestão, Desenvolvimento e Avaliação do artefato, o Artefato M2 final, intitulado **Smart PDP**, é apresentado na Figura 39 a seguir. Com o objetivo de apresentar uma solução satisfatória ao problema de pesquisa, a seguir uma síntese dos principais elementos e contribuições deste artefato são apresentadas. Esta seção do trabalho também compõe a etapa de Conclusão do projeto, conforme etapas da *Design Science Research*.

No que tange a relação do PDP com os elementos vinculados à Indústria 4.0, duas abordagens foram utilizadas durante a pesquisa. A primeira é identificar quais tecnologias da Indústria 4.0 podem ser integradas para contribuir com o PDP da indústria de autopeças. A segunda é delimitar como o PDP pode contribuir, como processo de negócio, para as indústrias de autopeças avançarem em direção à *smart factory*, ao passo que desenvolve novos produtos e processos de manufatura. Em ambos os casos, o conceito do **Digital Twin - Gêmeos Digitais** emergiu na pesquisa como um conceito-chave a ser utilizado.

A análise das oportunidades relacionadas às tecnologias utilizadas no contexto da Indústria 4.0 se concentrou naquelas que pudessem suportar a definição, desenvolvimento, validação e otimização do projeto virtual do produto e dos processos de manufatura. As tecnologias que foram integradas ao PDP são apresentadas na região sinalizada com a cor azul no artefato, onde também é possível verificar a sua relação com os demais elementos do artefato.

A adoção do **Big Data Analytics** para suportar o processo de Cotação é uma das principais contribuições do Smart PDP no sentido de integrar as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. A oportunidade está em analisar uma grande quantidade de dados disponíveis sobre os processos e produtos existentes na empresa, transformando-os em informações relevantes. Juntamente com as especificações de um produto que está sendo cotado, essas informações possam ser cruzadas com as políticas de negócio da empresa. Isso possibilita auxiliar os engenheiros e a liderança da empresa planejar um processo mais adequado, prever sua performance, e decidir como este produto e processo deve ser orçado, e em quais situações o negócio é viável, ou não, para a empresa. O objetivo de integrar esta tecnologia ao Smart PDP é repensar e dar mais robustez à etapa de Cotação, que foi aspecto muito sinalizado pelos especialistas e profissionais consultados durante a pesquisa.

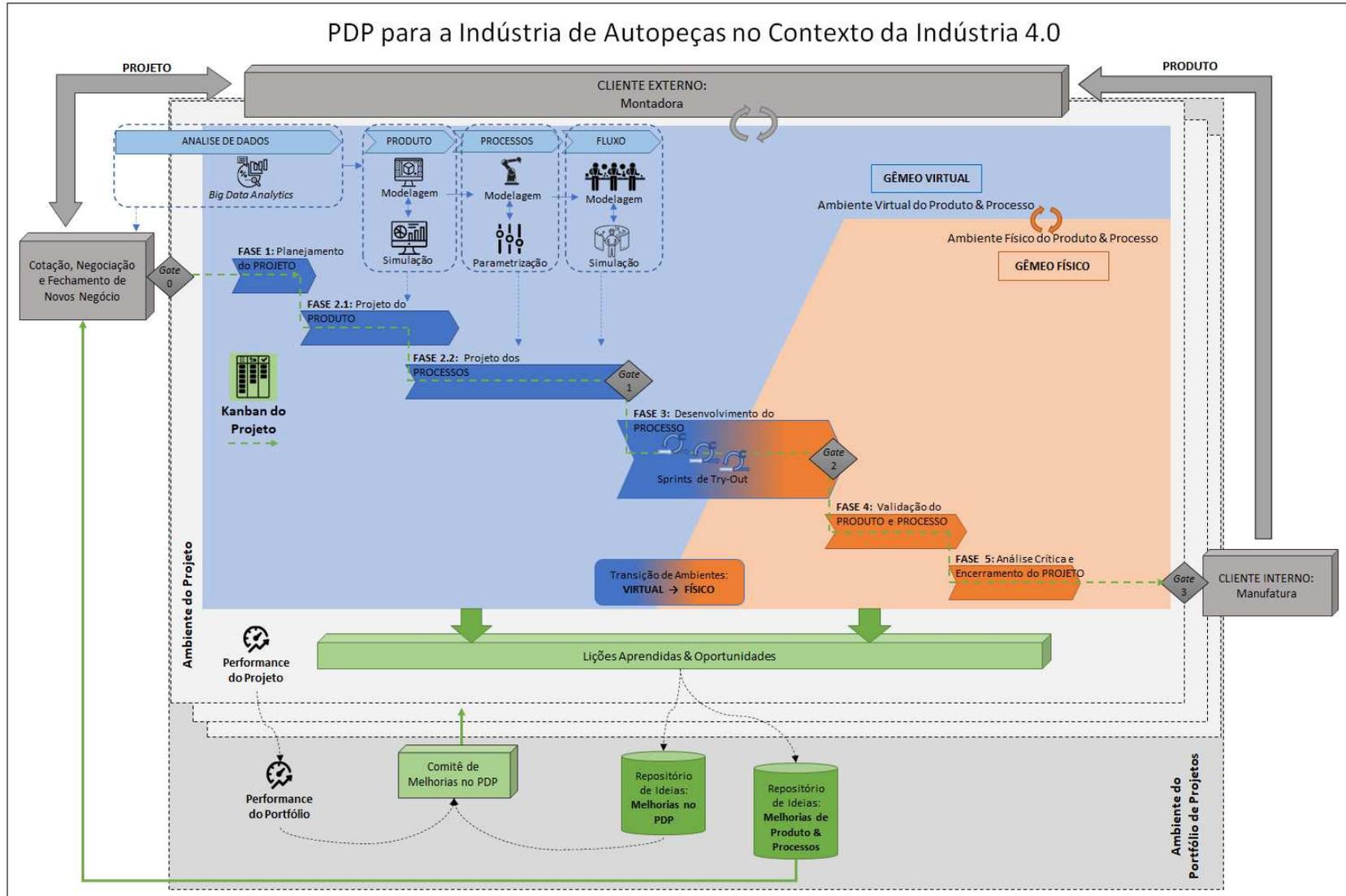


Figura 39: Smart PDP - Artefato M2 Final
 Fonte: Elaborado pelo autor.

Já durante as fases iniciais do Smart PDP, as tecnologias de **CAD e modelagem 3D** continuam sendo parte essencial do PDP, no desenvolvimento do projeto do virtual do produto. As tecnologias propostas aqui não são recentes, porém, os softwares estão evoluindo e suportando os engenheiros com novas funcionalidades, que auxiliam na análise e tomada de decisão durante o detalhamento do projeto do produto. Ainda no ambiente virtual do produto, após a modelagem do produto virtual, as ferramentas e técnicas de **Simulação do Produto** também são essenciais para apoiar os engenheiros na análise e otimização do produto, garantindo um produto manufaturável e confiável.

Seguindo na integração das tecnologias ao Smart PDP, o projeto virtual dos processos de manufatura individuais também são suportadas pelos softwares CAD e CAM. Mas um avanço possível no desenvolvimento, validação e otimização dos processos de manufatura está na utilização de tecnologias para **Simulação do Fluxo** dos processos, ainda no ambiente virtual do projeto. O uso de softwares de DES podem identificar oportunidades de ganhos significativos em termos de produtividade e redução de estoques no processo de manufatura, e auxiliar na avaliação e seleção de diferentes propostas da equipe.

Buscando contribuir e avaliar os projetos desenvolvidos pelos profissionais responsáveis, o Smart PDP propõe a realização dos encontros de **Fechamento do Produto e Fechamento do Processo** em momentos específicos da Fase 2 do PDP. Com uma dinâmica específica para cada um destes momentos, é proposta a contribuição de toda equipe do projeto para identificar melhorias e mitigar riscos relacionados ao produto, processo, e fluxo de produção planejados.

Como mais um recurso para auxiliar as análises do time do projeto durante o Fechamento do Produto, é apresentada a possibilidade de utilização da **Manufatura Aditiva** no Smart PDP. A adoção desta tecnologia possibilita a fabricação do produto em escala reduzida a partir do seu projeto virtual, para ser utilizado como mais um elemento de suporte às análises de risco relacionados ao produto e seu processo de manufatura.

Após apresentada a síntese dos elementos e tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 integradas ao Smart PDP, é importante salientar uma limitação do artefato proposto e desta pesquisa. As tecnologias integradas ao PDP e detalhadas ao longo da pesquisa não são todas as tecnologias mencionadas na literatura ou já utilizadas pela indústria de autopeças, nem tampouco as aplicações aqui propostas são todas as possíveis para cada tecnologia. A pesquisa de Klingenberg, Borges e Antunes Jr (2019), entre outras apresentadas no referencial teórico, auxiliam neste entendimento. O critério de escolha adotado foi àquelas tecnologias e elementos mais adequados para atuar nas oportunidades e dificuldades relacionados ao PDP da indústria de autopeças, identificados nos dados coletados com os profissionais e especialistas entrevistados nesta pesquisa.

Outra contribuição do Smart PDP é entrega dos **modelos virtuais do produto e do processo** de manufatura ao final do projeto. Esta é uma contribuição significativa, pois estes modelos poder ser utilizados como recursos e ferramentas para melhoria contínua da operação durante a produção seriada do produto. Além disso, estes modelos virtuais são parte para a construção de um *Digital Twin* funcional. Porém, os elementos necessários para conectar os dois gêmeos digitais (físico e virtual) não são abordados neste trabalho, como, por exemplo, sistemas de coleta, transmissão e análise de dados . Esta é uma limitação do artefato proposto, e será considerada como uma oportunidade para trabalhos futuros.

Com relação à estrutura geral do Smart PDP, ele foi desenvolvido a partir das etapas apresentadas no **Manual de APQP** conforme AIAG (1995), integrando seus requisitos ao longo do PDP. Este é um requisito que precisa ser atendido por fornecedores de autopeças que desejam desenvolver negócios com as grandes montadoras do mercado. Entretanto, o APQP não fornece todos os elementos necessários para o fornecedor implementar um processo de desenvolvimento de produtos consistente e robusto para o negócio. Por este motivo, buscou-se na literatura Modelos de Referência que pudessem contribuir para propôr um artefato completo em termos de processo e gestão.

Outro elemento característico do Smart PDP é a integração dos **Gates de Projeto** em momentos 4 momentos críticos do PDP. Este elemento do artefato tem referência no conceito de *gate* proposto por Cooper (1993, 1994), e atuam como pontos de verificação estratégicos do projeto, avaliando-o de acordo com os *targets* definidos no fechamento do negócio com o cliente, e validados na Fase 1 do projeto. A proposição dos *Gates* de Projeto vai ao encontro de um aspecto crítico mapeado com os profissionais e especialistas consultados durante a pesquisa, que é necessidade de monitoramento do atendimento dos objetivos do projeto (custo/investimento, prazo, qualidade e escopo) ao longo de sua execução.

Ainda com relação às oportunidades e expectativas dos profissionais e especialistas consultados, outro fator latente identificado foi a necessidade de inovar nos métodos de gestão dos projetos. Neste sentido, o Smart PDP propõe a integração de ferramentas e técnicas oriundas dos Métodos Ágeis para gerenciamento do PDP. Esta integração visa contrapor às metodologias tradicionais geralmente adotadas pelas empresas, buscando mais dinamismo na gestão dos projetos.

Com o objetivo de obter dinamismo, cadência e uma visão abrangente do portfólio de projetos do PDP e, ao mesmo tempo, acompanhar a carga de trabalho de cada departamento participante do PDP, é proposto que a gestão dos projetos seja realizada a partir do **Kanban de Projetos**. A partir do acompanhamento dos *milestones* do projeto definidos na Fase 1, todos os envolvidos podem ter uma visão das atividades mais significativas do projeto de maneira

simples e visual, facilitando a comunicação e a tomada de ação a partir de qualquer atraso ou anomalia identificada ao longo do projeto.

Ainda sobre as contribuições do Smart PDP para a gestão do projeto, os **Sprints de Try-Out** é outro elemento que busca estruturar a etapa de implementação dos processos de manufatura, crucial para o atendimento dos objetivos de projeto. A intenção ao adotar a Sprint (que é um artefato extraído e adaptado da metodologia Scrum) é buscar foco e velocidade nas atividades de *try-out*, bem como tratar de maneira ágil os imprevistos que possam ocorrer nesta etapa do projeto. A integração de metodologias ágeis no PDP da indústria de bens em geral é pouco explorada na literatura, e estudos neste sentido ainda precisam ser aprofundados. A partir da Fase 3 do projeto, o produto e processos são criados no ambiente físico, o que é representado na região sinalizada com a cor laranja no artefato.

Por fim, outro elemento agregado ao PDP é o **fluxo para gestão das lições aprendidas e oportunidades de melhoria**. Este fluxo busca captar e tratar as melhorias relacionadas ao produto e processo (podem se tornar novos negócios ou novos processos) e as melhorias no próprio PDP. Esta segunda situação, também foi oportunidade coletada nas entrevistas com os especialistas, e faz sentido dado o cenário de mudanças constantes das organizações na atualidade. Desta forma, o Smart PDP é capaz de aperfeiçoar-se continuamente na medida que projetos são executados e oportunidades são detectadas.

No capítulo seguinte, serão apresentadas as considerações finais do trabalho, e também as oportunidades para futuros trabalhos, identificados ao longo desta pesquisa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Quarta Revolução Industrial vem promovendo mudanças significativas no cenário industrial mundial. Ao mesmo tempo que apresenta diversos desafios para as organizações que querem permanecer competitivas no mercado, a Indústria 4.0 também traz novas possibilidades e oportunidades a partir de seus elementos e tecnologias. Neste sentido, esta pesquisa buscou esclarecer de que forma o PDP - Processo de Desenvolvimento de Produtos da indústria de autopeças pode se adaptar ao atual contexto da Indústria 4.0.

Isso posto, este trabalho colaborou com a indústria de autopeças propondo o Smart PDP. Seu objetivo é apoiar aquelas empresas que desejam implementar ou aperfeiçoar o seu processo de desenvolvimento de produtos, adaptado-o ao contexto que emerge a partir da Indústria 4.0.

Adotando a metodologia de pesquisa DSR - *Design Science Research* para propôr um método que solucione o problema de pesquisa, o trabalho apresentou um artefato que aborda os aspectos de Processo (elementos, fluxo, gestão, etc.) e Tecnologias (ferramentas, técnicas e tecnologias) do PDP da indústria de autopeças. Isso tudo mantendo a aderência e atendimento aos requisitos do APQP, que é necessário para fornecedores que desejam manter relação para grandes montadoras do mercado.

Inicialmente buscou-se contribuições na literatura disponível, buscando os elementos e a forma com que eles poderiam contribuir ao PDP. Após, profissionais e especialistas relacionados ao PDP da cadeia automotiva foram consultados para compartilhar as expectativas e oportunidades relacionadas ao PDP no contexto da Indústria 4.0, para que as soluções propostas fossem ao seu encontro. Ao final, o artefato resultante foi submetido a uma avaliação qualitativa por meio de um Grupo Focal, que contribuiu com uma visão crítica sobre a solução proposta, bem como oportunidades de aperfeiçoá-lo.

O artefato final, chamado Smart PDP, destaca-se pelos seguintes aspectos: I) utilização da abordagem do *Digital Twin* para integração de tecnologias da Indústria 4.0, II) integração de *Gates* de Projeto em etapas críticas do PDP, III) utilização de elementos dos Métodos Ágeis para gestão do PDP, e IV) integração de um fluxo de melhoria do PDP e de novos produtos e processos.

No âmbito profissional e prático, é possível mencionar que o trabalho contribuiu com um artefato direcionado para os problemas e dificuldades enfrentadas no cotidiano das indústrias de autopeças. Problemas estes que foram possíveis identificar a partir das etapas de coletas de dados da pesquisa, e que foram levados em conta na proposição de soluções.

Já no âmbito acadêmico, a partir da revisão da literatura, pode-se considerar que estudos

sobre o PDP no contexto da Indústria 4.0 são pouco explorados. Neste sentido, esta pesquisa utilizou uma abordagem que foi ao encontro desta lacuna de conhecimento. Buscou-se a adaptação do PDP como um todo ao contexto atual da Indústria 4.0, explorando soluções a partir de suas tecnologias habilitadoras, mas também revisando sua estrutura e gestão. A solução proposta neste trabalho abre caminho para futuras pesquisas seguirem se aprofundando no tema, inclusive para além dos limites da indústria de autopeças.

5.1 Oportunidades para Trabalhos Futuros

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, emergiram as seguintes oportunidades para trabalhos futuros:

- Aplicação prática do artefato proposto. Uma sequência possível desta pesquisa seria a aplicação completa ou parcial das proposições apresentadas no artefato. Desta forma, poderiam ser quantificados os impactos e resultados da adoção do Smart PDP.
- Revisão do PDP utilizando a abordagem do LPD - *Lean Product Development*. O LPD é uma metodologia com base nos conceitos do Sistema Toyota de Produção, que também pode ser utilizada para complementar o APQP. Esta metodologia, que foca na redução dos desperdícios, na aceleração da entrega e no aumento do valor para o cliente, pode ser utilizada como base para revisão do PDP e integração de elementos da Indústria 4.0.
- Aprofundar a análise sobre a Transformação Digital do PDP por completo. Este é uma tendência para todos os processos de negócio na atualidade, no sentido de buscar a digitalização do processo por completo. Desta forma, o PDP poderia explorar ainda mais os benefícios da conectividade de todas as suas atividades e recursos.
- Avaliar a possibilidade de adotar os Métodos Ágeis como modelo de gerenciamento do PDP por completo. Esta possibilidade, que também foi sugerida por profissionais durante as coletas de dados, avançaria na adoção e adaptação do Scrum, por exemplo, como metodologia para gerenciamento dos projetos de PDP.

REFERÊNCIAS

- AHMED-KRISTENSEN, S.; DAALHUIZEN, J. Pioneering the combined use of agile and stage-gate models in new product development—cases from the manufacturing industry. In: INNOVATION AND PRODUCT DEVELOPMENT MANAGEMENT CONFERENCE, 22., 2015. **Proceedings...** 2015. v. 22.
- AIAG, A. **Advanced product quality planning (APQP) and control plan**. Troy, USA: AIAG, 1995.
- ALVES, M. S. **Indústria 4.0: o lastro da transformação digital da indústria automobilística nos contextos global e brasileiro**. 2018. 168 p. Dissertação Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.
- AMARAL, C. S. T.; ROZENFELD, H. Sistematização das melhores práticas de desenvolvimento de produtos para acesso livre e compartilhamento na internet. **Produto & Produção**, v. 9, n. 2, 2008.
- BAGNO, R. B.; SALERNO, M. S.; SILVA, D. O. da. Models with graphical representation for innovation management: a literature review. **R&D Management**, v. 47, n. 4, p. 637–653, 2017.
- BÜYÜKÖZKAN, G.; MUKUL, E.; KONGAR, E. Health tourism strategy selection via SWOT analysis and integrated hesitant fuzzy linguistic AHP-MABAC approach. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 74, p. 100929, 2021.
- CLARK, K.; FUJIMOTO, T. **Product Development Performance: strategy, organization, and management in the world auto industry**. Boston MA Harvard Business School Press, 1991.
- CNI. **Mapa Estratégico da Indústria 2018-2022**. Brasília, Confederação Nacional da Indústria, 2018. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/mapa-estrategico-da-industria/>.
- CNI. **Competitividade Brasil 2019-2020**. Brasília, Confederação Nacional da Indústria, 2020. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/competitividade-brasil-comparacao-com-paises-selecionados/>.
- CNI. **Perfil da Indústria Brasileira. CNI – Confederação Nacional da Indústria, atualizado em 27 abr. 2021**. Disponível em: <https://industriabrasileira.portaldaindustria.com.br//industria-total> >. Acesso em: 15 ago. 2021.
- COOPER, R. G. **Winning at new products: accelerating the process from idea to launch**. Massachusetts: Perseus Publishing, 1993.

COOPER, R. G. Third-generation new product processes. **Journal of Product Innovation Management: an international publication of the product development & management association**, v. 11, n. 1, p. 3–14, 1994.

DRESCH, A. **Design science e design science research como artefatos metodológicos para engenharia de produção**. 2013. 184 p. Dissertação Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2013.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; JÚNIOR, J. A. V. A. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Bookman Editora, 2015.

DZULINSKI, A. C. **Modelo multicritério de processo de desenvolvimento de produtos para cadeia de suprimentos automotiva fundamentado nos requisitos da norma ISO TS 16949**. 2016. Dissertação Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

FERRAZ, N.; TOLEDO, J. C. de. SUPORTE DE TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 PARA ASSEGURAR A SUSTENTABILIDADE NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS. In: BLUCHER ENGINEERING PROCEEDINGS, 2019, São Paulo. **Anais...** Editora Blucher, 2019. p. 971–984.

GUO, J.; ZHAO, N.; SUN, L.; ZHANG, S. Modular based flexible digital twin for factory design. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, v. 10, n. 3, p. 1189–1200, 2019.

HABEKOST, A. F. **Diretrizes para introdução dos conceitos da indústria 4.0 no segmento de manufatura de veículos linha leve**. 2019. 66 p. Dissertação Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2019.

HAUSBERG, J. P.; LIERE-NETHELER, K.; PACKMOHR, S.; PAKURA, S.; VOGELSANG, K. Research streams on digital transformation from a holistic business perspective: a systematic literature review and citation network analysis. **Journal of Business Economics**, v. 89, n. 8-9, p. 931–963, 2019.

INKERMANN, D.; SCHNEIDER, D.; MARTIN, N. L.; LEMBECK, H.; ZHANG, J.; THIEDE, S. A framework to classify Industry 4.0 technologies across production and product development. **Procedia CIRP**, v. 84, p. 973–978, 2019.

JASKULSKI, L. **Método de diagnóstico e implantação processual dos elementos da indústria 4.0 no setor metalmeccânico brasileiro**. 2018. 154 p. Dissertação Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Porto Alegre, 2018.

JUNIOR, J. F. P.; SOUSA NETO, J. A. de. Comparativo entre Práticas de Gestão de Projetos na Indústria de Autopeças. **Revista IPTEC**, v. 4, n. 1, p. 50–62, 2016.

KAGERMANN, H.; HELBIG, J.; HELLINGER, A.; WAHLSTER, W. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: securing the future of german manufacturing industry; final report of the industrie 4.0 working group**. Forschungsunion, 2013.

- KLINGENBERG, C. O.; BORGES, M. A. V.; ANTUNES JR, J. A. V. Industry 4.0 as a data-driven paradigm: a systematic literature review on technologies. **Journal of Manufacturing Technology Management**, 2019.
- LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES JÚNIOR, J. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & produção**, v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013.
- LHAMA, P. G. **Análise das disfunções e benefícios que ocorrem na implantação e uso do modelo de referência no processo de desenvolvimento de produto**. 2017. Dissertação Universidade de São Paulo, 2017.
- LIM, K. Y. H.; ZHENG, P.; CHEN, C.-H. A state-of-the-art survey of Digital Twin: techniques, engineering product lifecycle management and business innovation perspectives. **Journal of Intelligent Manufacturing**, p. 1–25, 2019.
- MANSON, N. J. Is operations research really research? **Orion**, v. 22, n. 2, p. 155–180, 2006.
- MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the prisma statement. **Annals of internal medicine**, v. 151, n. 4, p. 264–269, 2009.
- NAKAMURA, R. **Alinhamento do modelo de referência do processo de desenvolvimento de produtos entre cliente (montadora) e fornecedor de primeiro nível no segmento automotivo**. 2017. Dissertação Universidade de São Paulo, 2017.
- NUNES, M. L.; PEREIRA, A.; ALVES, A. C. Smart products development approaches for Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, v. 13, p. 1215–1222, 2017.
- OIAN, C. A.; CESAR, F. I. G.; MAKIYA, I. K. Contribuição da Indústria 4.0 para a Gestão da Qualidade. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2017. **Anais...** 2017.
- OLIVEIRA, J.; NUNES, M.; AFONSO, P. New Product Development in the Context of Industry 4.0: insights from the automotive components industry. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND OPERATIONS MANAGEMENT, 2018. **Anais...** 2018. p. 83–94.
- OLIVEIRA, M.; FREITAS, H. Focus group: instrumentalizando o seu planejamento. **Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais: paradigmas, estratégias e métodos**. São Paulo: Saraiva, p. 325–346, 2006.
- PATIL, B.; KULKARNI, M.; RAO, P. New Product Development (NPD) Process in the Context of Industry 4.0. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT (IEEM), 2019., 2019. **Anais...** 2019. p. 1231–1235.

- PAULA, J. O. d.; MELLO, C. H. P. Seleção de um modelo de referência de PDP para uma empresa de autopeças através de um método de auxílio à decisão por múltiplos critérios. **Production**, v. 23, n. 1, p. 144–156, 2013.
- PESSÔA, M. V. P.; BECKER, J. M. J. Smart design engineering: a literature review of the impact of the 4th industrial revolution on product design and development. **Research in engineering design**, p. 1–21, 2020.
- ROCHA, J. R. P.; SALERNO, M. S. O papel do APQP-Advanced Planning for Product Quality no desenvolvimento de produtos: análise de casos na relação montadora-autopeças. **Gestão & Produção**, v. 21, n. 2, p. 231–243, 2014.
- ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C. de; SILVA, S. L. da; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo**. Saraiva, 2006. 541 p.
- SALERNO, M. S.; VASCONCELOS GOMES, L. A. de; SILVA, D. O. da; BAGNO, R. B.; FREITAS, S. L. T. U. Innovation processes: which process for which project? **Technovation**, v. 35, p. 59–70, 2015.
- SANTOS, K.; LOURES, E.; PIECHNICKI, F.; CANCEGLIERI, O. Opportunities assessment of product development process in Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, v. 11, p. 1358–1365, 2017.
- SCHMIDT, F. C. **Sistema de Produção para Indústria de Autopeças com elementos da Indústria 4.0**. 2019. 206 p. Tese Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos, 2019.
- SCHMIDTNER, M.; TIMINGER, H.; BLUST, M.; DOERING, C.; HILPOLTSTEINER, D. Towards an adaptive reference model for agile and hybrid frameworks in automotive development. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, TECHNOLOGY AND INNOVATION (ICE/ITMC), 2020., 2020. **Anais...** 2020. p. 1–10.
- SCHNEIDER, G. **O uso das ferramentas da indústria 4.0 no desempenho do processo de desenvolvimento de produtos** : indústria de elétrico eletrônicos no paraná. 2019. 82 p. Dissertação Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.
- SCHUH, G.; DÖLLE, C.; KANTELBERG, J.; MENGES, A. Identification of agile mechanisms of action as basis for agile product development. **Procedia cirp**, v. 70, p. 19–24, 2018.
- SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. **The Scrum Guide**. 2020. (November).
- SILVA, G. Canuto da; KAMINSKI, P. C. Proposal of framework to managing the automotive product development process. **Cogent Engineering**, v. 4, n. 1, p. 1317318, 2017.
- SOMMER, A. F.; HEDEGAARD, C.; DUKOVSKA-POPOVSKA, I.; STEGER-JENSEN, K. Improved product development performance through agile/stage-gate hybrids: the next-generation stage-gate process? **Research-Technology Management**, v. 58, n. 1, p. 34–45, 2015.

- SOUZA, M. C. F.; TOLEDO, J. C. de. Gestão do desenvolvimento de produto: estudo de casos na indústria brasileira de autopeças. **Revista de Administração da Universidade de São Paulo**, v. 36, n. 3, 2001.
- SOUZA, V. P. de. **Gestão de projetos de desenvolvimento de autopeças**. 2006. 168 p. Dissertação Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- TAO, F.; CHENG, J.; QI, Q.; ZHANG, M.; ZHANG, H.; SUI, F. Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 94, n. 9-12, p. 3563–3576, 2018.
- TAO, F.; SUI, F.; LIU, A.; QI, Q.; ZHANG, M.; SONG, B.; GUO, Z.; LU, S. C.-Y.; NEE, A. Y. Digital twin-driven product design framework. **International Journal of Production Research**, v. 57, n. 12, p. 3935–3953, 2019.
- TOLEDO, J. C. d.; SILVA, S. L. d.; ALLIPRANDINI, D. H.; MARTINS, M. F.; FERRARI, F. M. Práticas de gestão no desenvolvimento de produtos em empresas de autopeças. **Production**, v. 18, n. 2, p. 405–422, 2008.
- VARL, M.; DUHOVNIK, J.; TAVČAR, J. Agile product development process transformation to support advanced one-of-a-kind manufacturing. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 33, n. 6, p. 590–608, 2020.
- WAGNER, R.; SCHLEICH, B.; HAEFNER, B.; KUHNLE, A.; WARTZACK, S.; LANZA, G. Challenges and Potentials of Digital Twins and Industry 4.0 in Product Design and Production for High Performance Products. **Procedia CIRP**, v. 84, p. 88–93, 2019.
- ZAYAT, W.; SENVAR, O. Framework study for agile software development via scrum and Kanban. **International Journal of Innovation and Technology Management**, v. 17, n. 04, p. 2030002, 2020.

APÊNDICE A QUESTIONÁRIO PARA COLETA DE DADOS NA EMPRESA BRUNING TECNOMETAL

Percepções acerca do PDP da Bruning

Olá!

Estou realizando uma pesquisa voltada ao PDP - Processo de Desenvolvimento de Produtos ATUAL da Bruning Tecnometal, e gostaria de contar com sua contribuição para tal.

A intenção com o questionário abaixo, que usa uma abordagem baseada no SWOT, é buscar as percepções das lideranças relacionadas ao PDP da Bruning, com relação a estes 2 aspectos:

I) PROCESSO/FLUXO: Atividades e seus Fluxos, Estrutura Organizacional, Gestão do Projeto e Portfólio, Padrões e Procedimentos, etc.

II) TECNOLOGIA: Recursos, ferramentas, técnicas e tecnologias utilizadas ao longo de todas fases do PDP

As respostas podem ser dadas em forma de item/tópico, não sendo necessário detalhamento ou explicação por extenso.

Caso tenha alguma dúvida sobre o questionário, por favor me contatar.

Desde já agradeço sua contribuição.

Atenciosamente,

Vanderlei Benetti

*Obrigatório

1. Função desempenhada na empresa (atualmente) *

2. Tempo desempenhando atividades relacionadas ao Processo de Desenvolvimento (anos) *

3. 1.1 Descrever as FORÇAS (vantagens que temos quando comparado aos concorrentes/mercado) relacionadas ao FLUXO/PROCESSO de Desenvolvimento de Produtos atual da Bruning *

4. 1.2 Descrever as FORÇAS (vantagens que temos quando comparado aos concorrentes/mercado) relacionadas às TECNOLOGIAS utilizadas no Processo de Desenvolvimento de Produtos atual da Bruning *

5. 2.1 Descrever as FRAQUEZAS (fatores internos que nos prejudicam quando comparado aos concorrentes/mercado) relacionadas ao FLUXO/PROCESSO de Desenvolvimento de Produtos atual da Bruning *

6. 2.2 Descrever as FRAQUEZAS (fatores internos que nos prejudicam quando comparado aos concorrentes/mercado) relacionadas às TECNOLOGIAS utilizadas no Processo de Desenvolvimento de Produtos atual da Bruning *

7. 3.1 Descrever as OPORTUNIDADES (fatores externos que influenciam positivamente o processo) relacionadas ao FLUXO/PROCESSO de Desenvolvimento de Produtos atual da Bruning *

8. 3.2 Descrever as OPORTUNIDADES (fatores externos que influenciam positivamente o processo) relacionadas às TECNOLOGIAS utilizadas (ou não) no Processo de Desenvolvimento de Produtos atual da Bruning *

9. 4.1 Descrever as AMEAÇAS (fatores externos à empresa que influenciam negativamente o processo) relacionadas ao FLUXO/PROCESSO de Desenvolvimento de Produtos atual da Bruning *

10. 4.2 Descrever as AMEAÇAS (fatores externos à empresa que influenciam negativamente o processo) relacionadas às TECNOLOGIAS utilizadas no Processo de Desenvolvimento de Produtos atual da Bruning *

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

APÊNDICE B ROTEIRO PARA CONDUÇÃO DE ENTREVISTA COM ESPECIALISTAS

SMART PDP:**Processo de Desenvolvimento de Produtos da Indústria de Autopeças no Contexto da Indústria 4.0****Mestrando: Vanderlei Giovani Benetti****1. Introdução à Pesquisa:**

A **Indústria 4.0** surge como um potencial alavancador de soluções que melhorem a produtividade, qualidade e a competitividade das organizações com base na evolução da tecnologia. As oportunidades de otimização surgem em toda a cadeia de valor e em todas as etapas do ciclo de vida do produto, através da integração Ferramentas, Técnicas e Tecnologias, repensando e evoluindo os processos das organizações. O **Processo de Desenvolvimento de Produtos – PDP**, por sua vez, consiste num conjunto de atividades por meio das quais se busca, a partir das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, ainda considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa, chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, pelo qual a manufatura seja capaz de produzi-lo (PAULA; MELLO, 2013; ROZENFELD et al., 2006).

2. Questionário semiestruturado:

Delimitando que o contexto para o qual o artefato está sendo desenvolvido é **segmento metalmecânico da indústria de autopeças**, com produtos de aplicação em autoveículos (automóveis, veículos comerciais leves, caminhões e ônibus) e máquinas agrícolas e de construção rodoviária, e que, também, o artefato buscará focar nas etapas relacionadas ao **desenvolvimento do processo de manufatura** do produto, não enfatizando as etapas relativas ao *design* do produto, as seguintes questões chave surgem:

- a. De maneira geral, qual são os **impactos** da Indústria 4.0 no PDP da cadeia automotiva, mais especificamente na indústria de autopeças?
- b. Quais seriam as características do **fluxo/formato ideal** de desenvolvimento de produtos para a indústria de autopeças no contexto da Indústria 4.0?
- c. Quais seriam os **elementos** da Indústria 4.0 (Ferramentas, Técnicas e Tecnologia) que melhor suportariam a evolução necessária do PDP?
- d. Suas considerações gerais e sugestões sobre o tema da pesquisa.

APÊNDICE C ROTEIRO PARA CONDUÇÃO DO GRUPO FOCAL

SMART PDP:**Processo de Desenvolvimento de Produtos da Indústria de Autopeças no Contexto da Indústria 4.0****Mestrando: Vanderlei Giovani Benetti****1. Introdução e Objetivos da Pesquisa:**

A **Indústria 4.0** surge como um potencial alavancador de soluções que melhorem a produtividade, qualidade e a competitividade das organizações com base na evolução da tecnologia. As oportunidades de otimização surgem em toda a cadeia de valor e em todas as etapas do ciclo de vida do produto, através da integração Ferramentas, Técnicas e Tecnologias, repensando e evoluindo os processos das organizações. O **Processo de Desenvolvimento de Produtos – PDP**, por sua vez, consiste num conjunto de atividades por meio das quais se busca, a partir das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, ainda considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa, chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, pelo qual a manufatura seja capaz de produzi-lo (PAULA; MELLO, 2013; ROZENFELD et al., 2006).

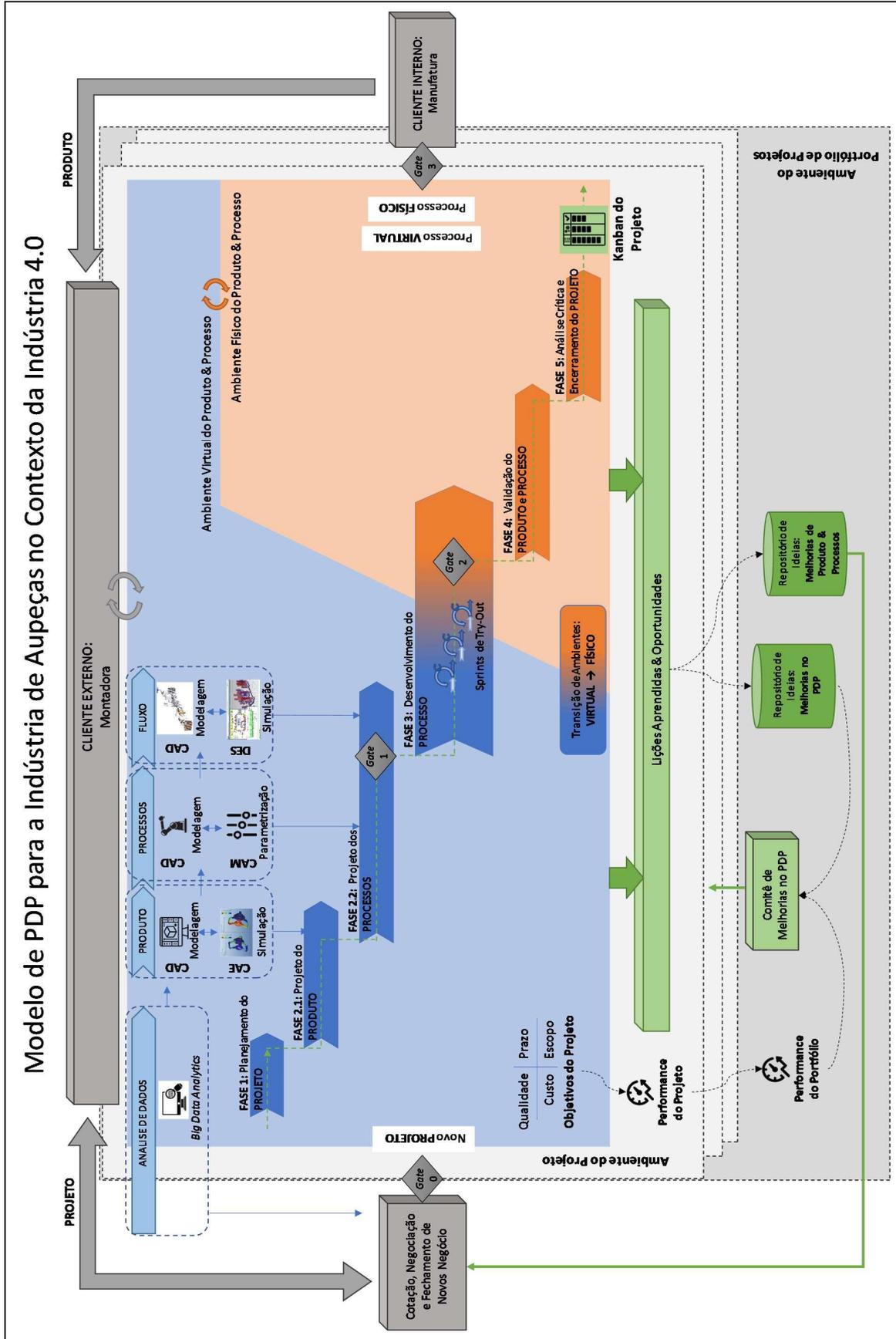
Com base nas discussões do **encontro anterior**, a seguir serão apresentados os objetivos relacionados à pesquisa:

- a. **Objetivo Geral:** O objetivo geral desta dissertação é propor um método para desenvolvimento de produtos para a indústria de autopeças, a fim de adaptá-lo ao contexto da Indústria 4.0.
- b. **Objetivos Específicos:**
 - i. Identificar as melhores práticas de gestão do processo de desenvolvimento de produtos aplicáveis à indústria de autopeças
 - ii. Identificar os principais elementos da Indústria 4.0 aplicáveis ao processo de desenvolvimento de produtos e suas contribuições ao PDP
 - iii. Identificar as principais dificuldades e oportunidades no PDP da indústria de autopeças no ambiente prático
- c. **Delimitação da Pesquisa:** O contexto para o qual o artefato está sendo desenvolvido é **segmento metalmecânico da indústria de autopeças**, com produtos de aplicação em autoveículos (automóveis, veículos comerciais leves, caminhões e ônibus) e máquinas agrícolas e de construção rodoviária. O artefato, também, buscará focar nas etapas relacionadas ao **desenvolvimento do processo de manufatura** do produto, não enfatizando as etapas relativas ao *design* do produto.

2. Aspectos de Avaliação do Artefato:

- a. A Estrutura do Artefato está adequada para o atendimento do objetivo da pesquisa?
- b. Os Elementos de Processo adotados e a sua interrelação no PDP estão adequados?
- c. Os Elementos de Ferramentas, Técnicas e Tecnologia adotados e sua aplicação no PDP estão adequados?
- d. Você vê aderência ao artefato no contexto ao qual ele é direcionado?

3. Apresentação do Artefato M1:



APÊNDICE D RESUMO E CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO

Aspecto SWOT	PROCESSO	TECNOLOGIA
FORÇAS	1.1 Descrever as FORÇAS (vantagens que temos quando comparado aos concorrentes/mercado) relacionadas ao FLUXO/PROCESSO de Desenvolvimento de Produtos atual da sua empresa	1.2 Descrever as FORÇAS (vantagens que temos quando comparado aos concorrentes/mercado) relacionadas às TECNOLOGIAS utilizadas no Processo de Desenvolvimento de Produtos atual da sua empresa
	- Conhecimento profundo em algumas famílias de produtos é um diferencial percebido por alguns clientes	- Máquinas e equipamentos modernos no parque fabril
	- Ferramentaria própria e interna	- Utilização do ERP SAP para cadastro de produtos
	- Possibilidade de compra de matéria prima direto da usina, não de distribuidores	- Domínio do sistema de formação de custos dos produtos
	- Estrutura (equipe) dedicada para gerenciamento de projetos de novos produtos	- Elevada competência técnica dos profissionais no desenvolvimento de processos e nas tecnologias utilizadas
	- Elevada qualificação técnica do time de desenvolvimento (grande maioria com nível superior)	- Iniciativas de desenvolvimento e implementação de tecnologia com base na Indústria 4.0
	- Flexibilidade do Processo de Desenvolvimento (administra projetos com níveis de complexidade diferentes)	- Disponibilidade e uso de ferramentas de Simulação Numérica para cotação e desenvolvimento de novos produtos
	- Capacidade de desenvolvimento de produtos complexos (sistemas completos) é diferencial percebido por alguns clientes	- Disponibilidade de softwares de CAD, CAE e CAM de última geração
	- Processo de desenvolvimento baseado no APQP/PPAP facilita a comunicação com clientes atuais ou novos	- Busca ativa por novas tecnologias (novas linhas de produção, novas tecnologias de análise, etc.)
	- Estrutura de engenharia organizada por especialidades (processos)	
Especialistas nos processos são compartilhados em desenvolvimentos de segmentos de mercado diferentes (benchmarking interno)		
FRAQUEZAS	2.1 Descrever as FRAQUEZAS (fatores internos que nos prejudicam quando comparado aos concorrentes/mercado) relacionadas ao FLUXO/PROCESSO de Desenvolvimento de Produtos atual da sua empresa	2.2 Descrever as FRAQUEZAS (fatores internos que nos prejudicam quando comparado aos concorrentes/mercado) relacionadas às TECNOLOGIAS utilizadas no Processo de Desenvolvimento de Produtos atual da sua empresa
	- Falta de experiência prática de parte da equipe de projeto (equipes jovens e pouca experiência profissional)	- Baixa disponibilidade de recursos financeiros para investimento em novos equipamentos e renovação do parque fabril
	- Falta de sistema para Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto	- Falta de software para análise de deformações de solda
	- Múltiplos projetos desenvolvidos simultaneamente compartilhando recursos	- Ferramentas de trabalho (softwares) sem integração/comunicação e processos/atividades manuais
	- Falha na integração e comunicação dos setores durante os projetos (trabalho em "silos")	- Pouco tempo investido em buscar novas tecnologias (softwares, equipamentos, materiais, processos, etc.) para implementação no médio e longo prazo
	- Fluxo de desenvolvimento lento, <i>lead time</i> elevado	

Legenda da classificação das respostas:

Respostas Relevantes		Respostas Não Relevantes	
1	Necessário acrescentar no Artefato	3	Aspecto específico de Produto ou Processo de manufatura
2	Já considerado no Artefato	4	Particularidade da empresa, não generalizável com o o Artefato
		5	Aspecto fora do escopo da pesquisa
		-	Resposta não compreendida

Continuação

Aspecto SWOT	PROCESSO	TECNOLOGIA
OPORTUNIDADES	3.1 Descrever as OPORTUNIDADES (fatores externos que influenciam positivamente o processo) relacionadas ao FLUXO/PROCESSO de Desenvolvimento de Produtos atual da sua empresa	3.2 Descrever as OPORTUNIDADES (fatores externos que influenciam positivamente o processo) relacionadas às TECNOLOGIAS utilizadas (ou não) no Processo de Desenvolvimento de Produtos atual da sua empresa
	- Centralização física dos times de desenvolvimento	- Processos de manufatura que ainda não temos (hot forming, por exemplo)
	- Repensar a estrutura organizacional das áreas e dos projetos (Tribos, Squad...)	- Maior envolvimento com universidades e centros de tecnologias para parcerias voltadas à inovação
	- Realizar aproximação das engenharias dos clientes, buscar entender necessidades e oportunidades de novos negócios além daqueles que são trazidos até nós	- Softwares para programação de robôs off-line
	- Envolvimento das lideranças de manufatura ao longo do desenvolvimento	- Renovação do parque fabril com equipamentos mais modernos e eficientes
		- Integração horizontal com clientes e fornecedores via EDI e webservice, um dos pilares da Indústria 4.0
		- Implementação de PLM
AMEAÇAS	4.1 Descrever as AMEAÇAS (fatores externos à empresa que influenciam negativamente o processo) relacionadas ao FLUXO/ PROCESSO de Desenvolvimento de Produtos atual da sua empresa	4.2 Descrever as AMEAÇAS (fatores externos à empresa que influenciam negativamente o processo) relacionadas às TECNOLOGIAS utilizadas no Processo de Desenvolvimento de Produtos atual da sua empresa
	- Perda de profissionais experientes para o mercado	- Mercado utilizando produtos com materiais não ferrosos
	- Perda de negócios devido aos prazos e custos de desenvolvimento elevados	- Tecnologia dos processos de corte desatualizada em comparação ao mercado
	Falta de um padrão interno com tradução de entrada dos padrões de clientes	- Obsolescência das tecnologias utilizadas atualmente na engenharia e na manufatura
	Sistema verticalizado no desenvolvimento de produtos	- Concorrentes com sistemas de Cotação mais rápido e acessível
	- Não nos adaptarmos à evolução dos mercados que atuamos (veículos elétricos, por exemplo)	

Legenda da classificação das respostas:

Respostas Relevantes		Respostas Não Relevantes	
1	Necessário acrescentar no Artefato	3	Aspecto específico de Produto ou Processo de manufatura
2	Já considerado no Artefato	4	Particularidade da empresa, não generalizável com o o Artefato
		5	Aspecto fora do escopo da pesquisa
		-	Resposta não compreendida

APÊNDICE E RESUMO DAS TRANSCRIÇÕES DA ENTREVISTA COM ESPECIALISTAS

Código	Classif.	Agrupamento do resumo das citações				
1. Impactos da Indústria 4.0 no PDP	2	Uso de ferramentas de Simulação para antever eventos dentro do PDP é uma grande oportunidade para este processo				
2. Elementos da Indústria 4.0	4	Utilização do RPA nas atividades repetitivas do PDP é um tema emergente atualmente	Utilização de RPA para automatizar atividades repetitivas nas organizações, e gerar disponibilidade das pessoas para fazerem atividades mais nobres	Análise dos processos, buscando possíveis ineficiências: Atividades Repetitivas vs. Atividades Cognitivas Para as repetitivas, desenvolver um RPA para executá-las		
2. Elementos da Indústria 4.0	1	Uso do Big Data + Inteligência Artificial para usar o banco de dados do processo atual para acelerar e dar mais robustez para a etapa de Cotação	Big Data possibilita utilizar os dados históricos como recursos para suportarem o PDP			
3. Estrutura e Gestão do PDP	1	Como preparar as empresas para avançar em direção aos métodos ágeis? As empresas precisam estar preparadas para implementação de técnicas e ferramentas diferentes, para isso precisa desenvolver a cultura de trabalho das organizações neste sentido	Avaliar as técnicas de cada método, para aproveitar na construção de um método mais adequado ao segmento Automotivo. Por exemplo, o automotivo não consegue fazer como a indústria de softwares ou moda, que podem ir desenvolvendo e entregando os projetos por partes. Precisa ter um fluxo de início/meio/fim claros e adequados	Avaliar o que os métodos ágeis podem suportar de maneira a agregar no projeto. Neste sentido, usa a integração dos conceitos, para criar um método híbrido, que mais se adequa às necessidades daquela organização. Usar métodos os tradicionais com insights de métodos ágeis, por exemplo	Cuidado para não cair no modismo de modelos muito "vendidos", mas que não se adaptam às necessidades de cada organização. Mais uma vez, os conceitos básicos tem base conceitual e histórica forte, esses sim precisam ser respeitados	Gestão do Projeto/PDP Ágil: avançar com metodologias inovadoras e práticas para fazer uma gestão diferenciada dos projetos, assim também avançar no sentido de redução do <i>lead time</i>
3. Estrutura e Gestão do PDP	2	A necessidade de estruturar os Processos de Desenvolvimento é importante. Não deixar de abordar o APQP na dissertação, isso é muito relevante para a cadeia automotiva				
3. Estrutura e Gestão do PDP	2	Atenção ao link/interface do PDP com os outros processos de negócio, que também tem impacto no PDP. Caso contrário, podem também interferir no resultado do PDP	Importancia de olhar o PDP como um todo, desde a Cotação. Avaliar a interrelação entre as áreas que tem interface com ele			
3. Estrutura e Gestão do PDP	1	Também pensar em como o PDP pode ser estruturado para capturar os <i>feedbacks</i> do processo e das suas entregas. Como pode evoluir conforme ele avança				
3. Estrutura e Gestão do PDP	1	Um exemplo é usar os <i>cards</i> do Microsoft Planner para gerenciar as atividades, que é baseado no Kanban, e ter rotinas de reuniões para monitorar. Também usar conceito do Caminho Crítico para gerenciar, e ter rotinas semanais de reuniões para gerenciar evolução dos projetos.				
3. Estrutura e Gestão do PDP	3	Fatiar o escopo do projeto é a solução para reduzir <i>time-to-market</i> , e começar a rentabilizar o negócio mais rápido possível				

Respostas Relevantes		Respostas Não Relevantes	
1	Necessário acrescentar no Artefato	3	Particularidade da empresa, não generalizável com o o Artefato
2	Já considerado no Artefato	4	Aspecto fora do escopo da pesquisa

Continuação

Código	Classif.	Agrupamento do resumo das citações			
4. Considerações Gerais	1	Atentar para a complexidade de uma empresa que tem vários processos, tanto na Cotação quanto no processo de desenvolvimento como um todo, e precisa do envolvimento de vários especialistas, aí o processo começa a demorar, e eleva o <i>lead time</i> do desenvolvimento	Como conectar o PDP às necessidades do cliente, para entregar valor ao cliente, alinhado com o que ele espera? Não só em <i>lead time</i> menor, mas perguntar ao cliente o que mais é valor para ele.	Atenção ao PDP para não ser rígido. Precisa ser flexível e buscar menor.	Há uma expectativa em utilizar os elementos da Indústria 4.0 para apoiar na redução do <i>lead time</i> do PDP
4. Considerações Gerais	2	Os conceitos trazidos pela Indústria 4.0 não substituem e excluem tudo o que já foi feito pelas empresas no PDP, é uma evolução nos processos, não substituição... Precisamos ter os processos tradicionais como base, e se aproveitar da Indústria 4.0 para evolui-los	A Indústria 4.0 é um caminho sem volta para as organizações, porém as tecnologia que ela traz por si só não são suficientes para melhorar os processos; há aspectos básicos anteriores que precisam estar solucionados		
4. Considerações Gerais	1	Necessário ter pragmatismo na definição dos conceitos que serão utilizados no artefato e na dissertação. Caso contrário, ficam definições muito abrangentes, e dificulta o entendimento dos conceitos			
5. Comentários Extras	4	Uso dos Elementos da I. 4.0 na melhoria dos Processos de Manufatura (automatizar processos chave da organização), para aumentar o resultado daquela linha de produtos			

Respostas Relevantes		Respostas Não Relevantes	
1	Necessário acrescentar no Artefato	3	Particularidade da empresa, não generalizável com o o Artefato
2	Já considerado no Artefato	4	Aspecto fora do escopo da pesquisa