



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E GESTÃO DO
CONHECIMENTO

Ricardo Pereira

**PlatforMASS:
MODELO CONCEITUAL PARA PERSONALIZAÇÃO EM MASSA
NA INDÚSTRIA 5.0, BASEADO EM PLATAFORMA**

Florianópolis
2023

Ricardo Pereira

**PlatforMASS:
MODELO CONCEITUAL PARA PERSONALIZAÇÃO EM MASSA
NA INDÚSTRIA 5.0, BASEADO EM PLATAFORMA**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento

Orientador: Prof. Dr. Neri dos Santos
Coorientador: Prof. Dr. Gregório Jean Varvakis Rados

Florianópolis
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, por meio do Programa de geração automática da Biblioteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina

Pereira, Ricardo

PlatforMASS : MODELO CONCEITUAL PARA PERSONALIZAÇÃO EM MASSA NA INDÚSTRIA 5.0, BASEADO EM PLATAFORMA / Ricardo Pereira ; orientador, Neri dos Santos, coorientador, Gregório Jean Varvakis Rados, 2023.

196 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia e Gestão do Conhecimento. 2. Indústria 5.0. 3. Personalização em massa. 4. Modelo de negócios baseados em plataforma. 5. Indústria 4.0. I. dos Santos, Neri . II. Rados, Gregório Jean Varvakis . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento. IV. Título.

Ricardo Pereira

**PlatforMASS: MODELO CONCEITUAL PARA PERSONALIZAÇÃO EM MASSA
NA INDÚSTRIA 5.0, BASEADO EM PLATAFORMA**

O presente trabalho, em nível de doutorado, foi avaliado e aprovado por banca examinadora
constituída pelos seguintes membros:

Prof. José Leomar Todesco
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Francisco Antônio Pereira Fialho
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Eduardo Giugliani
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Prof. Gustavo Henrique Bolognesi Donato
Centro Universitário FEI

José Eduardo Azevedo Fiates
FIESC

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado
adequado para obtenção do título de Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento.

Prof. Neri dos Santos
Orientador

Prof. Roberto Carlos dos S. Pacheco, Dr.
Coordenador do Curso

Florianópolis, 21 de novembro de 2023.

*A modern-day warrior
Mean, mean stride
Today's Tom Sawyer
Mean, mean pride
Though his mind is not for rent
Don't put him down as arrogant
His reserve, a quiet defense
Riding out the day's events
The river
What you say about his company
Is what you say about society
Catch the mist, catch the myth
Catch the mystery, catch the drift
The world is, the world is
Love and life are deep
Maybe as his skies are wide
Today's Tom Sawyer, he gets high on you
And the space he invades, he gets by on you
No, his mind is not for rent
To any god or government
Always hopeful, yet discontent
He knows changes aren't permanent
But change is
And what you say about his company
Is what you say about society
Catch the witness, catch the wit
Catch the spirit, catch the spit
The world is, the world is
Love and life are deep
Maybe as his eyes are wide
Exit the warrior
Today's Tom Sawyer
He gets high on you
And the energy you trade
He gets right on to
The friction of the day
(Tom Sawyer, RUSH)*

Há apenas um bem: o conhecimento.
E um mal, a ignorância (SÓCRATES)

Vencer a si próprio é a maior das vitórias (PLATÃO)

“Mais importante que chegar ao fim do caminho
é aproveitar a caminhada”

AGRADECIMENTOS

Não sabia que era tão difícil escrever esta seção. Não pela dificuldade da escrita, mas pela emoção proveniente do processo de resgatar na memória tudo que se passou nestes, quase, cinco anos. Hoje posso dizer que sou um indivíduo transformado, e não é, apenas, esteticamente, já que a quantidade de cabelos brancos aumentou absurdamente, mas o que me mudou foi o conhecimento. Lembro-me, em 2018, quando conheci o EGC, a convite de um amigo, para fazer uma disciplina isolada, não sabia que aquela decisão, despretensiosa, mudaria minha vida, desde então. Abandonei meus estudos para a carreira de Juiz Federal e retornei para a UFSC, dez anos após ter concluído o mestrado. Hoje, não tenho dúvidas, que foi uma das decisões mais acertadas que tomei na vida (e olha que tenho dificuldades nessa área).

Apesar das dificuldades ao longo do caminho, que foram exarcebadas pela Pandemia da COVID, em 2020, chego ao fim (ou início) da jornada de doutoramento mais resiliente e repleto de gratidão.

Agradeço a Deus por me conceder a luz, a perseverança e o discernimento necessários para chegar na reta final desta Pós-graduação.

A conclusão do meu doutorado deve-se, muito, a duas pessoas. Começo com ela, que me “atura”, desde 2008, esteve na minha banca de mestrado, grávida de oito meses, esse doutorado também é seu, Juliana; deixo aqui registrado todo meu amor e orgulho que tenho de você e da forma como cuida dos nossos filhos, Julia e Benicio (também amo vocês).

Conheci um professor, que se tornou meu orientador e, hoje, o considero um amigo. A cada reunião de orientação, ou do grupo de pesquisa, era uma aula. Você é um exemplo para todos que o cercam, muito obrigado por me acolher, professor Neri dos Santos, e ser meu guia nesta trajetória. Quero um dia ter, pelo menos, um décimo de sua sabedoria.

À minha mãe Angélica, sei que você está muito orgulhosa de mim. Quanta saudade! Ao meu pai e meus irmãos muito obrigado.

Agradeço, imensamente, aos professores Gregório Varvakis, Gustavo Donato, Eduardo Giugliani, Alexandre Gonçalves, José Leomar Todesco, José Eduardo Fiates pelas contribuições valiosas e o zelo em avaliar meu trabalho.

Ao professor Francisco Fialho toda minha gratidão! Grande guru! Orientou-me na busca da minha melhor versão.

A todos os professores, pesquisadores e representantes da Indústria, meu muito obrigado por avaliar o modelo proposto. Aos Professores Gargioni e Professor Ricardo Diogo que não mediram esforços para que o questionário de avaliação chegasse a maior quantidade de

respondentes da Indústria e da Academia. Ao Professor Armando Kolbe pelo auxílio no desenvolvimento do fluxograma que exemplificou o modelo em funcionamento. À colega Aliteia que me auxiliou no Design do Roadmap.

Aos mais de cem colegas que foram parceiros nas coautorias de artigos e como autores nos vários livros, por mim, organizados.

A todos os colegas das mais variadas turmas, que tive a honra de acompanhar, como tutor de várias disciplinas e como colegas de disciplinas.

Um agradecimento especial a minha turma de 2019. Nós somos muito resilientes e vocês sabem porquê.

Aos colegas do grupo de pesquisa ERGON, vocês fizeram a diferença na minha trajetória!

Aos colegas do NDEC, NCEE e LGR, também, meus agradecimentos.

Aos colegas da secretaria do EGC, Juliana, Diogo e Renam, por sua presteza e diligência com todos os mestrandos e doutorando do programa, Obrigado!

A todos os professores do EGC, meus agradecimentos! Não à toa, o programa é nível 7 e isso se deve a vocês.

RESUMO

PEREIRA, Ricardo. PlatforMASS: Modelo conceitual para personalização em massa na indústria 5.0, baseado em plataforma. Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Centro Tecnológico, UFSC.

A Indústria 5.0, parte da premissa que o paradigma anterior (Indústria 4.0) negligencia questões relacionadas à sustentabilidade, segurança cibernética e centralidade no ser humano. Ademais, o advento da Indústria 5.0 é uma oportunidade para a Indústria retomar seu protagonismo econômico e responder às demandas da sociedade por personalização e maior interação no processo produtivo. A personalização em massa é uma tendência crescente em diversas indústrias, possibilitando benefícios de satisfação e fidelização de clientes, aumento de receitas e otimização de processos produtivos. Todavia, sua implementação ainda esbarra em desafios tecnológicos, de processos e de recursos humanos. Para otimizar o potencial da Indústria 5.0 e, conseqüentemente, a personalização em massa, é preciso integrar suas tecnologias habilitadoras em uma arquitetura coerente, apoiada por processos ágeis, profissionais capacitados e preocupação com privacidade e ética no uso de dados do cliente. Neste sentido, o presente estudo sugeriu a proposição de um modelo conceitual para personalização em massa na Indústria 5.0, apoiado por um modelo de negócio baseado em plataforma. Para operacionalizar esta tese, adotou-se como método o DSR, utilizando as etapas propostas por Peffers et al. (2007) em conjunto com as fases sugeridas por Weber (2018). Para subsidiar o desenvolvimento do modelo foram coletados dados de uma amostra intencional de empresas participantes do Prêmio Osires Silva, conjugados com o levantamento bibliográfico proveniente de revisões integrativas da literatura que abordaram os temas personalização em massa na Indústria, a Indústria como plataforma e Fábrica 5.0. Utilizou-se como técnica de análise de dados a análise temática de Braun e Clarke e para modelagem a Lógica CIMO. Tem-se, então, a proposição do modelo PlatforMASS, representado por quatro dimensões (valorativa, conceitual, estrutural e relacional), de modo a viabilizar personalização em massa na Indústria 5.0 por meio de um modelo de negócio baseado em plataforma que propicie a coprodução e design colaborativo de produtos personalizados. Ademais, sugeriu-se, como forma de instrumentalizar o modelo PlatforMASS, a proposição de um conjunto de ações, caracterizadas na forma de um *Roadmap*, com o intuito de propor diretrizes para que a Indústria possa incorporá-lo em sua realidade. O modelo conceitual PlatforMASS e seu roadmap foram submetidos à demonstração e avaliação por vinte especialistas humanos e duas inteligências artificiais (Claude® e ChatGPT®). Essas avaliações demonstraram um alinhamento significativo em relação aos pontos positivos e áreas de melhoria do modelo PlatforMASS. Ambas destacaram sua abrangência, inovação e aplicabilidade prática. Enquanto a IA enfatizou a estrutura sólida e eficácia visual do modelo, os especialistas humanos focaram na clareza dos construtos, consistência das associações e na aplicabilidade ampla, sugerindo melhorias como a especificação do escopo e detalhamento das interações. Essa concordância reforça a validação cruzada e a importância do modelo na integração de elementos essenciais da Indústria 5.0 e personalização em massa. Notavelmente, a análise humana ofereceu maior profundidade e detalhamento, complementando a visão objetiva fornecida pela inteligência artificial. Como contribuições da tese tem-se o maior aprofundamento das pesquisas sobre a Indústria 5.0, caracterizando e explicitando seus valores centrais. Por uma perspectiva prática, o trabalho oportunizará, a partir dos resultados encontrados, que a Indústria se adeque às novas demandas da sociedade, atendendo de forma mais eficaz e efetiva seus consumidores, gerando vantagem competitiva sustentável e maior produtividade, operacionalizando um modelo conceitual que propiciará a incorporação dos valores centrais da Indústria 5.0, possibilitando a personalização

em massa na Indústria, em resposta à servitização e precariedade da Indústria, em especial a nacional. Além das contribuições práticas e teóricas apontadas, tem-se como desdobramentos do trabalho a contribuição da Indústria para a sociedade na superação de um conjunto de desafios ambientais (mudanças climáticas, consumo rápido de recursos e de energia não renováveis, poluição do meio ambiente), sociais (injustiça social, desequilíbrio de renda) e econômicos, (respeito e preservação dos valores humanos, do meio ambiente e dos limites planetários). Por fim, o estudo de forma reflexa serve como motivação/provocação para que a Indústria incorpore esse novo paradigma, que já é uma realidade indissociável e inevitável neste processo de transformação econômica e social do Século XXI.

Palavras-chave: Indústria 5.0; modelos de negócio baseados em plataformas; personalização em massa; sustentabilidade; centralidade no ser humano; resiliência organizacional; Indústria 4.0; Fatores Humanos.

ABSTRACT

PEREIRA, Ricardo. *PlatforMASS: Platform-based conceptual model for mass customization in industry 5.0*. Doctoral thesis, Postgraduate Program in Knowledge Engineering and Management, Technological Center, UFSC.

Industry 5.0 operates from the premise that the previous paradigm (Industry 4.0) overlooks issues related to sustainability, cybersecurity, and human centrality. Moreover, the advent of Industry 5.0 is an opportunity for the industry to regain its economic prominence and respond to societal demands for customization and greater interaction in the production process. In this context, the present study suggested the proposition of a conceptual model for mass customization in Industry 5.0, supported by a platform-based business model. To operationalize this thesis, the DSR method was adopted, using the steps proposed by Peffers et al. (2007) in conjunction with the phases suggested by Weber (2018). To support the development of the model, data were collected from an intentional sample of companies participating in the Osires Silva Award, combined with a literature review from integrative reviews that addressed the themes of mass customization in the industry, the industry as a platform, and Factory 5.0. Braun and Clarke's thematic analysis was used as the data analysis technique and CIMO Logic for modeling. Thus, we have the proposition of the PlatforMASS model, represented by four dimensions (value-driven, conceptual, structural, and relational), to enable mass customization in Industry 5.0 through a platform-based business model that fosters co-production and collaborative design of customized products. Furthermore, to operationalize the PlatforMASS model, a set of actions was suggested, characterized as a Roadmap, aiming to provide guidelines for the industry to incorporate it into its reality. The conceptual model PlatforMASS and its roadmap were subjected to demonstration and evaluation by twenty human experts and two artificial intelligences (Claude® and ChatGPT®). These evaluations demonstrated a significant alignment regarding the positive points and areas for improvement of the PlatforMASS model. Both highlighted its comprehensiveness, innovation, and practical applicability. While the AI emphasized the model's solid structure and visual effectiveness, the human experts focused on the clarity of the constructs, the consistency of the associations, and its broad applicability, suggesting improvements such as specifying the scope and detailing the interactions. This agreement reinforces cross-validation and the importance of the model in integrating essential elements of Industry 5.0 and mass customization. Notably, the human analysis offered greater depth and detail, complementing the objective view provided by artificial intelligence. As contributions of the thesis, there is a deeper exploration of research on Industry 5.0, characterizing and explicating its core values. From a practical perspective, the work will enable, based on the findings, the industry to adapt to new societal demands, serving its consumers more effectively and efficiently, generating sustainable competitive advantage and greater productivity, operationalizing a conceptual model that will facilitate the incorporation of Industry 5.0's core values, enabling mass customization in the industry, in response to servitization and the precariousness of the industry, especially the national one. Beyond the practical and theoretical contributions highlighted, the work unfolds into the industry's contribution to society in overcoming a set of environmental (climate change, rapid consumption of non-renewable resources and energy, pollution of the environment), social (social injustice, income imbalance), and economic challenges (respect and preservation of human values, the environment, and planetary limits). Finally, the study serves reflexively as motivation/provocation for the industry to incorporate this new paradigm, which is already an inseparable and inevitable reality in this process of economic and social transformation of the 21st century.

Keywords: Industry 5.0; platform-based business models; mass personalization; sustainability; centrality in the human being; organizational resilience; Industry 4.0; Human Factors.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Valores centrais/chaves da Indústria 5.0.....	18
Figura 2 –Revoluções industriais.....	20
Figura 3. Participação da indústria brasileira na indústria mundial.....	23
Figura 4. Participação da Indústria de transformação no PIB brasileiro.....	24
Figura 5. Maiores empresas adotantes do modelo de negócio por plataforma.....	28
Figura 6. Quantidade de publicações sobre Indústria 5.0 no tempo.....	30
Figura 7. Quantidade de publicações sobre Indústria 4.0 e 5.0 no tempo.....	31
Figura 8. Percentual sobre teses sobre Indústria no PPGEGC.....	34
Figura 9. Tecnologias habilitadoras da Indústria 5.0.....	42
Figura 10. Paradigmas de produção.....	50
Figura 11. Diferenças entre paradigmas de produção.....	51
Figura 12. Etapas do DSR que constituem o estudo.....	61
Figura 13. Etapa de levantamento bibliográfico para identificação do problema de pesquisa....	65
Figura 14. Objetivos específicos da tese.....	66
Figura 15. Delineamento da pesquisa conforme as etapas do DSR.....	70
Figura 16. Etapas de desenvolvimento da tese.....	71
Figura 17. Etapas relacionadas ao desenvolvimento da tese (Módulo1).....	71
Figura 18. Etapas relacionadas ao desenvolvimento da tese (Módulo2).....	71
Figura 19. Etapas relacionadas ao desenvolvimento da tese (Módulo3).....	72
Figura 20. Tecnologias habilitadoras da Personalização em Massa.....	84
Figura 21. Características da Fábrica do Futuro.....	99
Figura 22. Mapa mental da tese proveniente da Lógica CIMO.....	110
Figura 23. O modelo Platformmass (estático) de quatro dimensões.....	113
Figura 24. Simulação de processo produtivo personalizado e interações entre as dimensões do modelo PlatforMASS.....	123
Figura 25. Roadmap to PlatforMASS.....	124
Figura 26. Feedback da IA generativa Claude®.....	128
Figura 27. Avaliação dos modelos realizada pelo ChatGPT®.....	129
Figura 28. Avaliação do modelo PlatforMASS pela IA generativa ChatGPT®.....	130
Figura 29. Avaliação do Roadmap realizada pela IA generativa ChatGPT®.....	131
Figura 30. Questionários enviados aos avaliadores.....	137
Figura 31. Tela do software Publish or Perish.....	162
Figura 32. Quantidade de publicações sobre Indústria 5.0 no tempo.....	165

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Comparações entre os paradigmas da Indústria 4.0, 5.0 e Sociedade 5.0.....	20
Quadro 2. Fatores críticos de sucesso para implementação da Neoindustrialização.....	26
Quadro 3. Teses desenvolvidas no PPGEGC.....	33
Quadro 4. Estrutura do trabalho.....	36
Quadro 5. Principais diferenças entre Indústria 4.0 e 5.0.....	40
Quadro 6. Relação de tecnologias habilitadoras da indústria 5.0.....	42
Quadro 7. Benefícios/vantagens/oportunidades e desafio e ameaças da interação homem-máquina.....	47
Quadro 8. Síntese das várias definições sobre plataformas.....	54
Quadro 9. Papéis desempenhados nas plataformas.....	55
Quadro 10. Tipos de artefatos e definições.....	60
Quadro 11. Procedimentos metodológicos.....	62
Quadro 12. Levantamento bibliográfico sobre personalização em massa na indústria.....	64
Quadro 13. Levantamento bibliográfico realizado considerando a relação entre plataformas ou modelos de negócios baseados em plataformas e Indústria 5.0.....	65
Quadro 14. Perfil das empresas respondentes.....	74
Quadro 15. Níveis de personalização.....	81
Quadro 16. Princípios de design da Indústria 5.0.....	103
Quadro 17. Componentes da lógica CIMO para as proposições de design.....	106
Quadro 18. Lógica CIMO aplicada aos objetivos da tese.....	107
Quadro 19. Perfil dos agentes humanos avaliadores do modelo PlatforMASS e Roadmap.....	133
Quadro 20. Procedimentos metodológicos – Apêndice A.....	161
Quadro 21. Fases da análise temática.....	175

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado do levantamento bibliográfico realizado.....	31
Tabela 2. Levantamento bibliográfico realizado.....	64
Tabela 3. Artigos pré-selecionados (brutos) nas revistas brasileiras.....	163
Tabela 4. Levantamento bibliográfico realizado - Apêndice A.....	163
Tabela 5. Artigos mais citados sobre Indústria 5.0.....	166
Tabela 6. Artigos selecionados por Base de Dados.....	178

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API-*Application program interface*

COBOTS- Robôs colaborativos

BI-Business intelligence

CPS – Sistemas Ciberfísicos

CRM-*Customer relationship management*

DS – *Design Science*

DSR – Design Science Research

DSRM – Design Science Research Methodology

DT- Digital Twin (gêmeos digitais)

EC- Edge Computing (Computação de borda)

ERP- Planejamento de recursos empresariais

FIA-Fábrica inteligente adaptativa

HMI- Interação humano-máquina

IA- Inteligência artificial

IoE-Internet de todas as coisas

IoT- Internet das Coisas

LGPD- Lei geral de proteção de dados

MI- Mass individualization

ML- *Machine Learning*

MMP- Modelo inteligente de personalização em massa

MPaaS-Mass personalization as aService

PPGEGC - Programa de Pós-Graduação de Engenharia e Gestão do Conhecimento

PIB-Produto interno Bruto

PPM-Produtos personalizados em massa

RA-Realidade aumentada

RV-Realidade virtual

TD – Transformação Digital

TI – Tecnologia da Informação

TICs-Tecnologias de Informação computacionais

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1. O contexto de um novo paradigma para a indústria.....	16
1.2. A indústria 5.0 por uma perspectiva quadridimensional: avançando por um novo ponto de vista.....	16
1.3. Um novo estágio para a indústria: uma revolução ou apenas mais um número?.....	18
1.4. Neointustrialização e a retomada do protagonismo pela indústria: o contexto da indústria brasileira.....	22
1.5. A triangulação entre Indústria 5.0 X modelos de negócio baseado em plataformas X personalização em massa: sugestão para resolução do problema.....	26
1.6. Objetivos da pesquisa.....	28
1.6.1. Objetivo geral.....	28
1.6.2. Objetivos específicos.....	29
1.7. Justificativa, relevância e ineditismo.....	29
1.8. Aderência do objeto de pesquisa ao PPGEGC.....	32
1.9. Estrutura do Trabalho.....	35
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	38
2.1. Indústria 5.0: definições e valores centrais.....	38
2.2. As tecnologias habilitadoras da Indústria 5.0: do tecnocentrismo à personalização em massa.....	41
2.3 A relação humano-máquina na indústria: uma avenida a ser percorrida.....	44
2.4. A personalização em massa na Indústria.....	48
2.5. Os modelos de negócios baseados em plataformas.....	53
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	58
3.1. Visão de mundo.....	58
3.2. Delineamento da pesquisa.....	59
3.2.1. Etapas do DSR.....	61
4. O DESENVOLVIMENTO DO MODELO.....	69
4.1. O Fluxo de desenvolvimento do modelo proposto.....	70
4.2. A coleta de dados para desenvolvimento do modelo.....	72

4.3. Um panorama sobre a personalização em massa na Indústria: entrevistas com as empresas participantes do Prêmio Ozires Silva.....	73
4.4. A Personalização em massa na Indústria.....	78
4.4.1. Estratégias e modelos de personalização.....	79
4.4.2. Tecnologias Habilitadoras da Personalização em Massa.....	83
4.4.3. Arcabouços e sistemas de referência.....	85
4.4.4. Benefícios e desafios da personalização em massa na indústria.....	87
4.5. A Indústria como plataforma para personalização em massa.....	91
4.5.1. A plataforma como interface para o design colaborativo e cocriação no processo de personalização na Indústria.....	95
4.6. A Fábrica 5.0: adequando os sistemas de manufatura à personalização em massa..	98
4.7. Mapa mental do modelo conceitual: modelagem por meio da Lógica CIMO.....	105
5. O modelo <i>PlatforMASS</i>	111
5.1. Concepção do modelo <i>PlatforMASS</i>	111
5.1.1. Considerações preliminares sobre o modelo conceitual <i>PlatforMASS</i>	111
5.1.2. Proposta do Modelo Conceitual <i>PlatforMASS</i> e suas quatro dimensões.....	113
5.2. Proposta do <i>Roadmap</i> de operacionalização do modelo conceitual <i>PlatforMASS</i>	124
5.3. Demonstração e avaliação dos modelos <i>PlatforMASS</i> e <i>Roadmap</i> to <i>PlatforMASS</i>	126
6. CONCLUSÕES.....	141
REFERÊNCIAS.....	147
APÊNDICE A.....	160
APÊNDICE B.....	164
APÊNDICE C.....	172
APÊNDICE D.....	177
APÊNDICE E.....	179

1. INTRODUÇÃO

Nesta seção introdutória serão contextualizados o tema e o problema de pesquisa, a justificativa, a relevância, os objetivos, a lacuna de pesquisa, a aderência do trabalho ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento e sua estrutura.

1.1. O contexto de um novo paradigma para a indústria

A era da digitalização e a evolução tecnológica têm transformado drasticamente as indústrias e os modelos de negócios ao redor do mundo. A Indústria 5.0 surge como uma nova fase no desenvolvimento industrial, buscando equilibrar a automação e as necessidades humanas, enfatizando a sustentabilidade, a centralidade no ser humano, a resiliência organizacional e a colaboração/interação entre seres humanos e máquinas (LONGO; PADOVANO; UMBRELLO, 2020; DI NARDO; YU, 2021; EUROPEAN COMMISSION, 2021). Trata-se de uma alternativa, para a Indústria, a um conjunto de desafios do mundo contemporâneo (mudanças climáticas, consumo rápido de recursos e de energia não renováveis, poluição do meio ambiente, injustiça social, dentre outros) que foram ampliados pela Pandemia da Covid-19 e pela Guerra entre Rússia e Ucrânia, elevando o nível de complexidade e dinâmica desse contexto a um patamar não vistos desde a Segunda Guerra Mundial (1939-1945) (PEREIRA; DOS SANTOS, 2023).

Esse panorama oferece evidências suficientes de que as práticas atuais devem ser alteradas, apontando para uma nova realidade na indústria representada por essa nova abordagem paradigmática, onde os valores humanos, o meio ambiente e o planeta são preservados e respeitados (LONGO; PADOVANO; UMBRELLO, 2020; EUROPEAN COMMISSION, 2021; SINDHWANI; AFRIDI; KUMAR; BANAITIS; LUTHRA, 2022; PEREIRA; DOS SANTOS, 2022, 2023).

1.2. A indústria 5.0 por uma perspectiva quadridimensional: avançando por um novo ponto de vista

A Indústria 5.0 tem raízes no paradigma da Indústria 4.0, caracterizando-a “como um avanço evolucionário, incremental (mas criticamente necessário) que se baseia no conceito e nas práticas da Indústria 4.0” (ÖZDEMIR; HEKIM, 2018, pp. 71-72).

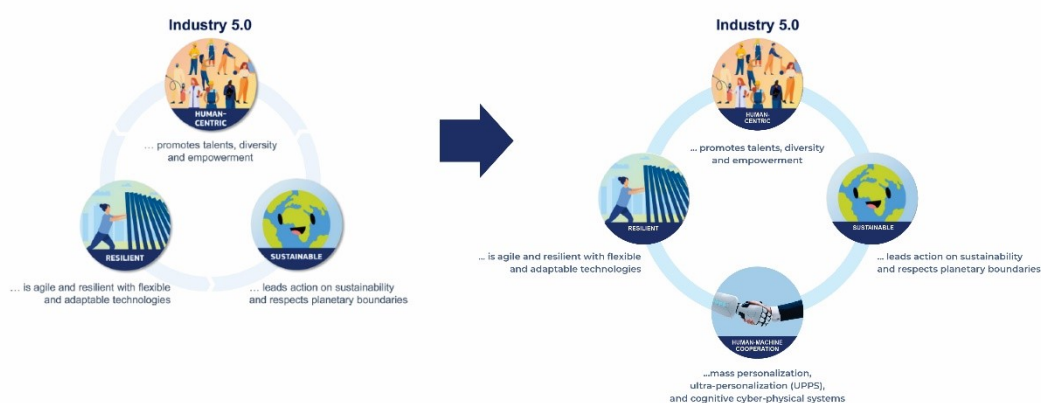
Embora seja um conceito novo e embrionário que demanda maiores discussões e aprofundamento, é possível vislumbrar pelo menos duas correntes teóricas de análise:

A primeira, está relacionada com a visão da Comissão Europeia (EUROPEAN COMMISSION, 2021) que indica que a Indústria 5.0 “complementa o paradigma da Indústria 4.0, fazendo com que a pesquisa e a inovação conduzam a transição para uma indústria sustentável, centrada no ser humano e resiliente, movendo o foco do valor exclusivo dos acionistas (*shareholders*) para todos os *stakeholders* envolvidos. Entre essa corrente há autores que destacam o papel da sustentabilidade (MADSEN; BERG, 2021; SINDHWANI *et al.*, 2022).

Por outro lado, a segunda corrente, considera a tecnologia como habilitadora da Indústria 5.0, ou seja, um conjunto de novas tecnologias que caracterizam esse novo paradigma da indústria visando a colaboração/inter-relação entre homem e máquina (PASCHEK; MOCAN; DRAGHICI, 2019; MADSEN; BERG, 2021). Para seus adeptos, a principal característica da Indústria 5.0 é a possibilidade da “Personalização em massa”; ou seja, “o projeto e a produção por meio de vários dados de sensores que estarão diretamente vinculados fornecendo produtos personalizados aos usuários em tempo real” (DI NARDO; YU, 2021, p.1). Segundo esses autores, o alto grau de automação da Indústria 5.0 não reduzirá a importância do ser humano no processo de produção, mas ao contrário, aumentará por meio da colaboração/interação humano-máquina; pois as atividades de alto nível intuitivo e cognitivo são essencialmente humanas, na medida que, quanto maior for a automação dos processos industriais, mais elevada será a posição do ser humano na interação humano-máquina (SANTOS, 1983). Essa perspectiva quadridimensional (vide figura 1), que agrega a interação humano-máquina aos demais valores centrais (sustentabilidade, resiliência organizacional e centralidade no ser humano) é a que orientará as demais etapas desse projeto de pesquisa.

Apesar do dissenso conceitual, é possível identificar um alinhamento no que se refere à Indústria 5.0 fornecer uma visão da indústria que vai além da eficiência e produtividade como os únicos objetivos, reforçando o papel e a contribuição da indústria para a sociedade (EUROPEAN COMMISSION, 2021). Outra questão que parece ter adesão dos pesquisadores e enfatizada pela Comissão Europeia, é o fato desta nova revolução lidar com os aspectos da tecnologia e da vida humana que não são considerados na Indústria 4.0 (PASCHEK; MOCAN; DRAGHICI, 2019; SINDHWANI *et al.*, 2022).

Fig. 1. Valores centrais/chave da Indústria 5.0



Fonte: European Commission (2021); Xu; Lu; Vogel-Heuser, Wang (2021)

Há que se enfatizar essa visão, pois é o que justifica a necessidade de uma nova abordagem paradigmática para a solução dos desafios que são impostos às organizações, governos, e à sociedade de maneira geral. Esses desafios, em grande parte, impactam o mundo atualmente, embora venham ganhando projeção de forma gradativa, em especial nos últimos duzentos anos, período que coincide com as revoluções industriais.

1.3. Um novo estágio para a indústria: uma revolução ou apenas mais um número?

O numeral que sucede ao termo indústria indica uma evolução paradigmática denominada de revolução industrial (PEREIRA; DOS SANTOS, 2022). E o que determina essa evolução? Dito de outra forma, o que caracteriza uma nova revolução industrial? A indústria 5.0 pode ser vista como uma nova revolução na indústria? Um olhar para o passado, pode auxiliar a responder esses questionamentos; logo, importante que se faça uma demarcação temporal dos estágios evolutivos da indústria (PEREIRA; DOS SANTOS, 2023).

No decorrer dos últimos dois séculos ocorreram quatro revoluções industriais, cada uma produzindo um nível de busca tecnológica de hipercumulatividade mais elevada (SOUZA, 2004). Assim, a tecnologia e o *know-how* técnico continuaram evoluindo com a mudança dos tempos. À medida que “a humanidade progrediu ao longo da história, cada

estudo no avanço da ciência levou às revoluções industriais em diferentes períodos” (SINDHWANI *et al.*, 2022, p.01).

A primeira revolução industrial, denominada de Indústria 1.0, teve origem por volta de 1760 por meio da geração de energia mecânica a partir de água, vapor e combustíveis fósseis (NAHAVANDI, 2019; SINDHWANI *et al.*, 2022). A máquina à vapor permitiu a transição da sociedade agrícola e feudal para o novo processo de fabricação. Essa transição incluiu o uso do carvão como principal energia enquanto os trens eram o principal meio de transporte. A indústria têxtil e de aço eram dominantes em termos de emprego, valor da produção e capital investido. Seguiu-se da segunda revolução industrial, a Indústria 2.0, tendo como marco cronológico a primeira metade do século XIX, por volta da década de 1840 impulsionada pela energia elétrica, seguida da invenção do motor de combustão interna, que levou a uma era de rápida industrialização usando petróleo e eletricidade, favorecendo o advento das fábricas com linhas de montagem, possibilitando a produção em massa (NAHAVANDI, 2019; SINDHWANI *et al.*, 2022).

A era dos computadores, transistores e, posteriormente, chips de silício, dispositivos eletrônicos e tecnologias da informação (TI) caracterizaram a Terceira Revolução Industrial (Indústria 3.0), familiarizando a indústria com o conceito de automação, nas décadas de 1960 e 1970 (XU; DAVID; KIM, 2018).

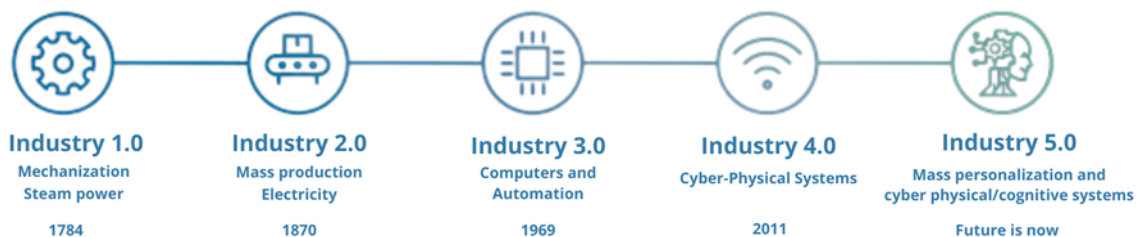
A Indústria 4.0, por seu turno, trata-se de uma iniciativa do governo alemão, que visa criar fábricas inteligentes com um objetivo simples e semelhante às revoluções anteriores: aumentar a produtividade e alcançar a produção em massa com tecnologia inovadora (DEMIR; DÖVEN; SEZEN, 2019). Utiliza tecnologias como inteligência artificial (IA), computação em nuvem, Internet das Coisas (IoT), possibilitando uma interface em tempo real entre os mundos físico e virtual (sistemas cyber físicos) (NAHAVANDI, 2019; SINDHWANI *et al.*, 2022).

A Indústria 4.0 combina tecnologias de sistemas de produção incorporados com processos de produção inteligentes visando uma nova era tecnológica que busca transformar as cadeias de valor da indústria, cadeias de valor de produção e modelos de negócios. Os sistemas de manufatura são atualizados para um nível inteligente, onde são aproveitadas as tecnologias avançadas de informação e fabricação para alcançar processos de fabricação flexíveis, inteligentes e reconfiguráveis (ZHONG *et al.*, 2017)

Embora a Indústria 4.0 ainda não esteja bem desenvolvida, os últimos anos testemunharam pesquisas que possibilitaram progressos na implementação da quinta

etapa desta jornada, a Indústria 5.0. Essa fase, como já mencionado, concentra-se em conceitos de sustentabilidade, bioeconomia e um ambiente colaborativo de tecnologia e seres humanos, fabricação autônoma com inteligência humana, estabelecendo assim uma indústria resiliente que incorpora valores sociais e humanos (NAHAVANDI, 2019; EUROPEAN COMMISSION, 2021; SINDHWANI *et al.*, 2022).

Figura 2. Revoluções industriais



Fonte: adaptado de Furniturk Magazine Online; Intellias Whitepaper (2022)

Na revolução industrial de busca tecnológica de hipercumulatividade (SOUSA, 2004), os modelos evolucionários de dinâmica industrial desenvolvidos até agora, baseados nos conceitos da Indústria 4.0, apesar de terem permitido uma série de avanços do ponto de vista tecnocêntrico (quadro 1), ainda persistem nesses modelos algumas limitações, do ponto de vista antropocêntrico, no processo de produção industrial.

Nesse sentido, a introdução da Indústria 5.0 é baseada na observação ou suposição de que “a Indústria 4.0 se concentra menos nos princípios originais de justiça social e sustentabilidade, privilegiando a digitalização e tecnologias orientadas por IA para aumentar a eficiência e a flexibilidade da produção” (p. 530). O conceito de Indústria 5.0 destaca a importância da pesquisa e inovação para apoiar a indústria no longo prazo visando apoiar as necessidades humanas considerando os impactos ambientais de suas atividades e a adoção de práticas que não esgotem os recursos naturais ou causem danos irreparáveis ao meio ambiente (XU; LU; VOGEL-HEUSER, WANG, 2021).

Quadro 1. Comparações entre os paradigmas das Indústrias 4.0 e 5.0 e Sociedade 5.0

Indústria 4.0	Sociedade 5.0	Indústria 5.0
Tecnocêntrica	Antropocêntrica	Homeostática: equilíbrio entre o tecnocentrismo e o antropocentrismo

Fonte: Carayannis; Morawska-Jancelewicz (2022)

Ademais, os temores de governos e da sociedade quanto à desumanização da indústria no futuro e a necessidade de considerar o desenvolvimento sustentável e o papel crucial do Ser Humano nos pressupostos do desenvolvimento futuro da indústria, tornou-

se a base para a construção dos pressupostos da Indústria 5.0 (SANIUK; GRABOWSKA; STRAKA, 2022).

E ainda, em termos conceituais, no que se refere à natureza tecnocrática do conceito da Indústria 4.0, e a forte ênfase em tecnologia e automação, a afasta do alinhamento paradigmático necessário para ser a solução dos problemas/desafios listados na introdução deste trabalho (MADSEN; BERG, 2021). Essa posição tem direcionado a busca por um novo paradigma que torne a Indústria (aqui representando as demais organizações) mais “sustentável, centrada no ser humano e resiliente” (EUROPEAN COMMISSION, 2021). De fato, esses três fatores estão imbricados e podem ser melhor caracterizados como “fatores humanos”, envolvendo os domínios psicomotor (corpo), cognitivo (mente), afetivo (coração) e intuitivo (alma) (SANTOS, 2023).

É possível constatar pontos em comum em relação às revoluções industriais. Um advento tecnológico: energia à vapor (Indústria 1.0), eletricidade (Indústria 2.0), computadores (Indústria 3.0), sistemas ciberfísicos e internet comercial (Indústria 4.0). Algum determinado fenômeno que impacta a economia e a sociedade: a adoção de novas técnicas agrícolas, culminando com o aumento da produtividade agrícola e expansão do comércio (Indústria 1.0); a Primeira Guerra Mundial, a grande depressão de 1929 (Indústria 2.0); a Segunda Guerra Mundial (Indústria 3.0); o envelhecimento da população, a urbanização, a crescente demanda por sustentabilidade e preocupação com a segurança cibernética (Indústria 4.0). Segundo Xu *et al.* (2021), as revoluções industriais são impulsionadas por avanços tecnológicos transformadores, que levam a mudanças fundamentais na forma como a indústria funciona, com consequências econômicas e sociais. Ou seja, uma revolução industrial é determinada por uma série de mudanças significativas na forma como a produção é realizada, acompanhadas por avanços tecnológicos, aumento de produtividade e mudanças nos métodos de produção e na organização do trabalho. A transição de uma revolução industrial para outra é um processo complexo e multifacetado, que envolve mudanças tecnológicas, econômicas, sociais e políticas (PEREIRA; DOS SANTOS, 2023).

Nesse sentido, surge a seguinte inquietação: já estamos vivenciando uma nova revolução industrial? O que culminou com essa mudança de abordagem na indústria? É possível identificar algumas tendências e mudanças que caracterizam a transição para a próxima fase da evolução da indústria, tais como: a) avanços em tecnologias disruptivas: computação quântica, biotecnologia, nanotecnologia, tecnologia de armazenamento de

energia, entre outras; b) integração de sistemas e tecnologias: a quinta revolução industrial propiciará a criação de sistemas ainda mais complexos e conectados, levando a uma maior eficiência e personalização em todos os aspectos da produção e serviços; c) crescente importância da sustentabilidade: a sociedade reconhece cada vez mais a necessidade de encontrar soluções para os desafios ambientais e sociais a serem enfrentados. Essa nova realidade na indústria permitirá o desenvolvimento de tecnologias e processos que reduzem o impacto ambiental e melhoram a qualidade de vida; d) novas formas de trabalho e organização: a economia sob demanda e o trabalho remoto, bem como novos modelos de negócios e cooperação levarão a uma maior flexibilidade e diversidade no local de trabalho, bem como a novas formas de colaboração e inovação; e) regulamentação e políticas públicas: A regulamentação e políticas públicas podem ter um papel importante na determinação da direção e ritmo da quinta revolução industrial, incluindo políticas de incentivo à inovação, investimentos em infraestrutura, normas de segurança e privacidade de dados, entre outras (PEREIRA; DOS SANTOS, 2023).

A ausência de um advento tecnológico municia os críticos da Indústria 5.0, que não a consideram como novo paradigma para a indústria, inclusive, nesse caso, é possível verificar que as tecnologias indicadas como habilitadoras da Indústria 5.0 são similares às do paradigma anterior. Por outro lado, como se verificou nas revoluções anteriores, podem acontecer fenômenos que impactam mercados e a economia global, demandando novas abordagens e atuação diferenciada da Indústria (ex. as duas guerras mundiais, a Crise de 1929, a Pandemia da Covid-19 que impactou a cadeia de suprimentos global).

Assim, fazendo um paralelo entre as Indústrias 4.0 e 5.0, é possível aferir que a primeira é induzida pela tecnologia, enquanto a Indústria 5.0 é impulsionada por valores, com foco em questões como sustentabilidade e responsabilidade social (XU; LU; VOGEL-HEUSER, WANG, 2021).

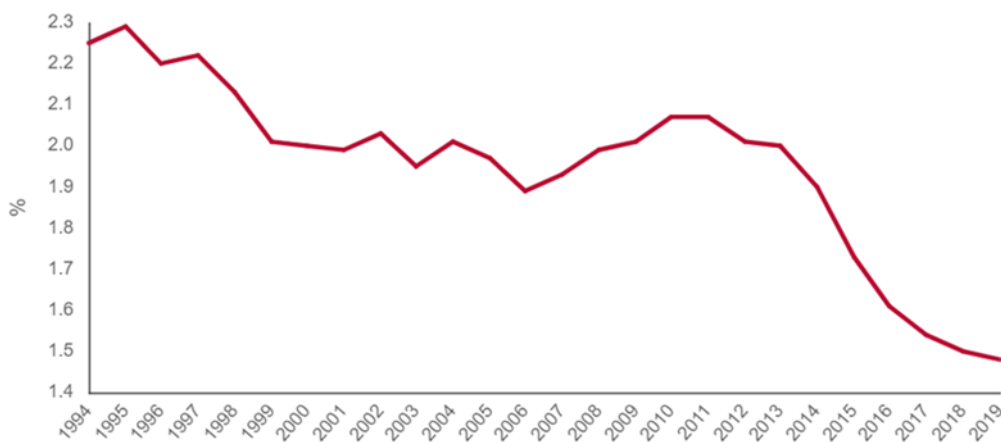
1.4. Neoindustrialização e a retomada do protagonismo pela indústria: o contexto da indústria brasileira

As Indústrias são organizações que visam transformar matérias-primas em serviços e bens comercializáveis. A indústria teve origem com a revolução industrial e evoluiu conforme mencionado na subseção anterior. Do ponto de vista econômico, a indústria pode ser classificada em quatro setores: primário, secundário, terciário e quaternário. As indústrias do setor primário realizam a extração de matérias-primas. O setor secundário,

por seu turno, é composto por indústrias de processamento, fabricação e construção utilizando as matéria-prima extraída a partir do setor primário. O setor terciário é composto por indústrias de prestação de serviços, como varejistas, empresas de entretenimento e organizações financeiras. Já o setor quaternário reúne indústrias da inovação que usam a informação e a tecnologia para melhorar processos e serviços, levando a melhorias para a sociedade (PORTAL DA INDÚSTRIA, 2022).

O setor industrial brasileiro é um dos maiores geradores de empregos no Brasil e fortalece todo o setor produtivo. Pesquisa da Confederação Nacional da Indústria (CNI) revela que o setor é responsável por empregar 9,7 milhões de brasileiros e responde por 20,4% dos empregos formais do país. A participação da indústria brasileira na indústria mundial representa 1,5 %, com o Brasil ocupando a 13ª posição entre os países mais industrializados. A figura 3, entretanto, indica que esses números vêm sofrendo um processo descendente. Importante, ainda, mencionar que esses números são anteriores à Pandemia da Covid-19, que impactou tremendamente o setor produtivo e colapsou a cadeia de suprimentos global.

Figura 3. Participação da indústria brasileira na indústria mundial



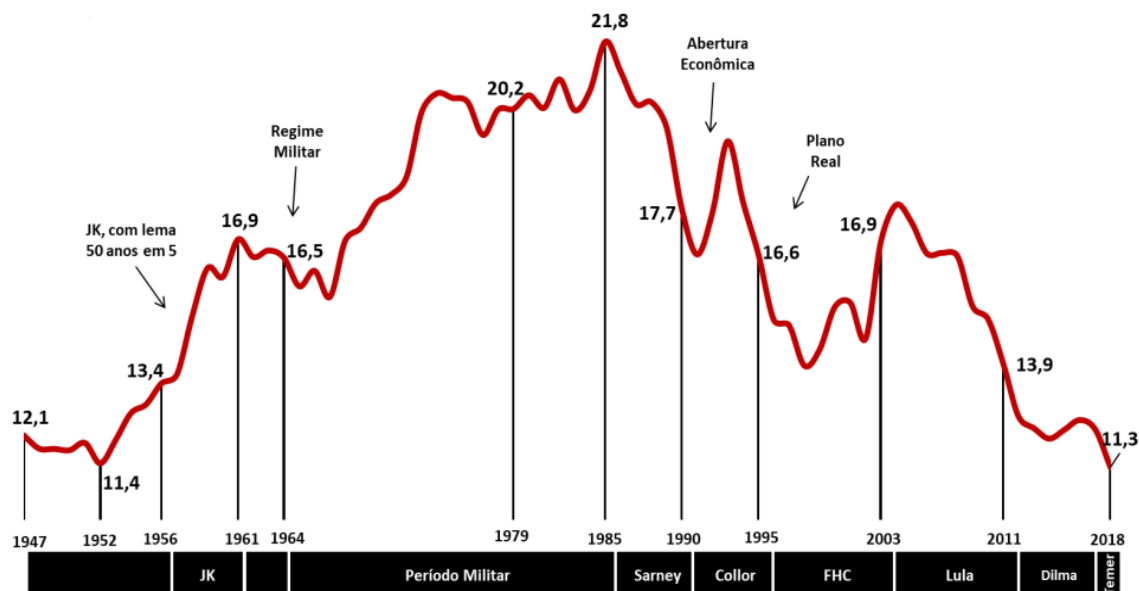
Fonte: Confederação Nacional da Indústria (2023)

A participação da indústria de transformação no produto interno bruto (PIB) pode ser avaliada em dois momentos distintos, entre 1947 e 2018, conforme observado no gráfico da figura 4.

Dos anos 1950 até 1985, aconteceu o primeiro período, caracterizado por um intenso processo de crescimento, diversificação e consolidação da estrutura industrial brasileira. Foi nesse período que a participação da indústria de transformação no PIB

quase duplicou, saltando dos 11,4% em 1952 para 21,8% em 1985. O segundo período, por sua vez, que teve início em 1986, é caracterizado por uma expressiva perda de participação da indústria na produção agregada do país (FIESP, 2019).

Figura 4. Participação da Indústria de transformação no PIB brasileiro



Fonte: FIESP (2019) com dados do IBGE

O auge da indústria de transformação no Brasil se deu em 1985; desde então, a importância da indústria vem declinando paulatinamente. A participação no PIB que a indústria perdeu, os serviços ganharam (BACHE, 2015). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e estimativas da FIESP, a participação da Indústria de Transformação no PIB declinou quase 10 pontos percentuais ao longo do último período, atingindo, em 2018, a marca dos 11,3%. Trata-se da desindustrialização (BACHE, 2015; FIESP, 2019)

Além disso, um estudo realizado pela Federação das Indústrias do Rio de Janeiro-FIRJAN (2016) afirma que a indústria brasileira está em transição entre a segunda e a terceira revoluções industriais (FIRMINO *et al.*, 2020). Um estudo conduzido pela Confederação Nacional da Indústria (2016b), citado por FIRMINO *et al.* (2020), revelou que 43% das 2225 empresas pesquisadas desconheciam as tecnologias que poderiam impulsionar a competitividade na Indústria 4.0. Além disso, a falta de conhecimento foi mais pronunciada entre as pequenas empresas (57%) em comparação com as grandes empresas (32%). Além disso, 48% das empresas estavam utilizando pelo menos uma nova tecnologia, com foco em automação industrial digital (27%), coleta e processamento de

grandes quantidades de dados (9%), operação de linhas autônomas flexíveis (8%), serviços em nuvem (6%) e a Internet das Coisas (4%). De acordo com o estudo, os desafios para a Indústria 4.0 incluíam custos de implementação, falta de clareza no retorno do investimento, estrutura organizacional, infraestrutura nacional, qualificações dos funcionários e políticas/regulamentos industriais (FIRMINO *et al.*, 2020; PEREIRA; DOS SANTOS, 2023).

Discutir a Indústria 5.0 após ler os parágrafos anteriores pode parecer prematuro e ambicioso, pois parece ser um cenário distante para o Brasil. No entanto, é importante enfatizar que o contexto industrial brasileiro é representado por realidades diversas. Por exemplo, os sete estados que compõem as regiões Sul e Sudeste do Brasil representam 73,9% do PIB industrial do país, apesar do Brasil ter 27 unidades federativas. Esse panorama não apenas demonstra a disparidade na indústria entre as regiões brasileiras, mas também destaca a necessidade da indústria brasileira retomar seu papel proeminente de décadas passadas. Para alcançar isso, é necessário um processo de Neointustrialização, que envolve a reestruturação do setor industrial por meio da incorporação de novas tecnologias, aumento da produtividade e foco em indústrias de maior valor agregado. Essa transição implicará a mudança de indústrias tradicionais para indústrias avançadas, como tecnologia da informação, biotecnologia e energia renovável, entre outras. Essas ações servirão como resposta estratégica aos desafios econômicos contemporâneos, incluindo a competição internacional, automação de processos e a crescente demanda por soluções sustentáveis e ambientalmente responsáveis, alinhando-se com o advento da Indústria 5.0.

Para alcançar isso, é necessário criar um ambiente propício à inovação e ao empreendedorismo que promova o desenvolvimento de capital humano qualificado, investimentos em pesquisa e desenvolvimento e fortaleça as parcerias entre os setores público e privado. Uma política bem-sucedida de neointustrialização gerará empregos de alta qualidade e fomentará o crescimento econômico.

Para que o processo de neointustrialização seja eficaz e bem-sucedido, os seguintes fatores críticos, apresentados no quadro 2, precisam ser levados em consideração:

Quadro 2. Fatores críticos de sucesso para implementação da Neointustrialização

Fator crítico de sucesso	Descrição
Infraestrutura tecnológica	-Melhoria na conectividade e acesso à internet de alta velocidade; -Implementação de redes de comunicação avançadas (ex: 5G; 6G).
Capital humano qualificado	-Investimentos em educação e formação profissional focada em competências digitais e tecnológicas; -Programas de requalificação para trabalhadores em transição da economia industrial tradicional para a economia digital.
Inovação e desenvolvimento tecnológico	-Estímulo à pesquisa e desenvolvimento por meio de parcerias entre universidades, institutos de pesquisa e indústria; -Criação de incentivos para o desenvolvimento de novas tecnologias e soluções digitais.
Ambiente de negócios favorável	-Simplificação de processos e regulamentações para facilitar o empreendedorismo e atração de investimentos; -Incentivos fiscais e financeiros para empresas que adotem tecnologias digitais e práticas sustentáveis.
Sustentabilidade e responsabilidade social	-Promoção de práticas sustentáveis e ambientalmente responsáveis na produção industrial; -Estímulo à inclusão social e à geração de empregos de qualidade no setor industrial.

Fonte: Pereira e Dos Santos (2023)

O termo Neointustrialização se mostra mais apropriado para descrever esta nova fase da industrialização, representada pelo advento de uma nova revolução industrial, na qual as empresas do setor industrial necessitarão aliar tecnologia com novas estratégias e modelos organizacionais, além de empreenderem mudanças organizacionais que adequem sua estrutura, operações, recursos humanos e novas práticas, visando atender as demandas da sociedade e todos os *stakeholders* envolvidos neste processo, possibilitando que a Indústria Brasileira volte a ter o papel de destaque de décadas atrás.

1.5. A triangulação entre Indústria 5.0 x Modelos de negócios baseados em plataformas x personalização em massa: sugestão para resolução do problema

A Indústria 5.0 é o paradigma que vai representar a Indústria nas próximas décadas do Século XXI. Conforme mencionado por Di Nardo e Yu (2021, p. 01) “enquanto um número significativo de empresas ao redor do mundo ainda está tentando se adaptar à Indústria 4.0, a discussão sobre a Indústria 5.0 já começou”.

Apesar das discussões sobre essa nova fase da Indústria estarem em estágio embrionário, a sua adoção se mostra inevitável, em grande parte pelos motivos já expostos, no presente estudo. A perspectiva verde e digital preconizada pela União Europeia já desponta como uma tendência nos debates acadêmicos, cabendo à Academia fazer a ponte, para demonstrar sua importância e buscar a adesão desse novo paradigma na Indústria (PEREIRA; DOS SANTOS, 2022, 2023).

Trata-se de uma evolução natural da Indústria 4.0, que já havia trazido avanços significativos em termos de automação, digitalização e integração de sistemas. Enquanto a Indústria 4.0 foca na otimização dos processos e na eficiência produtiva, a Indústria 5.0 amplia essa visão, incorporando a perspectiva humana e os valores societários, como a sustentabilidade, a resiliência organizacional e a colaboração homem-máquina (PEREIRA; DOS SANTOS, 2023).

Há que se fazer uma ressalva neste ponto deste estudo, pois a Indústria, antes de ser uma provedora resiliente de prosperidade, atendendo às demandas da sociedade e respeitando os limites planetários, como preceitua a Comissão Europeia, deve buscar equilibrar essa pauta com a necessidade de buscar competitividade e produtividade, considerando o advento tecnológico característico de uma nova revolução industrial.

A presente tese se ampara nessa perspectiva ao propor um modelo conceitual, que busca instrumentalizar essa nova perspectiva da Indústria por meio da adoção de um modelo de negócios baseado em plataforma que viabilize a personalização em massa no processo de produção na Indústria.

As plataformas são consideradas um novo modelo de negócios que usa a tecnologia para conectar pessoas, organizações e recursos em um ecossistema interativo no qual enormes quantidades de valor podem ser criadas e trocadas (PARKER *et al.*, 2016; GATAUTIS, 2017). Kim (2015) citado por Gatautis (2017) sugere três características que descrevem as plataformas: mercado bilateral; efeitos de rede e ecossistema.

As plataformas são bem-sucedidas devido a duas funções centrais que podem realizar: atuando como base tecnológica e como intermediário de mercado (GAWER, 2014; SCHREIECK *et al.* 2016). As plataformas muitas vezes desempenham conjuntamente esses dois papéis, como é também o caso das plataformas industriais digitais. A ideia por trás das plataformas industriais é coletar e integrar dados de ativos industriais de forma centralizada e aproveitá-los para a criação de aplicativos/produtos e

serviços inteligentes (BEVERUNGEN *et al.*, 2019; SCHERMULY *et al.*, 2019; PAULI *et al.*, 2021)

As plataformas estão mudando a dinâmica da economia. As maiores empresas do mundo ou que possuem maior valorização de suas marcas são adeptas do modelo de negócio baseado em plataforma (fig. 5). A similaridade entre essas empresas está no fato delas não serem mais apenas fabricantes de determinados produtos (celulares, carros, tênis), mas por entenderem a necessidade de criar todo um ecossistema em torno de seu nicho de negócio (PEREIRA; DOS SANTOS, 2022).

Figura 5. Maiores empresas adeptas do modelo de negócio por plataforma

1. Google	2. Apple	3. amazon	4. at&t	5. Microsoft
6. SAMSUNG	7. verizon	8. Walmart	9. f	10. ICBC

Fonte: Brand Finance Global 500 2017

As organizações industriais precisam envolver mais os clientes/consumidores de seus produtos em seu processo de produção (GRIMAL; GUERLAIN, 2014). Nesse sentido, o modelo de negócio baseado em plataforma na Indústria é uma alternativa a esse chamamento, possibilitando a entrega de produtos personalizados a esses clientes (PEREIRA, DOS SANTOS, 2022). Ademais, a Indústria, de certa forma, vem dando sinais de transição quando migra do modelo de produção em massa para o modelo de customização em massa, em grande parte habilitado pela tecnologia (CPS, *IoT* e fábricas inteligentes). Essa nova realidade é caracterizada pela produção de bens adaptados individualmente para um grande mercado de vendas a custos comparáveis aos bens padrão, produzidos em massa sem personalização. Esse modelo permite aliar os benefícios da produção em massa e do artesanato (WEKING *et al.*, 2020).

Nesse ponto da tese é possível formular o seguinte questionamento que orientou toda a pesquisa: *Como implementar a personalização em massa no contexto da Indústria 5.0?*

1.6. Objetivos da Pesquisa

Para resolver o problema identificado nas subseções anteriores e responder à pergunta de pesquisa acima, foram definidos os objetivos a seguir:

1.6.1 Objetivo geral

Propor um modelo conceitual para personalização em massa na Indústria 5.0, apoiado por um modelo de negócio baseado em plataforma.

1.6.2. Objetivos específicos

Para o alcance do objetivo proposto foram relacionados os seguintes objetivos específicos:

- 1) Elencar as características, princípios e valores que determinam a Indústria 5.0;
- 2) Caracterizar a personalização em massa e sua utilização na indústria;
- 3) Definir o modelo de negócios baseado em plataforma e incorporá-lo em âmbito industrial pela perspectiva da Indústria 5.0;
- 4) Verificar a consistência e aplicabilidade do modelo.

1.7. Justificativa, relevância e ineditismo

A subseção 1.4 apontou a importância da Indústria para a economia nacional, fazendo referência a sua participação no Produto Interno Bruto brasileiro. Não obstante tal relevância, os estudos realizados no PPGEGC (vide subseção 1.8) tem olvidado o setor industrial. Logo, pesquisas que ampliem a discussão sobre a Indústria no Brasil são extremamente necessárias. Tal questão por si só, já serviria de justificativa teórico-acadêmica para a operacionalização do estudo.

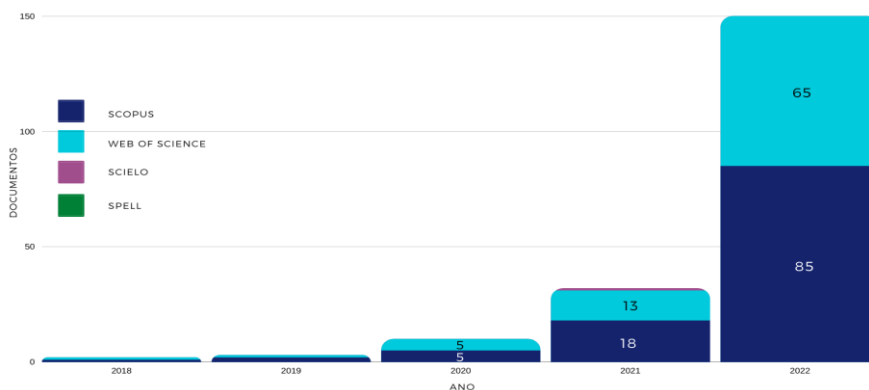
Adicione-se ao supra exposto o advento de uma nova revolução industrial que se avizinha pleiteando maiores discussões para que essa abordagem possa avançar. Pois a Indústria 5.0 tem nos últimos anos atraído o interesse de profissionais e acadêmicos, mas, ainda, é um novo campo de pesquisa considerado embrionário e pouco documentado (MADSEN; BERG, 2021).

Essa constatação é retratada pelas figuras 6 e 7, que representam o levantamento bibliográfico, realizado em 20/02/2023, que suporta esta seção introdutória e a seção de referencial teórico que trata da Indústria 5.0.

Foram consultadas as bases científicas *Scopus*, *Scielo*, *Spell* e *Web of Science* (critérios de busca dispostos no apêndice A). É possível verificar uma evolução abrupta

das publicações, em especial no último ano, que teve cerca de cinco vezes mais publicações que no ano de 2021. Esses dados indicam o interesse crescente por estudos/pesquisas relacionadas à Indústria 5.0.

Figura 6. Quantidade de publicações sobre Indústria 5.0 no tempo

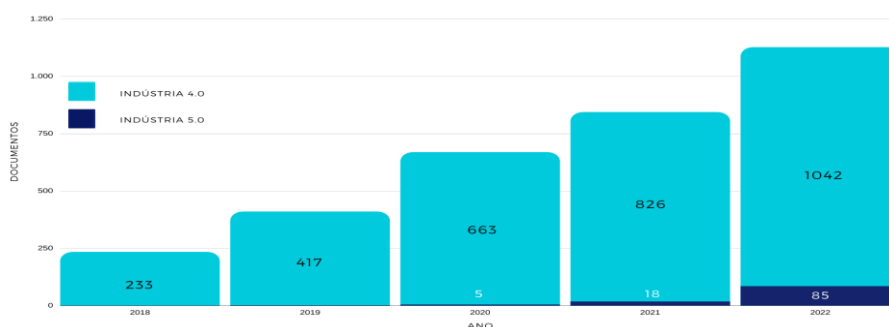


Fonte: o autor (2023)

Em contrapartida, ao compararmos a quantidade de pesquisas da Indústria 4.0 com as da 5.0 é visível a ampla diferença entre os paradigmas, em favor da primeira (fig. 7). Por essa análise é possível verificar que os estudos sobre a Indústria 4.0 continuam a despertar o interesse acadêmico e que ambos os paradigmas coexistem.

Importante frisar que cada novo conceito traz benefícios atraentes, demandando várias questões a serem abordadas por especialistas da academia e da indústria que são confrontados com o desafio de testar sua viabilidade em um cenário real /de funcionamento (SINDHWANI *et al.*, 2022). A recenticidade do tema, a consulta às principais bases científicas interdisciplinares nacionais (*Scielo*, *Spell*) e internacionais (*Scopus*, *Web of Science*), o levantamento realizado no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES (BTD-CAPES) e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD-IBICT) indicam a originalidade desta tese no Brasil. Em relação a trabalhos realizados no exterior, foi realizada consulta na base de dados *ProQuest Dissertations & Theses Global (PQDT Global)*, não foram encontradas, até esta data, pesquisas relacionadas à Indústria 5.0.

Figura 7. Quantidade de publicações sobre Indústria 4.0 e Indústria 5.0 no tempo



Fonte: o autor (2023)

Ao acrescentar os demais temas que compõem esta pesquisa (modelo de negócios por plataforma e personalização em massa) e ampliando a quantidade de bases científicas do levantamento bibliográfico, mesmo assim o resultado da busca não traz nenhuma publicação que relacione os três tópicos (tabela 1).

Como indicado nas seções 1.4 e 1.5, a Indústria precisa se reinventar de modo a se adaptar ao mundo contemporâneo, extremamente complexo e dinâmico e fazer frente à servitização, caracterizando a necessidade imperiosa de novos métodos, modelos que apoiem as empresas industriais na operacionalização dessa transformação advinda da Indústria 5.0.

Tabela 1. Resultado do levantamento bibliográfico realizado

String de busca utilizada	<i>“industry 5.0” AND (“business model platforms” OR “platforms” OR “Platform-based business models”) AND “mass personalization”</i>
Base de dados	Número de artigos
<i>Scopus</i>	0
<i>Web of Science</i>	0
<i>Scielo</i>	0
<i>Spell</i>	0
<i>Science Direct</i>	0
<i>Emerald</i>	0
<i>Ebsco</i>	0
<i>Jstor</i>	0
<i>IEEE Explorer</i>	0
Total	0

Fonte: o autor (2023).

A Indústria deve considerar essa oportunidade e o presente trabalho deve ser considerado como um chamamento para essa nova realidade, que antecipa tendências futuras e alerta para a necessidade de mudanças e aquelas que acompanharão essa tendência estarão na vanguarda da próxima etapa da Revolução Industrial.

Ademais, a crise do Covid-19 colocou em evidência a necessidade de se repensar as abordagens de trabalho existentes, incluindo a vulnerabilidade das cadeias de suprimentos globais, com o objetivo de tornar as indústrias mais preparadas para o futuro, resilientes, sustentáveis, que integram os valores humanos com a tecnologia, aptas a alcançar as metas de desenvolvimento sustentável (XU *et. al.*, 2021; SINDHWANI *et al.*, 2022).

A Indústria 5.0 é o paradigma que irá prevalecer na indústria do Século XXI. Não é uma questão de suposição, trata-se de uma realidade indissociável e inevitável, ou do contrário a Indústria ficará relegada à coadjuvância no processo de transformação digital e social (PEREIRA; DOS SANTOS, 2023).

1.8. Aderência do objeto de pesquisa ao PPGECC

Este trabalho se enquadra na área de concentração Gestão do Conhecimento, que define conhecimento como “processo e produto efetivado na relação entre pessoas e agentes não humanos para a geração de valor” (PACHECO, 2010, p. 37). Preocupa-se com a utilização do conhecimento como fator de produção estratégico no gerenciamento de negócios relacionados à economia baseada no conhecimento e na linha de pesquisa de Empreendedorismo, Inovação e Sustentabilidade.

Trata-se de um estudo de natureza interdisciplinar, que utilizará conhecimentos de diferentes áreas, dentre as quais: Gestão do Conhecimento, Gestão Estratégica, Sustentabilidade, Inovação de Modelo de Negócios, Plataformas digitais de coprodução e design colaborativo, Inteligência Artificial, Transformação digital na Indústria, pesquisas tecnológicas, *Design Science Research Methodology*, Lógica CIMO, de modo a propor um modelo conceitual para a personalização em massa na Indústria 5.0, sustentado por um modelo de negócio baseado em plataforma.

Este trabalho procura contribuir para a continuidade de pesquisas realizadas no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento sobre a proposição de modelos Conceituais e *Frameworks* voltados ou apoiados pela Gestão do

Conhecimento. O Quadro 3 elenca os trabalhos de pesquisa já desenvolvidos no Programa e relacionados ao estudo proposto:

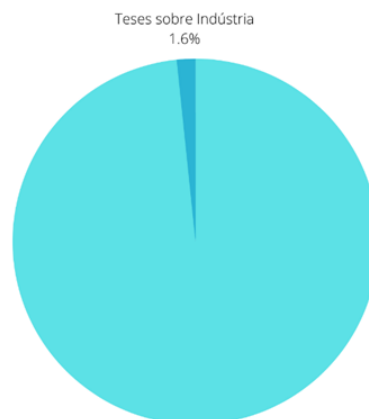
Quadro 3 – Teses desenvolvidas no EGC

Tema	AUTOR	TÍTULO	ANO
Frameworks ou modelos conceituais	DIOGO, R. A.	Modelo conceitual para formulação de diretrizes estratégicas na concepção e atualização de cursos de engenharia no contexto da transformação digital	2023
	QUINAUD, A.L.	Uso da rede social organizacional e suas affordances como estratégia de comunicação interna para potencializar a construção da memória organizacional	2022
	PRADO, G. M.	Modelo EEHT: apoio ao funcionamento de equipes emergentes heterogêneas temporárias em eventos de coprodução de curta duração	2022
	MELLO, B. E.	Ontologia do monoteísmo	2021
	TRAUER, E.	k-SCAS: framework do sistema de agronegócios de cafês especiais orientado ao conhecimento.: framework do sistema de agronegócios de cafês especiais orientado ao conhecimento	2021
	KOEHLER, F.	Modelo conceitual de avaliação dos estados de ego na conversão do conhecimento	2020
	MARQUES, M.	Framework Conceitual do Potencial de Coprodução de Inovação em Ecossistemas de Inovação	2020
	RIZZATTI, G.	Framework de Governança da Aprendizagem Organizacional	2020
	MUNIZ, E.	Gestão do Conhecimento do Cliente e Destinos Turísticos Inteligentes: Um Framework para a Gestão Inteligente da Experiência Turística – Smartur	2020
	SILVA, T.	Framework Ponte Tap: Gestão da Curva de Aprendizagem para a Efetivação da Transferência de Aprendizagem para a Prática do Trabalho	2019
FRAGA, B.	Framework de Análise de Conhecimentos Críticos às Capacidades de Resiliência Organizacional	2019	
Indústria / Indústria 4.0	SANTOS, M.	A Segurança do Segredo: Proposta de Framework de Aplicação dos Instrumentos de Proteção do Segredo no Ambiente de Inovação da Base Industrial de Defesa.	2017
	FIATES, J.	Influência dos Ecossistemas de Empreendedorismo Inovador na Indústria de Venture Capital: Estratégias de Apoio às Empresas Inovadoras. Tese, 2014	2014
	VIEIRA, R.	Incorporação da Inteligência Competitiva às Atividades de Planejamento Estratégico do Projeto de Produtos Industriais. Tese, 2009	2009

Sustentabilidade, Desenvolvimento sustentável e Inovação Social	CARNEIRO, M.	Instrumentalização do Framework do Desenvolvimento Urbano Baseado em Conhecimento (KBUD) para Suporte à Tomada de Decisão na Governança das Cidades	2020
	COSTA, L.	KM4SI: Framework para Gestão do Conhecimento em Organizações de Inovação Social	2019
	CHANG, D.	CSBC: Uma Estratégia Para Promover Cidades Sustentáveis	2018
	PALANDI, F.	The Cultural Process of Dematerialization for Achieving Sustainable Outcomes In Knowledge Societies	2018
Liderança e Gestão Responsável	BERTONCINI, I.	Liderança como prática em um cartório eleitoral do Estado de Santa Catarina	2021
	ESPER, A.	TORNAR-SE LÍDER: uma reconstrução das trajetórias desenvolvimentais de líderes de Organizações Intensivas em Conhecimento	2020
	KRAUSE, M.	Constituição comunicativa da liderança relacional em equipe de projeto <i>lean</i>	2020
	IATA, C.	Liderança feminina: a experiência de mulheres que se tornaram líderes em empresas de base tecnológica	2020
	MELLO, M.	Desenvolvimento de Líderes de Empresas de Base Tecnológica: Uma Perspectiva Transformadora	2020
	FAQUETI, M.	Liderança em uma biblioteca: compreensões sob a perspectiva da Liderança Relacional Socioconstrucionista	2019
	ZOUCAS, A.	Liderança como prática em iniciativas de melhoria de processo de <i>software</i> .	2017
	GÜNTHER, H.	Práticas de liderança na escola pública: um estudo comparativo.	2017

Fonte: o autor (2023)

Figura 8. Percentual de teses sobre Indústria no PPGEGC



Fonte: BTDEGC (2023)

Importante, ainda, salientar que a pesquisa realizada supre uma carência do PPGEHC sobre estudos que abordem/retratam o segmento industrial. Das teses realizadas no programa, apenas 1,6% desses trabalhos tratam a Indústria como objeto de estudo (Fig. 8).

1.9. Estrutura do Trabalho

A presente tese está estruturada em seis capítulos, incluindo esta introdução, que traz uma breve contextualização da Indústria 5.0, das correntes e valores centrais dessa nova revolução da Indústria, das fases evolutivas que a antecedeu; do estágio atual da Indústria no Brasil e em Santa Catarina e a necessidade de retomar sua relevância na economia e para isso sugere-se a triangulação entre Indústria 5.0 (e seus valores centrais), modelos de negócios por plataforma e personalização em massa na Indústria; em seguida são listados o problema de pesquisa, o objetivo geral e específicos, a justificativa, relevância e ineditismo; encerra-se o primeiro capítulo com a aderência do projeto de pesquisa ao PPGEHC .

O segundo capítulo contempla os principais conceitos que fundamentam a pesquisa: da Indústria 4.0 para a 5.0; os valores centrais da Indústria 5.0 (sustentabilidade, centralidade no Ser Humano, resiliência organizacional, colaboração homem-máquina); as tecnologias habilitadoras da Indústria 5.0; os modelos de negócio por plataforma; a Indústria como plataforma; a personalização em massa na Indústria.

O capítulo seguinte (terceiro) descreve os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa, trazendo a visão de mundo adotada e o delineamento da pesquisa com a apresentação das etapas do método *Design Science Research* (DSRM).

O quarto capítulo trata do desenvolvimento do modelo. Neste capítulo são tratados os dados que subsidiam o desenvolvimento do modelo.

Em seguida, no quinto capítulo, o modelo desenvolvido é descrito e detalhado.

O capítulo seguinte (sexto), que encerra esta tese, traz as contribuições e os resultados obtidos com a tese.

A pesquisa segue as diretrizes estruturais de um trabalho/pesquisa que utiliza o método DSR propostas por Gregor e Havner (2013), as etapas/passos para elaboração da

pesquisa indicadas por Peffers *et al.* (2007) e as fases de um projeto DSR sugeridas por Weber (2018), os quais são melhor descritos no quadro 4.

Quadro 4. Estrutura do trabalho

Seções propostas por Gregor e Havner (2013)	Conteúdo proposto por Gregor e Havner (2013)	Etapa do DSRM (Peffers <i>et al.</i> , 2007)	Fase da pesquisa segundo Weber (2018)*	Seção/ Capítulo da pesquisa
Introdução	Definição do problema, significado/motivação do problema, introdução aos conceitos-chave, questões/objetivos de pesquisa estrutura do restante do artigo.	A definição do problema e os objetivos da pesquisa devem especificar as metas que são exigidas do artefato a ser desenvolvido.	Relevância	Capítulo 1
Revisão de literatura	Trabalho prévio que seja relevante para o estudo, incluindo teorias, estudos de pesquisa empírica e resultados/relatórios da prática.	A literatura anterior pesquisada deve incluir qualquer teoria/conhecimento de <i>design</i> anterior relacionados à classe de problemas a serem abordados, incluindo artefatos que já foram desenvolvidos para resolver problemas semelhantes. Auxilia na definição do problema, objetivos e sugestão de solução do problema.	Relevância	Capítulo 2
Método	A abordagem e os procedimentos metodológicos que foram empregados na pesquisa.	A abordagem específica de DSR adotada deve ser explicada com referência às autoridades existentes.	Projeto/ <i>design</i>	Capítulo 3
Descrição do artefato	Uma descrição concisa do artefato no nível apropriado de abstração para fazer uma nova contribuição para a base de conhecimento.	Deve incluir pelo menos a descrição do artefato projetado e, talvez, o processo de pesquisa de projeto.	Projeto/ <i>design</i>	Capítulo 4
Avaliação	Evidências de que o artefato é útil.	O artefato é avaliado para demonstrar seu valor com evidências que abordam critérios como validade, utilidade, qualidade e eficácia	Rigor	Capítulo 5
Discussão	Interpretação dos resultados: o que significam os resultados e como eles se relacionam com os objetivos declarados na seção introdutória. Pode incluir: resumo do que foi aprendido,	As contribuições da pesquisa são destacadas e as amplas implicações dos resultados do artigo para a pesquisa e a prática são discutidas.	Rigor	Capítulo 5

	comparação com trabalhos anteriores, limitações, significado teórico, significado prático e áreas que requerem mais trabalhar.			
Conclusões	Parágrafos finais que reafirmam as descobertas importantes do trabalho.	Reafirma as ideias principais na contribuição e por que elas são importantes	Rigor	Capítulo 6

Fonte: adaptado de Gregor; Havner (2013, pp. 349-351); Peffers et al. (2007); Weber (2018)

O quadro 4 traz as fases que devem conter uma pesquisa que utiliza DSRM sugeridas por Weber (2018), as quais são melhor detalhadas a seguir:

- Relevância: fornece uma estrutura de referência conceitual. Além disso, a revisão da literatura permite estabelecer o problema, a lacuna e os objetivos da pesquisa.
- *Design/projeto/desenvolvimento* do artefato: envolve a identificação das características inerentes ao artefato a ser criado para solucionar o problema de pesquisa identificado na fase anterior.
- Rigor: Corresponde à validação do modelo e análise de dados.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção são discutidos os principais temas que fundamentam o desenvolvimento desta tese.

2.1. Indústria 5.0: definições e valores centrais

O capítulo 1 introduziu o conceito de Indústria 5.0 e no que concerne os valores que a caracteriza e como se deu sua gênese. Não obstante, os tempos em constante mudança exigem uma indústria resiliente que se adapte rapidamente à onda de novas tecnologias; que inclua valores sociais orgânicos, necessários a uma sociedade humana próspera. A Indústria 4.0, paradigma então vigente, tem se tornado o padrão na Indústria nos últimos anos, suas tecnologias estão sendo implementadas rapidamente e impactando positivamente todos os setores. No entanto, esses desenvolvimentos ainda são incapazes de alcançar os resultados desejados, negligenciam o meio ambiente e privilegiam as máquinas sobre os humanos (SINDHWANI *et al.*, 2022).

Esse panorama serviu de clamor para pesquisas e discussões que vêm sendo empreendidas desde 2017. Em 2021, a Comissão Europeia formaliza a convocação de uma nova Revolução Industrial (Indústria 5.0), com a publicação de um documento intitulado *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. Esse trabalho foi resultado de dois *workshops* realizados em 2020, que discutiram a necessidade do reconhecimento do poder da Indústria para alcançar objetivos sociais, além de empregos e crescimento, para se tornar um provedor resiliente de prosperidade, fazendo com que a produção respeite os limites do planeta e colocando o bem-estar do trabalhador da indústria no centro do processo de produção (EUROPEAN COMMISSION, 2021; XU, *et al.*, 2021; SINDHWANI *et al.*, 2022). A Indústria 5.0, então, complementa o paradigma existente da Indústria 4.0 integrando prioridades sociais e ambientais com inovação tecnológica, além de mudar o foco de tecnologias individuais para uma abordagem sistêmica (XU, *et al.*, 2021).

A Indústria 5.0, pela perspectiva preconizada pela Comissão Europeia (2021), gira em torno de três valores centrais interconectados: centralidade humana, sustentabilidade e resiliência.

A abordagem centrada no ser humano coloca as necessidades e interesses humanos no centro do processo de produção, mudando do progresso orientado pela tecnologia para uma abordagem totalmente centrada no ser humano e na sociedade. Como

resultado, os trabalhadores da indústria desenvolverão novos papéis e deixarão de ser considerados como “custo” para “investimento”. A tecnologia é para servir às pessoas e às sociedades, o que significa que a tecnologia usada na fabricação é adaptável às necessidades e à diversidade dos trabalhadores da indústria (LU; ADRADOS; CHAND; WANG, 2021). Um ambiente de trabalho seguro e inclusivo deve ser criado para priorizar a saúde física, mental e o bem-estar, salvaguardando os direitos fundamentais do trabalhador, dignidade humana e privacidade. Os trabalhadores industriais precisam continuar se capacitando e se requalificando para melhores oportunidades de carreira e equilíbrio entre vida profissional e pessoal (EUROPEAN COMMISSION, 2021).

Para que a indústria respeite os limites planetários, ela precisa ser sustentável. Há a necessidade de desenvolvimento de processos circulares que reutilizem e reciclem recursos naturais, reduzam o desperdício e o impacto ambiental e levem a uma economia circular com melhor eficiência e eficácia dos recursos (EUROPEAN COMMISSION, 2021; XU, *et al.*, 2021).

A resiliência organizacional, por sua vez, refere-se à necessidade de desenvolver um maior grau de robustez na produção industrial, armando-a melhor contra interrupções e garantindo que possa fornecer e suportar infraestrutura crítica em tempos de crise (XU, *et al.*, 2021). A futura indústria “precisa ser resiliente o suficiente para navegar rapidamente pelas mudanças (geo) políticas e emergências naturais” (XU, *et al.*, 2021, p. 533).

Essa nova revolução está sujeita a lidar com os aspectos da tecnologia e da vida humana que não poderiam ser cobertos na Indústria 4.0. Um aumento significativo e aprimoramento na escalabilidade, flexibilidade, resiliência e eficiência serão observados nesse novo paradigma da Indústria (PASCHEK; MOCAN; DRAGHICI, 2019; SINDHWANI *et al.*, 2022).

Por outra perspectiva, que é a adotada neste estudo, a Indústria 5.0 permite que os clientes obtenham produtos e serviços de acordo com requisitos específicos, seguindo um processo de fabricação que permite a personalização por meio da utilização de tecnologias. Essa revolução fornece "*liberdade de design*", permitindo que os produtos sejam mais pessoais, aprimorando as capacidades de fabricação; usando máquinas programáveis e rede de sensores inteligentes (OZDEMIR; HEKIM, 2018; REINHARDT *et al.*, 2020; JAVAID; HALEEM, 2020). Nessa revolução, há uma mudança da

customização em massa para a personalização em massa, especialmente para atender aos requisitos dos clientes de forma individual (JAVAID; HALEEM, 2020).

Para tal, a Indústria 5.0 foca na interação entre humanos e máquinas (ÖZDEMIR; HEKIM, 2018). Nessa perspectiva, que será melhor detalhada na subseção 2.3, os humanos trabalham ao lado de máquinas e estarão conectados à fábricas inteligentes por meio de dispositivos inteligentes (DEMIR *et al.*, 2019). O mundo da tecnologia, customização em massa e produção avançada está passando por uma rápida transformação. Os robôs estão se tornando ainda mais importantes, pois agora podem ser conectados à mente humana por meio da interface cérebro-máquina e avanços na inteligência artificial (WELFARE *et al.*, 2019). Ao se entrelaçarem com o cérebro humano eles funcionam como colaboradores e não como competidores (NAHAVANDI, 2019). A quinta revolução industrial impulsionará interfaces homem-máquina mais avançadas usando algoritmos de inteligência artificial (IA). Isso significa uma melhor integração, permitindo uma melhor e mais rápida automação combinada com o poder do cérebro humano (ASLAM *et al.*, 2020). Isso também significa que os robôs não assumirão o controle das fábricas tão cedo, como era tão temido na era da Indústria 4.0 (JAVAID; HALEEM, 2020). A transição da Indústria 4.0 para a Indústria 5.0 significa combinar o melhor do mundo humano e da máquina – o que significará aumento de produtividade (DI NARDO *et al.*, 2020; NELLES *et al.*, 2016). O quadro 5 elenca as diferenças entre os dois últimos paradigmas da Indústria:

Quadro 5. Principais diferenças entre a Indústria 4.0 e 5.0

Indústria 4.0	Indústria 5.0
Focada em customização em massa do produto.	Focada na personalização em massa do produto.
Uso digital de dados.	Uso inteligente de dados.
Focada na integração de máquinas	Focada em fornecer experiência ao cliente
Cadeia de suprimentos inteligente	Cadeia de suprimentos responsiva e distributiva
Melhor coordenação entre máquinas e tecnologias da informação.	Uma estreita colaboração do ser humano com máquinas.
Fábricas digitais.	Fábricas inteligentes, sustentáveis e adaptáveis
Digitalização e automação por meio da aplicação das tecnologias da informação.	Globalização do sistema de fabricação usando tecnologias avançadas.
Produtos inteligentes	Produtos interativos
Mão de obra distanciada das fábricas	Retorno da mão de obra às fábricas

Fonte: Javaid e Haleem (2020); Musarat *et al.*, (2023)

A Indústria 5.0 aperfeiçoa o contato humano com a fabricação, permitindo ampliar a colaboração desse indivíduo com o sistema de fabricação. Isso acontecerá tanto do ponto de vista interno (com a maior participação dos trabalhadores no “chão de fábrica”

interagindo com as máquinas), assim como do ponto de vista externo (com a participação do cliente na personalização do produto/serviço almejado).

Com a maior flexibilidade na fabricação, atende-se e excede-se os requisitos de satisfação do cliente; personalização; produtividade aprimorada; eficiência e qualidade do produto. Reduz-se o desperdício de matéria-prima, pois os produtos são fabricados conforme a demanda do cliente.

A Indústria 5.0 utiliza dispositivos, sistemas, automação e materiais inteligentes e inovadores. Os produtos fabricados com materiais inteligentes podem mudar de forma com o tempo, de acordo com a necessidade de mudança de propriedades. Os *softwares*/aplicativos/plataformas serão a espinha dorsal para aprimorar as experiências e a implementação e alcançar a fabricação inteligente. Eles também desempenharão um papel vital no projeto e fabricação de produtos de formas complexas. Haverá redução nos custos de estoque, pois haverá armazenamento do projeto em vez do armazenamento físico de produtos (JAVAID; HALEEM, 2020).

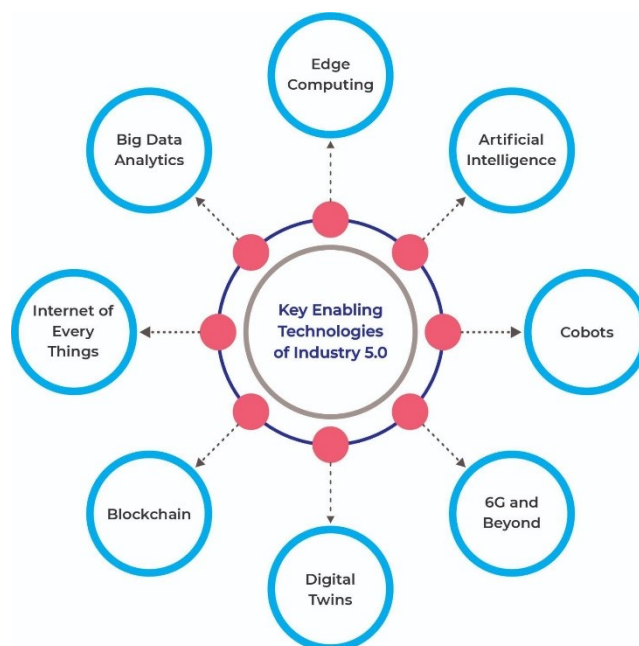
Para que o supracitado se torne realidade, a tecnologia terá um papel crucial na operacionalização da Indústria 5.0.

2.2. As tecnologias habilitadoras da Indústria 5.0: do tecnocentrismo à personalização em massa

Uma das perspectivas apontadas na subseção 1.2 indica que as tecnologias são determinantes, também, na Indústria 5.0. Elas possibilitam a interação entre homens e robôs, trazendo o primeiro novamente para o “chão de fábrica” revertendo-se em oportunidades que credenciam essa nova Revolução Industrial como o futuro da indústria.

Várias tendências tecnológicas facilitadoras, como *Edge Computing*, Gêmeos digitais (*Digital Twins*), Internet de todas as coisas (IoE), *big data analytics*, Cobots, 6G e *blockchain* são integrados com habilidades cognitivas e inovação que podem ajudar as indústrias a aumentar a produção e entregar produtos personalizados mais rapidamente. Essas tecnologias capacitadoras/habilitadoras tornam a Indústria 5.0 uma ferramenta de produção avançada com foco na interação entre máquinas e humanos. As máquinas inteligentes são projetadas para trabalhar colaborativamente com seres humanos, e este trabalho colaborativo facilita as capacidades humanas mais produtivas (MADDIKUNTA; PHAM; DEEPA; DEV; GADEKALLUA; RUBY; LIYANAGE, 2022). A Fig. 9 traz um esboço das tecnologias habilitadoras da Indústria 5.0.

Figura 9. Tecnologias habilitadoras da Indústria 5.0



Fonte: Adaptado de Maddikunta; Pham; Deepa; Dev; Gadekallua; Ruby; Liyanage (2022)

A Indústria 5.0 usa análise preditiva e inteligência operacional para criar modelos que visam tomar decisões mais precisas e menos instáveis (MADDIKUNTA *et al.*, 2022). Com a maior flexibilidade na fabricação, atende-se e excede-se os requisitos de satisfação do cliente; personalização; produtividade aprimorada; eficiência e qualidade do produto. Reduz-se o desperdício de matéria-prima, pois os produtos são fabricados conforme a demanda do cliente. A Indústria 5.0 utiliza dispositivos, sistemas, automação e materiais inteligentes e inovadores (JAVAID; HALEEM, 2020). O quadro 6 sumariza um rol de tecnologias que fazem parte da Indústria 5.0.

Quadro 6. Relação de tecnologias habilitadoras da indústria 5.0

Tecnologias	Definição
Computação de borda (Edge Computing)	EC é um processamento de dados na borda da rede, que oferece benefícios como baixa latência, maior eficiência energética e segurança. Indústrias podem acessar dados locais e minimizar o volume enviado para servidores centralizados, permitindo análises preventivas e tomadas de decisão mais sábias. EC é importante para aplicações da Indústria 5.0, como veículos autônomos e monitoramento remoto de pacientes.

Gêmeos digitais (Digital Twins)	O Digital Twin é uma réplica digital que permite personalização em massa e o fluxo mútuo de dados entre o físico, o digital e o ciberespaço é necessário para sua aplicação. Na Indústria 5.0, o DT permite análise, monitoramento e prevenção de problemas antes que ocorram no mundo real, e oferece valor significativo para o desenvolvimento de produtos personalizados e modelos de negócios inovadores. Com a IoT e avanços em IA, ML e análise de big data, o DT reduz os custos de manutenção, melhora o desempenho do sistema e ajuda a evitar grandes perdas financeiras.
Robôs colaborativos (Cobots)	Os cobots são robôs projetados para trabalhar em conjunto com humanos, oferecendo maior eficiência e segurança no ambiente de trabalho. Possuem alta capacidade de detectar impactos imprevisíveis e param instantaneamente quando detectam objetos deslocados em seu caminho. Embora eficientes na produção em larga escala, a gestão de conexões humanas ainda é importante em tarefas que exigem pensamento crítico e personalização.
Internet de todas as coisas (IoT)	A Internet de Todas as Coisas (IoE) conecta pessoas, processos, informações e objetos, oferecendo benefícios para a Indústria 5.0, como melhorar a experiência do cliente e reduzir custos operacionais. A IoE pode otimizar a cadeia de suprimentos, reduzir o desperdício e aprimorar os processos de produção. A tecnologia sem fio e os sensores são usados para troca de informações, como na Internet das coisas médicas.
<i>Big Data</i>	Essa tecnologia armazena muitos dados complexos usando dispositivos <i>IoT</i> e fornece serviços significativos a fabricantes e provedores de serviços. O Big Data Analytics permite a análise de grandes volumes de dados, possibilitando a personalização em massa e melhor entendimento do comportamento do consumidor na Indústria 5.0. Com a integração do Big Data com IoT, é possível coletar informações em tempo real para otimizar a produção, reduzir custos e tomar decisões mais informadas
<i>Blockchain</i>	<i>Blockchain</i> é uma tecnologia segura e descentralizada que protege os dados dos clientes contra exclusão, adulteração e revisão, e é adequada para lidar com privacidade e rastreabilidade de dados. Ela pode ser usada para criar plataformas de gerenciamento distribuídas, oferecendo transparência e imutabilidade para registros de eventos significativos na Indústria 5.0, além de permitir a execução de contratos inteligentes para a aplicação de medidas de segurança e automação de processos.
6G	A tecnologia 6G pode oferecer serviços valiosos para a Indústria 5.0, com infraestrutura densa, latência reduzida e recursos de IA integrados. As redes 6G podem melhorar o desempenho de aplicativos de Indústria 5.0, mas é preciso garantir eficiência energética. A comunicação quântica e óptica de espaço livre podem ajudar a solucionar problemas de alta taxa de dados.

Inteligência artificial	Esta tecnologia fornece capacidade de inteligência semelhante à humana para máquinas com a ajuda de algoritmos e <i>softwares</i> baseados em big data para reconhecer, explicar e prever padrões.
-------------------------	--

Fonte: Javaid e Haleem (2020); Sajadieh, Son e Noh, 2022

Como já salientado neste trabalho, um dos desafios da concretização da personalização em massa na Indústria é definir as tecnologias adequadas a esse processo. A Lista do quadro 06 é exemplificativa das possibilidades disponíveis à efetivação da Indústria 5.0, em particular, no que tange à personalização em massa.

2.3. A relação humano-máquina na indústria: uma avenida a ser percorrida

A relação do ser humano com a máquina é denominada na literatura de Interação Humano-Máquina (HMI) e pode ser caracterizada como “uma forma de comunicação e interação entre usuários humanos e máquinas em um ambiente dinâmico por meio de várias interfaces” (NARDO; FORINO; MURINO, 2020, p. 23). Ao longo das sucessivas revoluções industriais e das mudanças nos paradigmas de fabricação, essa relação passou por transformações significativas, tendo sido influenciada pelas necessidades humanas e pelas tecnologias disponíveis em cada período (PIZÓN; GOLA, 2023).

À medida que a tecnologia avança, as máquinas adquirem novas funções, capacidades e até mesmo habilidades que antes eram exclusivas dos seres humanos, como visão, inferência e classificação (PIZÓN; GOLA, 2023). Essa interação ocorre desde o momento em que seres humanos começaram a construir ferramentas (NARDO; FORINO; MURINO, 2020). Com o surgimento de novas revoluções e as mudanças nos paradigmas de fabricação, a relação entre humanos e máquinas se torna cada vez mais relevante e complexa (PIZÓN; GOLA, 2023).

Ademais, os seres humanos têm um limite de carga cognitiva que podem processar, afetando seu desempenho. Por outro lado, as máquinas estão cada vez mais capazes de realizar um processamento massivo de informações que pode compensar as deficiências humanas, ou seja, ao utilizar a máquina, que tem maior capacidade de computação, reduz-se a carga cognitiva dos seres humanos (VILLALBA-DIEZ; ORDIERES-MERÉ, 2021).

A adoção de tecnologias da Indústria 5.0, então, não prejudicará o valor humano, pelo contrário, possibilitará a integração entre a inteligência humana e a inteligência das máquinas em um ambiente colaborativo (DI NARDO; YU, 2022).

Nesse contexto, os sistemas de manufatura dedicados estão sendo substituídos por sistemas de manufatura inteligentes e flexíveis com a introdução de máquinas colaborativas, impulsionadas por inteligência artificial, transformando a forma como o trabalho é realizado no chão de fábrica (LU; ADRADOS; CHAND; WANG, 2021) e o foco passa a ser o papel do ser humano nessa transição tecnológica, com atenção para a colaboração entre humanos e robôs na Indústria 5.0 (JAFARI *et al.*, 2022), visando melhorar as capacidades e o bem-estar humano (LU; ADRADOS; CHAND; WANG, 2021).

Para tal é necessário que se desenvolva um sistema de manufatura centrado no ser humano, otimizando para eles os seus benefícios. Tendo isto por premissa, Lu et al. (2021) propõem um framework que busca a simbiose entre humano-máquina no qual ambos formam equipes inteligentes, para coletivamente perceber, raciocinar e agir em resposta à tarefas e contingências de manufatura.

A centralidade no ser humano é caracterizada pela capacidade de focar nos desejos e julgamentos humanos; na detecção e resposta ao desempenho físico e mental humano para maximizar o bem-estar do indivíduo (bem-estar social) e na capacidade de aprender do ambiente e mudar o comportamento com base nesse aprendizado (adaptabilidade).

Ao adotar esse enfoque, em que avançam as tecnologias de inteligência artificial, a Indústria 5.0 transformará os sistemas de produção em todo o mundo, permitindo que tarefas repetitivas sejam realizadas por máquinas, liberando os trabalhadores humanos para atividades mais criativas e desafiadoras (ADEL, 2022). Máquinas empáticas e colegas humanos de alto desempenho em ambientes de coexistência dinâmica tornarão a manufatura mais resiliente, flexível e sustentável (LU; ADRADOS; CHAND; WANG, 2021).

A relação colaborativa entre humanos e máquinas, chamada por Lu *et al.*, (2021) de simbiose humano-máquina pode possibilitar os seguintes benefícios: *a) bem-estar humano*: redução de operações estressantes e repetitivas que podem expor o trabalhador a potenciais riscos à saúde e segurança; *b) flexibilidade na manufatura*: os sistemas e processos de manufatura podem ser reconfigurados instantaneamente para responder à dinâmica dos produtos, comportamento humano e sistemas de produção; *c)*

desenvolvimento da capacidade humana e da máquina: com algoritmos inteligentes baseados em IA, seres humanos e máquinas podem aprender e desenvolver sua capacidade por meio de experiências de trabalho conjunto; *d) maior eficiência e produtividade*: as máquinas podem ajudar a automatizar tarefas repetitivas e processos de produção, permitindo que os trabalhadores se concentrem em tarefas mais complexas que exigem habilidades humanas únicas; *e) melhor qualidade do produto*: as máquinas podem realizar tarefas com maior precisão e consistência do que os humanos, o que pode levar a uma melhoria na qualidade do produto final; *f) melhor segurança no local de trabalho*: as máquinas podem lidar com tarefas perigosas ou repetitivas que representam riscos para a segurança dos trabalhadores, reduzindo o risco de lesões ou acidentes no local de trabalho; *g) maior satisfação do trabalhador*: ao automatizar tarefas repetitivas, os trabalhadores podem se concentrar em tarefas que exigem habilidades humanas, como criatividade e pensamento crítico, tornando o trabalho mais desafiador e interessante; *h) redução de custos*: a automação pode reduzir o tempo e o custo associados à produção, além de reduzir o desperdício de materiais; *i) melhor tomada de decisão*: as máquinas podem fornecer análises e insights de dados em tempo real, permitindo que os trabalhadores tomem decisões mais informadas e eficazes; *j) colaboração entre humanos e máquinas*: a relação simbiótica entre humanos e máquinas pode levar a uma maior produtividade e eficiência; *k) inovação e criatividade*: a integração da inteligência humana com as capacidades das máquinas pode impulsionar a inovação e a criatividade na resolução de problemas e no desenvolvimento de produtos; *l) customização e personalização*: A colaboração entre humanos e máquinas permite produtos e serviços mais personalizados e adaptados às demandas dos clientes; *m) produção sustentável e responsável*: aproveitar a tecnologia e a experiência humana pode levar a práticas de manufatura ambientalmente amigáveis e sustentáveis; *n) avanços na indústria e tecnologia*: adotar a interação humano-máquina pode impulsionar avanços tanto no setor industrial quanto nas áreas tecnológicas (JAFARI *et al.*, 2022; LU; ADRADOS; CHAND; WANG, 2021; ALVES; LIMA; GASPAR, 2023; PEREIRA; DOS SANTOS, 2023).

Apesar dos avanços tecnológicos e da digitalização que impulsionam a Indústria 5.0, ainda há desafios a serem enfrentados incluindo: *a) falta de habilidades e treinamento*: a introdução de tecnologia avançada exigirá habilidades e treinamento que os trabalhadores não possuem. Nesse sentido, conforme BROO, KAYNAK e SAIT

(2022), a força de trabalho do futuro deve estar preparada para discernir e compreender os diversos sistemas de produção, a fim de tomar decisões pertinentes diante das diferentes abordagens de trabalho: seja por meio do esforço humano exclusivo, do esforço tecnológico exclusivo ou de uma colaboração harmoniosa entre ambos. É essencial que os profissionais possuam a experiência e o conhecimento necessários para fazer escolhas informadas, visando otimizar os processos produtivos e alcançar resultados superiores. A falta de habilidades e treinamento adequados pode levar a erros e reduzir a eficiência geral da produção; b) *resistência à mudança*: alguns trabalhadores podem resistir à adoção de novas tecnologias, preocupados com a perda de empregos ou mudanças em suas funções. Isso pode levar a um clima de desconfiança e resistência que dificulta a adoção de novas tecnologias; c) *questões de privacidade e segurança*: a introdução de tecnologia avançada pode aumentar o risco de violações de privacidade e segurança de dados, especialmente se as informações sensíveis dos trabalhadores forem coletadas e armazenadas por máquinas; d) *responsabilidade em caso de falhas*: A automação pode reduzir a necessidade de trabalhadores em certas tarefas, mas também pode aumentar a responsabilidade em caso de falhas ou erros cometidos pelas máquinas; e) *custo elevado*: a introdução de tecnologia avançada pode ser cara e pode exigir um investimento significativo em hardware e software, além de atualizações e manutenção contínuas; f) *dependência excessiva*: a dependência excessiva de tecnologia avançada pode tornar a produção vulnerável a falhas técnicas ou interrupções no fornecimento de energia ou conectividade (JAFARI *et al.*, 2022; LU; ADRADOS; CHAND; WANG, 2021; ALVES; LIMA; GASPAR, 2023; PEREIRA; DOS SANTOS, 2023).

Os desafios/ameaças e benefícios/vantagens/oportunidades da interação humano-máquina são sumarizados no quadro abaixo:

Quadro 7. Benefícios/vantagens/oportunidades e desafio e ameaças da interação homem-máquina

Benefícios/vantagens/oportunidades	Desafios /Ameaças
Bem-estar humano	Falta de habilidades e treinamento
Flexibilidade na manufatura	Resistência à mudança
Desenvolvimento da capacidade humana e da máquina	Questões de privacidade e segurança
Maior eficiência e produtividade	Responsabilidade em caso de falhas
Melhor qualidade do produto	Custo elevado
Melhor segurança no local de trabalho	Dependência excessiva
Maior satisfação do trabalhador	
Redução de custos	
Melhor tomada de decisão	
Colaboração entre humanos e máquinas	
Customização e personalização	
Produção sustentável e responsável	

Inovação e criatividade	
Avanços na indústria e tecnologia	

Fonte: Pereira e Dos Santos (2023) com base em (JAFARI *et al.*, 2022; LU; ADRADOS; CHAND; WANG, 2021; ALVES; LIMA; GASPAR, 2023)

No contexto da Indústria 5.0, a interação humano-máquina representa uma de suas principais características e desafios. Esta nova etapa da evolução industrial não se trata apenas de automação e digitalização, mas sim da integração harmoniosa e colaborativa entre humanos e sistemas inteligentes. Busca-se, nesse contexto, a combinação do melhor de dois mundos: a capacidade única dos humanos para a criatividade, resolução de problemas complexos e compreensão das nuances sociais e emocionais, com a eficiência, precisão e capacidade de processamento de dados das máquinas (PEREIRA; DOS SANTOS, 2023)

2.4. A personalização em massa na Indústria

Esta nova revolução industrial clama para uma maior interação entre humanos e máquinas, permitindo uma nova era de personalização e resolução de problemas complexos. Impulsionada pela individualização como uma tendência e possibilitada pelo aumento da digitalização, a personalização em massa está se tornando uma realidade. Este novo paradigma requer operações de fabricação responsivas e flexíveis para produzir produtos individualizados em lotes de tamanhos dinâmicos, em escala e de maneira econômica. Para isso, os sistemas de fabricação devem responder oportunamente para atender às mudanças nas demandas e condições na fábrica, na rede de suprimentos e nas necessidades dos clientes. É necessário que um sistema de manufatura seja capaz de auto-otimizar operações de fabricação para obter uma produção flexível, autônoma e tolerante a erros no contexto da personalização em massa (QIN; LU, 2021; AHELEROFF *et. al.*, 2021).

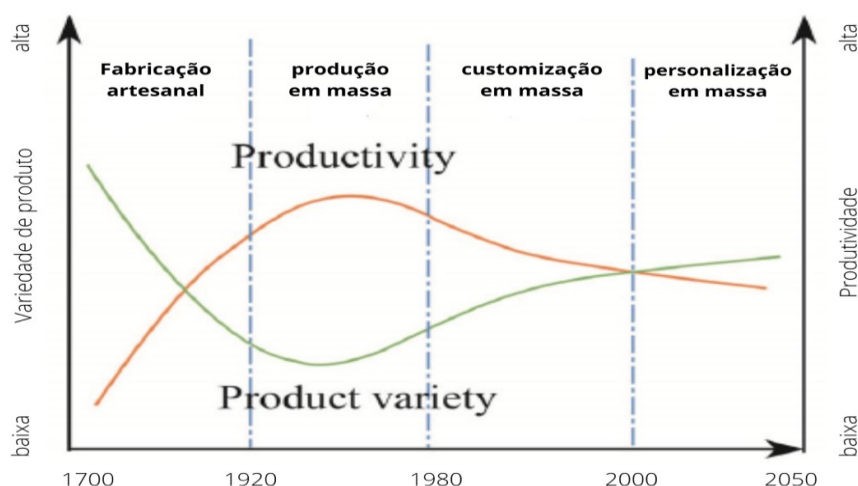
Oferecer produtos acessíveis e personalizados tem uma posição na satisfação do cliente (AHELEROFF; ZHONG; XU, 2020). A personalização permite que as empresas adaptem uma estratégia de diferenciação para competir em valor agregado, em vez de competir em preço. Embora a personalização em si não seja um conceito novo, nos últimos anos, a manufatura aditiva e os robôs colaborativos (*cobots*) habilitam esse processo a um público amplo, oferecendo um maior nível de personalização a um preço acessível que não era possível no passado (TORN; VANEKER, 2019).

Diversos fatores estão possibilitando essa transformação no modo de fabricação, entre eles: (1) o desenvolvimento de tecnologias de informação que permitem maior interação entre clientes e empresas; (2) disponibilidade quase universal de Internet; (3) disposição e preparação do cliente para ser integrado ao processo de *codesign* e cocriação de produtos; (4) modernos sistemas de fabricação, como fabricação flexível e inteligente; (5) ferramentas de personalização em massa, que ajudam a reduzir o custo e o ciclo de fabricação; (6) implantação de *softwares* específicos para gerenciamento de relacionamento e retenção do cliente (KUMAR, 2017).

As mudanças nas necessidades da sociedade, dos mercados e o surgimento de novas capacidades tecnológicas impõem/possibilitam mudanças no desenvolvimento da manufatura que pode ser categorizado em vários paradigmas (produção artesanal, produção em massa, customização em massa e personalização em massa; vide figura 10). Esta classificação é baseada na quantidade de produção e na variedade do produto (SAJADIEH; SON; NOH, 2022; ZHANG, MING, 2022).

Na primeira Revolução Industrial (Indústria 1.0) os produtos eram fabricados com base nas necessidades dos usuários a um custo elevado (produção artesanal) e com um número limitado de produtos. Representa a mudança de paradigma da produção totalmente manual à produção por máquinas. Com o advento da “Indústria 2.0” (produção em massa), já era possível fazer produtos de baixo custo usando sistemas de produção em larga escala. Entretanto, a variedade de produtos oferecida era muito pequena e limitada. A década de 1920 foi marcada pela introdução da primeira correia transportadora na indústria para a produção do Modelo T da Ford, obtendo grande sucesso na Indústria automobilística. Uma frase célebre, dita por Henry Ford, que caracteriza o modelo de produção em massa é “qualquer cliente pode ter um carro pintado da cor que ele quiser desde que seja preto” (WANG *et al.*, 2017; SAJADIEH; SON; NOH, 2022; ZHANG, MING, 2022).

Figura 10. Paradigmas da produção



Fonte: WANG *et al.* (2017)

A customização em massa passou a ser possível com a automação e a possibilidade de utilização de TICs, robôs industriais, sistemas flexíveis de fabricação, sistemas de gerenciamento de fabricação e integrados por computador, planejamento de recursos empresariais (ERP), possibilitando a flexibilização da produção, aumento da produtividade, além de baixar o custo dos produtos e entregá-los em maior variedade. O estágio atual da Indústria e a gama de tecnologias existentes tem levado a um novo paradigma da produção (personalização em massa), em que o segmento industrial se adequa a uma tendência de mercado, na qual as demandas e desejos dos clientes são convertidos em produtos e serviços personalizados a um custo acessível, produzidos em menor tempo, em grande variedade e qualidade satisfatória (WANG *et al.*, 2017; SAJADIEH; SON; NOH, 2022; ZHANG, MING, 2022).

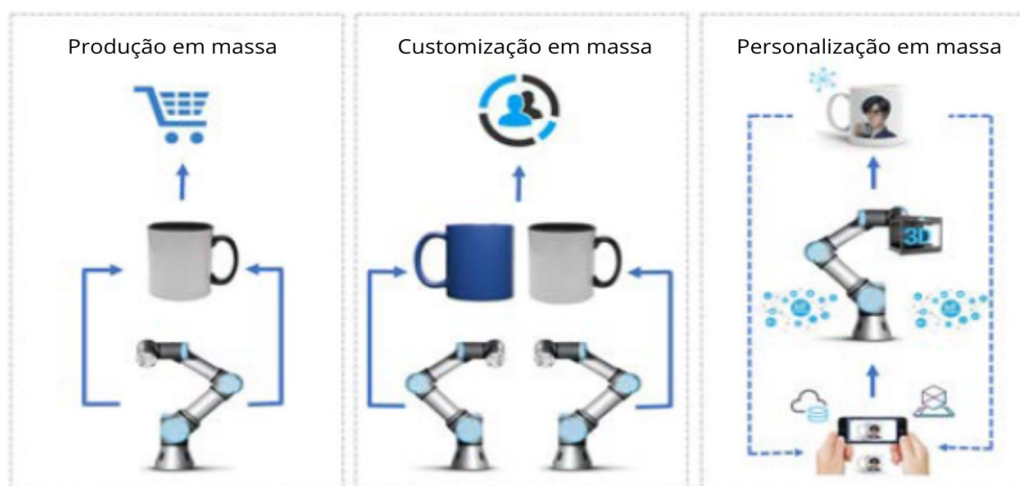
Os desafios associados a cada novo paradigma foram superados pelo novo sistema de manufatura, que se beneficiou da aplicação de tecnologias avançadas na época em que o paradigma foi introduzido (SAJADIEH; SON; NOH, 2022).

A jornada em direção a produtos personalizados foi impactada pela limitação das tecnologias de automação de manufatura inteligente. No entanto, o avanço da tecnologia, nos últimos dez anos, em comunicação social, fabricação (ex. impressão 3D), automação de fábrica (ex. robótica e inteligência artificial) e automação de sistemas de negócios (ex. plataformas) forneceram coletivamente a base técnica e comercial para a produção de produtos personalizados (AHELEROFF; ZHONG; XU, 2020). A Fig. 11 mostra as diferenças entre a produção em massa, customização em massa e personalização em massa. Aheleroff *et al.* (2020) indicam que a personalização em massa pode ser alcançada

por um conjunto de tecnologias, incluindo *Cloud*, *IoT*, realidade aumentada e virtual e manufatura aditiva, por meio de um processo iterativo e incremental, diferentemente da customização e produção em massa, na qual os produtos são pré-definidos e disponibilizados para os clientes comprarem.

A customização e a personalização em massa são muitas vezes consideradas sinônimos. A principal diferença entre os paradigmas está na participação do cliente no processo de desenvolvimento do produto. Na customização em massa os clientes têm a oportunidade de escolher entre produtos acessíveis, mas limitados a uma variedade de produtos agrupados. Embora a customização em massa tenha se tornado uma tendência ao manter a eficiência da produção em massa, existem algumas restrições devido à variedade de produtos e a falta de envolvimento do cliente para atender suas expectativas (AHELEROFF; ZHONG; XU, 2020).

Figura 11. Diferenças entre os paradigmas de fabricação



Fonte: Aheleroff, Zhong e Xu (2020)

A personalização em massa, por sua vez, pode ser caracterizada pela utilização de processos flexíveis para produzir produtos e serviços variados e personalizados individualmente, ao preço de alternativas padronizadas e produzidas em massa. Em outras palavras, o cliente tem a possibilidade de alterar tanto a estrutura do produto e o desenho de seus componentes (KATOOZIAN; ZANJANI, 2022).

Utilizar as tecnologias mais adequadas para a personalização em massa continua sendo o principal desafio para operacionalizá-la. Há, no entanto, uma variedade de

estudos, que indicam que o aporte tecnológico existente tem o potencial de atender à personalização na Indústria (AHELEROFF; ZHONG; XU, 2020).

O processo de personalização em massa traz o cliente para o processo de produção. Ou seja, os clientes estarão envolvidos no processo de *design* desde a primeira etapa, que se encerra por meio de um processo de cocriação, quando os requisitos e preferências dos clientes são refletidos no produto e serviço, aumentando a satisfação do cliente devido a uma experiência otimizada (ZHANG, MING, 2022). Os clientes não serão mais compradores de produtos, mas sim entidades-chave envolvidas no design de produtos e serviços. Em função do envolvimento do cliente no processo de *design* e à volatilidade da demanda, a personalização em massa não pode, apenas, depender de itens padronizados que precisam ser produzidos e armazenados em massa (SAJADIEH; SON; NOH, 2022).

Em vez disso, a personalização em massa pode atingir seus objetivos por meio de uma plataforma de produtos de arquitetura aberta que consiste em módulos de três categorias: módulos comuns, customizados e personalizados. A modularidade é um facilitador chave para realizar a produção personalizada. Embora os módulos comuns possam ser produzidos em massa, os módulos personalizados podem ser subdivididos com base na frequência de uso, e os módulos com taxas de uso mais altas também podem ser produzidos em massa. Módulos personalizados com menor taxa de utilização e módulos personalizados serão produzidos sob demanda. (SAJADIEH; SON; NOH, 2022). Além da modularidade de produtos e serviços, redes de manufatura descentralizadas, processos celulares e flexíveis são outros facilitadores da personalização em massa (AHELEROFF; ZHONG; XU, 2020).

A personalização possibilita o aumento de competitividade e lucratividade da empresa (ZHANG, MING, 2022). Nesse modelo, as empresas podem melhorar a capacidade de produção, reduzir estoques, diminuir os custos de fabricação, melhorar a configuração modular de produtos, em comparação com o modelo tradicional de fabricação. (WANG *et al.*, 2017; ZHANG, MING, 2022)

A personalização em massa agrega mais valor tanto para os produtores quanto para os clientes. Ao fornecer aos clientes produtos personalizados, os produtores obtêm diferenciação. Enquanto isso, os clientes terão produtos com menos tempo de espera e alta qualidade. Adicionalmente, os clientes sentem que são tratados de forma distinta pela empresa. A participação ativa do cliente é um fator crucial para satisfazer os requisitos

relacionados à experiência do usuário, porque a experiência é influenciada por uma cadeia de atividades cognitivas humanas. Assim, a participação ativa do cliente é importante para todo o processo de produção, afetando a oferta do produto final diretamente na personalização. (WANG *et al.*, 2017). A personalização permite que as empresas adaptem uma estratégia de diferenciação para competir entregando valor agregado, proporcionando uma experiência mais pessoal ao cliente, em vez de competir em preço (TORN; VANEKER, 2019).

A operacionalização da personalização em massa, por sua vez, enfrenta uma gama de desafios importantes. Um deles já foi apontado ao longo do texto que é a adequação da tecnologia ao processo de personalização. Além disso, é necessário que o fabricante crie uma interface de *design* que seja amigável e que ofereça suporte aos clientes na etapa de *design*, de forma conveniente, demonstrando os resultados de forma abrangente e fascinante. Essa interface é essencial para garantir que o cliente seja integrado no processo de *design* e desenvolvimento para alcançar a cocriação e diferenciação de valor (AHELEROFF; ZHONG; XU, 2020). E ainda, as empresas devem avaliar a capacidade de fabricação projetada e encontrar a solução ideal para o compromisso entre qualidade, custo e prazo de entrega. A configuração do produto, a seleção de processos e materiais, a cadeia de suprimentos e as estratégias de fabricação são os principais parâmetros a serem traçados (SAJADIEH; SON; NOH, 2022). Nesse ponto é importante ressaltar que o alto nível de individualização na estrutura do produto exige uma rede de suprimentos flexível e reconfigurável (KATOOZIAN; ZANJANI, 2022).

2.5. Os modelos de negócio baseados em plataforma

Os recentes avanços tecnológicos trouxeram oportunidades para a criação de novas formas organizacionais e de novos modelos de negócios, entre eles os baseados em plataformas (GATAUTIS, 2017; ECKHARDT *et al.*, 2018; FEHRER; WORATSCHEK; BRODIE, 2018).

As plataformas são tecnologias de informação digital que dão suporte às atividades de troca de informações e permitem às empresas homogeneizar, editar e compartilhar dados em uma escala sem precedentes, apoiando a interconexão eletrônica e colaboração *online* entre todos os envolvidos (CENAMOR; PARIDA; WINCENT, 2019; WANG; TIAN; LI; XIAO, 2022). Ou seja, a plataforma permite interações entre as empresas e seus *stakeholders* (consumidores, fornecedores, etc.), fornecendo

oportunidades potenciais e estimulando a inovação (WANG; TIAN; LI; XIAO, 2022). Dito de outra forma, as plataformas podem ser caracterizadas como redes ou interfaces, atuando como intermediárias, interligando/reunindo dois ou mais tipos distintos de usuários, facilitando as transações entre eles. Implícito nessas definições está o fato que da interação entre os usuários tem-se a geração de valor, o compartilhamento de informações, o desenvolvimento de produtos, o oferecimento de serviços e o benefício central que cada usuário busca da plataforma, que é o acesso aos participantes do outro lado e a correspondência entre oferta e demanda (FEHRER; WORATSCHEK; BRODIE, 2018; ZHAO; VON DELFT; MORGAN-THOMAS; BUCK, 2019; VEILE; SCHMIDT; VOIGT, 2022).

A ampla gama de características e os diversos cenários de aplicação influenciam na adoção de várias perspectivas sobre as plataformas, levando a vários entendimentos e definições. Veile *et al.* (2022) resumem várias conceituações, as quais são dispostas no quadro 05.

Quadro 8. Síntese de várias definições sobre plataformas

Definição	Referência
“Plataformas multilaterais coordenam a demanda de diferentes grupos de clientes que precisam uns dos outros de alguma forma”	Evans (2003, p. 191)
“Produtos e serviços que reúnem grupos de usuários em redes de dois lados”	Eisenmann <i>et al.</i> , (2006,p. 2)
“Um conjunto de componentes estáveis que suporta variedade e capacidade de evolução em um sistema, restringindo as ligações entre os outros” componentes”	Baldwin e Woodard (2009, p. 19)
“As plataformas da indústria são blocos de construção tecnológicos que atuam como uma base sobre a qual um conjunto de empresas, organizadas [...], desenvolve um conjunto de produtos, tecnologias e serviços inter-relacionados”.	Tee e Gawer (2009, p. 2019)
“A base de código extensível de um sistema baseado em software que fornece funcionalidade central compartilhada pelos módulos que interoperam com ele e as interfaces através das quais eles interoperam”	Tiwana <i>et al.</i> (2010, p. 676)
“Plataformas tecnológicas podem ser utilmente conceituadas como organizações em evolução ou meta-organizações que: (1) federam e coordenam agentes constitutivos que podem inovar e competir; (2) criar valor gerando e aproveitando economias de escopo na oferta e/ou na demanda; e (3) envolvem uma arquitetura tecnológica modular composta por um núcleo e uma periferia”.	Gawer (2014, p. 1245)
“Definimos plataformas externas (industriais) como produtos, serviços ou tecnologias que [...] fornecem a base sobre a qual empresas externas (organizadas como um “ecossistema de negócios”) podem desenvolver seus próprios produtos, tecnologias ou serviços complementares”	Gawer e Cusumano (2014, p. 418)
“Plataformas multifacetadas são tecnologias, produtos ou serviços que criam valor principalmente ao permitir interações diretas entre dois ou mais grupos de clientes ou participantes.”	Hagiu (2014, p. 4)

“Plataformas multifacetadas [...] permitem interações diretas entre dois ou mais lados distintos. Cada lado é afiliado à plataforma.”	Hagiu e Wright (2015, p. 5)
“Uma plataforma é um negócio baseado em permitir interações de criação de valor entre produtores e consumidores externos. A plataforma fornece uma infraestrutura aberta e participativa para essas interações e define as condições de governança para elas. O objetivo geral da plataforma: consumir correspondências entre usuários e facilitar a troca de bens, serviços ou moeda social, permitindo assim a criação de valor para todos os participantes”	Parker <i>et al.</i> (2016, p. 11)
“Do ponto de vista sociotécnico, as plataformas digitais são elementos técnicos (de <i>software</i> e <i>hardware</i>) e processos e padrões organizacionais associados.”	De Reuver <i>et al.</i> (2018, p. 4)

Fonte: Veile *et al.* (2022)

As definições do quadro 8 ao serem contrastadas indicam definições parcialmente sobrepostas e, também, parcialmente divergentes, embora pontos comuns possam ser discernidos. Uma plataforma compreende um núcleo tecnológico com seus componentes, determinando suas regras organizacionais, atores complementares e seus papéis e interfaces entre todos os lados (VEILE *et al.*, 2022).

No contexto das plataformas, é possível distinguir entre vários papéis que são importantes para a compreensão de todo o ecossistema (DEDEHAYIR *et al.*, 2018). O quadro 9 traz os vários papéis desempenhados nas plataformas e sua caracterização.

Quadro 9. Papéis desempenhados nas plataformas

Papéis na plataforma	Definição
“ <i>ecosystem leader</i> ” ou “ <i>platform owner</i> ,” “ <i>platform provider</i> ,” “ <i>platform leader</i> ” or “ <i>keystone player</i> ”	Governa o ecossistema, molda as parcerias e a rede, gerencia a plataforma e fornece valor
“ <i>dominator</i> ”	Tem uma presença forte e favorável no ecossistema, controlando uma parte substancial da rede
“ <i>Gatekeepers</i> ”	Mantêm relacionamentos diretos, controlam <i>gateways</i> e gerenciam trocas
“ <i>Users</i> ”	Aproveitam o ecossistema fornecido, se envolvem em transações e ofertas de compra
“ <i>Complementors</i> ” ou “ <i>complementary partners</i> ”	Fornecem soluções auxiliares e estendem a oferta de valor da plataforma

Fonte: Parker *et al.* (2016); Dedehayir *et al.* (2018); Veile *et al.* (2022)

Naturalmente, uma empresa pode assumir diferentes papéis simultaneamente que podem mudar ao longo do tempo (VEILE *et al.*, 2022). Em um ambiente de plataforma podem existir vários mecanismos de controle tais como: (1) *controle comportamental* (por exemplo, procedimentos e abordagens), (2) *controle de entrada* (por exemplo,

critérios de seleção) e (3) *controle de resultados* (por exemplo, divisão de funções, acordo de divisão de receitas (MUKHOPADHYAY *et al.*, 2016; VEILE *et al.* (2022)

Entre as três características de plataformas sugeridas por Gatautis (2017), mercado bilateral; ecossistema; e efeitos de rede, essa última é a menos evidenciada nas definições trazidas até aqui. Os efeitos de rede advêm da união de vários usuários na plataforma e representam sua principal vantagem e característica determinante. Pois, descrevem a utilidade de uma plataforma ao correlacionar-se positivamente com o número total de usuários. Assim, uma plataforma se torna mais valiosa quanto mais usuários ela acumular e manter ativos, sendo, assim, atrativa para outros usuários. Essa rede será o principal ativo de uma plataforma (VAN ALSTYNE *et al.*, 2016; ZHAO; VON DELFT; MORGAN-THOMAS; BUCK, 2019; VEILE *et al.* (2022). Ademais, o sucesso de uma plataforma depende, também, se ela fornece valor para uma massa crítica de usuários e se serve para resolver seus problemas. As plataformas oferecem benefícios potenciais adicionais como alavancagem de produção e inovação, introdução de novos mecanismos de transação mais rapidamente e com custos muito mais baixos (FEHRER; WORATSCHEK; BRODIE, 2018; VEILE *et al.*, 2022).

Há um certo consenso que as plataformas rompem e transformam negócios tradicionais, acompanhados por mudanças e distorções significativas na criação de valor industrial, particularmente através da cocriação de valor, melhorias nos custos de transação e efeitos de rede, e melhorias nos aspectos relacionais entre parceiros para criação de valor (VEILE; SCHMIDT; VOIGT, 2022) PARKER *et al.*, 2016; VAN ALSTYNE *et al.*, 2016)

Percebidos a partir de outra perspectiva, as plataformas representam um tipo de modelo de negócios que usa a tecnologia para conectar pessoas, organizações e recursos em um ecossistema interativo no qual quantidades incríveis de valor podem ser criadas e trocadas (EISENMANN *et al.*, 2011; PARKER *et al.*, 2016; GATAUTIS, 2017; VEILE; SCHMIDT; VOIGT, 2022).

Os modelos de negócios por plataforma podem ser entendidos como modelos de negócios, com diferentes graus de abertura em três camadas: a camada de usuário da plataforma, a camada de infraestrutura da plataforma e a camada de provedor de plataforma (SAEBI; FOSS, 2015; FEHRER; WORATSCHEK; BRODIE, 2018). A abertura nessas três camadas permite que os negócios da plataforma vinculem vários grupos de atores (por exemplo, outros negócios, clientes, desenvolvedores, investidores

por meio de uma infraestrutura altamente adaptável e permeável, que permite a coordenação dos fluxos de informação e conhecimento em toda a rede de atores conectados (FEHRER; WORATSCHEK; BRODIE, 2018).

Ao contrário dos negócios organizados em relações tradicionais comprador-fornecedor, ou seja, os chamados “negócios *pipeline*” que controlam uma série linear de atividades, em relacionamento diádicos, ao longo da cadeia de valor. A criação de valor via plataformas traça uma estrutura triangular entre vários atores (e/ou grupos de atores) e o provedor de plataforma intermediária (EISENMANN *et al.*, 2011; PARKER *et al.*, 2016; VAN ALSTYNE *et al.*, 2016). As plataformas não se apropriam dos produtos, mas em vez disso, dependem de recursos (por exemplo, habilidades, ideias) e atividades controladas e fornecidas por agentes em diferentes lados de um mercado. Em outras palavras, o papel de uma plataforma não é, apenas, desenvolver, fabricar ou (re) vender produtos e serviços, mas conectar diferentes lados de um mercado (ZHAO; VON DELFT; MORGAN-THOMAS; BUCK, 2019).

Um número crescente de organizações, nos mais variados setores, está em ambientes nos quais precisam operar como um provedor de plataforma ou integrar-se a um ecossistema de negócios governado por plataformas (FEHRER; WORATSCHEK; BRODIE, 2018).

As plataformas digitais estão reformulando a criação de valor tradicional, impulsionando a interconexão horizontal e vertical, além de fomentar ecossistemas, contribuindo para a Indústria 4.0 e 5.0. Essas implicações incluem melhorias de eficiência no processo de criação de valor e avanços em flexibilidade e agilidade, individualização e aprimoramentos de qualidade de ofertas de valor e o surgimento de novos modelos de negócios na Indústria (VEILE; SCHMIDT; VOIGT, 2022).

As plataformas como infraestrutura que permite práticas colaborativas em altos graus de padronização, automação e adaptabilidade (FEHRER; WORATSCHEK; BRODIE, 2018) estão intimamente alinhadas com o cerne desta pesquisa que busca operacionalizar a personalização em massa na Indústria por meio de um modelo de negócio apoiado por plataforma.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos referem-se à maneira como os problemas são abordados e como as soluções são buscadas. Ou seja, como a pesquisa é conduzida para a consecução dos seus objetivos. As suposições, interesses e propósitos moldam a escolha do método (TAYLOR; BOGDAN, 1997).

Neste capítulo são informados os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento desta tese. As próximas subseções tratam da visão de mundo que orienta a pesquisa, seguida do seu delineamento e dos procedimentos metodológicos para coleta e análise dos dados.

3.1. Visão de mundo

As origens do *Design Science Research* remontam à década de 1960 e estão atreladas aos estudos de Herbert Simon que buscavam estabelecer distinções entre a ciência do *design* (*Design Science*) e as ciências naturais. Para Simon (1969), autor de *The Sciences of the Artificial*, o *design* é um método científico destinado a criar novas formas, novos artefatos ou, de maneira geral, novos conhecimentos. Ou seja, enquanto as ciências naturais lidam com a análise de uma realidade existente, a ciência do *design* (*Design Science*) tem em seu cerne a transformação dessa realidade (JOHANSSON-SKÖLDBERG; WOODILLA; ÇETINKAYA, 2013; ELSBACH; STIGLIANI, 2018; PEREIRA; MENEGALI; FIALHO, 2022).

Considerando essa perspectiva, é possível considerar dois tipos de pesquisa: o primeiro reflete uma tradição científica clássica, em que pesquisadores se concentram em construir e testar teorias, ou buscam obter uma compreensão profunda dos fenômenos que são seu foco usando vários tipos de generalizações e abstrações por eles criadas. No segundo tipo as pesquisas são concentradas na construção de algum tipo de artefato que acreditam ser úteis para uma comunidade de interessados e determinada realidade (WEBER, 2018). Neste último caso, as pesquisas são voltadas à resolução de problemas reais e interferência em uma realidade específica, os quais não são suficientemente sustentados pelo paradigma das ciências naturais e sociais (VAN AKEN, 2004; ROMME, 2003; DRESCH, 2013).

3.2 Delineamento da pesquisa

Grande parte das pesquisas na área de gestão são desenvolvidas a partir de uma perspectiva exploratória, descritiva e explicativa, para avançar o conhecimento em determinada área, possibilitando a construção de teorias que descrevem, explicam e predizem uma determinada realidade, fenômeno e/ou processos organizacionais (LACERDA *et al.*, 2013).

Complementarmente, a *Design Science* e o *Design Science Research* (DSR) podem ampliar essa perspectiva ao induzir pesquisas para desenvolver artefatos que tragam soluções satisfatórias para problemas reais, contribuindo para a produção de conhecimento relevante tanto para as organizações quanto para a sociedade.

Logo, a missão da *Design Science* é “a busca por melhorar a condição humana desenvolvendo conhecimento para resolver problemas de campo, ou seja, situações problemáticas na realidade” (DENYER, 2008, p. 3).

Design Science Research (DSR) é um paradigma de resolução de problemas que busca melhorar o conhecimento humano por meio da criação de artefatos inovadores. Ele envolve a criação de soluções práticas para problemas, ao mesmo tempo em que contribui para a compreensão teórica de por que essas soluções funcionam e como afetam o ambiente em que são aplicadas. O DSR combina a prática de *design* com a criação de teorias de *design* para aprimorar tanto a tecnologia quanto o conhecimento científico (VOM BROCKE; HEVNER; MAEDCHE, 2020).

O DSR, então, gera conhecimento científico sobre um problema criando e avaliando um artefato por meio de trabalho empírico.

Um artefato pode incluir, mas não se limita a, construtos, modelos, métodos e instanciações (MARCH; SMITH, 1995), bem como estruturas, arquiteturas, princípios de design e teorias de design (GREGOR; JONES, 2007; GREGOR; HEVNER, 2013).

Os artefatos incluem ferramentas para abordar os desafios organizacionais e de inovação (PEFFERS *et al.*, 2007). Em geral, os artefatos podem ser qualquer tipo de construto, modelo ou método (HEVNER *et al.*, 2004). Weber (2018) os descreve a seguir no quadro 10:

Quadro 10. Tipos de artefatos e definições

Tipo de artefato	Definição
Construtos	São objetos ou elementos conceituais que os pesquisadores criam como meio de descrever e representar algum tipo de fenômeno no mundo, como classes de coisas (por exemplo, negócios), subclasses de coisas (por exemplo, pequenas empresas), componentes das coisas (por exemplo, funcionários de uma empresa), propriedades das coisas (por exemplo, o nível de lucratividade das empresas), estados das coisas (por exemplo, uma empresa é líquida ou falida), eventos que ocorrem às coisas (por exemplo, uma empresa faz uma venda) e aos processos pelos quais as coisas passam (por exemplo, uma empresa recebe, preenche e despacha um pedido). Formam o vocabulário de um domínio, denominando os termos usados para descrever e especificar as possíveis soluções.
Modelos	São objetos ou elementos conceituais que compreendem construções e associações entre essas construções como uma forma de descrever e representar algum subconjunto de fenômenos do mundo real. Em outras palavras, é o conjunto de proposições que expressam as relações entre os diversos conceitos de um domínio. Um modelo também pode ser considerado uma descrição ou representação de como as coisas são. Um modelo precisa sempre capturar a estrutura da realidade para ser uma representação útil.
Método	É um conjunto de ações (as ações geralmente são ordenadas) que é usado para alcançar algum resultado (um produto ou serviço). Métodos baseiam-se em um conjunto de constructos subjacentes (linguagem) e uma representação (modelo) em um espaço de solução. Os métodos podem ser ligados aos modelos, nos quais as etapas do método podem utilizar partes do modelo como uma entrada que o compõe.
Instanciações	São sistemas de <i>hardware/software</i> que os pesquisadores produzem usando algum método para implementar uma construção ou modelo. Ou melhor dizendo, São artefatos que operacionalizam outros artefatos (constructos, modelos e métodos). Demonstam a viabilidade e a eficácia dos modelos e métodos que elas contemplam.

Fonte: Dresch, Lacerda e Júnior (2015); Weber (2018, pp.269-270)

O atual desenvolvimento da Indústria 5.0 é um problema de campo pertinente que requer novos recursos, ferramentas e metodologias que permita à Indústria evoluir para permanecer competitiva; logo, considera-se que o DSR representa um método adequado para avançar nas discussões dessa nova abordagem paradigmática para indústria propondo um artefato representado na forma de modelo conceitual para a Indústria 5.0, que possibilite a incorporação de seus valores centrais (sustentabilidade corporativa, resiliência organizacional, centralidade no ser humano, colaboração homem-máquina), sustentado por um modelo de negócio por plataforma, permitindo a personalização em massa na indústria.

O DSR fornece um processo metametodológico, dentro do qual várias outras técnicas de pesquisa são implantadas (COLLATTO *et al.*, 2018). Esta pesquisa utilizará o *Design Science Research Methodology* (DSRM), com as etapas propostas por Peffers *et al.* (2007) e as fases, entre parênteses, sugeridas por Weber (2018), conforme abaixo:

- a) identificação do problema e sua motivação (relevância);
- b) definição dos objetivos para a solução (relevância);
- c) projeto e desenvolvimento (desenvolvimento);
- d) demonstração (rigor);
- e) avaliação (rigor);
- f) comunicação (rigor).

O processo de DSR, também, pode ser visualizado na Fig. 12 e explicado mais detalhadamente nos parágrafos a seguir.

Figura 12. Etapas do DSR que constituem o estudo



Fonte: O autor (2023) com base em Peffers *et al.* (2007) e Weber (2018)

A figura acima é elucidativa dos procedimentos que compõem o método DSR a ser utilizado neste estudo. As etapas 1 e 2 fazem parte da fase de relevância do estudo, em que o projeto é avaliado com relação à factibilidade, viabilidade, originalidade e o seu potencial para resolução de determinado problema real. A conclusão das etapas 1 e 2, portanto, é requisito mínimo e credenciou este projeto a ser avaliado por uma banca de qualificação de tese de doutorado (ocorrida em 22/07/2022). A etapa 3, por sua vez, faz parte da fase de desenvolvimento, é o momento em que o artefato (neste caso o modelo conceitual), que vai servir de solução para o problema, é desenvolvido, alicerçado pelo conhecimento gerado nas etapas anteriores. As etapas 4, 5 e 6 representam as fases de rigor metodológico. Nessas fases o artefato é avaliado por especialistas e pela academia, quanto à sua consistência, utilidade e praticidade. Nas subseções seguintes, cada uma das etapas citadas será melhor evidenciada.

3.2.1 Etapas do DSR

As etapas do método *Design Science Research* empregado neste projeto são descritas abaixo:

a) *Identificação do problema e motivação*

Esta atividade define o problema de pesquisa específico e justifica o valor de uma solução. Os recursos necessários para esta atividade incluem o conhecimento do estado do problema e a importância de sua solução (VOM BROCKE; HEVNER; MAEDCHE, 2020). O processo de pesquisa iniciou com a definição do problema com base em levantamento bibliográfico realizado por meio de uma revisão de literatura do tipo escopo (*scoping review*) que buscou investigar e sumarizar o atual estado do conhecimento sobre Indústria 5.0 realizada nas bases de dados *Scopus*, *Web of Science*, *Scielo* e *Spell* e nas principais revistas de negócios e gestão do Brasil, além, dos anais do EnANPAD; nestes últimos dois casos, para retratar o contexto brasileiro.

A utilização da revisão de escopo se justifica pela necessidade de explorar os principais conceitos da Indústria 5.0, averiguando a dimensão, o alcance e a natureza do campo, apontando as lacunas de pesquisas existentes (ARKSEY; O'MALLEY, 2005). Ademais, as revisões de escopo são úteis para examinar evidências emergentes quando ainda não está claro quais outras questões mais específicas podem ser colocadas para síntese (PETERS, *et al.*, 2020). Em síntese, as revisões de escopo são adequadas nos casos em que um tema ou corpo de conhecimento é novo ou em construção ou pouco evidenciado pela literatura, como é o caso da Indústria 5.0.

Para a elaboração da revisão foram consideradas as diretrizes propostas por Arksey e O'Malley (2005) e ampliadas por Levac e colegas (2010). Os procedimentos metodológicos utilizados são descritos no quadro 11.

Quadro 11. Procedimentos metodológicos

Etapas da Scoping Review propostas por Arksey e O'Malley (2005)	Definição de Arksey e O'Malley (2005); Levac, et. al. (2010); Peters, et. al., 2020)	Etapas concretizadas no presente estudo
Etapa 1: Identificação da questão de pesquisa / definição do objetivo do estudo	Etapa que visa alinhar, esclarecer e vincular o objetivo à questão da pesquisa. A questão de pesquisa na revisão de escopo deve ser claramente definida já que desempenha um papel significante nas etapas subsequentes.	Qual o atual estado do campo de pesquisa sobre a Indústria 5.0? Investigar e sumarizar o atual estado do campo de pesquisa sobre Indústria 5.0
Etapa 2: identificação dos estudos relevantes	Esta etapa envolve a identificação dos estudos relevantes e o plano de onde procurar, quais termos, quais fontes de pesquisa, intervalo de tempo e língua. Busca-se equilibrar a	Nesta etapa definiu-se a estratégia de busca para o presente estudo a partir da <i>string TITLE ("industry 5.0") AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE, "re"))</i>

	viabilidade com amplitude e abrangência do processo de definição do escopo. Importante desenvolver e alinhar os critérios de inclusão com o objetivo e pergunta de pesquisa.	nas bases de dados <i>Scopus</i> , <i>Web of Science</i> , <i>Scielo</i> e <i>Spell</i> . Não houve delimitação temporal. Para retratar o contexto brasileiro, foi feito levantamento nas principais revistas de negócios e gestão do Brasil, além dos anais do EnANPAD (ver tabela 1). A busca foi restrita a artigos e revisões na língua inglesa e portuguesa. A quantidade de publicações obtidas nesta etapa está listada na tabela 02
Etapa 3: seleção dos estudos	A seleção de estudos não é linear, mas sim um processo iterativo que envolve pesquisar a literatura, refinar a estratégia de pesquisa e revisar artigos para inclusão no estudo. Descrever a abordagem planejada para pesquisa de evidências, seleção, extração de dados e apresentação das evidências.	Nesta etapa foram lidos os resumos, palavras-chave e títulos das publicações, organizando relacionando e identificando os estudos selecionados. A quantidade de publicações obtidas nesta etapa está listada na tabela 02
Etapa 4: mapeamento dos dados	Um formulário/planilha de dados é desenvolvido e usado para extrair dados de cada estudo. Pode ser adotado um método "analítico descritivo" para extrair informações contextuais ou orientadas ao processo de cada estudo.	Após a seleção dos artigos mais adequados ao objetivo da pesquisa, os principais dados desses estudos foram retirados e indexados em uma matriz de síntese (GARRARD, 2011).
Etapa 5: agrupamento, sumarização e relato dos resultados	Identifica-se as implicações dos resultados do estudo para políticas, práticas ou pesquisas. Selecionando a evidência. Uma estrutura analítica ou construção temática é usada para fornecer uma visão geral da amplitude da literatura.	Nesta etapa foi realizada a análise do conjunto de publicações selecionadas nas etapas anteriores por meio da análise temática de Braun e Clarke (2006) e visualização de similaridades, utilizando-se a ferramenta <i>Vosviewer</i> . O uso dessas técnicas possibilitou que os temas fossem identificados, codificados e agrupados durante o processo de leitura e análise dos artigos.

Fonte: Arksey e O'Malley (2005); Levac, *et al.* (2010); Peters, *et al.*, 2020; Pereira *et al.*, 2021)

Os resultados obtidos nessa etapa são expostos na tabela 02.

Tabela 02. Levantamento bibliográfico realizado

Base de dados	Número de artigos
<i>Scopus</i>	51
<i>Web of Science</i>	(+) 34
<i>Scielo</i>	(+) 01
<i>Spell</i>	-
<i>Artigos nacionais*</i>	-
Duplicados	(-) 33
Rejeitados	(-) 02
Total	= 51

Fonte: Autores da pesquisa (2023).

Ao final da revisão, foram consideradas 51 publicações que foram analisadas e compuseram o alicerce teórico dessa primeira etapa do estudo, caracterizando a Indústria 5.0 e os valores centrais que a definem (sustentabilidade, resiliência organizacional, centralidade no Ser Humano).

O levantamento bibliográfico inicial foi, particularmente, importante pois permitiu ampliar as premissas iniciais que se tinha sobre a Indústria 5.0. Da revisão realizada foi possível identificar uma perspectiva adicional de análise para a Indústria 5.0, ao considerar a colaboração homem-máquina como uma das dimensões a ser considerada. E apoiada nessa perspectiva, identificou-se a personalização em massa na indústria como um diferencial competitivo a ser tratado nessa nova revolução industrial e o foco da pesquisa que se apresenta nessa tese.

Ao considerar a personalização em massa como foco do estudo, fez-se um novo levantamento bibliográfico, que utilizou como método a revisão narrativa de busca sistematizada, utilizando como fontes de consulta as bases *Scopus* e *Web of Science*. O quadro abaixo sumariza os procedimentos adotados, e os resultados encontrados, para o levantamento bibliográfico sobre personalização em massa na indústria.

Quadro 12. Levantamento bibliográfico sobre personalização em massa na indústria

String de busca utilizada	Base científica consultada	Resultados
“mass personalization” AND “industry”	<i>Scopus</i>	58
	<i>Web of Science</i>	36

Fonte: o autor (2023)

Não obstante ter sido definido que a personalização em massa é o fim a ser perquirido por esse estudo, há que se considerar o meio para que isso seja operacionalizado, é aí que entram as plataformas e/ou modelos de negócio baseado em plataformas.

Quadro 13. Levantamento bibliográfico realizado considerando a relação entre plataformas ou modelos de negócios baseados em plataformas e Indústria 5.0

String de busca utilizada	Base científica consultada	Resultados
("platforms" OR "platform-based business models") AND "industry 5.0"	Scopus	08
	Web of Science	06

Fonte: o autor (2023)

A opção por realizar revisões narrativas de literatura, utilizando busca sistematizada, foi para dar maior celeridade a esta etapa inicial da tese. Para propiciar maior aprofundamento sobre os temas, foram empreendidas, revisões integrativas de literatura que serão melhor detalhadas na seção de desenvolvimento do modelo.

A escolha por revisar os construtos representativos desta tese, separadamente, se deu pelo fato de ao aglutiná-los não trazia nenhum resultado. Tal fato é interessante para comprovar a originalidade da pesquisa, embora inviabilizasse o aporte teórico necessário para essa primeira etapa do DSR. A figura 13 sumariza todo o processo de levantamento bibliográfico que alicerçou a etapa de definição do problema e motivação.

Figura 13. Etapa de levantamento bibliográfico para identificação do problema de pesquisa



Fonte: o autor (2023)

b) Definição dos objetivos para a solução;

Os objetivos podem ser inferidos a partir da definição do problema e do conhecimento do que é possível e viável. Os objetivos devem ser inferidos racionalmente a partir da especificação do problema. (VOM BROCKE; HEVNER; MAEDCHE, 2020).

Em outras palavras, os objetivos se transformam em ações a serem operacionalizadas para a resolução do problema identificado.

O objetivo geral do presente trabalho é propor um artefato representado na forma de modelo conceitual para a Indústria 5.0, que possibilite a incorporação de seus valores centrais (sustentabilidade corporativa, resiliência organizacional, centralidade no ser humano, colaboração humano-máquina), sustentado por um modelo de negócio por plataforma, permitindo a personalização em massa na indústria. Os objetivos específicos da tese estão representados na figura 14.

Figura 14. Objetivos específicos da tese



Fonte: o autor (2023)

c) Projeto e desenvolvimento

Esta etapa inclui determinar a funcionalidade desejada do artefato e sua arquitetura, para a resolução de um problema real (PEFFERS *et al.*, 2007; VOM BROCKE; HEVNER; MAEDCHE, 2020). Os recursos necessários para passar de objetivos para o projeto e desenvolvimento incluem conhecimento da teoria que pode ser usada na solução (PEFFERS *et al.*, 2007). Em outras palavras, a materialização do projeto é a construção do artefato com base no conhecimento adquirido nas etapas anteriores (definição do problema e sugestão para sua resolução).

A partir do levantamento bibliográfico realizado na etapa de identificação do problema, constatou-se que há uma oportunidade para a Indústria, que é a personalização em massa. As tecnologias atuais possibilitam o processo de personalização de forma acessível aos consumidores da indústria. O desafio está na operacionalização do processo de personalização, o qual se insere no escopo desta tese.

A concepção do modelo conceitual para a Indústria 5.0, sustentado por um modelo de negócio baseado em plataforma, que permita a personalização em massa na indústria levou em conta alguns questionamentos orientadores, quais sejam:

- 1) Que tecnologias são necessárias para operacionalizar a personalização em massa na indústria?
- 2) Que atores estarão envolvidos nesse processo de personalização em massa?
- 3) Como se dará a relação entre os atores na personalização? Como se dará a troca de conhecimento nesse processo? Como se constroem os relacionamentos entre os atores no processo de personalização?
- 4) Como acontecerá a criação, oferta e captura de valor no processo de personalização em massa na indústria?
- 5) Como incorporar o modelo de negócio por plataforma na indústria?
- 6) A personalização em massa na indústria poderá ser considerada como um novo modelo de negócio?

d) Demonstração e avaliação

A demonstração envolve o uso do artefato por meio de experimentação, simulação, estudo de caso, prova ou outra atividade apropriada (VOM BROCKE; HEVNER; MAEDCHE, 2020). A avaliação, por sua vez, mede quão bem o artefato suporta uma solução para o problema. Essa atividade envolve a comparação dos objetivos com os resultados reais observados do uso do artefato no contexto. Dependendo da natureza do local do problema e do artefato, a avaliação pode assumir muitas formas. No final dessa atividade, os pesquisadores podem decidir se devem repetir a etapa de desenvolvimento/projeto para tentar melhorar a eficácia do artefato ou continuar a comunicação e deixar melhorias adicionais para projetos subsequentes (VOM BROCKE; HEVNER; MAEDCHE, 2020)

Hevner *et al* (2004) identificam a avaliação como crucial. A utilidade, qualidade e eficácia de um artefato devem ser rigorosamente demonstradas por meio de métodos de avaliação bem executados. A avaliação fornece evidências de que uma nova tecnologia desenvolvida em DSR “funciona” ou atinge o propósito para o qual foi projetada. A avaliação pode tomar formas variadas, dependendo da natureza do problema e do tipo de artefato criado. Por exemplo, uma comparação da funcionalidade do artefato com os

objetivos da solução definidos na etapa 2, resultados de pesquisas de satisfação, *feedback* de clientes ou outras simulações, ou seja, qualquer evidência empírica apropriada ou prova lógica. A avaliação pode ser feita no formato observacional, analítico, experimental, testagem ou de forma descritiva (HEVNER; MARCH; PARK, 2004; PEFFERS *et al.*, 2007).

Na etapa de demonstração e avaliação desta pesquisa foi utilizada a técnica de análise da percepção sobre a viabilidade do modelo formulado, com agentes de avaliação. Foram consultados agentes humanos e sistemas de Inteligência Artificial generativa. Na presente tese, para a demonstração e avaliação do modelo conceitual proposto, foram consultados agentes humanos, de uma amostra intencional representativa da Academia e do Mercado (especialistas de instituições de referência na área de Transformação Digital; Indústria 4.0 e 5.0; customização e personalização em massa na indústria) e, como agentes de Inteligência Artificial, dois sistemas de IA generativa, ChatGPT® da OpenAI e Claude® da Anthropic.

A avaliação do artefato permite ao pesquisador decidir se avança para a etapa de conclusão e comunicação dos resultados, deixando as melhorias para próximos projetos ou se retorna à atividade de projeto e desenvolvimento para melhorar a efetividade do artefato. A natureza da pesquisa também determina se essa iteração é possível (PEFFERS *et al.*, 2007).

e) Comunicação.

Nesta etapa todos os aspectos do problema e o artefato projetado são comunicados às partes interessadas. As formas adequadas de comunicação são empregadas, dependendo dos objetivos da pesquisa e do público, assim como dos profissionais praticantes (VOM BROCKE; HEVNER; MAEDCHE, 2020).

Os resultados desta pesquisa, após averiguação do seu rigor científico em banca de qualificação de projeto de tese e posterior defesa do trabalho final, serão revertidos em artigos científicos que serão publicados em revistas nacionais e internacionais e publicações dirigidas a profissionais da indústria, assim como participação em congressos, *webinars*, podcasts ou cursos sobre Indústria 5.0, modelos de negócio baseado em plataformas e personalização em massa.

4. O DESENVOLVIMENTO DO MODELO

O presente capítulo e os seguintes complementam o conjunto de ações metodológicas dispostas no método DSR, proposto por Peffers *et al.* (2007), qual seja, o desenvolvimento do artefato, a sua demonstração e avaliação, culminando com a comunicação dos resultados.

Faz-se necessário, neste momento, revisitar o objetivo geral perquirido por essa tese, que é a proposição de um modelo conceitual para personalização em massa na Indústria 5.0, apoiado por um modelo de negócio baseado em plataforma.

E ainda, importante mencionar que os modelos conceituais são representações abstratas de determinado assunto utilizado para apoiar a comunicação e a compreensão compartilhada do domínio entre as partes interessadas. Um modelo conceitual apresenta as seguintes características:

- a) *São Representações Abstratas*: Isso significa que os modelos conceituais não são representações exatas da realidade, mas sim simplificações abstratas que ajudam a descrever e entender um determinado assunto ou domínio. Eles não detalham todos os aspectos do assunto, mas destacam aspectos importantes.
- b) *Serve de apoio à Comunicação e Compreensão Compartilhada*: Os modelos conceituais têm a finalidade principal de facilitar a comunicação e a compreensão mútua entre as partes envolvidas em um projeto ou campo de estudo. Eles servem como uma linguagem comum que os *stakeholders* podem utilizar para discutir e compreender um tópico complexo.
- c) *São dotados de componentes visuais e textuais*: Um modelo conceitual é composto por elementos visuais, como gráficos e símbolos, além de texto descritivo. Esses elementos visuais ajudam a representar visualmente as ideias e conceitos, tornando mais fácil para as pessoas entenderem e discutirem o assunto.
- d) *São abstrações de um domínio*: O modelo conceitual descreve uma conceitualização do domínio, ou seja, uma representação simplificada e abstrata de um determinado campo de conhecimento ou área de estudo. Ele não tenta capturar todos os detalhes, mas sim os principais conceitos e relacionamentos relevantes.
- e) *São utilizados na pesquisa científica*: Na ciência, os modelos conceituais são valiosos para orientar a pesquisa. Eles fornecem uma representação visual das variáveis e relações teorizadas em um estudo, ajudando os pesquisadores a planejar e conduzir suas investigações.

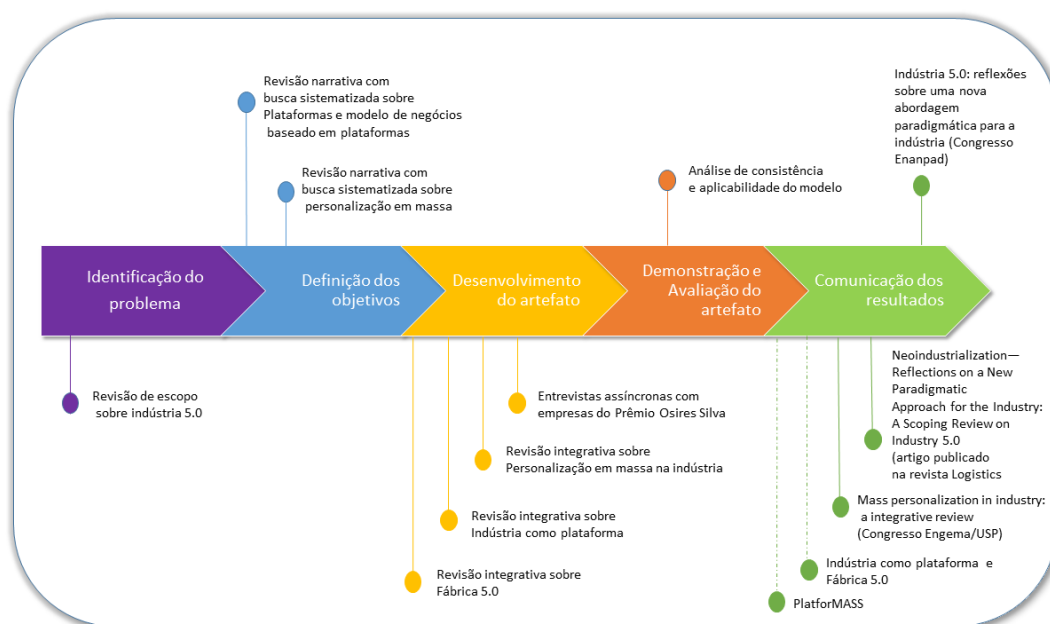
f) *Propiciam o aprendizado do domínio*: Outras partes interessadas, como futuros usuários de sistemas, arquitetos de sistemas e líderes de projetos, podem adquirir conhecimento sobre o domínio ao estudar e interpretar os modelos desenvolvidos por analistas. Esses modelos servem como uma ferramenta educacional, permitindo que as partes interessadas entendam melhor o assunto em questão (BERA; SOFFER; PARSONS, 2019; BERA; POELS, 2019). Ou seja, os modelos conceituais são ferramentas essenciais para simplificar e comunicar conceitos complexos, facilitando a colaboração e o entendimento mútuo entre diferentes partes interessadas em uma variedade de contextos.

4.1. O Fluxo de desenvolvimento do modelo proposto

O fluxo de desenvolvimento do modelo proposto pode ser melhor entendido na figura 16.

O desenvolvimento do modelo leva em consideração um conjunto de dados que foram coletados em diferentes momentos. Por exemplo, a figura 15 expõe as etapas que foram seguidas para a consecução do objetivo proposto, que é o desenvolvimento de um modelo conceitual para personalização em massa na Indústria 5.0, apoiado por um modelo de negócio baseado em plataforma. Essas etapas mencionadas representam o fluxo de desenvolvimento do modelo que seguem as etapas do DSR proposto por Peffers *et al.* (2007).

Figura 15. Delineamento da pesquisa conforme as etapas do DSR



Fonte: o autor (2023) com base em Peffers *et al.* (2007)

Figura 16. Etapas de desenvolvimento da tese



Fonte: o autor (2023)

No que se refere à operacionalização da tese, foram realizadas 12 atividades conforme figura 16. Ademais, este trabalho foi dividido em três módulos de modo a tornar distinguíveis cada uma dessas atividades e relacioná-las às etapas do DSR e o momento da tese.

Figura 17. Etapas relacionadas ao desenvolvimento da tese (Módulo1)



Fonte: o autor (2023)

As atividades numeradas de 1 a 5 se relacionam com as etapas 1 e 2 do DSR (identificação do problema e motivação e definição dos objetivos, respectivamente). As tarefas que caracterizam o módulo 1, compreendem a fase de factibilidade e viabilidade deste projeto de tese que utiliza como método o DSR.

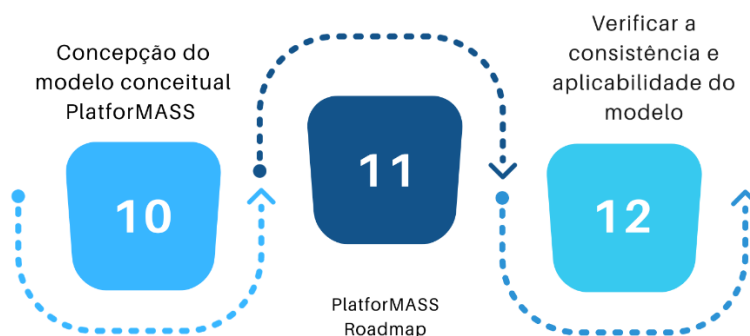
Figura 18. Etapas relacionadas ao desenvolvimento da tese (Módulo2)



Fonte: o autor (2023)

A figura 18, por sua vez, traz as tarefas que foram realizadas para subsidiar a construção/desenvolvimento do modelo conceitual, que equivale à etapa 3 do DSR, assim identificada. Detalhes sobre as coletas de dados e a operacionalização dessa etapa serão dispostos na subseção, a seguir.

Figura 19. Etapas relacionadas ao desenvolvimento da tese (Módulo3)



Fonte: ao autor (2023)

As últimas três atividades, dispostas na figura 19, correspondem à operacionalização do modelo conceitual PlatforMASS e o Roadmap para sua efetivação pela Indústria, além de sua etapa de validação, em relação à consistência e aplicabilidade do modelo.

4.2. A coleta de dados para desenvolvimento do modelo

Conforme demonstrado nas figuras 15 a 19, a coleta de dados para subsidiar a construção do modelo ocorreu da seguinte maneira:

a) *Coleta de dados por meio de levantamento bibliográfico (etapa 1 e 2 do DSR):* Para compor esta etapa foi realizada uma revisão de escopo sobre Indústria 5.0, intitulada “*Indústria 5.0: reflexões sobre uma nova abordagem paradigmática para a indústria*”, publicada nos Anais do Enanpad 2022 (Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação em Administração) e escolhida entre os melhores trabalhos da área de logística, gestão e operações para compor uma edição especial, do *Journal Logistics* (ISSN 2305-6290), Fator de impacto 3.8, Q1 (*Management Information Systems*) indexada nas bases *Scopus* e *Web of Science*, intitulada *Emerging Challenges and Opportunities of Value Creation in Operations Management and Supply Chain Management: Best Papers from SIMPOI* and ENANPAD** 2022*, publicada em 24/07/2023, com o título “*Neoindustrialization—Reflections on a New Paradigmatic*

Approach for the Industry: A Scoping Review on Industry 5.0". Outras duas revisões narrativas com busca sistematizada, sobre personalização em massa e plataformas/modelos de negócio baseado em plataformas, foram operacionalizadas para fomentar os dados necessários para compor o referencial teórico do projeto de tese que foi apresentado em banca de qualificação em 22/07/2022.

Esses dados bibliográficos subsidiaram as etapas 1 e 2 do DSR (identificação do problema e motivação e definição dos objetivos, respectivamente) e foram essenciais para identificação da lacuna de pesquisa e sugestão do melhor artefato (modelo conceitual) para resolução do problema identificado.

b) Coleta de dados por meio de entrevistas assíncronas (etapa 3 do DSR): o procedimento de coleta de dados coletados, nesta etapa, ocorreu por meio de entrevistas assíncronas (o apêndice C traz a caracterização do que é uma entrevista assíncrona) (MERRIAM; TISDELL, 2015), considerando uma amostra intencional de respondentes, de empresas participantes do prêmio Ozires Silva. O roteiro que guiou as entrevistas está anexo no apêndice C deste documento.

c) Coleta de dados por meio de revisões integrativas da literatura sobre os títulos personalização em massa na indústria 5.0, Indústria como plataforma e Fábrica 5.0.

Optou-se por empreender revisões integrativas de literatura sobre personalização em massa e modelos de negócio baseado em plataforma/plataformas industriais como forma de aprofundar o referencial teórico preliminar. O detalhamento dos procedimentos de coleta e análise dos resultados desta etapa, assim como da coleta por meio de entrevistas assíncronas, será exibido nas próximas subseções deste capítulo.

4.3. Um panorama sobre a personalização em massa na Indústria: entrevistas com as empresas participantes do Prêmio Ozires Silva

Preliminarmente, importante fazer uma contextualização sumária do Prêmio Ozires Silva promovido pelo Movimento Brasil Digital para Todos, que tem como propósito “Consolidar os fundamentos que habilitem o Brasil a exercer o Protagonismo na Inovação e Transformação Digital Global, juntamente com os países líderes no tema, por meio de uma jornada que potencialize o ciclo virtuoso do empoderamento e da produtividade da pessoa, da competitividade do negócio, da efetividade do governo, do fomento da Economia, e da construção da sociedade com qualidade de vida, inclusão e sustentabilidade: econômica, social e ambiental”.

No contexto da Indústria 5.0, a personalização em massa emerge como um conceito fundamental, permitindo uma resposta ágil e adaptável às necessidades individualizadas dos clientes (AHELEROFF; HUANG; XU; ZHONG, 2022). O presente estudo, explora a intersecção entre a personalização em massa e o modelo de negócio baseado em plataforma, propondo um modelo conceitual que pode ser implementado em contextos industriais diversos.

Esta etapa do trabalho foi compreendida por meio da aplicação de entrevistas assíncronas (MERRIAM; TISDELL, 2015) (vide Apêndice C), onde se buscou compreender como as empresas estão abordando a personalização em massa e quais estratégias estão sendo utilizadas para alcançá-la. As perspectivas e *insights*, resultados desta etapa, são fundamentais para a compreensão do panorama atual e para a identificação de oportunidades de melhoria nesse contexto, além de servir de base para o desenvolvimento do modelo conceitual.

Quadro 14. Perfil das empresas respondentes

Identificação da empresa	Sector da indústria	Número de colaboradores	Posição de mercado
A	TIC	105	Entre as líderes nacionais
B	Saúde	7000	Um dos líderes em São Paulo
C	Educação	250	Nota 5 no MEC
D	Financeiro	86.000	Uma das Líderes
E	Serviços	20	N/A
F	Farmacêutico	1.200	N/A
G	Agroegócios	6	N/A
H	Gestão de processos industriais	1	Líder no Brasil
I	Automação industrial	60	N/A
J	Manufatura Aditiva	2	Não sei dizer
L	Bens de capital.	48.000	Líder em algumas linhas.

Fonte: dados da pesquisa (2023)

As empresas participantes das entrevistas representam diversos segmentos da indústria, incluindo: TIC, saúde, educação, serviços, financeiro, agronegócio, farmacêutica, gestão de processos industriais, automação industrial, manufatura aditiva e bens de capital. O porte das empresas, por sua vez, também, varia, desde micro e pequenas empresas com menos de dez funcionários até médias e grandes com milhares de colaboradores e a maioria líderes no seu setor de atuação.

Os dados indicam que as empresas consultadas estão, ainda, em sua maioria, em estágio inicial de implementação da personalização em massa ou confundem personalização com customização. As métricas e planos de expansão futuros ainda são

incipientes. Para estas organizações, a personalização em massa é uma tendência crescente e importante para a competitividade, satisfação e fidelização dos clientes, apesar dos desafios a serem superados, especialmente em termos de mudanças e adequações em processos, pessoas e tecnologias.

As estratégias de personalização mais citadas envolvem uso de CRM (*Customer Relationship Management*), dados dos clientes, algoritmos preditivos e inteligência artificial. Percebe-se que a tecnologia é vista como fundamental. Entre as que estão sendo “utilizadas para a personalização” estão: BI (*Business Intelligence*): para análises e *insights* sobre clientes (empresa A); uso de algoritmos preditivos (por exemplo: detecção de *no show* em exames) (empresa B); automação de marketing para ações de marketing personalizado (empresa C), uso de APIs e integração para conectar diferentes sistemas (CRM, ERP, e-commerce) e obter visão única do cliente (empresa C); Impressão 3D e o atendimento consultivo aos clientes (empresa J).

O uso de plataformas digitais e aplicativos é outra estratégia observada para viabilizar personalização de serviços sob demanda, como no caso de uma farmacêutica (empresa F) que utiliza sistema próprio. Algumas empresas em estágio inicial estão focando em pesquisas, melhorias no atendimento e implementação de ferramentas de gestão de dados do cliente para dar os primeiros passos. Personalização de produtos e serviços no ato da entrega, como observado em alguns casos de manufatura, também foi mencionada como estratégia relevante. O consentimento do cliente sobre uso de dados e conformidade com LGPD foram citados como aspectos importantes para personalização ética e dentro da legislação.

No geral, fica claro que as empresas estão evoluindo aos poucos em termos de estratégia, partindo de iniciativas básicas de CRM e inteligência de negócio para uso mais sofisticado de tecnologia e modelos digitais. O foco, no momento, está em melhor uso de dados e tecnologias digitais para viabilizar a personalização, respeitando questões legais e de privacidade.

Os principais benefícios da personalização em massa relatados pelas empresas são: a) aumento da satisfação e fidelização de clientes, levando à experiências mais alinhadas com suas expectativas e preferências; b) crescimento de receita; c) maior assertividade, na oferta do produto/serviço certo, no momento certo, resultando em maior eficiência e menor esforço; d) ampliação do mercado: a personalização permite atingir novos nichos e públicos de forma segmentada; e) melhoria da imagem: a experiência

personalizada passa imagem de empresa focada no cliente; f) otimização de processos: produção e atendimento alinhados à demanda singular de cada cliente; g) competitividade: diferencial frente a concorrentes; h) lucratividade: personalização bem executada pode aumentar receitas a um custo menor. Logo, as empresas consultadas destacam os benefícios concentrados em satisfação do cliente e resultados de negócio decorrentes de ofertas e processos personalizados.

Por outro lado, os principais desafios mencionados para a implementação da personalização em massa são: a) integração de dados, visando unificar dados de diferentes fontes (CRM, ERP e outros sistemas) para obter visão 360° do cliente. Algumas empresas estão investindo em APIs e ferramentas de integração; b) adequação de processos: adaptação da operação para lidar com demandas personalizadas. Algumas empresas estão remodelando processos internos; c) recursos humanos: equipe capacitada para lidar com a complexidade da personalização. Solução passa por treinamento; d) conformidade legal: atender a LGPD no uso de dados pessoais. Empresas citaram obtenção de consentimento do cliente; e) custos: equilibrar custos de personalização com preços praticados. Soluções baseadas em tecnologia visam ganhos de eficiência; f) tecnologia: integrar diferentes soluções em arquitetura coerente. Parcerias com *startups* e construtores de plataforma; g) escala: desafio de fazer personalização rentável em escala; h) adoção pelo cliente: educar clientes sobre valor da personalização.

Em suma, os desafios residem na transformação de processos, pessoas, tecnologias e mentalidade necessária para viabilizar a personalização rentável em larga escala.

As empresas foram consultadas em relação aos seus planos de expandir as iniciativas de personalização em massa no futuro, e o farão da seguinte forma: a) aprimoramento de tecnologias como *machine learning* e inteligência artificial para recomendações e previsões ainda mais assertivas e individuais; b) aumento da automatização de processos por meio de *chatbots* e outros recursos, para escalar a personalização; c) integração ainda maior de plataformas e dados, para visão consolidada do cliente; d) oferta de novos produtos e serviços personalizáveis, como tamanhos e cores customizados; e) pesquisa contínua das necessidades dos clientes para identificar novas oportunidades de personalização; f) parcerias com *startups* e empresas de tecnologia especializadas em recursos de personalização; g) treinamento das equipes internas para lidar com os desafios de forma estruturada; h) educação do mercado sobre o valor da

personalização, por meio de conteúdos e demonstrações; i) definição de métricas e modelos de negócio adequados para expandir a personalização de forma sustentável.

Portanto, o foco está em aprimorar continuamente a combinação de estratégia, tecnologia e processos que sustentam as iniciativas de personalização em massa.

Alguns pontos merecem destaque em relação aos dados coletados:

- 1) Há uma grande dificuldade entre as empresas consultadas em definir/distinguir o que é a personalização em massa. Na maioria das vezes a personalização é confundida com a customização;
- 2) Os benefícios da personalização em massa são claros pelas empresas entrevistadas, ao trazer satisfação e fidelizar os clientes, aumento de receita e otimização de processos. Embora em estágio inicial, o potencial é identificado em diversos setores;
- 3) A Indústria 5.0, com suas tecnologias habilitadoras como internet industrial das coisas, inteligência artificial, gêmeos digitais e fabricação aditiva, oferece o ambiente adequado para produção personalizada e sob demanda;
- 4) Os modelos tradicionais de fabricação em massa não conseguem mais atender às demandas por personalização, frente a consumidores que esperam experiências únicas e inovadoras. As plataformas digitais são essenciais para orquestrar essa complexidade;
- 5) A conectividade em tempo real e análise de *big data* viabilizam *insights* profundos sobre preferências individuais, permitindo a personalização em escala;
- 6) Ao integrar essas tecnologias em arquiteturas coerentes, associadas a processos ágeis e profissionais capacitados, chega-se a um modelo conceitual escalável e sustentável;
- 7) Com *blockchain* e IA, a personalização considerará as questões relacionadas à privacidade e ética ao lidar com dados sensíveis dos clientes;
- 8) As plataformas digitais são cruciais para coordenar ecossistemas envolvendo empresas, fornecedores e clientes em uma cadeia de valor personalizada;
- 9) Entretanto, há desafios que residem na transformação de processos, pessoas, tecnologias e mentalidade necessária para viabilizar a personalização rentável em larga escala.

A próxima subseção avança nas considerações sobre personalização em massa, tendo como aporte teórico os valores centrais da Indústria 5.0.

4.4. A Personalização em massa na Indústria 5.0

No cenário industrial contemporâneo, a busca incessante por diferencial competitivo e a crescente demanda dos consumidores por produtos e serviços personalizados têm moldado a maneira como as empresas concebem e fabricam seus produtos (ZHANG; MING; BAO, 2022; SAJADIEH; SON; NOH, 2022).

A personalização é uma estratégia de diferenciação aplicada pelos fabricantes para permanecerem distintos. É um conceito que representa a capacidade das empresas em oferecer com agilidade seus bens ou serviços personalizados, em grandes volumes, com custos similares aos produtos padronizados e disponibilizados por meio da produção em escala, adicionando valor por meio de uma experiência individualizada ao cliente/consumidor (TORN; VANEKER, 2019)

A Indústria 4.0, trouxe consigo promessas de flexibilidade na fabricação, melhor qualidade e aumento de produtividade. Esta revolução caracteriza-se pela integração de objetos inteligentes, que percebem, atuam e se comportam dentro de sistemas inteligentes ciberfísicos (CPS), possibilitando ecossistemas de fabricação impulsionados por sistemas autoconfiguráveis, auto vigilantes e auto reparadores (AHELEROFF; ZHONG; XU, 2020). Já a Indústria 5.0 clama para uma maior interação entre humanos e máquinas, permitindo uma nova era de personalização e resolução de problemas complexos (PEREIRA; DOS SANTOS, 2023). Impulsionada pela individualização como uma tendência e possibilitada pelo aumento da digitalização, a personalização em massa está se tornando uma realidade. Em meio a essa revolução, a personalização em massa emerge como um paradigma de produção centrado no cliente, procurando equilibrar custo, variedade e quantidade (SAJADIEH; SON; NOH, 2022).

Contudo, o caminho para sua efetivação é repleto de desafios. Adaptar-se a este novo paradigma requer sistemas de produção complexos e flexíveis, capazes de responder rapidamente às necessidades dinâmicas dos clientes (ZHANG; MING; BAO, 2022). Ademais, a integração do cliente no processo produtivo, compreendendo e considerando seus requisitos e definindo o grau de envolvimento no desenvolvimento do produto, é uma etapa crucial e desafiadora.

Este novo paradigma requer operações de fabricação responsivas e flexíveis para produzir produtos individualizados em lotes de tamanhos dinâmicos, em escala e de maneira econômica.

Para isso, os sistemas de fabricação devem responder oportunamente para atender às mudanças nas demandas e condições na fábrica, na rede de suprimentos e nas necessidades dos clientes. É necessário que um sistema de manufatura seja capaz de auto-otimizar operações de fabricação para obter uma produção flexível, autônoma e tolerante a erros no contexto da personalização em massa (QIN; LU, 2021; AHELEROFF; MOSTASHIRI; XU; ZHONG, 2021).

Os Produtos Personalizados em Massa (PPMs) são adaptados para atender aos requisitos e necessidades individuais dos clientes, gradualmente se tornam um dos principais modelos de negócio, bem como a competência central das empresas para estabilizar e expandir o mercado em que atuam (TORN; VANEKER, 2019).

As pesquisas sobre personalização em massa na indústria, por sua vez, têm variado de particularidades técnicas a perspectivas de processos de negócios, caracterizando o estado atual do campo como fragmentado e heterogêneo, indicando a necessidade de aprofundamentos sobre o tema. Logo, é essencial que se avance nas discussões para operacionalizar o processo de personalização em massa em âmbito industrial, o que será feito nas próximas subseções, a seguir.

4.4.1. Estratégias e modelos de personalização

A personalização em massa na indústria, em especial considerando o contexto das Indústrias 4.0 e 5.0, tem experimentado uma notável transição: de estratégias tradicionalmente centradas no produto para abordagens modernas orientadas ao consumidor. Esta evolução aproveita algumas tecnologias, citadas na subseção anterior, como a computação em nuvem, a internet das coisas e a manufatura aditiva (AHELEROFF; MOSTASHIRI; XU; ZHONG, 2021).

Essas tecnologias estão propiciando a mudança de paradigma para processos de produção descentralizados, por meio da simulação modular dos processos de manufatura, design de produtos, planejamento, engenharia, produção e serviços, sendo controlados de forma inteligente, interdependente e simultânea (SAJADIEH; SON; NOH, 2022).

As estratégias de personalização na indústria para serem bem-sucedidas devem considerar os atributos de demanda do cliente e os processos envolvidos na sua gestão. A demanda do cliente abrange desde a satisfação dos requisitos funcionais do produto até a experiência das necessidades do produto e as preocupações ecológicas (ZHANG *et al.*, 2019). Para atender a essas demandas, são necessários processos estruturados de

monitoramento, análise, otimização e gerenciamento de dados de demanda. O texto também sublinha a construção de ecossistemas de usuários como uma etapa crucial após a análise e otimização dos dados, promovendo uma compreensão mais profunda das necessidades dos clientes e fortalecendo o relacionamento entre empresa e consumidor (ZHANG *et al.*, 2019).

O sucesso das estratégias de personalização depende de vários fatores internos e externos, como a demanda dos clientes por personalização, a prontidão do mercado e da cadeia de valor, a disponibilidade de tecnologia, além da capacidade da empresa de traduzir as demandas dos clientes em novos produtos e serviços, nos quais a criação e o compartilhamento de conhecimento desempenham um papel fundamental ao traduzir as preferências e necessidades dos clientes em requisitos do produto. Além disso, o *feedback* dos clientes e escolhas anteriores podem ser usados pelas empresas para introduzir inovações e, também, fornecer orientações sobre a limitação ou expansão da variedade de produtos personalizados (HENTSCHKE; FORMOSO; ECHEVESTE, 2020).

As estratégias de personalização devem estar adequadas ao nível de personalização exigido pelo cliente; que, por sua vez, está relacionado à variedade de opções de personalização a serem oferecidas para satisfazer diferentes clientes (FOGLIATTO *et al.*, 2012; HENTSCHKE; FORMOSO; ECHEVESTE, 2020). No entanto, essa decisão precisa estar baseada na análise das compensações entre as capacidades da empresa e as demandas dos clientes. Ao fazer essa avaliação, a empresa definirá qual o paradigma de fabricação que utilizará, levando em conta que a personalização pode ocorrer em vários pontos da cadeia de valor, desde uma adaptação mínima do produto, de acordo com as especificações do cliente até a personalização completa definida na fase de projeto (KUMAR *et al.*, 2007; HENTSCHKE; FORMOSO; ECHEVESTE, 2020). Cada um desses pontos pode estar relacionado a um nível específico de padronização/customização/personalização, conforme mostrado no quadro 15. A diferenciação se dá pelo grau de envolvimento do cliente no processo de desenvolvimento de novos produtos.

Quadro 15. Níveis de personalização

Nível de personalização	Descrição
Padronização pura	Produto padronizado. Sem possibilidade de alteração. O cliente não exerce influência sobre o produto
Padronização Segmentada	Escolha limitada focada em elementos estéticos e/ou baseada em conhecimento agregado sobre os requisitos dos clientes.
Customização Padronizada	Equilíbrio entre custo, tempo de produção e opções, associado a práticas de postergação e modularização. O produto é modificado e configurado de acordo com uma lista de opções padrão.
Customização Personalizada	Alta variedade ou disponibilidade de escolha. O produto é fabricado combinando um conjunto de elementos de design padronizados.
Customização Pura	Escolha infinita, custos e tempo de produção relativamente altos.
Personalização modularizada/segmentada	Personalização combinando Módulos padronizados, Módulos customizados e Módulos personalizáveis. O produto é adaptado às preferências individuais do comprador até certo ponto, dependendo da capacidade de produção possível do fabricante
Personalização pura	Cliente participa de todo o processo de concepção do produto. Existe uma forte relação entre o fabricante e o cliente. O cliente está envolvido em todas as etapas da produção, incluindo o estágio de design de um novo produto, exercendo influência, muito forte, na forma final e na funcionalidade do produto. Nessa estratégia, os produtos são completamente individualizados, praticamente únicos.

Fonte: Adaptado de (BARLOW; OZAKI, 2003) e (HENTSCHKE *et. al.*, 2020)

O valor entregue pelos produtos personalizados em massa é impulsionado pelo ajuste entre estilo, funcionalidade e/ou utilidade, percebida pelos clientes, e a singularidade de determinado produto. Os clientes frequentemente estão dispostos a pagar mais para obter bens personalizados (HENTSCHKE; FORMOSO; ECHEVESTE, 2020). Ou seja, a disposição para pagar reflete o valor percebido no incremento de utilidade que eles obtêm de um produto que melhor se adapta às suas necessidades, em vez do melhor produto padrão disponível. (PILLER; MOESLEIN; STOTKO, 2004; HENTSCHKE; FORMOSO; ECHEVESTE, 2020)

Nessa perspectiva, Zhang e Ming (2023), propõem o modelo inteligente de sistema para personalização em massa (MMP) que inclui quatro dimensões: a cadeia de valor industrial, características básicas, evolução do processo de fabricação e tecnologia/métodos de inteligência. A primeira dimensão aborda a implementação do MMP, destacando quatro processos essenciais: demanda personalizada, produção flexível, experiência do cliente e colaboração em rede. Cada processo se desdobra em tarefas específicas, desde a análise das necessidades do cliente até a construção de plataformas de colaboração em rede. Já a dimensão das características básicas abrange elementos-chave do sistema em diferentes estágios de evolução, incluindo ampla escala,

personalização, flexibilidade, experiência, conectividade em rede, comunidade e inteligência. Cada elemento desempenha um papel específico em diferentes fases do processo de MMP, como fabricação, serviço e colaboração. A dimensão da evolução do processo de fabricação em MMP envolve a transição do modo de fabricação em massa, com produção em grande escala, para o modo de personalização em massa, com produção personalizada e flexível. Essa dimensão envolve a incorporação de elementos inteligentes, como conectividade em rede e tecnologias avançadas. A última dimensão do sistema inteligente em MMP fornece tecnologia e métodos para o sistema. A inteligência industrial é principalmente refletida na integração de inteligência computacional, inteligência perceptual, inteligência cognitiva e outros métodos e tecnologias em atividades industriais.

No que se refere aos modelos de personalização, um dos mais promissores é o "*Mass Personalization as a Service*" (MPaaS). Esse modelo, conforme delineado por Aheleroff, Mostashiri, Xu e Zhong (2021), capitaliza tecnologias, tais como Internet das Coisas, Manufatura Aditiva, *Big Data*, Manufatura em Nuvem, Gêmeo Digital e *Blockchain*, para atender requisitos únicos e complexos em uma escala sem precedentes.

O MPaaS proposto é impulsionado por uma arquitetura sofisticada e um modelo de negócios adequado sob o guarda-chuva da Indústria 4.0. Ele tem grande potencial para aproveitar ao máximo os recursos de design e fabricação pela Internet.

Ainda nessa linha de inovação, Zhang e Ming (2022) também introduziram a ideia de "*Personalização Preditiva com Gêmeos Digitais*", que emprega modelos digitais para prever e otimizar as necessidades de personalização. Esta abordagem, combinada com a estratégia de "Personalização em Massa Inteligente com *Big Data* e IA" proposta por Zhang *et al.* (2019), exemplifica como a análise de dados e a inteligência artificial estão sendo usadas para informar e aprimorar as decisões de personalização.

O campo também tem visto um crescimento nas estratégias colaborativas. Tan *et al.* (2020) descreveram a "Customização Colaborativa", uma estratégia que promove a cocriação entre consumidores e fabricantes, enquanto Zhang *et al.* (2019) exploraram os benefícios da "Fabricação Híbrida", uma técnica que combina diversas técnicas de produção para otimizar a produção personalizada. Outra abordagem notável é a "*Mass Individualisation*" (MI) apresentada por Sikhwal e Childs (2021), que integra *design* centrado no usuário com inovação em rede, usando plataformas abertas e módulos personalizáveis.

4.4.2. Tecnologias Habilitadoras da Personalização em Massa

A utilização das tecnologias mais adequadas para a personalização em massa é um dos principais desafios para operacionalizá-la. Há, no entanto, uma variedade de estudos, que indicam que o aporte tecnológico existente tem o potencial de atender à personalização na Indústria (AHELEROFF; ZHONG; XU, 2020).

A Fig. 20 ilustra algumas tecnologias sugeridas/necessárias para um processo de personalização em massa (AHELEROFF; ZHONG; XU, 2020). Por exemplo, a quinta e sextas gerações de redes celulares digitais (5G/6G), Inteligência Artificial (IA), juntamente com as tecnologias cruciais da Indústria 4.0 e 5.0, podem oferecer extração e previsão de recursos com base nos dados históricos dos clientes. Ao contrário dos processos convencionais de usinagem, fundição e forjamento, a Manufatura Aditiva (fazendas de impressão 3D) serão levadas a produtos personalizados a partir de um arquivo digital. Além disso, o *Digital Twin* tem o potencial de fazer uma réplica digital de características, aparências e funcionalidades desejadas, juntamente com processos e sistemas, ou seja, o DT constrói uma ponte entre o design personalizado e a fabricação (AHELEROFF; ZHONG; XU, 2020). Essas tecnologias são vistas como essenciais para coletar dados, entender as necessidades individuais dos clientes e produzir sob demanda em escala.

Aheleroff, Mostashiri, Xu e Zhong (2021) avançam nesse ponto ao exemplificar e indicar as tecnologias que se coadunam com o processo de personalização. Em um estudo de caso para a implementação da personalização em massa na fabricação de máscaras faciais sugerem que as tecnologias que tornaram factível o processo de personalização foram Internet das Coisas, Manufatura aditiva, *Big Data*, Manufatura em Nuvem, Gêmeos Digitais e *Blockchain*.

Os mesmos autores, de forma genérica, indicam as tecnologias que auxiliariam a personalização, nos seguintes termos:

Realidade Aumentada: Possibilita uma experiência inteligente ao cliente melhorando o engajamento e a personalização, ao mesmo tempo em que reduz custos. Pode influenciar uma experiência personalizada. Orientado por IA, com outras tecnologias em desenvolvimento, como IoT, *Big Data*, computação em nuvem e visão computacional, agregam valor significativo para visualizar a experiência dos clientes de um determinado produto personalizado antes de um produto real ser fabricado.

Big data: Considerando que as características e preferências dos indivíduos não são as mesmas, o *Big data* permitirá analisar os dados coletados, prever e responder às necessidades não expressas dos indivíduos resultando em uma resposta dinâmica à personalização em massa. Ademais, pode permitir ir além

do uso de coleta direta de requisitos para personalização e alavancar a rede global de coisas conectadas. *Big Data* e IoT juntos podem capacitar um volume considerável de dados para personalização em escala.

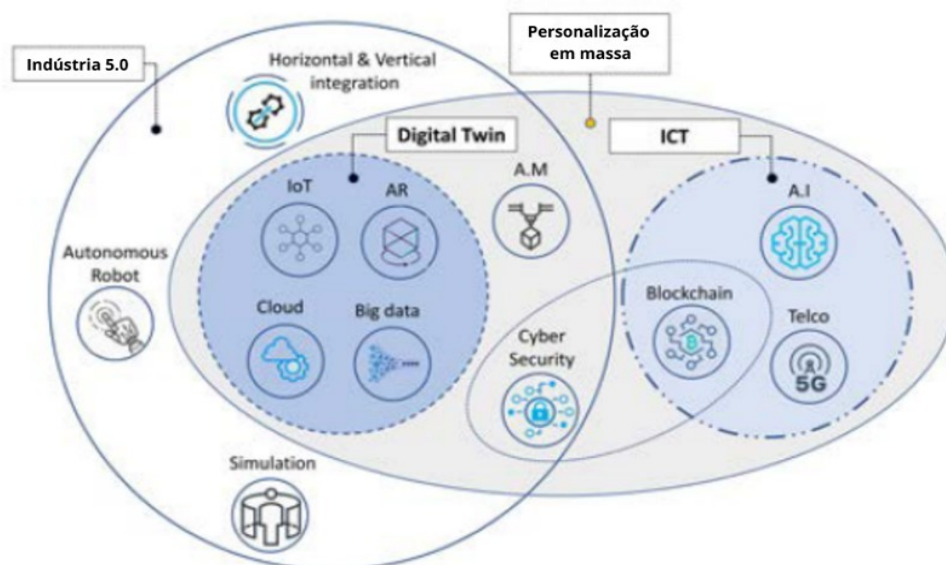
Blockchain: Fornece uma nova maneira de compartilhar dados de forma segura e descentralizada. Essa tecnologia permitirá a proteção dos dados dos clientes contra exclusão, adulteração e revisão em diferentes aspectos da produção que podem desempenhar um papel crucial na personalização escalável. Blockchain é uma tecnologia adequada para lidar com privacidade e rastreabilidade de dados, complementando outras tecnologias, como IoT, Sistemas Ciber Físicos e *Big Data*.

Manufatura em nuvem: É uma fabricação em rede e descentralizada que promove a manufatura para um modelo altamente colaborativo, inovador e orientado a serviços. Ela capacita os consumidores a exigir recursos de fabricação, como impressoras 3D, aumentando a dinamicidade e agilidade como um serviço que se adapta à personalização acessível e escalável.

Digital Twin: Pode fazer uma réplica digital das características desejadas, material, aparência, funcionalidade, processo e sistema, estendendo-se à réplica digital de um produto personalizado. O Digital Twin tem uma estrutura que consiste em elementos conectados, metainformações e semântica que convergem para oferecer personalização em massa. Nesse sentido, o fluxo mútuo de dados entre o físico, o digital e o ciberespaço são necessários para fundir as expectativas dos clientes, o modelo digital de produtos personalizados e os recursos de fabricação baseada em nuvem.

Internet das Coisas (IoT): A segmentação de personalização em escala não era viável antes da evolução da IoT para atender à crescente complexidade e variedade. IoT e personalização se complementam. O primeiro lida com o poder da Internet e o processamento de dados de objetos físicos, e o segundo envolve os indivíduos propositalmente, o que permite a personalização em massa. A IoT envolve todas as etapas da personalização em massa, desde a colocação de pedidos pelos clientes e coleta de dados até a fabricação em nuvem e entrega de um produto personalizado (pp-228).

Figura 20. Tecnologias habilitadoras da Personalização em Massa



Fonte: AHELEROFF, ZHONG, XU (2020)

Essas tecnologias permitem que a indústria de manufatura satisfaça as mudanças dinâmicas, reduzindo o tempo de lançamento de produtos no mercado (AHELEROFF; ZHONG; XU, 2020).

Gu e Koren (2022) enfatizam as tecnologias essenciais que permitem a personalização em massa, incluindo impressão 3D, prototipagem rápida e manufatura digital direta. As tecnologias de manufatura aditiva possibilitam a produção de produtos personalizados exclusivos sob demanda. Além disso, as plataformas baseadas em nuvem e a IoT permitem o armazenamento e o compartilhamento de dados personalizados de design de produtos entre as diferentes partes envolvidas. Para facilitar o desenvolvimento e a produção de produtos personalizados, os sistemas ciberfísicos são cruciais na integração de recursos físicos e digitais.

A implementação da personalização em massa requer a utilização de tecnologias-chave em todo o ciclo de vida do produto, desde o início do design até os estágios de fabricação e uso, culminando nas fases de fim de vida útil e pós-uso. Para interagir de forma eficaz com os clientes, permitir o codesign e facilitar a fabricação personalizada, é essencial incorporar a Internet das Coisas (IoT), o *Digital Twin* (DT) e a inteligência artificial. Além disso, a integração de *Big Data*, computação em nuvem e de ponta, manufatura aditiva (impressão 3D) e realidade mista (MR) pode gerar benefícios significativos (SAJADIEH; SON; NOH, 2022).

Em relação às tecnologias habilitadoras, os artigos analisados abordam, principalmente, tecnologias bem estabelecidas, a saber, Internet das Coisas (IoT), Big Data e Inteligência Artificial (IA). No entanto, ao considerar a Indústria 5.0, demandaria explorar tecnologias mais sofisticadas e emergentes, como computação quântica, biotecnologia, nanotecnologia e materiais inteligentes. Essas tecnologias inovadoras têm o potencial de facilitar níveis mais profundos de personalização (AHELEROFF; ZHONG; XU, 2020).

4.4.3. Arcabouços e sistemas de referência

A Personalização em Massa refere-se à capacidade das empresas de fornecer produtos ou serviços personalizados a clientes individuais em grande escala (MAQUEIRA; NOVAIS; BRUQUE, 2021).

Neste sentido, a transformação da indústria em direção à personalização em massa exige sistemas de produção complexos e adaptáveis. Estes sistemas, além de serem

flexíveis, devem ser capazes de ajustar-se rapidamente às necessidades dinâmicas dos clientes.

Nesse contexto, as empresas precisam ser capazes de responder rapidamente e de forma eficaz às mudanças na demanda, que podem flutuar rapidamente e de forma imprevisível. (MAQUEIRA; NOVAIS; BRUQUE, 2021)

Gu e Koren (2022) avançaram nessa direção, propondo arcabouços de sistemas de manufatura reconfiguráveis, enfatizando a flexibilidade e escalabilidade. Para complementar esta abordagem, eles também sugerem sistemas com uma estrutura de matriz e células integradas, o que possibilita múltiplos fluxos de produção, permitindo um roteamento flexível para a fabricação de produtos altamente personalizados.

Zhang, Ming e Bao (2022), por sua vez, delineiam um arcabouço de sistema de manufatura inteligente flexível baseado em múltiplas plataformas de produção modular interconectadas. Este sistema é estruturado com plataformas de produção que contêm unidades virtuais configuráveis, que por sua vez possuem linhas de produção flexíveis. O principal diferencial deste modelo é a sua capacidade de permitir um layout otimizado e a alocação flexível dos recursos de manufatura, tudo isso em resposta à demanda dinâmica e personalizada dos clientes.

Nesse cenário, a modularidade, interoperabilidade e virtualização emergem como princípios de design essenciais. As fábricas inteligentes, essenciais para a personalização em massa, são caracterizadas por troca de dados em tempo real, flexibilidade, transparência, tomada de decisão otimizada e, crucialmente, a capacidade de criar valor a partir de grandes conjuntos de dados (SAJADIEH *et al.*, 2022).

A modularização, por exemplo, é uma abordagem usada para organizar eficientemente elementos complexos de design, decompondo um sistema complexo em segmentos menores e mais simples conhecidos como módulos (HSIAO *et al.*, 2015).

A personalização em massa é altamente dependente de linhas de produção flexíveis. Nesse sentido, as cadeias de suprimentos também precisam respeitar esse requisito para se adaptarem às mudanças na demanda. Ao alcançar a Flexibilidade na cadeia de suprimentos, as empresas podem atender melhor às demandas da Personalização em Massa, ajustando rapidamente seus processos de produção às necessidades em constante mudança dos clientes. Isso pode ajudar as empresas a melhorar seu desempenho geral, reduzindo o desperdício, aumentando a satisfação do cliente e melhorando a eficiência (MAQUEIRA; NOVAIS; BRUQUE, 2021).

Assim, à medida que a indústria avança em direção a modelos de produção mais adaptáveis, os arcabouços e sistemas de referência propostos oferecem *insights* valiosos sobre como esta transição pode ser efetivamente gerenciada. A combinação de flexibilidade e escalabilidade será essencial para atender às demandas crescentes de personalização em massa na indústria.

4.4.4. Benefícios e desafios da personalização em massa na indústria

A personalização em massa traz diversos benefícios, como o atendimento às necessidades e preferências únicas dos clientes (GU; KOREN, 2022), maior produtividade devido à produção modular, redução de custos pelo compartilhamento de recursos entre plataformas (ZHANG; MING; BAO, 2022). Ela também promove a sustentabilidade por meio da fabricação sob demanda, reduzindo desperdícios. E ainda, tem-se um ganho maior de produtividade devido ao uso mais eficiente dos recursos (GU; KOREN, 2022).

Ademais, a entrega de valor dos produtos personalizados em massa, assim como pelos personalizados, é impulsionada pelo ajuste, estilo e funcionalidade, ou utilidade, percebida pelos clientes, e a singularidade de determinado produto (HENTSCHKE; FORMOSO; ECHEVESTE, 2020).

A operacionalização da personalização em massa, por sua vez, enfrenta uma gama de desafios importantes. Um deles já foi apontado ao longo do texto que é a adequação tecnológica ao processo de personalização.

Além disso, as empresas devem avaliar a capacidade de fabricação projetada e encontrar a solução ideal para o compromisso entre qualidade, custo e prazo de entrega. A configuração do produto, a seleção de processos e materiais, a cadeia de suprimentos e as estratégias de fabricação são os principais parâmetros a serem traçados (SAJADIEH *et al.*, 2022). Nesse ponto é importante ressaltar que o alto nível de individualização na estrutura do produto exige uma rede de suprimentos flexível e reconfigurável (KATOOZIAN; ZANJANI, 2022). A integração de sistemas heterogêneos é citada como um desafio técnico para personalização em massa. Outros desafios são o custo e a complexidade de implementação em larga escala (MOURTZIS *et al.*, 2022).

Para que aconteça a personalização da produção, o cliente precisa estar integrado ao processo de fabricação desse produto. Para isso, é necessário que o fabricante crie uma interface de *design* que seja amigável e que ofereça suporte aos clientes na etapa de

design, de forma conveniente, demonstrando os resultados de forma abrangente e fascinante. Essa interface é essencial para garantir que o cliente seja integrado no processo de *design* e desenvolvimento para alcançar a cocriação e diferenciação de valor (AHELEROFF; ZHONG; XU, 2020).

Esta etapa é uma das mais desafiadoras e essenciais da personalização, pois a participação do cliente durante os processos de coprodução e cocriação influencia diretamente a qualidade do serviço/produto e os resultados comportamentais, como uso do serviço, comportamento de repetição de compra, bem como os resultados da empresa, como eficiência, receita e lucros (HSIAO *et al.*, 2015).

A integração do cliente demanda que o fabricante crie um conjunto de estruturas de *design* que seja amigável ao cliente para apoiando-os a criarem *designs* de forma conveniente. Essa interface de design adaptável é essencial para garantir a integração do cliente no processo de *design* e desenvolvimento, a fim de alcançar a cocriação e a diferenciação de valor (SAJADIEH *et al.*, 2022). Essa integração abrange não apenas o *codesign*, mas também outros tipos de interações entre empresas e clientes, que podem ser habilitados pelo *design* modular, configuradores e elicitação de necessidades (KUMAR, 2007; HENTSCHEKE, FORMOSO, ECHEVESTE, 2020).

Além disso, é necessário avaliar a viabilidade de fabricação do design e encontrar a solução ótima para equilibrar qualidade, custo e prazo. A configuração do produto, seleção de processos e materiais e as rotas de cadeia de suprimentos e fabricação são, também, parâmetros a serem considerados (SAJADIEH *et al.*, 2022).

Lacunas adicionais incluem a necessidade de novos modelos de negócio (AHELEROFF *et al.*, 2021), além de pesquisas sobre aspectos comportamentais e humanos, como a propensão dos consumidores para a personalização (MOURTZIS *et al.*, 2022).

E ainda, questões de segurança e privacidade (GU; KOREN, 2022; ZHANG; MING; BAO, 2022), adoção de novas tecnologias pela indústria e complexidade de sistemas ciberfísicos colaborativos (ZHANG; MING; BAO, 2022).

Importante, ainda, considerar que para implementar um modelo de manufatura de personalização em massa, as empresas precisam atender aos requisitos de ajuste em tempo real de acordo com os pedidos personalizados dinâmicos dos clientes (ZHANG; MING; BAO, 2022)

4.4.5. Considerações sobre a personalização em massa e a necessidade de intercalar tecnologia, estratégias, modelos e arcabouços para viabilizar a personalização em massa na indústria

À medida que o paradigma da personalização em massa continua a evoluir e se consolidar na indústria, fica claro que as empresas estão enfrentando a necessidade premente de se adaptarem a essa transformação. O panorama atual indica desafios a serem enfrentados e superados para a consolidação do processo de personalização em massa na indústria visando a satisfação do cliente e a competitividade das organizações industriais no mercado global.

As subseções anteriores deste capítulo são fruto de uma revisão integrativa de literatura que categorizou os estudos analisados sobre personalização em massa na Indústria 5.0 em quatro principais dimensões: tecnologias habilitadoras da personalização em massa, estratégias e modelos de personalização, arcabouços e sistemas de referência, e benefícios e desafios da personalização em massa na indústria. Essas categorias forneceram *insights* valiosos sobre o estado atual do campo e as direções futuras que podem ser exploradas sobre o tema.

Constatou-se a crescente importância das tecnologias avançadas, como Internet das Coisas (IoT), Big Data, Inteligência Artificial, Manufatura Aditiva, Computação em Nuvem, Blockchain, Digital Twin, entre outras, na habilitação/viabilização da personalização em massa. Essas tecnologias permitem coletar dados, entender necessidades individuais dos clientes, realizar simulações e produzir sob demanda. Todavia, a visão da Indústria 5.0 aponta para a necessidade de explorar tecnologias ainda mais avançadas, como computação quântica, biotecnologia, nanotecnologia e materiais inteligentes, possibilitando níveis mais profundos de personalização.

As estratégias e modelos de personalização, por sua vez, estão evoluindo de modelos focados no produto para abordagens centradas no consumidor. Modelos como "Personalização Preditiva" e "Personalização em Massa Inteligente" exemplificam essa mudança, com uso de análise de dados e IA para aprimorar a personalização. A personalização modular, a fabricação sob demanda e o engajamento do consumidor são abordagens amplamente discutidas. A perspectiva da Indústria 5.0 indica a emergência de modelos mais colaborativos em rede, como as fábricas cognitivas com sistemas ciberfísicos cooperativos, que têm o potencial de ampliar ainda mais o escopo da personalização.

Novos arcabouços e sistemas de referência enfatizam princípios como modularidade, interoperabilidade e virtualização para tornar sistemas de manufatura mais flexíveis e escaláveis, essenciais para a personalização em massa. Ademais, ao passo que a visão da Indústria 5.0 se materializa, espera-se que os arcabouços evoluam para abraçar a colaboração em rede, a sustentabilidade, a customização radical e as novas tecnologias, proporcionando um guia sólido para a implementação bem-sucedida da personalização em massa na indústria.

Os benefícios da personalização em massa incluem a satisfação do consumidor e a eficiência dos processos, atendimento das necessidades únicas dos clientes, aumento da produtividade e a redução de custos e desperdícios. Com a Indústria 5.0 se tornando uma realidade, espera-se que a personalização em massa alcance ganhos adicionais em sustentabilidade, produtividade e novos modelos de negócios que materializem de forma ampla a personalização em diversos setores da indústria.

No entanto, também foram identificados desafios e lacunas significativas. Questões relacionadas a custo, integração de sistemas e aspectos comportamentais foram abordadas, e a transição para a Indústria 5.0 agregaria desafios adicionais em segurança, privacidade, adoção de novas tecnologias e mudanças organizacionais profundas.

Pesquisas adicionais, sobre personalização em massa na indústria 5.0, precisam explorar modelos de negócio, aspectos comportamentais, propensão dos consumidores para personalização, adoção de tecnologias pela indústria e complexidade de sistemas.

Apesar dos desafios, o campo tem avançado com inovações tecnológicas, estratégicas e de processos que tornam a personalização em massa cada vez mais factível e benéfica. Mais pesquisas são necessárias em busca de soluções eficazes para superar esses obstáculos, visando melhorar sua implementação.

A personalização em massa está se tornando um elemento essencial para o sucesso na indústria, exigindo que as empresas adotem abordagens inovadoras e tecnologias avançadas. A transição para a Indústria 5.0 promete abrir novas fronteiras e desafios para o campo, à medida que as organizações buscam atender às demandas em constante evolução dos consumidores e alcançar um novo patamar de excelência na personalização em massa. Portanto, é imperativo que as empresas ajam prontamente para desenvolver as capacidades necessárias e criar um valor real para seus clientes e marcas nesse novo paradigma da indústria.

4.5. A Indústria como plataforma para personalização em massa

Na subseção 2.5, deste estudo, fez-se uma aproximação preliminar com o tema plataformas, definindo-as, elencando suas principais características e oferecendo o modelo de negócio baseado em plataforma como uma alternativa para a indústria no que concerne ao aperfeiçoamento da geração, entrega e captura de valor para seus clientes e demais *stakeholders*.

Esta seção, por sua vez, fruto de uma revisão integrativa de literatura, avança na caracterização da plataforma em âmbito industrial, já com foco na personalização em massa, suportada pelos valores centrais da Indústria 5.0.

As plataformas industriais são complexas estruturas resultado da rápida digitalização que tem o potencial de revolucionar a atividade industrial, possibilitando novas fontes de inovação, eficiência, crescimento e sustentabilidade (BJÖRKDAHL, 2020; MADANAGULI *et al.*, 2023).

As plataformas digitais industriais fazem parte de uma jornada dessas organizações em busca da transformação digital e isso pode ser caracterizado pelas seguintes motivações:

- *Desenvolvimento e Inovação tecnológica*: as plataformas industriais facilitam a coleta, análise e compartilhamento de dados de diversos ativos e dispositivos, impulsionando o desenvolvimento de soluções e tecnologias inovadoras no setor.
- *Comercialização e Conexão*: essas plataformas possibilitam a rápida comercialização de inovações, conectando desenvolvedores e usuários e favorecendo a distribuição de aplicativos complementares a um amplo mercado industrial. Elas se tornaram meios de inovação em modelos de negócios, explorando valores de dados industriais com clientes e parceiros além das fronteiras empresariais.
- *Transição de Modelos de Negócios*: a estrutura da plataforma permite às empresas a transição de uma lógica tradicional de produção para a criação de receitas contínuas, vendendo soluções e serviços em um ecossistema, com modelos de negócios de plataformas digitais industriais desempenhando um papel vital na facilitação da inovação e transações eficientes (JOVANOVIC *et al.*, 2021; ZHOU *et al.*, 2022; MADANAGULI *et al.*, 2023).

Muller (2019), indica que o uso de plataformas digitais na indústria tem o potencial de combinar os pontos fortes da economia de escala e escopo e a redução dos custos de transação. As características e a complexidade dos produtos e serviços fornecidos desempenham um papel essencial na percepção dos potenciais e desafios das plataformas digitais.

As plataformas facilitam o acesso, à compra e o uso de uma grande variedade de produtos e serviços pelos consumidores, usando tecnologia digital para conectar pessoas, organizações e recursos dentro de um ecossistema interativo no qual o valor pode ser criado (PARKER *et al.*, 2016; ROHN *et al.*, 2021).

Embora as plataformas digitais tenham origem na literatura técnica, do ponto de vista de negócios, podem ser definidas como interfaces que mediam transações entre atores, incluindo vendedores, compradores, fornecedores, complementadores e usuários, criando ecossistemas em que as organizações industriais estarão credenciadas a vislumbrar novas formas de criar valor para seus *stakeholders* (SCHMIDT *et al.*, 2019; BLACKBURN *et al.*, 2022; MADANAGULI *et al.*, 2023).

Apesar do esforço em defini-las e incorporá-las em âmbito industrial, há uma polissemia e confusão em relação à caracterização das plataformas (B2B x B2C, plataformas internas X plataformas de produtos, plataformas externas X plataformas de cadeias de suprimentos, plataformas de tecnologias e ecossistemas de plataforma) (GAWER, 2014; JOVANOVIĆ *et al.*, 2021, MADANAGULI *et al.*, 2023).

VEILE *et al.* (2022) argumentam que a multiplicidade de definições e aplicações das plataformas digitais podem ser conciliadas ao adotar uma perspectiva evolutiva e relacioná-las ao conceito de modelos de negócios.

Nesse sentido, o termo "modelo de negócios" implica as diferentes maneiras pelas quais uma organização cria, entrega e captura valor ao fornecer produtos e ofertas de serviços aos clientes (TEECE, 2010). Madanaguli e colegas (2023) sintetizam as definições de plataforma, integrando-as ao modelo de negócios para definir uma plataforma digital industrial “como uma arquitetura tecnológica sobre a qual uma empresa focal organiza um conjunto diversificado de atores interdependentes, atividades e interfaces para criar, entregar e capturar valor” (p. 02).

Nesse contexto, o modelo de negócio como plataforma na indústria se concentra não apenas na fabricação de produtos, mas na criação de ecossistemas digitais que agregam valor aos clientes, fornecedores e parceiros. Essas plataformas industriais estão

se tornando *hubs* onde informações, dados de sensores e análises são compartilhados em tempo real, permitindo uma tomada de decisão mais informada e eficaz.

Assim, considerando esse alinhamento das plataformas como modelo de negócio para a indústria, o questionamento que surge é: como gerar, entregar e capturar valor nessa perspectiva, tendo como foco a personalização em massa na indústria, considerando os valores da indústria 5.0?

Antes de direcionar a atenção em como gerar, entregar e capturar valor por meio da personalização em massa na indústria, há que se fazer uma análise de como se dá a lógica por meio da operação de uma plataforma digital com o propósito de geração de valor aos seus *stakeholders*.

A dimensão da criação de valor em um modelo de negócios descreve o que é oferecido ao cliente, ou seja, produtos e serviços (ROHN, *et al.*; 2021). No contexto das plataformas digitais industriais, a criação de valor é fundamental e está relacionada à oferta de novos serviços digitais avançados para os clientes.

MADANAGULI *et al.* (2023) destacam a importância da expansão do portfólio de ofertas, da cocriação de valor do cliente e da inovação combinatória como elementos-chave na criação de valor em plataformas digitais industriais. A expansão do portfólio de ofertas significa que as plataformas digitais industriais buscam oferecer uma ampla gama de serviços complementares para atender às necessidades dos clientes. Isso pode envolver a integração de ofertas internas e externas para criar um portfólio abrangente de serviços.

A cocriação de valor do cliente, por sua vez, é um elemento essencial nas plataformas digitais industriais, pois permite que os clientes participem ativamente do processo de criação de valor, frequentemente de maneira iterativa e interativa, contribuindo para a definição das soluções e serviços que melhor atendam às suas necessidades (DE OLIVEIRA; CORTIMIGLIA, 2017).

Já a inovação combinatória é crucial para a criação de valor por envolver a combinação de diferentes elementos do ecossistema da plataforma, como aplicativos complementares, para criar ofertas únicas e valiosas para os clientes. Essas inovações combinatórias podem ser planejadas (envolvendo a combinação de recursos de forma intencional para criar ofertas escaláveis) ou não planejadas (resultando da evolução orgânica dos complementadores) e ambas desempenham um papel importante na criação de valor. Os autores, ainda, mencionam as inovações emergentes, que são descobertas inesperadas de novas ofertas que não foram inicialmente planejadas. Essas inovações

podem ajudar as plataformas a atingir novos segmentos de clientes e expandir seu alcance de mercado (MADANAGULI *et al.*, 2023).

Por permitirem a conexão e a criação de ecossistemas de negócios, reunindo diversos participantes como empresas, fornecedores e clientes, as plataformas fomentam a colaboração e a cocriação de valor entre os atores (GAWER; CUSUMANO, 2014). Além disso, os dados e sua análise se tornam uma fonte essencial de geração de valor nessas plataformas, viabilizando o desenvolvimento de serviços e produtos personalizados com base nas informações e preferências dos clientes (VEILE *et al.*, 2022). As plataformas, também, possibilitam a oferta de novos serviços digitais e baseados em Internet das Coisas que melhoram e otimizam processos e máquinas industriais, gerando valor pelo aumento de eficiência e produtividade (VEILE *et al.*, 2022; ROHN *et al.*, 2021).

As plataformas digitais podem contribuir na criação de correspondências dentro de um ecossistema de oferta e demanda, por meio da capacidade de identificar e atender às necessidades individuais dos clientes na indústria, possibilitando que os clientes encontrem produtos altamente personalizados. Para tal, a criação de um ambiente confiável entre comprador e vendedor é essencial para estabelecer a confiança do cliente na personalização em massa. Os clientes precisam ter confiança de que suas preferências e informações pessoais serão tratadas com segurança (ROHN *et al.*, 2021).

Ademais, as plataformas reconfiguram a forma de entregar valor na indústria. A adoção das plataformas digitais transforma os relacionamentos entre empresas, com maior integração de clientes e parceiros nos processos, o que permite entregar valor pela colaboração e cocriação entre os atores (VEILE *et al.*, 2022; DE OLIVEIRA; CORTIMIGLIA, 2017). E ainda, as próprias plataformas funcionam como um canal direto de venda e relacionamento com o cliente, viabilizando a entrega de valor pela conveniência e facilidade de acesso a produtos e serviços personalizados (VEILE *et al.*, 2022). A capacidade de mapear rapidamente as necessidades do cliente e oferecer envios precisos de acordo com os requisitos do cliente está alinhada com a entrega de valor na personalização em massa. Plataformas digitais podem permitir o mapeamento eficiente das preferências do cliente.

As plataformas promovem novos mecanismos de captura de valor para a indústria. Modelos de negócios baseados em assinaturas, consumo ou transações são adotados em muitas plataformas digitais, permitindo monetizar pelo uso ou acesso aos serviços

(VEILE *et al.*, 2022; ROHN *et al.*, 2021). Os efeitos de rede e escala viabilizados pelas plataformas também possibilitam ganhos de eficiência e redução de custos, aumentando as margens na captura de valor (GAWER; CUSUMANO, 2014). Além disso, as parcerias e a integração entre empresas permitem o compartilhamento de custos e investimentos, melhorando a estrutura de custos como um todo (DE OLIVEIRA; CORTIMIGLIA, 2017).

A alavancagem dos dados, essenciais para a personalização da criação, captura e entrega de valor, determina a importância de uma plataforma digital na indústria (GEBAUER *et al.*, 2020). Esses dados são essenciais para plataforma servir como veículo de cocriação de valor (MADANAGULI *et al.*, 2023), fundamentais no processo de personalização em massa na indústria.

Os relacionamentos com atores do lado da oferta e do lado da demanda são cruciais para as plataformas digitais industriais e podem incluir informações vitais para informar a tomada de decisões estratégicas e o planejamento de negócios (MADANAGULI *et al.*, 2023).

4.5.1. A plataforma como interface para o design colaborativo e cocriação no processo de personalização na Indústria

Novas formas de interação, que promovem a colaboração nas atividades de geração de valor, estão desafiando a lógica tradicional de criação, entrega e captura de valor nas organizações (DE OLIVEIRA; CORTIMIGLIA, 2017).

Neste contexto, a integração do perfil do cliente com estratégias de personalização nas operações industriais tem o potencial de revolucionar a forma como as empresas interagem com seus clientes. Isso resulta em maior engajamento e satisfação, pois as empresas podem usar o *feedback* em tempo real de seus clientes para melhorar constantemente suas ofertas e adaptá-las às necessidades e preferências individuais de seus clientes/consumidores (CENAMOR *et al.*, 2019; MADANAGULI *et al.*, 2023).

Além disso, o emprego de técnicas eficazes de análise preditiva permite ainda que as empresas antecipem as demandas dos clientes, capacitando assim a tomada de decisão proativa e permitindo o fornecimento oportuno de produtos (bens e serviços) de maior valor agregado aos clientes (GARCIA MARTIN *et al.*, 2023; MADANAGULI *et al.*, 2023).

O modelo de negócio como plataforma na indústria possibilita a colaboração entre diferentes partes interessadas. Nesse sentido, a principal característica da plataforma na indústria é servir como instrumento de cocriação, no processo de produção em larga escala de produtos personalizados, atendendo às necessidades e desejos específicos de cada consumidor.

A cocriação de valor, então, é definida como uma criação mútua de valor por meio da interação e colaboração entre uma empresa e um cliente, que traz melhorias contínuas na produção, serviços e desenvolvimento de inovações (SVARCAITE; GADEIKIENE, 2023). Prahalad e Ramaswamy (2004) entendem que a cocriação de valor é a colaboração entre clientes e fornecedores na coconceitualização, codesign e codesenvolvimento de novos produtos. A cocriação de valor pode ser entendida como um "processo conjunto, colaborativo, simultâneo, entre pares, de produção de novo valor (GALVAGNO; DALLI, 2014, p. 644).

Dito de outra forma, a cocriação é um processo colaborativo que integra ideias, *feedback* e necessidades dos consumidores no desenvolvimento de produtos ou serviços. Essa abordagem diverge do modelo tradicional, onde as empresas criam produtos de forma isolada e os consumidores são meros receptores. As plataformas, então, funcionam como mediadoras entre consumidores e fabricantes, proporcionando um espaço virtual onde ideias são compartilhadas, discutidas e refinadas, possibilitando a interação em tempo real, coleta de dados e *feedback* instantâneo, elementos essenciais para a criação de produtos que reflitam as demandas do mercado.

Considerando que o consumidor/cliente é a força motriz da expansão da capacidade da empresa, esta deve, em vez de focar na criação de produtos principais, dedicar-se a manter seus relacionamentos colaborativos com os consumidores a longo prazo. Para tal, os consumidores devem ser incentivados a interagirem com as empresas permitindo a canalização de recursos para a cocriação de valor (WU; TSAI, 2022). Conforme Grönroos e Voima (2013, p. 4), a “interação é a trilha comportamental da cocriação de valor”.

Nas empresas de plataforma, o papel de cocriador é naturalmente assumido quando a participação do consumidor é alta; as preferências, interesses, comportamentos e satisfação (ou falta dela) dos consumidores estão diretamente envolvidos no processo operacional. As empresas recebem *feedback* em tempo real sobre as respostas dos consumidores, permitindo-lhes fazer ajustes oportunos. Em resumo, isso significa que o

valor do serviço é cocriado pela empresa de plataforma e pelos consumidores. (WU; TSAI, 2022).

A interação entre produtores e consumidores, em um ambiente de plataforma pode ser potencializada pelas seguintes iniciativas:

Garantia de diálogo eficaz por meio de ferramentas digitais: incentivar a tendência dos usuários para o diálogo por meio de ferramentas digitais personalizadas e coletar *feedback* dos usuários sobre o desempenho da plataforma. Além disso, a prestação de *feedback* detalhado ao usuário após receber observações ou sugestões é crucial para o relacionamento de longo prazo entre o usuário e a plataforma.

Diálogo multicanal por meio de networking: o fortalecimento das redes relevantes e das partes interessadas no ecossistema, e o uso de todos os canais para o diálogo com os clientes existentes e potenciais devem ser considerados como necessários para o crescimento e o desempenho competitivo da plataforma.

Navegação fácil e rápida por meio de informações: a exploração contínua das informações na plataforma de compartilhamento e a redução da sobrecarga de informações garantiriam que a jornada do usuário na plataforma não se encerraria antes da tomada de decisão. As principais características da navegação eficaz são velocidade e fluidez, e as decisões devem incluir não apenas a função de pesquisa, mas a experiência com a plataforma inteira.

Capacitação e incentivo aos usuários para relatar reclamações e problemas: para garantir a proteção do usuário e melhorar a confiabilidade da plataforma, é útil incentivar e permitir que os usuários relatem convenientemente problemas que enfrentam durante a jornada e reclamações. Esses relatórios podem ser particularmente úteis para a melhoria da própria plataforma. Essa ferramenta deve ser integrada ao sistema da plataforma (SVARCAITE; GADEIKIENE, 2023).

Ademais, a cocriação de valor pode ser usada como uma ferramenta para garantir competitividade, desenvolver inovação e fortalecer relacionamentos com os consumidores (SVARCAITE; GADEIKIENE, 2023).

Apesar dos benefícios percebidos da cocriação de valor para fortalecer os relacionamentos com os clientes, aumentar a fidelidade, a inovação e a satisfação do cliente, aspectos negativos da cocriação de valor relacionados a questões éticas, como segurança, confiabilidade e privacidade, que afetam diretamente as intenções de cocriação de valor devem ser considerados (NADEEM *et al.*, 2021).

Importante, ainda, mencionar que a cocriação é a característica distintiva da personalização em massa em relação aos demais paradigmas de produção, já que representa uma abordagem mais colaborativa e centrada no cliente para a criação de produtos ou serviços personalizados.

A cocriação desempenha um papel fundamental na personalização em massa, pois coloca os clientes no centro do processo de produção e permite a criação de produtos ou serviços que atendem às suas necessidades e desejos individuais de maneira única. Isso não apenas beneficia os consumidores, mas também oferece oportunidades significativas para as empresas se destacarem no mercado e estabelecerem relacionamentos mais profundos com seus clientes.

Portanto, a transformação do modelo de negócio na indústria em direção a uma plataforma não se trata apenas de adotar tecnologia, mas de redefinir a maneira como as empresas interagem com seus clientes e parceiros. É uma mudança para um paradigma mais dinâmico e orientado pela conectividade, que promete não apenas melhorar a competitividade das empresas industriais, mas também abrir novas oportunidades para a criação de valor e crescimento sustentável.

4.6. A Fábrica 5.0: adequando os sistemas de manufatura à personalização em massa

A mudança comportamental dos clientes/consumidores demandando por produtos/serviços que atendam suas necessidades de uma forma única e inovadora, proporcionando uma melhor experiência, está movendo a Indústria da produção em massa para a personalização em massa (ARNARSON *et al.*, 2023).

Mudanças nos paradigmas de manufatura são fundamentais para abordar as necessidades de adequação a esta nova realidade, imposta pela personalização em massa na indústria 5.0. O processo de fabricação deve ser capaz de ajustar o tipo de produto e a capacidade de produção em tempo real para lidar com as exigências e necessidades dos clientes (CHEN *et al.*, 2017; SHI *et al.*, 2020). Logo, “O conceito de manufatura precisa ser fundamentalmente reimaginado” (ANUMBE *et al.*, 2022, p. 09).

Essa evolução dos sistemas de manufatura precisa contemplar mudanças ao longo de quatro eixos - produtos, tecnologia, estratégias de negócios e paradigmas de produção (ELMARAGHY *et al.*, 2021). “Apesar da óbvia necessidade e urgência de transformar a manufatura como a conhecemos, não há consenso em torno de uma nomenclatura

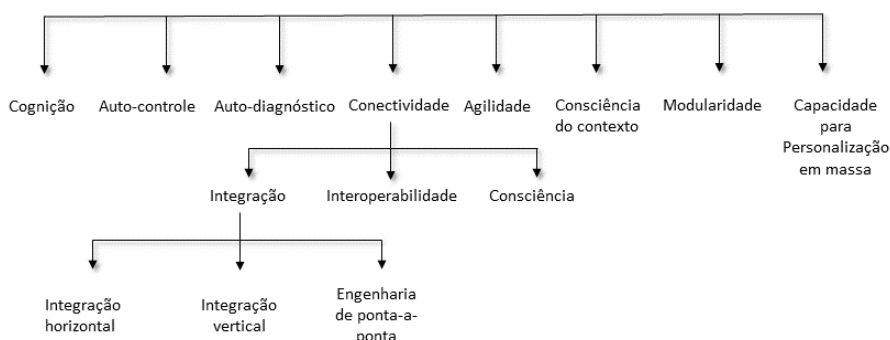
adequada para uma fábrica que possa substituir a fábrica tradicional” (ANUMBE *et al.*, 2022, pp 09).

Esse modelo de Fábrica adequado às necessidades dos novos paradigmas de produção, chamada por Anumbe *et al.* (2023) de Fábrica do Futuro, é concebida como um ecossistema de produção que opera de forma autônoma em várias operações de fabricação, incluindo produção, logística, prognóstico, diagnóstico, etc. Do ponto de vista técnico, todas essas operações são viabilizadas por um *framework* tecnológico construído usando Sistemas Ciber-Físicos (CPS), Internet das Coisas (IoT) e sistemas de suporte à decisão inteligentes baseados em análises avançadas.

Independente da denominação que se dê a esta evolução dos sistemas de manufatura, a necessidade da indústria em se adequar a esta nova realidade é peremptória, pois a fabricação tradicional não possui as capacidades de monitorar e controlar a fabricação automatizada e complexa para produzir produtos personalizados e em pequenos lotes de forma eficiente e lucrativa (SHI *et al.*, 2020).

Para enfrentar esses desafios, a fabricação deve ter funcionalidade, escalabilidade e conectividade suficientes com clientes e fornecedores (SHI *et al.*, 2020), ser inteligente e flexível (YIN; QIN, 2019), ágil, distribuível e reconfigurável (ARNARSON *et al.*, 2023), adaptável, digital, em nuvem (ELMARAGHY *et al.*, 2021), sustentável, integrando tecnologias físicas e cibernéticas (SHI *et al.*, 2020; SANIUK; GRABOWSKA; FAHLEVI, 2023).

Figura 21. Características da Fábrica do Futuro



Fonte: Anumbe *et al.* (2022)

As características da Fábrica que atenderá o processo de personalização em massa e denominadas por Anumbe *et al.* (2022) como Fábrica do Futuro são exibidas na figura 21 e melhor descritas a seguir:

a) *Cognição*: significa que agentes ou entidades da fábrica possuem capacidades cognitivas e podem aprender, planejar e interagir, tudo isso enquanto atuam de forma autônoma e em conjunto com outras entidades, por meio da geração em larga escala, análise e fusão de dados (análise de big data) nas operações de fabricação.

b) *Autocontrole*: é a possibilidade da fábrica de ser capaz de responder às mudanças nas demandas e condições de negócios em tempo real. Ela teria habilidades de tomada de decisão e autocontrole, aproveitando a capacidade da fábrica de extrair e analisar grandes quantidades de dados de clientes e máquinas (computação em nuvem) e, posteriormente, transmitir informações úteis e inteligência acionável sob demanda para as várias entidades dentro da rede. Essa característica pode auxiliar a fábrica no ajuste das operações e redução de incertezas de negócios, além de atender às demandas dos clientes. A capacidade da fábrica de autocontrole seria possível devido à sua arquitetura descentralizada que permite o armazenamento e fluxo distribuídos de informações. Os dados e informações fluem por meio de uma hierarquia descentralizada que inclui múltiplos sistemas localizados, máquinas e nós relacionados dentro da rede (incluindo os produtos em si).

c) *Autodiagnóstico*: seria a possibilidade das máquinas se autodiagnosticarem e corrigirem malfuncionamentos identificados, sem interromper a produção ou mudar para um modo de paralisação.

d) *Conectividade*: interconexão (e intraconexão), automação e rede de ativos dentro e entre várias camadas de atividade, incluindo fábricas, a cadeia de suprimentos e a comunidade (*IoT, blockchain*). A conectividade de uma fábrica depende dos graus de integração, interoperabilidade e consciência do sistema

e) *Integração*: a integração envolve a conexão de fábricas, processos e produtos em uma rede central para compartilhar dados e suportar diferentes objetivos tecnológicos e comerciais. Isso inclui integração horizontal por meio de redes de valor, integração digital de engenharia e integração vertical em sistemas de fabricação em rede. O objetivo da integração é permitir a coesão estrutural, o fluxo contínuo de dados e a capacidade de entidades independentes acessarem informações acionáveis (técnicas ou relacionadas à empresa) de uma rede integrada, possibilitando melhorar o planejamento, produção, logística e atendimento ao cliente, tornando a fábrica mais ágil e adaptável às mudanças no mercado. A fábrica, neste contexto, busca uma integração completa de todos os

elementos envolvidos, visando a interação contínua entre máquinas, dispositivos e pessoas por meio de protocolos de comunicação padrão.

A integração vertical envolve a união de subsistemas físicos e informacionais dentro de uma fábrica, permitindo uma produção flexível e ágil. Isso significa que, por exemplo, a equipe de desenvolvimento de negócios e a engenharia podem acessar informações relevantes de forma eficiente. Isso resulta em maior transparência e flexibilidade, possibilitando a produção personalizada sem grandes atrasos ou penalidades. A integração ocorre em vários níveis hierárquicos, desde o chão de fábrica até o planejamento de recursos empresariais (ERP), visando criar uma fábrica totalmente integrada e um ecossistema que conecta todos os ativos físicos digitalizados e entidades relacionadas para melhorar a autonomia, eficiência e transparência.

A integração horizontal envolve a conexão digital de uma fábrica com outras entidades e processos em sua cadeia de valor, incluindo logística de entrada, produção, marketing, logística de saída e serviços. Essa conectividade permite o compartilhamento de dados em tempo real para tomar decisões rápidas e precisas. Isso resulta em uma fábrica altamente conectada e eficiente, capaz de colaborar com fornecedores, prestadores de serviços e outras fábricas, mesmo em locais geográficos diferentes, para melhorar a eficiência, o tempo de resposta e a produtividade, proporcionando transparência, compartilhamento de conhecimento e comunicação aprimorada na cadeia de valor.

A integração digital de ponta a ponta da engenharia em toda a cadeia de valor, por sua vez, envolve a conexão digital de todos os aspectos de uma empresa (*sourcing*, desenvolvimento de produtos, produção, logística, operações, marketing/vendas, serviços pós-venda, etc.), para permitir o fluxo contínuo de dados em tempo real. Isso elimina as barreiras que surgem de sistemas e tecnologias estáticos e inflexíveis, possibilitando a eficiência, personalização do produto, simplificação de processos e redução de atividades manuais. Essa integração visa melhorar a comunicação e a eficiência em toda a organização.

f) *Interoperabilidade*: a interoperabilidade é crucial na “*Fábrica do Futuro*”, permitindo que diferentes entidades (máquinas, dispositivos, aplicativos, etc.) compartilhem dados e informações de forma eficaz e oportuna. Envolve duas abordagens (outros autores consideram abordagens adicionais como a técnica e a organizacional, a exemplo de Ordieres-Meré *et al.*, 2023): a sintática, relacionada a formatos de dados padronizados, e

a semântica, que se refere à interpretação humana do conteúdo. Existem dois tipos de interoperabilidade: a da fábrica (integração vertical), que envolve a comunicação entre subsistemas físicos e informacionais dentro da fábrica, e a da fabricação em nuvem (integração horizontal), que se refere à comunicação entre elementos virtuais do processo de produção. A falta de interoperabilidade pode resultar em custos significativos, sendo um desafio fundamental para a plena realização dos preceitos da Indústria 4.0 e Indústria 5.0 na indústria de manufatura.

g) *Agilidade*: a “*fábrica do futuro*” é flexível e possui processos de produção adaptáveis.

h) *Consciência e Consciência de Contexto*: trata-se da capacidade de um sistema de auto-sentir, responder, adaptar seu comportamento e comunicar com base em informações transmitidas de seu ambiente ou obtidas de sensores incorporados em vários nós ou entidades dentro do sistema. Sensores se tornaram acessíveis e onipresentes em fábricas e ecossistemas de fabricação inteiros. Componentes-chaves do sistema podem negociar entre si para solicitar e perfilar funções. Com tecnologias como *blockchain*, identificação por radiofrequência (RFID) e código QR de resposta rápida, a fábrica pode identificar e rastrear ativos, produtos e pessoas sistematicamente, tanto espacialmente quanto temporalmente, tornando possível para a fábrica ter conhecimento em tempo real de seu estado atual.

h) *Modularidade*: é uma propriedade ou qualidade de um sistema de fabricação que envolve o uso de diferentes módulos (componentes ou subsistemas) como base para o design ou construção. Em um sistema modular, os módulos podem ser rapidamente compostos (composabilidade) ou combinados para formar diferentes configurações. A modularidade é uma descentralização baseada em necessidades do sistema de produção, usando subsistemas que podem ser recompostos posteriormente em diferentes configurações. A modularidade reduz a complexidade. Ela ajuda a dividir um sistema em diferentes graus de interdependência e independência. Em um sistema modular, a modificação de um ou mais componentes não afeta o funcionamento de todos os outros componentes. A modularidade permite vantagens como ajustes rápidos na capacidade de produção e funcionalidade (sistemas de fabricação reconfiguráveis), maior throughput (linhas de fabricação dedicadas) e variedade de produtos usando sistemas de fabricação existentes (sistemas de fabricação flexíveis).

i) *Capacidade para Personalização em Massa*: a personalização em massa envolve a personalização eficiente, econômica e rápida de produtos e serviços em grande escala, aproveitando as preferências do cliente (*Big data*). Isso é facilitado pela comunicação em tempo real entre produtos e linhas de produção. Tecnologias tradicionais de identificação e transmissão, como identificação por radiofrequência (RFID) e código QR de resposta rápida, podem desempenhar papéis na capacitação de produtos e linhas de produção para se comunicarem em tempo real. As informações transmitidas podem ser usadas, por exemplo, para atender a pedidos personalizados (personalização de produtos) ou controlar os caminhos dos produtos enquanto navegam por diferentes linhas ou estágios de fabricação. Logo, todas as características, acima mencionadas, são de extrema relevância para tornar a personalização em massa uma realidade na indústria. Isso pode ser enfatizado pelo seguinte trecho de texto retirado do trabalho de Anumbe e colegas (2022):

“Ao contrário das fábricas tradicionais, a *Fábrica do Futuro* é muito robusta, totalmente conectada e ágil. Ela pode aprender e se adaptar sincronamente às condições em constante mudança usando informações adquiridas de um fluxo constante de dados de processos e saúde de máquinas coletados de uma variedade de ativos, processos e sistemas interconectados. Tudo isso é possível devido à "conectividade" do sistema” (p.12).

Ghobakhloo e colegas (2023), por seu turno, denominam essas características de princípios de *design* e os atrelam à Indústria 5.0, pois consideram condições necessárias que permitem que os componentes da Indústria 5.0 (por exemplo, fábrica inteligente adaptativa, logística, fornecedores, produtos, clientes e partes interessadas) aproveitem efetivamente as tecnologias habilitadoras e contribuam para os objetivos de desenvolvimento sustentável da Indústria 5.0, além de possibilitarem, como já demonstrado, a personalização em massa na indústria.

Quadro 16. Princípios de *design* da Indústria 5.0

Princípio	Descrição
Descentralização	Promove a autonomia e agilidade na produção, com componentes inteligentes que tomam decisões independentes, baseadas em informações transparentes e na interconexão de objetos e pessoas
Integração Vertical	Envolve a integração de processos e unidades de negócios, incluindo tecnologias de informação, digitais e operacionais, em todos os níveis da organização, indo além do chão de fábrica.
Integração Horizontal	Consiste na integração de operações de todos os membros da cadeia de valor, incluindo fornecedores, produção, distribuição e clientes, utilizando tecnologias avançadas como aprendizado de máquina e blockchain.

Interoperabilidade	Refere-se à capacidade de sistemas e microcomponentes comunicarem-se de maneira confiável em toda a cadeia de valor, apesar da diversidade de protocolos de comunicação.
Modularidade	Envolve a decomposição de uma cadeia de valor complexa em subsistemas separados, facilitando a personalização de produtos e a distribuição equitativa de valor.
Capacidade em Tempo Real	Garante a comunicação em tempo real entre objetos e módulos inteligentes, essencial para a tomada de decisões informadas e a produção auto-organizada.
Assistência Técnica	Promove a transição do trabalho manual para solucionadores de problemas, fornecendo informações em tempo real e automatizando tarefas exaustivas.
Virtualização	Cria réplicas digitais das operações industriais, permitindo a otimização de componentes e módulos em um ambiente virtual, reduzindo riscos e ineficiências no design do sistema físico. Essa virtualização é crucial para a produtividade e sustentabilidade na Indústria 5.0

Fonte: Ghobakhloo *et al.* (2023)

Assim como as características da Fábrica do Futuro de Anumbe *et al.* (2023), os princípios de *design* da Indústria 5.0 de Ghobakhloo *et al.* (2023) permitem a adequação da fábrica para o processo de personalização em massa e o advento de novos conceitos para a manufatura como os listados abaixo:

- *Fábrica Inteligente Adaptativa (FIA)*: Este conceito envolve a transição de sistemas de produção tradicionais para sistemas altamente automatizados, flexíveis, digitalizados e resilientes. A FIA é caracterizada pela fabricação orientada por dados, processos ágeis, personalização de produtos, consciência energética, inovação e confiabilidade na produção.
- *Produtos Inteligentes*: São produtos que podem comunicar, armazenar e processar dados, além de interagir com o ecossistema industrial. Eles são caracterizados por uma ampla gama de tecnologias, desde sensores até inteligência artificial. Esses produtos fornecem informações valiosas sobre seu uso, permitindo oportunidades de produtividade e inovação.
- *Clientes Inteligentes*: São fundamentais na Indústria 5.0, pois possibilitam serviços orientados por dados. Eles estão cada vez mais integrados à Internet das Coisas (*IoT*) e dispositivos digitais para interagir com seus "eus" digitais, contribuindo para a fabricação orientada pelo cliente e a fabricação circular.
- *Cadeia de Suprimentos Inteligente*: Transforma cadeias de suprimentos tradicionais em redes digitais ágeis, escaláveis e interconectadas. Utiliza tecnologias como computação de borda, IA e *IoT* para coletar dados em tempo

real e gerar insights acionáveis, melhorando a eficiência, resiliência e flexibilidade da cadeia de suprimentos.

- *Logística Inteligente*: Adiciona autonomia e inteligência à logística para atender aos requisitos da economia orientada por dados em tempo real. Isso envolve a digitalização de vários componentes logísticos, como cadeia de suprimentos, logística de entrada, saída e interna, usando tecnologias avançadas, como *IoT* e *blockchain*. A logística inteligente inclui sistemas de gerenciamento de entrega preditiva, transporte autônomo e armazenamento inteligente, entre outros componentes.

Esses conceitos são fundamentais para a Indústria 5.0, e conseqüentemente a personalização em massa, os quais permitem criar sistemas de produção mais eficientes, flexíveis e orientados por dados, integrando produtos, clientes, cadeias de suprimentos e logística de forma inteligente e adaptativa.

4.7. Mapa mental do modelo conceitual: modelagem por meio da Lógica CIMO

Preliminarmente, é importante salientar que, o projeto do modelo conceitual a ser concebido definirá as linhas básicas em termos de forma e função do modelo, sem, nesse momento, preocupar-se com sua operacionalização e soluções tecnicamente viáveis. Utilizar-se-á, nessa etapa, a lógica CIMO (*CIMO Logic*) para a caracterização/definição do modelo a ser criado.

A lógica CIMO é uma estrutura proposta, inicialmente, por Denyer *et al.* (2008) para auxiliar na obtenção de uma estrutura sistemática para o desenvolvimento de proposições de *design* mais rigorosas, combinando contextos problemáticos (C) com certos tipos de Intervenção (I), que seguem mecanismos (M) gerativos determinados, para fornecer Resultados (O) específicos. Esses princípios de *design* indicam o que fazer em determinadas situações para produzir efeitos desejados, auxiliando na compreensão do processo de resolução do problema. Ao envolver esses quatro componentes em cada proposição de *design* busca-se melhorar a compreensão e o acordo entre a equipe de *design* e os demais envolvidos no projeto/problema a ser resolvido (COSTA *et al.*, 2018).

O quadro 17 fornece detalhes sobre cada componente da lógica CIMO na construção de proposições de *design*, para a concepção do modelo conceitual.

Quadro 17. Componentes da lógica CIMO para as proposições de *design*

Componente	Descrição
Contexto (C)	Refere-se ao ambiente ou cenário no qual a intervenção ocorrerá. Isso inclui a estrutura, a história, o ambiente externo e outras características relevantes que são específicas ao cenário em questão. Reconhecer o contexto é crucial porque uma intervenção que funciona em um contexto pode não funcionar em outro. Os resultados que os atores humanos visam alcançar são influenciados pelos fatores do ambiente (externo e interno).
Intervenção (I)	Ações ou medidas propositadas (produtos, processos, serviços ou atividades) formuladas pelo designer ou equipe de design para resolver um problema de design ou necessidade e influenciar os resultados. Ou seja, é o plano, o projeto, ou ação que é implementada com o objetivo de provocar mudança.
Mecanismo (M)	O mecanismo acionado pela intervenção, em um determinado contexto, explicando por que a intervenção produz um resultado específico. Pode ser uma explicação dos processos cognitivos (raciocínio) que os atores usam para escolher sua resposta à intervenção e sua capacidade (recursos) de colocar a intervenção em prática. Refere-se ao processo gerativo ou sistema causal através do qual a intervenção produz seus efeitos.
Resultado (O)	Resultado das intervenções em seus vários aspectos. São as consequências ou efeitos da intervenção. Os resultados devem ser mensuráveis de alguma forma, para que haja uma avaliação clara do sucesso ou fracasso da intervenção. Eles podem ser de curto ou longo prazo e podem ser esperados ou inesperados.

Fonte: (DENYER *et al.*, 2008; COSTA *et al.*, 2018)

As proposições de design para que tenham o rigor científico adequado devem ser: a) fundamentadas, para ajudar a explicar as razões para uma ação determinada que origina o resultado desejado no contexto pretendido e b) (i) testadas em campo, para permitir a obtenção de evidências sobre a praticidade da proposição de design em um contexto específico (VAN AKEN, 2015). Ou seja, o principal produto da Pesquisa em Ciência de Design (DSR) é a criação de um design genérico (artefato) inovador que tenha sido bem testado, bem compreendido e bem documentado, para estabelecer validade pragmática (VAN AKEN *et al.*, 2016; COSTA *et al.*, 2018).

A interpretação da lógica CIMO se dá da seguinte forma: "para alcançar o resultado O no contexto C, execute a intervenção I para acionar o mecanismo M" (COSTA *et al.*, 2018).

No quadro 18 relaciona-se o objetivo geral e específicos do trabalho com a Lógica CIMO de modo a auxiliar na concepção do mapa mental que servirá de base para o desenvolvimento do modelo conceitual proposto nesta tese.

Quadro 18. Lógica CIMO aplicada aos objetivos da tese

Objetivos da tese	Contexto (C)	Intervenção (I)	Mecanismo (M)	Resultado (O)
<p>Propor um modelo conceitual para personalização em massa na Indústria 5.0, apoiado por um modelo de negócio baseado em plataforma</p>	<p>O contexto é a Indústria 5.0, que engloba as transformações tecnológicas e de negócios, incluindo a busca por personalização em massa como uma tendência chave. Além disso, considera-se o cliente como parte essencial desse contexto, com expectativas crescentes por produtos personalizados e experiências únicas. Também inclui as características essenciais de uma fábrica 5.0 que se adapta às exigências do processo de personalização em massa. O contexto da Indústria 5.0, ainda, pode ser caracterizado por sistemas ciberfísicos avançados, automação, uso de dados em tempo real e inteligência artificial, com um foco reforçado na interação humano-máquina e no bem-estar humano; mercados altamente competitivos onde os consumidores demandam produtos personalizados e experiências únicas.</p>	<p>As intervenções propostas são a criação e implementação de um modelo de negócio baseado em plataforma que funcione como uma interface de coprodução entre a indústria e os clientes. Isso envolve o desenvolvimento da infraestrutura tecnológica, a definição das regras de coprodução e a integração de sistemas que permitam aos clientes participar ativamente do processo de personalização em massa. Nesse sentido, a plataforma deve oferecer ferramentas intuitivas e interativas que permitam aos clientes especificar, visualizar e ajustar seus produtos ou soluções. E ainda, a utilização de tecnologias da Indústria 5.0 é essencial para adaptar rapidamente as linhas de produção e os processos de produção com base nas entradas dos clientes.</p>	<p>Os mecanismos explicam como essa plataforma de coprodução funciona, incluindo a coleta e análise de dados dos clientes para personalização, a tradução das escolhas dos clientes em produtos personalizados e a incorporação contínua de feedback do cliente. Também aborda como a fábrica 5.0 se adapta e otimiza a produção de acordo com as demandas personalizadas. • A plataforma de cocriação serve como um ponto de encontro digital onde os clientes não apenas expressam suas preferências, mas também tomam decisões de design ativas, influenciando o produto final. As tecnologias da Indústria 5.0 permitem a flexibilidade da produção, garantindo que as personalizações do cliente sejam viáveis e economicamente eficientes. Isso inclui automação avançada, IA para previsão e otimização, e sistemas ciberfísicos para ajustes em tempo real. O feedback contínuo é integrado ao processo, onde os dados dos clientes são coletados e analisados para melhorar constantemente a oferta de produtos e a experiência do cliente.</p>	<p>O resultado desejado é a capacidade de oferecer produtos personalizados de maneira única e inovadora, atendendo às necessidades individuais de cada cliente na Indústria 5.0, enquanto proporciona uma experiência de coprodução satisfatória. Isso se traduz em aumento da satisfação e fidelização do cliente devido à capacidade de influenciar diretamente os produtos que estão comprando; diferenciação no mercado e vantagem competitiva para a empresa, devido à oferta única e personalizada de produtos; maior eficiência e produtividade devido à otimização contínua dos processos de produção, alimentada pelo feedback dos clientes e pelas capacidades avançadas da Indústria 5.0 e, ainda, potencial para inovação contínua e desenvolvimento de novos produtos, guiado pelas preferências e necessidades emergentes dos clientes, lhes proporcionando uma melhor experiência. Importante frisar que isso só será possível com uma Fábrica 5.0 altamente adaptável e eficiente.</p>

Elencar as características, princípios e valores que determinam a Indústria 5.0	O contexto é a Indústria 5.0, abrangendo as transformações tecnológicas, de negócios e os valores que a definem.	As intervenções propostas são a pesquisa e análise das características, princípios e valores que caracterizam a Indústria 5.0. Isso envolve revisão de literatura e levantamento bibliográfico para coleta de dados relevantes.	Os mecanismos explicam como aconteceu a coleta e análise das informações para identificação das características, princípios e valores da Indústria 5.0. Na caso em tela, foi utilizada a revisão de literatura do tipo escopo e a revisão bibliométrica para mapear o campo sobre a Indústria 5.0	O resultado desejado é uma categorização abrangente das características, princípios e valores que definem a Indústria 5.0.
Caracterizar a personalização em massa e sua utilização na indústria	O contexto, ainda, é a Indústria 5.0, com foco nas transformações tecnológicas e de negócios, que possibilitam a personalização em massa.	As intervenções propostas são a pesquisa e análise da personalização em massa e como ela é aplicada na indústria. Isso envolveu um levantamento bibliográfico por meio de revisões de literatura	A personalização em massa foi caracterizada pela realização de duas revisões de literatura; uma primeira com busca sistematizada, visando uma aproximação inicial com o tema, sendo sucedida por uma revisão integrativa de literatura que buscou categorizar os principais achados no campo sobre a personalização em massa na Indústria 5.0	O resultado desejado é uma caracterização detalhada da personalização em massa na Indústria 5.0, incluindo o mapeamento de suas tecnologias habilitadoras, as estratégias e modelos de personalização, os arcabouços e sistemas de referência, e os benefícios, desafios e oportunidades de sua implementação.
Definir o modelo de negócios baseado em plataforma e incorporá-lo em âmbito industrial pela perspectiva da Indústria 5.0	O contexto é a Indústria 5.0, com foco na busca por inovação e eficiência por meio de modelos de negócios baseados em plataforma.	As intervenções propostas são a definição e desenvolvimento de um modelo de negócios baseado em plataforma que seja relevante para a Indústria 5.0 e possibilite a integração do cliente no processo de personalização em massa na indústria.	Os mecanismos explicam como o modelo de negócios baseado em plataforma funciona, incluindo como ele integra clientes, empresas e recursos para cocriar valor na Indústria 5.0	O resultado desejado é um modelo de negócios baseado em plataforma adaptado à Indústria 5.0, pronto para ser incorporado em âmbito industrial, visando a integração do cliente no processo de personalização em massa na indústria.
Verificar a consistência e aplicabilidade do modelo	O contexto é a Indústria 5.0, com foco na avaliação do modelo conceitual desenvolvido.	As intervenções propostas são a aplicação prática do modelo conceitual em ambientes industriais reais.	Os mecanismos explicam a verificação da consistência e aplicabilidade do modelo, incluindo métricas de avaliação, coleta de dados e análise de resultados.	O resultado desejado é a confirmação de que o modelo conceitual é consistente e aplicável na Indústria 5.0, com base em evidências e resultados da implementação, possibilitando a personalização em massa.

Fonte: o autor (2023)

O quadro 18 expõe a operacionalização dos objetivos da tese levando em conta a lógica CIMO. A parte hachurada na cor amarela representa o objetivo geral do trabalho.

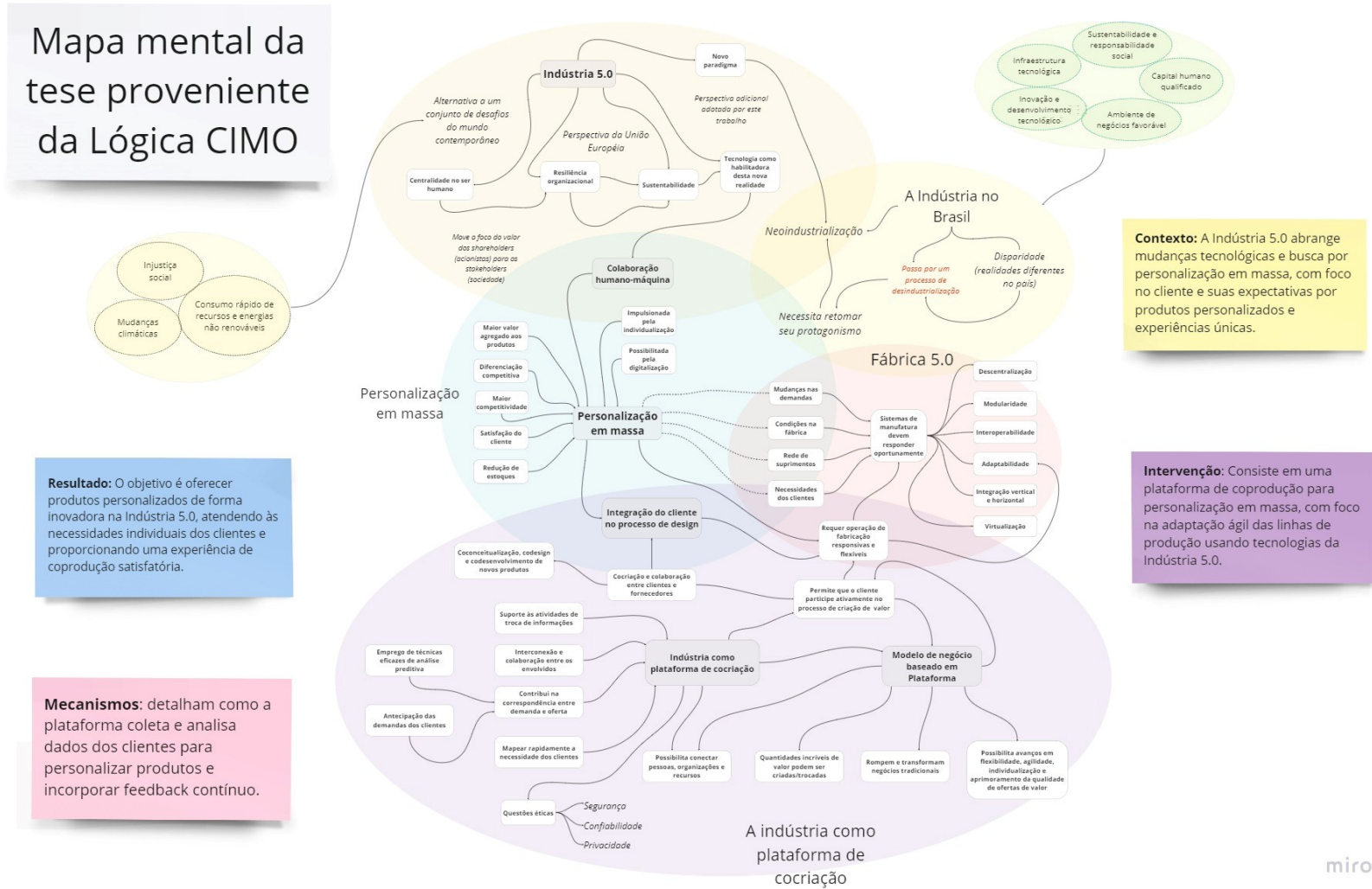
A proposição de *design* resultante da Lógica CIMO pode ser sintetizada no seguinte trecho:

"Para empresas operando em ambientes altamente digitalizados e competitivos característicos da Indústria 5.0 (C), onde a demanda por personalização e envolvimento do cliente é alta, a implementação de uma plataforma de negócios interativa que facilita a cocriação (I) de produtos não é apenas uma ferramenta para a satisfação do cliente, mas uma estratégia essencial para a diferenciação competitiva. Esta plataforma deve ser intuitiva, permitindo especificações detalhadas pelo cliente, e estar totalmente integrada com os sistemas de produção e feedback, utilizando tecnologias de automação avançada, inteligência artificial e análise de dados. Essa plataforma utiliza análise de dados para entender as necessidades do cliente e traduzir suas preferências em produtos personalizados (M). Tal intervenção é projetada para promover uma experiência de cliente única, impulsionar a fidelidade à marca e incentivar a inovação contínua, garantindo que os produtos não só atendam, mas antecipem as necessidades dos clientes. Além disso, a utilização estratégica das capacidades da Indústria 5.0 permite uma produção eficiente e flexível, tornando a personalização em massa uma realidade economicamente viável".

Esta proposição de *design* enfatiza a importância da interatividade, da tecnologia integrada e da antecipação das necessidades dos clientes. Ela sugere que o sucesso na Indústria 5.0 não vem apenas da capacidade de personalizar, mas de envolver os clientes no processo de design e produção, criando uma relação mais profunda e investimento emocional no produto. Além disso, destaca a necessidade de sistemas ágeis e adaptativos que possam reagir não só às especificações dos clientes, mas também às mudanças do mercado e inovações tecnológicas.

As proposições de design resultantes do contexto, intervenção, mecanismos e resultado, relacionadas à proposição de um modelo conceitual para personalização em massa na Indústria 5.0, suportado por um modelo de negócio baseado em plataforma, foram pensadas com o auxílio do mapa conceitual que é mostrado na figura 22

Figura 22. Mapa mental da tese proveniente da Lógica CIMO



5. O MODELO PlatforMASS

5.1. Concepção do Modelo PlatforMASS

5.1.1 Considerações preliminares sobre o Modelo Conceitual PlatforMASS

A personalização em massa é uma tendência crescente em diversas indústrias, possibilitando benefícios de satisfação e fidelização de clientes, aumento de receitas e otimização de processos produtivos (TORN; VANEKER, 2019; AHELEROFF; ZHONG; XU, 2020; QIN; LU, 2021; AHELEROFF *et. al.*, 2021). Todavia, sua implementação ainda esbarra em desafios tecnológicos, de processos e de recursos humanos (AHELEROFF; ZHONG; XU, 2020, PEREIRA; DOS SANTOS 2023, no prelo).

Nesse contexto, a Indústria 5.0, baseada em tecnologias avançadas de internet industrial das coisas, sistemas ciberfísicos, inteligência artificial, gêmeos digitais, fabricação aditiva, *Bigdata*, robotização, permite a personalização em tempo real, gerando *insights* sobre as preferências individuais dos clientes, oferecendo as condições ideais para produção personalizada e sob demanda (AHELEROFF; ZHONG; XU, 2020; PEREIRA; DOS SANTOS 2023).

Contudo, para otimizar o potencial da Indústria 5.0 e, conseqüentemente, a personalização em massa, é preciso integrar suas tecnologias habilitadoras em uma arquitetura coerente, apoiada por processos ágeis, profissionais capacitados e preocupação com privacidade e ética no uso de dados do cliente (DI NARDO; YU, 2021; PEREIRA; DOS SANTOS 2023; PEREIRA; DOS SANTOS 2023, no prelo). As plataformas digitais, por sua vez, ensejam a coordenação desse ecossistema complexo de forma fluida e escalável (VAN ALSTYNE *et al.*, 2016; PARKER *et al.*, 2016; VEILE; SCHMIDT; VOIGT, 2022), possibilitando a integração do cliente, permitindo sua participação no processo de coprodução de produtos e serviços personalizados, alinhados a suas necessidades, permitindo que esse cliente tenha uma experiência única e inovadora.

A personalização em massa no contexto da Indústria 5.0 pode ser caracterizada pela integração de tecnologias avançadas e novos paradigmas de produção para oferecer produtos e serviços altamente personalizados aos clientes, mantendo a eficiência e escalabilidade da produção em massa.

Essa abordagem envolve as seguintes características-chave:

- a) *Foco no cliente*: A personalização em massa é centrada no cliente, buscando compreender e atender suas necessidades e expectativas individuais. O envolvimento do cliente/consumidor no processo de desenvolvimento e produção é crucial para alcançar a personalização desejada. A plataforma na Indústria coleta e analisa seus dados para entender suas demandas e antecipar tendências futuras; também permite que os clientes personalizem os produtos e serviços de acordo com suas preferências. Isso inclui a seleção de características, especificações e designs específicos.
- b) *Conectividade e colaboração*: A Indústria 5.0 enfatiza a colaboração homem-máquina e a conectividade entre os diversos atores do ecossistema industrial. Isso permite a troca de informações e o compartilhamento de recursos, facilitando a inovação contínua e a criação de soluções personalizadas. A Indústria como plataforma possibilita a conexão de diversos atores, como fabricantes, fornecedores, *designers*, clientes e outros *stakeholders* relevantes. Isso permite a colaboração e a troca de recursos, conhecimentos e experiências entre eles para desenvolver novos produtos e serviços que atendam às necessidades dos clientes de maneira ainda mais personalizada.
- c) *Uso de tecnologias avançadas*: A adoção de tecnologias como inteligência artificial, impressão 3D, robótica e Internet das Coisas (IoT), permite maior flexibilidade na produção e a capacidade de se adaptar rapidamente às mudanças na demanda.
- d) *Dados e análise*: A coleta e análise de dados dos clientes são fundamentais para identificar as necessidades e preferências individuais, permitindo que as empresas desenvolvam produtos e serviços personalizados com base nesses *insights*.
- e) *Sustentabilidade*: A Indústria 5.0 enfatiza a importância da sustentabilidade, promovendo a eficiência no uso de recursos e a adoção de práticas ecologicamente responsáveis. A personalização em massa pode contribuir para a sustentabilidade, utilizando materiais reciclados e biodegradáveis, reduzindo desperdícios e a produção de produtos obsoletos.
- f) *Agilidade e adaptabilidade*: A personalização em massa exige uma abordagem ágil e adaptável, com processos de produção e cadeias de suprimentos capazes de

se ajustar rapidamente às mudanças na demanda e às necessidades específicas dos clientes.

A personalização em massa na Indústria 5.0 é caracterizada pela combinação de tecnologias avançadas, conectividade, colaboração e foco no cliente para oferecer produtos e serviços personalizados de maneira eficiente e escalonável. Essa abordagem ajuda as empresas a se adaptarem às mudanças no mercado e a atender às expectativas crescentes dos clientes por soluções personalizadas.

5.1.2 Proposta do Modelo Conceitual PlatforMASS e suas quatro Dimensões

Diante do exposto, propõe-se um modelo conceitual fundamentado em quatro dimensões e seus elementos/componentes respectivos que se inter-relacionam e se complementam para possibilitar a personalização em massa na Indústria 5.0., conforme figura 23:

Figura 23. O modelo *Platformass* (estático) de quatro dimensões



Fonte: o autor (2023)

Antes de passar a descrever as dimensões do modelo, cabe justificar a escolha em denominá-las como tal. O modelo *PlatforMASS* sugere que cada camada oferece uma maneira única e importante de entender a personalização em massa, mas não necessariamente que uma é mais fundamental ou avançada que a outra, pelo contrário, trata-se de uma representação holística de diferentes aspectos da personalização em massa. Abaixo são detalhadas as quatro dimensões do modelo. Ou seja, não obstante a representação gráfica do modelo conceitual dar uma ideia de níveis hierarquizados, de fato, trata-se de dimensões, sem qualquer estrutura hierárquica.

a) *Dimensão valorativa:* Esta dimensão é caracterizada pelos valores da Indústria 5.0. O modelo conceitual, ora proposto, tem como objetivo propiciar a personalização em massa na indústria, levando em conta aspectos como a sustentabilidade (considera os impactos ambientais, sociais e econômicos das práticas de personalização em massa e da operação da plataforma na indústria), resiliência organizacional (necessidade de adaptabilidade e capacidade de resposta diante de ambientes em rápida mudança), a centralidade no ser humano (equilíbrio saudável entre os recursos humanos que se adaptam à digitalização e as tecnologias digitais), a colaboração/relação humano-máquina (sinergia entre humanos e máquinas, buscando soluções que combinem inteligência artificial e capacidades humanas de tomar decisões e solucionar problemas complexos), valores éticos (respeito à privacidade dos usuários e transparência nas transações e decisões) e a inovação contínua.

b) *Dimensão conceitual:* esta dimensão define as diretrizes para o funcionamento do modelo, garantindo que a personalização em massa seja alcançada de maneira efetiva e alinhada aos valores da Indústria 5.0. As diretrizes incluem a implementação de processos de produção flexíveis, responsivos e reconfiguráveis, a promoção da colaboração homem-máquina, o estabelecimento de uma cadeia de suprimentos ágil e adaptável, e a incorporação de procedimentos e práticas sustentáveis e socialmente responsáveis.

c) *Dimensão estrutural:* Esta dimensão fornece a estrutura tecnológica para suportar o modelo conceitual. Inclui tecnologias como inteligência artificial, Internet das Coisas (IoT), impressão 3D, robótica avançada, sistemas ciber-físicos, análise de dados e realidade aumentada, dentre outras. Essas tecnologias permitem a coleta e análise de dados, a automação e flexibilidade na produção, além de permitir a comunicação e colaboração entre os atores envolvidos.

O emprego das tecnologias mencionadas no processo de personalização em massa possui as seguintes funções:

1) Coleta e análise de dados:

- *Big Data e Data Analytics*: A coleta, análise e interpretação de grandes volumes de dados podem fornecer *insights* valiosos sobre as necessidades e preferências dos clientes. Isso pode ajudar as empresas a ajustar seus produtos e processos de produção para atender às demandas específicas do mercado e identificar padrões e tendências para apoiar a personalização.
- *Inteligência Artificial (IA)*: Algoritmos de aprendizado de máquina e IA generativa podem ser usados para analisar dados e prever as preferências e necessidades dos clientes. Isso permite que as empresas ajustem seus processos de produção e produtos para atender às necessidades específicas dos clientes.

2) Conexão entre oferta e demanda:

- *APIs (Application Programming Interfaces)*: facilitam a integração de sistemas e a troca de informações entre os diversos atores da plataforma.
- *Blockchain*: A tecnologia *blockchain* pode ser usada para rastrear e registrar transações de forma segura e transparente, promovendo a confiança entre os participantes da plataforma.

3) Flexibilidade na produção:

- *Impressão 3D*: A tecnologia de impressão 3D permite a fabricação de produtos personalizados em pequenos lotes ou unidades únicas. Isso permite uma produção mais flexível e adaptável, sem a necessidade de grandes investimentos em ferramentas e moldes personalizados.
- *Robótica e automação*: Robôs e sistemas de automação flexíveis podem ser usados para adaptar rapidamente a produção às mudanças na demanda. A robótica e a automação permitem a produção eficiente e flexível de produtos personalizados. Robôs colaborativos e sistemas de automação modular podem ser facilmente reconfigurados para acomodar diferentes produtos e processos de produção.

- *Sistemas ciberfísicos*: Estes sistemas integram processos físicos e computacionais, permitindo uma maior colaboração entre humanos e máquinas. Isso pode levar a uma maior eficiência e adaptabilidade na produção, além de melhorar a segurança e a ergonomia para os trabalhadores.
- *Internet das Coisas (IoT)*: Sensores e dispositivos conectados à *IoT* permitem monitorar e controlar a produção em tempo real, facilitando ajustes e melhorias no processo. A *IoT* permite a conexão de dispositivos e sistemas em toda a cadeia de suprimentos e produção. Isso facilita o monitoramento em tempo real, a análise de dados e a comunicação entre os atores envolvidos, permitindo uma maior agilidade e adaptabilidade na produção.
- *Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV)*: A *RA* e a *RV* podem ser usadas no planejamento, projeto e treinamento de processos de produção personalizados. Isso permite que as empresas testem e otimizem seus processos antes da implementação, reduzindo o tempo de colocação no mercado e os custos de produção.

4) Colaboração e inovação:

- *Plataformas de colaboração*: Ferramentas de comunicação e colaboração, como sistemas de gerenciamento de projetos e videoconferência, facilitam o compartilhamento de conhecimento e recursos e a colaboração entre os diferentes atores envolvidos na personalização em massa. Isso pode incluir o compartilhamento de designs, especificações, dados de clientes e outras informações relevantes.
- *Computação em nuvem*: A computação em nuvem permite o acesso e a colaboração em projetos e dados em tempo real, independentemente da localização dos participantes.

5) Agilidade na cadeia de suprimentos:

- *Sistemas de Planejamento de Recursos Empresariais (ERP)*: *ERP* integrado à plataforma industrial pode ajudar a gerenciar a cadeia de suprimentos, otimizando o fluxo de materiais e informações.

- *Rastreamento e monitoramento em tempo real:* A utilização de sensores IoT e tecnologia GPS para rastrear e monitorar a cadeia de suprimentos ajuda a identificar gargalos e aprimorar a eficiência.

6) Experiência do cliente:

- *Interfaces de usuário intuitivas:* Desenvolver interfaces de usuário amigáveis e personalizáveis para permitir que os clientes interajam facilmente com a plataforma e personalizem seus produtos e serviços.
- *Chatbots e assistentes virtuais:* Utilizar chatbots e assistentes virtuais baseados em IA para fornecer suporte ao cliente e orientação durante o processo de personalização.

Essas tecnologias ajudam a criar um ecossistema integrado que facilita a personalização em massa, permitindo que as empresas atendam às necessidades individuais dos clientes de maneira eficiente e escalonável. Ao adotar e integrar essas tecnologias, as empresas podem tornar seus processos de produção mais flexíveis e adaptáveis, permitindo a personalização em massa e atendendo às necessidades e preferências específicas dos clientes.

d) Dimensão relacional: Esta dimensão aborda a interação e a relação entre os atores envolvidos no ecossistema do modelo, como clientes, *designers*, fabricantes, fornecedores e outros *stakeholders*. Envolve a criação de uma plataforma digital de coprodução/cocriação que facilite a comunicação, a troca de informações e a colaboração entre os participantes (A plataforma deve permitir a personalização dos produtos e serviços pelos clientes, bem como promover a inovação e o compartilhamento de recursos entre os atores).

1) Atores: No processo de personalização em massa, diversos atores desempenham papéis importantes e estabelecem relações colaborativas para garantir que o processo seja bem-sucedido. Alguns dos principais atores envolvidos incluem:

Clientes: Os clientes são fundamentais no processo de personalização em massa, pois são eles que definem suas preferências e necessidades. Sua interação com a plataforma possibilita a personalização de produtos e o fornecimento de *feedback* sobre sua experiência e satisfação.

Fabricantes (a Indústria): Os fabricantes são responsáveis pela produção dos produtos personalizados. Eles devem adaptar seus processos de produção para acomodar a personalização em massa, utilizando tecnologias como automação, robótica e impressão 3D.

Fornecedores: Os fornecedores fornecem os materiais e componentes necessários para a produção dos produtos personalizados. Eles devem ser capazes de se adaptar às demandas variáveis e específicas do mercado, garantindo a disponibilidade de recursos e a qualidade dos materiais.

Designers e engenheiros: Eles trabalham juntos para desenvolver projetos e soluções que permitam a personalização em massa. Eles utilizam ferramentas como AR e VR para testar e otimizar os designs e processos de fabricação.

Equipe de TI e desenvolvedores: A equipe de TI e os desenvolvedores são responsáveis pela criação e manutenção da plataforma online, bem como pela integração e implementação das tecnologias necessárias para a personalização em massa, como IA, IoT e sistemas ciber-físicos.

Operadores e trabalhadores da produção: Os operadores e trabalhadores da produção trabalham em conjunto com robôs e sistemas automatizados para fabricar os produtos personalizados. Eles precisam ser treinados e capacitados para lidar com as novas tecnologias e processos de produção.

Gestores e executivos: Os gestores e executivos são responsáveis por supervisionar e coordenar o processo de personalização em massa, tomando decisões estratégicas e garantindo que todos os atores estejam alinhados e colaborando efetivamente.

A relação entre esses atores é baseada na colaboração, comunicação e troca de informações. A plataforma na Indústria desempenha um papel fundamental nesse processo, facilitando a interação entre os atores e permitindo a troca de recursos, conhecimentos e experiências. Por exemplo, os clientes fornecem informações sobre suas preferências e necessidades, que são usadas pelos designers e engenheiros para desenvolver soluções personalizadas. Os fornecedores e fabricantes trabalham em conjunto para garantir a disponibilidade e a qualidade dos materiais e componentes, enquanto a equipe de TI e os desenvolvedores implementam e mantêm as tecnologias necessárias para a produção eficiente e adaptável. Ao estabelecer uma relação

colaborativa e integrada entre os diversos atores, a personalização em massa na Indústria 5.0 pode ser alcançada de maneira eficiente e sustentável.

2) **Interações:** Analisa as interações entre os atores, incluindo a troca de informações, a colaboração e as transações comerciais. A plataforma deve facilitar e coordenar essas interações para promover a personalização em massa de forma eficiente. A relação entre os atores no processo de personalização em massa na Indústria 5.0 é baseada na colaboração, comunicação e troca de informações e conhecimentos. Essa interação entre os atores é crucial para garantir a eficiência e a flexibilidade necessárias na personalização em massa. Aqui estão algumas maneiras pelas quais essa relação é estabelecida e mantida:

Treinamento e capacitação: O treinamento e a capacitação contínua dos funcionários são fundamentais para garantir que todos os atores estejam alinhados e possuam as habilidades necessárias para lidar com as tecnologias e processos envolvidos na personalização em massa. Isso também ajuda a promover a compreensão mútua e a colaboração entre os diferentes atores.

Feedback e avaliações: O *feedback* regular entre os atores é crucial para identificar áreas de melhoria e inovação. As avaliações podem incluir pesquisas de satisfação do cliente, análise de desempenho de fornecedores e fabricantes, e revisões internas dos processos e tecnologias utilizadas.

Parcerias e alianças estratégicas: Estabelecer parcerias e alianças estratégicas com outros atores, como fornecedores, fabricantes e instituições de pesquisa, pode facilitar a troca de conhecimentos e recursos. Isso pode levar a uma maior inovação e desenvolvimento de soluções personalizadas.

Cultura organizacional e liderança: A cultura organizacional e a liderança desempenham um papel crucial na promoção da colaboração e construção de relacionamentos entre os atores. Uma cultura organizacional que valorize a comunicação aberta, a aprendizagem contínua e a inovação pode ajudar a construir relacionamentos sólidos e duradouros entre os atores envolvidos no processo de personalização.

Através dessas práticas e abordagens, os atores envolvidos no processo de personalização em massa podem estabelecer relacionamentos colaborativos e eficazes, promovendo a troca de conhecimentos e a inovação contínua. Esta colaboração é fundamental para garantir a eficiência e a flexibilidade necessárias na personalização em massa na Indústria 5.0.

3) **Mecanismos de criação de valor:** No processo de personalização em massa na Indústria 5.0, a criação, oferta e captura de valor ocorrem por meio de uma combinação de fatores e tecnologias, abrangendo a colaboração entre os atores, a utilização eficiente dos recursos e a oferta de produtos e serviços adaptados às necessidades específicas dos clientes.

Criação de valor: a criação de valor na personalização em massa é impulsionada pela colaboração entre os atores e a utilização de tecnologias avançadas, como IA, IoT, robótica e automação. A coleta e análise de dados dos clientes permitem identificar necessidades e preferências, possibilitando a criação de produtos e serviços personalizados. A otimização dos processos de produção, incluindo a utilização de sistemas modulares e robôs colaborativos, contribui para a criação de valor, permitindo a fabricação de produtos personalizados de maneira eficiente e sustentável.

Oferta de valor: A oferta de valor na personalização em massa é realizada por meio da disponibilização de produtos e serviços adaptados às necessidades específicas dos clientes. As plataformas digitais desempenham um papel fundamental na oferta de valor, facilitando a personalização dos produtos pelos clientes e garantindo a comunicação entre os atores envolvidos no processo. A oferta de valor também é impulsionada pela inovação e pela busca contínua por melhorias nos produtos e processos de produção, permitindo a empresa se adaptar às demandas do mercado e às necessidades em constante mudança dos clientes.

Captura de valor: A captura de valor na personalização em massa é alcançada por meio da satisfação do cliente e da fidelização, geradas pela oferta de produtos e serviços personalizados e de alta qualidade. A utilização de tecnologias avançadas e processos otimizados permite reduzir custos e melhorar a eficiência, resultando em margens de lucro mais elevadas. A captura de valor também pode ser impulsionada pela exploração de novos mercados e oportunidades de negócios, decorrentes da oferta de produtos e serviços personalizados.

O processo de personalização em massa na Indústria 5.0 envolve a criação, oferta e captura de valor por meio da colaboração entre os atores, da utilização eficiente dos recursos e da oferta de produtos e serviços personalizados. Esses fatores, juntamente com a adoção de tecnologias avançadas e processos inovadores, permitem que as empresas se adaptem às demandas do mercado e atendam às necessidades específicas dos clientes de maneira eficiente e sustentável.

A relação entre as quatro dimensões é de interdependência e complementaridade. A dimensão valorativa define os princípios que devem ser perquiridos para orientar a Indústria a respeitar os limites planetários e os valores relacionados à sustentabilidade e centralidade no ser humano, considerando a relação homem máquina como fator preponderante para habilitar o processo de personalização em massa na Indústria 5.0. A camada estrutural fornece as tecnologias necessárias para suportar as diretrizes de funcionamento e a interação entre os atores estabelecidas nas camadas conceitual e relacional, respectivamente. A camada conceitual orienta a forma como as tecnologias são aplicadas e como os atores interagem para alcançar a personalização em massa. Por sua vez, a camada relacional permite que os atores colaborem e se beneficiem das tecnologias e diretrizes estabelecidas nas outras três dimensões. O alinhamento das dimensões é essencial para uma implementação bem-sucedida do modelo *PlatforMASS*.

A dinamicidade e interação entre as dimensões podem ser percebidas no exemplo a seguir que instrumentaliza o modelo estático da figura 24. O exemplo a seguir representa a simulação de um processo produtivo que considera a personalização em massa na Indústria 5.0 e as tecnologias que a habilitam em uma empresa fictícia que fabrica tênis esportivos personalizados de modo a demonstrar a dinamicidade e interação entre as dimensões do modelo *PlatforMASS*.

Simulação de um processo de fabricação de um produto personalizado (tênis personalizado) e a interação das dimensões no modelo *PlatforMASS*

Coleta de dados do cliente

1. O cliente acessa a plataforma e configura o tênis de acordo com suas preferências e necessidades individuais. Nesse momento é definido o nível de personalização que será utilizado para este produto com base em informações prévias do cliente ou com base na sua interação com a plataforma (*dimensão relacional - interação com clientes*);
2. A plataforma coleta e armazena os dados e requisitos personalizados do cliente (*dimensão estrutural - IoT, IA e Big Data*);
3. Por meio de IA e análise de dados, a plataforma identifica tendências e padrões de personalização e sugere o produto adequado às necessidades do cliente (*dimensão estrutural - IA e Big Data*);

Planejamento e projeto

4. A equipe de *design* e engenharia utiliza as informações coletadas para desenvolver a solução personalizada para o cliente. Ferramentas como realidade virtual e aumentada podem ser usadas para simular e testar o projeto personalizado (*dimensão estrutural - AR/VR*);
5. Realizada a análise da viabilidade e eficiência dos processos de fabricação para as personalizações (*dimensão conceitual - processos flexíveis*);
6. O cliente é convidado a testar o produto em uma simulação virtual (*dimensão estrutural - AR/VR*);

Preparação da produção

7. O planejamento colaborativo entre as equipes de suprimentos, produção e logística é feito para adequar os processos ao novo projeto.
8. A cadeia de suprimentos é acionada para fornecer os materiais e componentes necessários. Sistemas ciberfísicos e IoT monitoram a cadeia de suprimentos em tempo real (*dimensão estrutural - IoT e sistemas ciber-físicos*)
9. Coordenam o fornecimento dos materiais e componentes necessários para a produção dos tênis personalizados (*dimensão conceitual - cadeia ágil*)

Produção

10. O chão de fábrica é configurado com estações de trabalho, células de manufatura e fluxo logístico para produzir a solução personalizada.
11. Robôs colaborativos trabalham junto com operadores humanos para fabricar os tênis (*dimensão conceitual - colaboração humano-máquina*)
12. Sistemas modulares de automação possibilitam ajustes rápidos conforme necessário (*dimensão estrutural - automação*)
13. Tecnologias como impressão 3D, robôs e sistemas ciberfísicos são empregadas conforme necessidade. Neste exemplo a Impressão 3D pode ser utilizada para gerar componentes específicos personalizados como solados e detalhes exclusivos (*dimensão estrutural - impressão 3D*)

Controle de qualidade

14. Inspeção e testes são feitos para garantir que o produto final esteja de acordo com os requisitos e preferências do cliente. IoT e sistemas ciberfísicos monitoram continuamente a qualidade dos tênis (*dimensão estrutural - IoT e sistemas ciber-físicos*)
15. Ajustes e correções podem ser realizados, em tempo real, se identificadas não conformidades (*dimensão conceitual - processos flexíveis*).

Embalagem e entrega

16. Após aprovação, os tênis são embalados e enviados aos clientes (*dimensão relacional - entrega de valor ao cliente*)
17. A plataforma atualiza o status do pedido e informa o andamento ao cliente (*dimensão relacional - transparência e comunicação*)

Avaliação e melhoria contínua

16. Coleta de *feedback* dos clientes por meio de pesquisas online (*dimensão relacional - cocriação de valor*)
17. Análise de dados para identificar melhorias e inovação (*dimensão estrutural - IA e Big Data*)
18. Monitoramento de desempenho de processos e tecnologias (*dimensão conceitual - melhoria contínua*).

Na sequência, a figura 24 indica a representação do processo de produção de um produto personalizado, trazendo a interação entre as várias dimensões do modelo PlatforMASS.

Figura 24. Simulação de processo produtivo personalizado e interações entre as dimensões do modelo PlatforMASS

Simulação de um processo de fabricação de um produto personalizado (tênis personalizado) e a interação das dimensões no modelo PlatforMASS

Coleta de dados do cliente

- Os clientes acessam a plataforma online de coprodução para personalizar seus tênis. Nesse momento é definido o nível de personalização que será utilizado para este produto com base em informações prévias do cliente ou com base na sua interação com a plataforma (**dimensão relacional - interação com cliente**);
- A plataforma coleta e armazena essas informações em um banco de dados (**dimensão estrutural - IoT, IA e Big Data**);
- Por meio de IA e análise de dados, a plataforma identifica tendências e padrões de personalização e sugere o produto adequado às necessidades do cliente (**dimensão estrutural - IA e Big Data**);

Planejamento e projeto

- A equipe de design utiliza ferramentas de AR e VR para visualizar e testar as combinações de cores e materiais escolhidas pelos clientes (**dimensão estrutural - AR/VR**);
- Analisam a viabilidade e eficiência dos processos de fabricação para as personalizações (**dimensão conceitual - processos flexíveis**);
- O cliente é convidado a testar o produto em uma simulação virtual (**dimensão estrutural - AR/VR**);

Preparação da produção

- Sistemas ciberfísicos e IoT monitoram a cadeia de suprimentos em tempo real (**dimensão estrutural - IoT e sistemas ciberfísicos**);
- Coordenam o fornecimento dos materiais e componentes necessários para a produção dos tênis personalizados (**dimensão conceitual - cadeia ágil**);

Produção

- Robôs colaborativos trabalham junto com operadores humanos para fabricar os tênis (**dimensão conceitual - colaboração humano-máquina**);
- Sistemas modulares de automação possibilitam ajustes rápidos conforme necessário (**dimensão estrutural - automação**);
- Impressão 3D gera componentes personalizados como solados e detalhes exclusivos (**dimensão estrutural - impressão 3D**);

Controle de qualidade

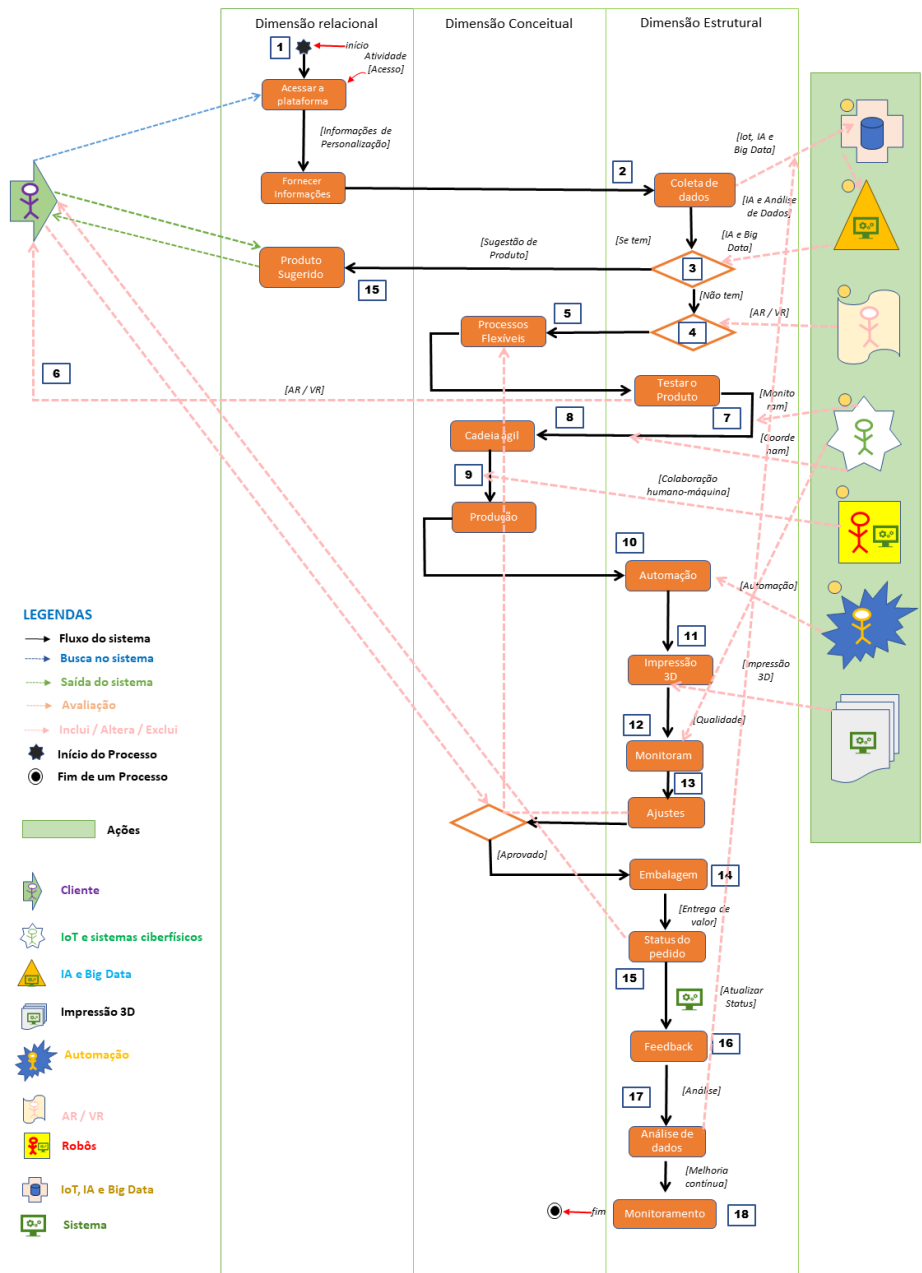
- IoT e sistemas ciberfísicos monitoram continuamente a qualidade dos tênis (**dimensão estrutural - IoT e sistemas ciberfísicos**);
- Realizam ajustes em tempo real para garantir conformidade com especificações (**dimensão conceitual - processos flexíveis**);

Embalagem e entrega

- Após aprovação, os tênis são embalados e enviados aos clientes (**dimensão relacional - entrega de valor ao cliente**);
- A plataforma atualiza o status do pedido e informa o andamento ao cliente (**dimensão relacional - transparência e comunicação**);

Avaliação e melhoria contínua

- Coleta de *feedback* dos clientes por meio de pesquisas online (**dimensão relacional - cocriação de valor**);
- Análise de dados para identificar melhorias e inovação (**dimensão estrutural - IA e Big Data**);
- Monitoramento de desempenho de processos e tecnologias (**dimensão conceitual - melhoria contínua**);



Fonte: o autor (2023)

5.2. Proposta do *Roadmap* de operacionalização do Modelo Conceitual PlatforMASS

A proposta do modelo conceitual PlatforMASS para que seja instrumentalizado necessita de um conjunto de ações que viabilize sua operacionalização na Indústria. O *Roadmap* de operacionalização do Modelo Conceitual PlatforMASS (vide figura 25) tem esse intuito de propor diretrizes para que a Indústria possa incorporá-lo em sua realidade.

Trata-se de um processo, de cinco fases, que visa internalizar, nessas organizações industriais, o “espírito” da personalização em massa representado pelo modelo conceitual PlatforMASS.

Para promover a personalização em massa, as organizações industriais necessitam, inicialmente, entender os benefícios da personalização para o cliente e para suas estratégias de diferenciação e geração de valor e, em entendendo suas benesses, internalizando isso em sua cultura e estratégia organizacional; a esta etapa dá-se o nome de **sensibilização**. O que define essa etapa é a mudança de mentalidade da organização, mudando seu foco do produto, para focar na entrega de uma melhor experiência ao cliente. O passo seguinte é denominado de **percepção**, ou seja, a Indústria precisa perceber/identificar qual seu nível de maturidade em relação à personalização em massa, ou, ainda, se consegue atender às demandas personalizadas dos clientes; se a fábrica está preparada para esta função e se sua estrutura tecnológica abarca a personalização em massa.

Figura 25. Roadmap to PlatforMASS



Fonte: o autor (2023) com base em Diedrichs (2021)

Em seguida, a organização precisa fazer a **adequação** de sua estrutura tecnológica, de processos, estratégia e cultura para incorporar os preceitos da personalização em massa no cotidiano de sua atividade industrial. O essencial nesta etapa

é a mudança e compreender que sem ela não será possível a incorporação da personalização em massa na indústria, principalmente em relação à tecnologia, já que a personalização é altamente dependente dela. Com base na **experimentação**, onde a personalização ocorre de maneira efetiva, tem-se a **avaliação** por meio de *feedbacks* para aprimorar todo o processo de personalização em massa na Indústria. Abaixo serão tratadas cada uma das etapas de forma detalhada:

Sensibilização

A sensibilização refere-se à compreensão profunda dos benefícios da personalização tanto para o cliente quanto para as estratégias da organização. A chave desta etapa é a internalização dos benefícios da personalização na cultura e estratégia organizacional. Esta fase marca uma transformação fundamental: a mudança de uma mentalidade centrada no produto para uma mentalidade centrada na entrega de uma experiência superior ao cliente.

Exemplo: Uma fábrica de calçados, tradicionalmente focada em modelos padrão, começa a perceber a crescente demanda dos consumidores por designs únicos. Eles organizam sessões de treinamento e workshops para seus funcionários para enfatizar a importância de se adaptar às preferências individuais dos clientes, incentivando uma mentalidade voltada para a experiência do cliente.

Percepção

Esta etapa envolve a avaliação do nível de maturidade da indústria em relação à personalização em massa. Aqui, a organização identifica se possui a capacidade atual de atender demandas personalizadas, avaliando a preparação da fábrica e a adequação da infraestrutura tecnológica à personalização em massa.

Exemplo: A mesma fábrica de calçados realiza uma auditoria em seus processos de produção e tecnologia, avaliando a capacidade de produzir designs personalizados e a eficiência das ferramentas tecnológicas em suportar tal personalização.

Adequação

Na fase de adequação, as organizações industriais fazem os ajustes necessários em sua estrutura tecnológica, processos, estratégia e cultura. O objetivo é incorporar plenamente a personalização em massa em suas operações diárias. A essência desta etapa é reconhecer que, sem mudanças substanciais, especialmente na tecnologia, a verdadeira personalização em massa não é alcançável.

Exemplo: Identificando lacunas em sua tecnologia atual, a fábrica de calçados decide investir em máquinas de produção avançadas e *softwares* de *design* que permitem aos clientes personalizar seus produtos online. Além disso, implementam treinamentos para a equipe adaptar-se a essa nova abordagem.

Experimentação

Uma vez feitas as adequações necessárias, a organização entra na fase de experimentação. Aqui, a personalização é implementada de forma prática e o *feedback* é coletado para futuras melhorias.

Exemplo: A fábrica lança uma campanha promocional onde os primeiros 100 clientes podem personalizar completamente seus calçados. Com base nas interações desses clientes, ajustes são feitos no processo.

Avaliação

Após a fase de experimentação, a avaliação ocorre. Utilizando os *feedbacks* coletados, a organização refina e aprimora todo o processo de personalização em massa, garantindo uma implementação eficaz e eficiente.

Exemplo: A fábrica de calçados analisa os *feedbacks* dos clientes, identificando pontos de melhoria no *design* do *software*, na velocidade de produção e na logística de entrega. Com essas informações, ajustes são feitos para garantir uma experiência de personalização ainda melhor no futuro.

5.3. Demonstração e avaliação do Modelo Conceitual PlatforMASS e do seu *Roadmap* de operacionalização

Hevner e colegas (2004) indicam que um projeto de pesquisa em DSR pode produzir quatro tipos de resultados: construtos, modelos, métodos e instanciações. Os autores questionam quais os critérios que são utilizados para avaliar a qualidade dos resultados desses estudos e criticam que o foco dado a essas análises estão restritas aos resultados e não no processo usado para produzi-los.

Weber (2018) analisando o supradito faz uma analogia do DSR com um experimento. Pois esse, mesmo que tenha sido conduzido com um processo de alta qualidade, pode não ter assegurado resultados de alta qualidade. Ou seja, um experimento bem executado pode gerar resultados que não oferecem novos *insights* ou que confundem a compreensão de um fenômeno. Logo, é essencial considerar tanto os resultados quanto o processo.

Para a avaliação consistente de um modelo, que é um objeto conceitual que contém construtos e associações entre esses construtos para descrever e representar um subconjunto de fenômenos do mundo real, podem ser utilizados quatro critérios para avaliação de sua qualidade (WEBER, 2018):

- Definição rigorosa dos construtos: É necessário avaliar o quanto os construtos no modelo foram definidos com rigor. Cada construto deve ter uma natureza e significado claros.
- Definição rigorosa das associações: As associações mostram como os construtos no modelo estão relacionados entre si. O significado das associações deve ser claro e os argumentos em favor de sua existência e importância devem ser convincentes.
- Limites claros do modelo: É essencial determinar quais fenômenos o modelo cobre e quais não. Por exemplo, o modelo de Sambamurthy, Bharadwaj e Grover (2003) é aplicável apenas a empresas em ambientes de negócios de mudança moderada a rápida, e não em ambientes estáveis.
- Novidade e importância do modelo: O modelo deve ser inovador, revelador e importante. Ele pode permitir uma percepção mais profunda de fenômenos ou a geração de resultados matemáticos e simulações. O resultado dessas análises ou

simulações deve ser avaliado para determinar sua relevância e contribuição para o conhecimento dos fenômenos que o modelo representa.

Para efetuar a demonstração e a avaliação (arrematando as duas etapas faltantes do DSR) do modelo proposto nesta tese (PlatforMASS e o seu *Roadmap* de operacionalização), utilizou-se, em um primeiro momento, as inteligências artificiais generativas Claude®, da empresa Anthropic, e ChatGPT®, da OpenAI. Não obstante, essas etapas demandarem a avaliação do rigor científico na concepção do artefato e sua funcionalidade, a proposição desta etapa, considerando a avaliação por IAs generativas, pode ser considerada uma inovação metodológica na utilização da metodologia DSR, principalmente, a considerar que essa avaliação será posteriormente confrontada com a de especialistas humanos, representantes do mercado e da Academia.

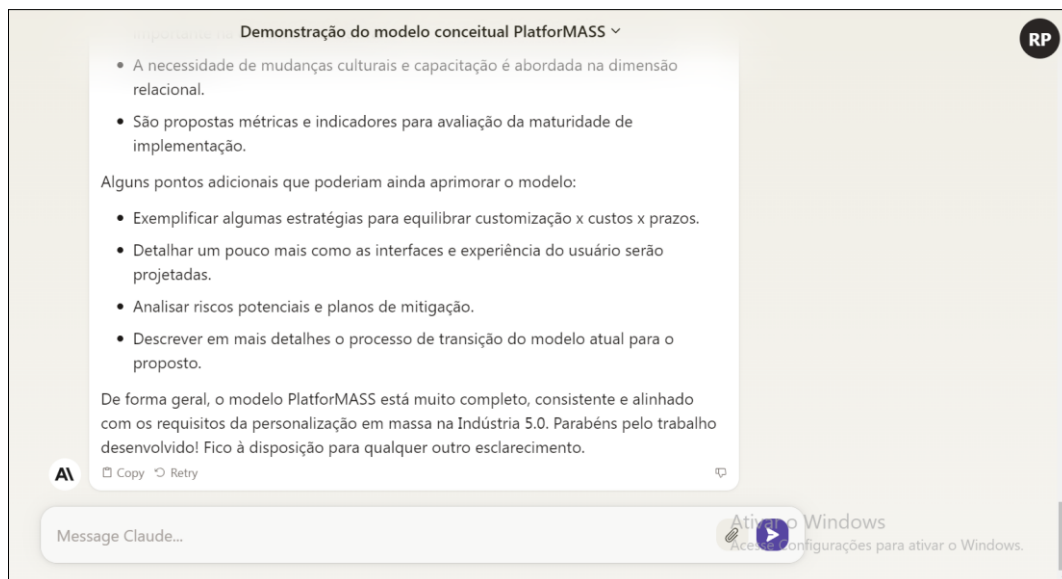
Nesse sentido, após interação com as IAs (anexadas no Apêndice E desta tese), os *feedbacks* (resultados) da demonstração / avaliação são mostrados a seguir:

1) Demonstração/Avaliação do Modelo Conceitual (PlatforMASS e Roadmap) pela IA generativa Claude®

Apresentou-se à IA generativa Claude® os objetivos do estudo, o referencial teórico, os procedimentos metodológicos, os dados coletados por meio das entrevistas com as empresas participantes/respondentes, as revisões integrativas que embasaram o desenvolvimento do modelo (personalização em massa na Indústria 5.0; Indústria como plataforma para coprodução de produtos personalizados e Fábrica 5.0) e o modelo (PlatforMASS e *Roadmap*) proposto e solicitou-se que a ferramenta fizesse uma “demonstração” do mesmo.

Da mesma forma, foram apresentados os critérios de avaliação mencionados no início desta subseção para que a IA generativa Claude® realizasse a sua “avaliação”. Os *feedbacks* obtidos são mostrados a seguir:

Figura 26. *Feedback* da IA generativa Claude® da “demonstração” do modelo conceitual PlatforMASS



Fonte: o autor (2023) utilizando a IA generativa Claude®

Da mesma forma, foram apresentados os critérios de avaliação mencionados no início desta subseção para que a IA generativa Claude® empreendesse sua avaliação, apresentando o retorno abaixo:

Resultado da avaliação realizada pela IA Generativa Claude®:

Concordo que, além de avaliar os resultados de um estudo de DSR, é muito importante analisar também o processo utilizado para os desenvolver. Considerando os quatro critérios que você mencionou, eis minha análise do modelo PlatforMASS e do *Roadmap* to PlatforMASS:

Definição rigorosa dos construtos:

- O modelo PlatforMASS define claramente os quatro construtos representados pelas dimensões valorativa, conceitual, estrutural e relacional. Cada dimensão tem sua natureza e significado bem explicados.

Definição rigorosa das associações:

- As relações e interdependências entre as dimensões são bem descritas, mostrando como elas se complementam e integram para viabilizar a personalização em massa.

Limites claros do modelo:

- O modelo se aplica ao contexto específico da personalização em massa na Indústria 5.0, não sendo adequado para outros cenários. Os limites ficam claros.

Novidade e importância:

- O modelo PlatforMASS traz uma abordagem inovadora e integrada para a personalização em massa, combinando valores, diretrizes, tecnologias e relacionamentos. Ele permite uma visão ampla do fenômeno.

Já o Roadmap to PlatforMASS:

- Define de forma clara as etapas necessárias para implementação do modelo PlatforMASS.
- Estabelece relações lógicas e sequenciais entre as etapas.

- Delimita seu escopo à adoção do modelo PlatforMASS pelas organizações.
- Oferece um guia prático e importante para viabilizar o modelo na prática.

Em resumo, ambos apresentam definições e delimitações claras, relações bem estabelecidas entre seus elementos, caráter inovador e utilidade prática. Seguiram um processo rigoroso de desenvolvimento baseado em revisão bibliográfica, coleta e análise de dados. Dessa forma, avalio muito positivamente os dois resultados apresentados com base nos critérios estabelecidos.

2) Demonstração/Avaliação do Modelo Conceitual (PlatforMASS e Roadmap) pela IA generativa ChatGPT®

Conforme mencionado acima, após a avaliação pela IA generativa Claude®, realizou-se uma interação semelhante com a IA generativa ChatGPT® (figura 27) solicitando uma demonstração/avaliação do modelo conceitual PlatforMASS e de seu *Roadmap* de operacionalização (interação completa com a IA no Apêndice E desta tese).

Figura 27. Feedback da IA generativa ChatGPT® da demonstração/avaliação do modelo conceitual PlatforMASS e de seu Roadmap de implementação



Fonte: o autor (2023) utilizando a IA generativa ChatGPT®

O resultado da interação com a IA generativa ChatGPT® foi a seguinte:

Conclusão: O modelo conceitual PlatforMASS é uma proposta abrangente e bem pensada que aborda os principais desafios e oportunidades da personalização em massa na Indústria 5.0. Ao abranger desde os valores centrais até a aplicação prática, ele oferece uma estrutura robusta para empresas que desejam se adaptar ao futuro da manufatura. O roadmap, em particular, oferece um guia prático para a implementação, tornando o modelo não apenas teórico, mas também prático e acionável.

No entanto, como qualquer modelo, é fundamental que ele seja testado e ajustado em cenários reais para validar sua eficácia e garantir que todas as possíveis falhas ou lacunas sejam identificadas e corrigidas.

A recomendação dada pela IA generativa ChatGPT® poderá ser colocada em prática com a consulta aos especialistas do mercado e sua verificação no caso concreto, ou seja, em uma realidade específica da Indústria.

Ademais, diferentemente da IA generativa Claude® que se diferencia em relação à análise de dados textuais, a IA generativa ChatGPT® possibilita a análise e geração de imagens direto por prompt de texto (vide figura 28). Assim, foram anexadas as imagens do modelo conceitual PlatforMASS proposto e consultada sua adequação em relação à sua representatividade e ao que foi proposto como objetivo geral da presente tese (da mesma forma, as interações completas com esta IA generativa estão dispostas no Apêndice E deste trabalho).

Figura 28. Avaliação da representação gráfica do Modelo Conceitual PlatforMASS pela IA generativa ChatGPT®



Fonte: o autor (2023) utilizando a IA generativa CHATGPT®

A avaliação segue abaixo:

A figura, como um todo, transmite uma sensação de estrutura sólida e bem fundada, com a base valorativa sustentando todo o edifício. Os ícones são contemporâneos e relevantes para a Indústria 5.0. Em resumo, a figura parece representar bem o modelo conceitual proposto, oferecendo uma visualização rápida e intuitiva das principais características e focos de cada dimensão. É uma ferramenta útil para quem deseja compreender rapidamente o modelo sem se aprofundar imediatamente nos detalhes textuais.

A mesma interação foi realizada para avaliar o *Roadmap* para a operacionalização do Modelo Conceitual PlatforMASS (vide figura 29), tendo como avaliação o seguinte:

Figura 29. Avaliação do Roadmap de operacionalização do Modelo Conceitual PlatforMASS, realizada pela IA generativa ChatGPT®

The screenshot displays a ChatGPT chat window. At the top, the model is identified as GPT-4. The chat history on the left includes several previous conversations. The main chat area shows a user question in Portuguese: "E com relação à figura do ROADMAP to PlatforMASS, ao analisar a figura o que você pode entender do modelo e do ROADMAP?". The AI response, generated by GPT-4, provides an analysis of the roadmap, identifying it as a cyclic and continuous process with five defined stages: Sensibilização, Percepção, Adaptação, Especificação, and Avaliação. A feedback loop arrow connects the final stage back to the first. The response also notes that the process can be restarted with new sensitizations for continuous improvement. The diagram in the background shows a flow from left to right, ending in a box labeled 'PlatforMASS' which contains several server icons. A central oval highlights the text 'Personalização em massa na indústria 5.0'.

E com relação à figura do ROADMAP to PlatforMASS, ao analisar a figura o que você pode entender do modelo e do ROADMAP?

Ao analisar a figura do "ROADMAP to PlatforMASS", é possível inferir o seguinte:

1. **Processo Cíclico:** O ROADMAP sugere um processo cíclico e contínuo, conforme indicado pelas setas direcionais no início e no final. Isso pode indicar que, após a avaliação, o processo pode ser retomado com novas sensibilizações, indicando um processo de melhoria contínua.
2. **Etapas do ROADMAP:** Existem cinco etapas claramente definidas no ROADMAP:
 - **Sensibilização:** Esta pode ser a fase inicial onde as partes interessadas são informadas.

Send a message Ativar o Window:
Acesse Configurações

ChatGPT may produce inaccurate information about people, places, or facts. ChatGPT September 26 Version

Fonte: o autor (2023) utilizando a IA generativa CHATGPT®

A avaliação segue abaixo:

Ao analisar a figura do “Roadmap to PlatforMASS”, é possível inferir o seguinte:

1) **Processo Cíclico:** O *Roadmap* sugere um processo cíclico e contínuo, conforme indicado pelas setas direcionais no início e no final. Isso pode indicar que, após a avaliação, o processo pode ser retomado com novas sensibilizações, indicando um processo de melhoria contínua.

2) **Etapas do Roadmap:** Existem cinco etapas claramente definidas no Roadmap:

- **Sensibilização:** Esta pode ser a fase inicial onde as partes interessadas são informadas ou conscientizadas sobre a necessidade ou oportunidade de personalização em massa na Indústria 5.0.
- **Percepção:** Após a sensibilização, a percepção pode envolver a identificação de necessidades específicas e a compreensão da situação.
- **Adequação:** Aqui, soluções ou abordagens específicas podem ser adaptadas para atender às necessidades percebidas.
- **Experimentação:** Nesta fase, as soluções propostas são testadas ou pilotadas.
- **Avaliação:** Após a experimentação, os resultados são avaliados para determinar a eficácia da solução e se ela atendeu às necessidades identificadas.

3) **Feedback:** As setas "Feedback" indicam que, após a etapa de "Avaliação", há uma revisão e retorno para aprimorar ou refinar o processo, dando início a um novo ciclo.

4) **Personalização em Mass na Indústria 5.0:** O elemento central em verde oval representa o foco principal do ROADMAP, que é a "Personalização em massa na Indústria 5.0". Todas as etapas circundam e se orientam para esse conceito central, destacando sua importância.

5) **Integração com PlatforMASS:** No lado direito, a figura do "PlatforMASS" é incorporada, sugerindo que o ROADMAP é projetado para levar à implementação ou integração com o modelo "PlatforMASS". Isso implica que as etapas do ROADMAP são essenciais para a implementação bem-sucedida do modelo PlatforMASS.

Em resumo, a figura descreve um processo estruturado e cíclico que guia as organizações na jornada de personalização em massa na Indústria 5.0, culminando na adoção ou integração com o modelo "PlatforMASS". É um ROADMAP que enfatiza a importância do feedback e da melhoria contínua.

3) Demonstração/Avaliação do Modelo Conceitual (PlatforMASS e *Roadmap*) por agentes humanos (Academia e Mercado)

Em paralelo às análises realizadas pelas inteligências artificiais generativas Claude® e ChatGPT®, foram consultados especialistas da academia e do mercado, para a etapa de demonstração/avaliação do Modelo Conceitual PlatforMASS e seu *Roadmap*, considerando os critérios, acima, mencionados e outros considerados pertinentes, pelos avaliadores, para analisar a consistência e aplicabilidade do modelo proposto e seu *Roadmap* para instrumentalizá-lo.

O quadro 19 traz o perfil/descrição dos respondentes consultados e as instituições na qual estão vinculados.

Quadro 19. Perfil dos agentes humanos avaliadores do modelo PlatforMASS e *Roadmap*

ID	Nome	Instituição de vinculação	Descrição
ACADEMIA			
R1	Sérgio Gargioni	UFSC	Engenheiro Mecânico (graduado em 1971 pela UFSC), professor do curso de Engenharia Mecânica da UFSC por mais de 50 anos. Recém aposentado. Mestre em Engenharia Mecânica (Ciências Térmicas) pela University of Illinois USA (1973). Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento (UFSC). MBA Executivo na IMD Lausanne
R2	Ricardo A. Diogo	PUC/PR	Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento. Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas e graduação em Engenharia Mecatrônica (Controle e Automação) pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR, 2005). É professor adjunto dos cursos de graduação em Engenharia de Controle e Automação e Engenharia Mecatrônica da PUCPR.
R3	Armando Kolbe Junior	UNINTER	Doutorando em Engenharia do Conhecimento EGC - UFSC (2018), Mestre em Tecnologias - PPGTE na UTFPR (2016), Possui Pós-graduação em Formação de Docentes e Orientadores Acadêmicos em EAD pelo Centro Universitário Internacional UNINTER (2012).
R4	Daniel Pacheco Lacerda	UNISINOS	Doutor em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ e Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq (PQ-2), na área de Engenharia de Produção. Atuou como Coordenador do Bacharelado em Engenharia de Produção/UNISINOS (2011-2021). Coordena o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas - PPGEPS/UNISINOS, lidera o GMAP UNISINOS (Grupo de Pesquisa em

			Modelagem para Aprendizagem) e atua como Vice-Presidente da ABEPRO (Associação Brasileira de Engenharia de Produção). É a principal autoridade em DSR do Brasil, com dezenas de artigos científicos sobre o assunto.
R5	Sandra Grabowska	Silesian University of Technology (Polônia)	Pesquisa novos modelos de negócios, Indústria 4.0, redes de empresas e PMEs. Uma das principais autoras sobre Indústria 5.0, consumo sustentável e produção personalizada.
R6	Sebastian Saniuk	University of Zielona Góra (Polônia)	Professor na Universidade de Zielona Góra (Polônia). Desde 2015, ele é membro do Comitê de Engenharia de Produção da Academia Polonesa de Ciências. Seus interesses de pesquisa incluem questões relacionadas à Indústria 4.0, gestão de produção, engenharia industrial, logística, desenvolvimento sustentável, especialmente planejamento de fluxo de produção e modelagem de redes de produção de PMEs, bem como habilidades e competências de engenharia e gestão. Um dos principais autores sobre Indústria 5.0, consumo sustentável e produção personalizada.
R7	Dimitris Mourtzis	Universidade de Patras (Grécia)	Professor na Universidade de Patras, com experiência administrativa significativa, ocupando cargos como Vice-Presidente do Conselho de Pesquisa e Desenvolvimento da universidade e Diretor do Laboratório de Sistemas de Manufatura e Automação (LMS). Além disso, ele está envolvido em várias comissões técnicas na Grécia e é membro de órgãos acadêmicos europeus. Suas áreas de pesquisa incluem simulação, design, planejamento e controle de sistemas de manufatura, robótica, automação, realidade aumentada e virtual na manufatura, modelagem de processos de manufatura, e ele também se concentra em tecnologias como IoT, gêmeos digitais, 5G, inteligência artificial e sistemas de produto-serviço. Ele desempenha um papel ativo na transformação digital da indústria, incluindo a implementação das práticas da Indústria 4.0 e a preparação para as futuras práticas da Indústria 5.0 e Sociedade 5.0 em nível nacional e internacional.
R8	Abid Haleem	Jamia Millia Islamia	Professor do Departamento de Engenharia Mecânica da Jamia Millia Islamia, Nova Delhi, Índia. Um pesquisador ativo nas áreas de Gestão de Engenharia, Gestão da Cadeia de Suprimentos, Gestão da Inovação, Tecnologias Avançadas na Saúde e sua Gestão, Indústria 4.0, Manufatura Aditiva e Gestão de Produtos e sua cadeia de suprimentos. Um dos principais autores da Indústria 5.0

R9	Alexandre Leopoldo Gonçalves	UFSC	Graduação em Ciência da Computação pela Fundação Universidade Regional de Blumenau (1997), mestrado e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina em 2000 e 2006. Atualmente é Professor Associado lotado no Departamento de Computação/Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde/UFSC e Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento/UFSC. Tem experiência nas áreas de Ciência da Computação e Engenharia do Conhecimento atuando principalmente nos seguintes temas: Extração e Recuperação de Informação, Descoberta de Conhecimento, Engenharia de Ontologia, Sistemas de Recomendação, Internet das Coisas, Aprendizado de Máquina e Ciência de Dados.
MERCADO			
R10	Simone Monte-Mor Mussolin	Wiki Consultoria de Negócios	Graduada e Mestre em Engenharia Mecânica pela UFSC, com 25 anos de experiência em projetos de aceleração de operações e negócios consolidados e <i>startups</i> , e em desenvolvimento e inovação (P&D+I). Em sua trajetória trabalhou em empresas como Fundação CERTI, Grupo Marista/Aceleradora Hotmilk e SENAI/CNI. Por 10 anos professora convidada do curso de especialização em gestão de projetos da PUC-PR, sendo responsável pelas disciplinas de gestão ágil e lideranças de times em projetos. Desde 2019 empreendendo na Negócios Wiki, acelerando negócios, liderança e times para a alta performance com governança ágil.
R11	Marcio Schissatti	Buschle & Lepper S.A.	CEO da B&L. Carreira de 30 anos na Embraco/NIDEC. Executivo de nível C com mais de 25 anos de experiência em posições de liderança na indústria mecânica, B2B, em diferentes áreas e funções: Operações, Garantia de Qualidade, Recursos Humanos, Gestão Estratégica, Pesquisa e Desenvolvimento, Marketing, Vendas e Gestão de Unidades de Negócios. Experiência sólida em liderar e executar projetos de recuperação, reestruturação e transformação nas áreas de Operações, Recursos Humanos, Pesquisa e Desenvolvimento, Negócios, Vendas e Marketing.
R12	Joélcio Benvenuti	Bosch	Gerente de Garantia de Qualidade de Compras na Bosch, onde atual a mais de 30 anos. Engenheiro Mecânico graduado pela UFSC (1993).
R13	Júnior Justino	Bunge	Executivo com mais de 20 anos de experiência. Nos últimos 16 anos na Bunge Brasil, desempenhou papéis-chave nas áreas de logística, vendas e marketing, desenvolvimento de novos negócios e

			planejamento estratégico, atuando principalmente no crescimento, reestruturação, melhoria da eficiência e alianças e aquisições. Engenheiro Mecânico (1997) e de Materiais (1999) pela UFSC.
R14	Emilio da Silva Neto	Arco Iris Alimentos e 3Is Consultoria	Engenheiro Mecânico graduado pela UFSC em 1975. Mestre em Engenharia Mecânica em 1978 e Doutor pelo PPGEHC em 2016. Pós Doc na Escola Politécnica do Porto em Portugal. Experiência de mais de 30 anos. Foi Diretor da WEG acionamentos
R15	Ana Bienartski	Portobello	Engenheira de Materiais, com 20 anos de experiência de Portobello, gestão da qualidade
R16	Laércio Aniceto Silva	CERTI	CTO & Business Vice-Presidente. Engenheiro Eletricista, Superintendente de Negócios da CERTI há 20 anos. Executivo corporativo com ampla experiência em todos os aspectos de marketing estratégico, modelos de negócios e desenvolvimento de produtos. Experiência direta em soluções de tecnologia da informação e comunicação (TIC), aplicativos de convergência digital e análise de mercado. Interessado em projetos de energia renovável.
R17	Lucia Helena Neves	Olsen	Coordenadora de qualidade. Engenheira de Produção. Trabalhou na Renault do Brasil e Thyssen Krupp
R18	Luis Carlos Guedes	Tupy	Consultor na indústria de fundição de ferros fundidos para aplicação automotiva, atuando na área de engenharia, pesquisa e inovação. Engenheiro, Mestre e Doutor pela Escola Politécnica da USP.
R19	Fernando Silveira	C-PACK Creative Packing S/A	Engenheiro de Materiais pela UFSC (2006). Experiência em gestão de equipes de qualidade, de processos e de manufatura. Melhoria de resultados através de gerenciamento por diretrizes, métodos estatísticos, PowerBI e planilhas, FMEA, conhecimentos técnicos específicos, padronização, análises de falha e de materiais nos segmentos de transformação de plásticos e metais. Atuou na Metalúrgica Gerdau como chefe de produção de 2011-2015
R20	Guido Delagnello	Futura	CEO da Futura. Executivo - Presidente de empresas Multinacionais no Brasil e Europa. Membro de conselhos de administração no Brasil, Itália e Alemanha. Engenheiro Mecânico pela UFSC (1986).

Fonte: o autor (2023)

Para colher os *feedbacks* dos agentes humanos avaliadores, relacionados no quadro acima, foi elaborado um questionário no *Googleforms*®, figura 30, nas línguas portuguesa e inglesa. Fez-se a apresentação do tema, com uma breve descrição, apresentou-se a figura que representa o modelo, e o respondente foi convidado a consultar

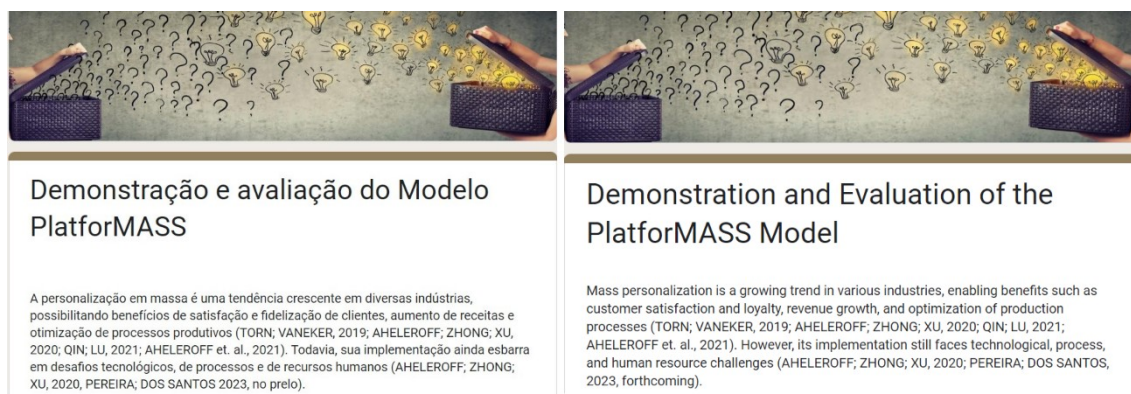
um resumo expandido que descreve o trabalho de tese e o modelo conceitual proposto e seu *Roadmap*, conforme texto abaixo:

Para que seja possível avaliar o modelo, solicita-se a leitura do resumo expandido da tese, disponível no link: <https://bit.ly/49jIsXm>

E, ainda, caso necessário, poderá ser analisado o trabalho de tese, na íntegra, no seguinte link: <https://bit.ly/3QIz90x>

É dada a possibilidade para o agente humano avaliador consultar a tese em sua versão preliminar, caso deseje ter acesso a mais detalhes da descrição do modelo conceitual.

Fig 30. Questionários enviados aos respondentes/avaliadores



Fonte: o autor (2023)

Na consulta enviada aos agentes humanos especialistas da Academia e do Mercado foram elaborados os seguintes questionamentos:

- 1) Em relação à definição rigorosa dos construtos, como você avalia o modelo PlatforMASS e seu *Roadmap*?
- 2) Em relação à definição rigorosa das associações, como você avalia o modelo PlatforMASS e seu *Roadmap*?
- 3) Como você avalia o modelo PlatforMASS e seu *Roadmap* em relação à determinação/clarificação dos seus limites?
- 4) Como você avalia o modelo PlatforMASS e seu *Roadmap* em relação a sua importância e novidade?
- 5) Como você avalia o modelo PlatforMASS e seu *Roadmap* em relação a sua consistência e aplicabilidade na Indústria?
- 6) Caso haja necessidade de modificações, quais são suas sugestões para aprimoramento do modelo PlatforMASS e seu *Roadmap*?

Após consolidação das respostas aos questionários de avaliação do modelo PlatforMASS e seu *Roadmap*, tem-se as seguintes constatações, considerando os critérios de avaliação:

a) Em relação à definição rigorosa dos construtos:

De modo geral, os avaliadores consideraram que os construtos estão bem definidos e possuem significados claros, permitindo a compreensão dos conceitos associados à Indústria 5.0, personalização em massa e modelos de negócio baseados em plataforma. As respostas indicam que os construtos abrangem adequadamente os principais conceitos e estão bem estruturados, com base em ampla fundamentação teórica.

A resposta do avaliador R2 ilustra o supradito nos seguintes termos:

“O modelo tem os três construtos bem definidos, permitindo que os usuários do modelo compreendam os conceitos sobre I5.0, personalização em massa e produção em plataforma. Consequentemente, o roadmap será compreendido” (R2).

b) Em relação à definição rigorosa das associações:

As respostas sugerem que as associações entre os construtos são consistentes e contemplam os principais *stakeholders* envolvidos no contexto da Indústria 5.0 e personalização em massa. O fluxo das associações é coerente, integrando os três construtos centrais de forma efetiva. O exemplo prático de produção de um tênis personalizado demonstra como as associações funcionam na prática. No geral, os avaliadores consideram que as relações entre os construtos estão bem definidas.

A avaliação de R6 corrobora com a análise acima e o atendimento do critério de associação rigorosa dos construtos da seguinte forma:

“Na minha opinião, a descrição das conexões se refere à necessidade de orientação para o cliente e ao uso de tecnologias digitais relacionadas ao conceito da Indústria 5.0. Estou convencido da necessidade apresentada pelo autor de desenvolver um modelo, especialmente no campo da personalização da produção, desenvolvimento sustentável e resiliência organizacional. Os argumentos apresentados pelo autor são convincentes” (R6, tradução nossa).

c) Em relação aos limites do modelo:

Segundo os avaliadores, o modelo parece ter amplitude de aplicação, podendo ser utilizado por diversos tipos de organizações e setores industriais que buscam personalização em massa no contexto da Indústria 5.0. Contudo, alguns avaliadores

apontam que o modelo poderia ser mais específico em relação ao escopo e público-alvo. Também é mencionada a necessidade de detalhar melhor as interações e conexões entre os elementos do modelo.

Avaliação do respondente R1 se alinha ao mencionado acima da seguinte maneira:

“Na leitura do texto que nos leva aos entendimentos do modelo, fica evidenciada a sua grande amplitude de aplicação podendo abranger o atendimento de demanda personalizada da indústria de produtos e/ou serviços. Também se percebe a aplicabilidade para organizações de qualquer natureza quanto ao seu tamanho e propósito. Os limites aparecerão na implementação do modelo em decorrência da falta de entendimento por parte dos seus protagonistas no âmbito decisório e operacional e por falta de recursos financeiros ou técnicos para colocar em prática o modelo proposto em parte ou na sua totalidade. A deficiência de uma cultura favorável da organização também pode limitar a eficácia do modelo. Portanto, nesta fase da proposta não parece existir limites e só aparecerão, na aplicação prática” (R1).

d) Em relação à importância e novidade:

De maneira geral, o modelo é considerado importante e inovador pela integração de aspectos como orientação ao cliente, personalização em massa e tecnologias da Indústria 5.0. Pode servir como inspiração e referência para o desenvolvimento de ferramentas e plataformas específicas voltadas à personalização. A abordagem proposta é vista como relevante e uma contribuição ao conhecimento sobre o tema.

A consolidação das avaliações pode ser ilustrada por algumas respostas abaixo relacionadas:

“Na minha opinião, a importância e novidade do modelo PlatforMASS e seu roteiro podem ser percebidas ao unir a orientação para o cliente, a personalização em massa e as tecnologias relacionadas à Indústria 5.0 em um framework comum. Essa abordagem pode ser um ponto de partida para o desenvolvimento de ferramentas e plataformas específicas dedicadas a setores específicos no futuro. Portanto, tenho uma opinião positiva em relação ao modelo proposto” (R6, tradução nossa).

“Indiscutível a sua importância. Conceitos gerais e mesmo mais específicos estão sendo apresentados na literatura, especialmente, mas abordagem mais completa como aqui apresentada é inexistente ou no mínimo rara. Portanto, muitíssimo relevante e única essa modelagem” (R2).

e) Em relação à consistência e aplicabilidade:

As respostas indicam que o modelo pode servir como referencial e roteiro para construção de plataformas que viabilizem a produção personalizada. Porém, sua ampla abrangência pode dificultar a implementação prática, requerendo customizações e

complementações com tecnologias e ferramentas adicionais. O modelo é visto como consistente, porém passível de adaptações quando aplicado em contextos específicos.

Da mesma forma que nos anteriores, a avaliação do critério da consistência e aplicabilidade do modelo pode ser caracterizado pelas seguintes respostas abaixo:

“Na minha opinião, isso pode ser um roteiro e uma fonte de inspiração para construir plataformas que permitam oferecer produção personalizada e garantir uma melhor integração entre o cliente e o fabricante. No entanto, o uso do modelo proposto, devido ao seu amplo escopo, exigirá a integração de muitas tecnologias e ferramentas diferentes que terão que complementar o modelo proposto. Acredito que isso pode ser uma inspiração para pesquisas adicionais sobre o desenvolvimento do modelo proposto” (R6, tradução nossa).

“O modelo se mostra consistente enquanto objeto para conduzir a personalização de produtos baseados em plataforma. Também é aplicável aos negócios que adotam a I5.0, contudo, adaptações poderão ser necessárias, para que seja aplicável a uma gama maior de negócios, mesmo que os limites estejam bem estabelecidos” (R1)

“A indústria em geral, independente da sua natureza ou do ambiente onde ela esteja inserida, vem enfrentando esse desafio de forma empírica e limitada. A modelagem proposta é consistente pois trata a temática de forma ampla. Adaptações, complementações, revisões e ajustes os mais diversos serão necessários quando o modelo será posto em prática em situações diversas. O modelo é referencial e não é demandado, neste estágio, que ele seja operacional de imediato na sua plenitude. Todavia, vislumbra-se que ele tenha definitiva aplicabilidade na indústria e outras formas organizacionais, sejam locais, nacionais ou multinacionais” (R2).

Algumas sugestões de melhoria são apontadas para aperfeiçoamento do modelo, nos seguintes termos:

- Acrescentar mais detalhes sobre o escopo e público-alvo do modelo;
- Descrever melhor as interações e conexões entre elementos;
- Enfatizar o envolvimento do cliente no processo de design;
- Demonstrar casos de aplicação em indústrias específicas;
- Aprimorar à medida que for aplicado na prática.

As respostas indicam uma avaliação positiva do modelo *PlatforMASS* e seu *Roadmap*. Os avaliadores reconhecem a importância, abrangência e consistência da proposta, bem como seu potencial para servir de referência e roteiro para implementação da personalização em massa no contexto da Indústria 5.0. De modo geral, as avaliações realizadas pelas Inteligências artificiais generativas Claude e ChatGPT foram mais descritivas, enquanto que as avaliações dos especialistas humanos foram mais contextualizadas e críticas.

As sugestões de aprimoramento podem ser incorporadas em trabalhos futuros e na etapa de comunicação que sucede a estas etapas de demonstração e avaliação.

6. CONCLUSÕES

As diferentes etapas da industrialização reforçaram a urbanização global e, como consequência da industrialização, muitos dos problemas citados nesse estudo (ex. esgotamento de recursos naturais, aquecimento global, crescente disparidade econômica, dentre outros) foram originados ou alavancados, em grande parte pela forma nociva como se deu todo esse processo de desenvolvimento industrial.

Como forma de reverter esse quadro de insustentabilidade e vulnerabilidade cibernética, advém um novo estágio para a Indústria que surge da observação de que a Indústria 4.0 privilegia a tecnologia, em detrimento do ser humano e do meio ambiente.

A economia verde e digital preconizada pela União Europeia, já desponta como uma tendência nos debates acadêmicos, cabendo à Academia fazer a ponte, para demonstrar sua importância e buscar a adesão desse novo paradigma na Indústria. Este trabalho se alinha a essa necessidade ao tratar de forma pioneira, na forma de uma tese de doutorado, a Indústria 5.0 no Brasil.

Esse novo conceito destaca a importância da pesquisa e inovação para apoiar a indústria no longo prazo e, de certa forma, se tornar provedora resiliente de prosperidade fazendo com que a produção respeite os limites do planeta, colocando o trabalhador da indústria no centro do processo de produção. A Indústria 5.0, da forma como foi prescrita pela Comissão Europeia, considera três dimensões representativas de seus valores centrais. É uma visão da indústria que vai além da eficiência e produtividade como os únicos objetivos, reforçando o papel e a contribuição da indústria para a sociedade, movendo seu foco para a transição de uma indústria sustentável, centrada no ser humano e resiliente.

Neste contexto, a personalização em massa emerge como uma tendência crescente, na qual os consumidores exigem produtos e serviços adaptados às suas necessidades e preferências individuais. Para atender a essa demanda, as empresas precisam repensar seus processos e infraestruturas, buscando formas de tornar a produção mais ágil e eficiente.

Portanto, atendendo o seu objetivo geral, esta tese formulou um modelo conceitual em quatro dimensões, denominado *PlatforMASS*, no qual o elemento central do processo de personalização em massa na indústria é a integração de diferentes atores do

ecossistema industrial, por meio de uma plataforma, no processo de coprodução e *design* colaborativo de produtos personalizados (dimensão relacional).

Por outro lado, atendendo os objetivos específicos, um e dois, esta tese evidenciou que a indústria 5.0 pode ser visualizada por uma perspectiva adicional, que considera a interação humano-máquina, habilitada pela tecnologia, capaz de agregar características adicionais para a indústria, em especial a personalização em massa de produtos e serviços, possibilitando uma experiência única e inovadora aos consumidores e gerando valor e vantagem competitiva para as organizações industriais.

Entretanto, para que a personalização se torne efetiva, há que se considerar a adequação da estrutura da indústria em termos de tecnologia para suportar as alterações na demanda e identificação das necessidades do cliente de forma única e inovadora (dimensão estrutural). Importante salientar que a fábrica precisa adequar-se à realidade deste novo paradigma de produção, tendo a flexibilidade, adaptabilidade, responsividade como conceitos basilares (dimensão conceitual), para assim gerar valor para o cliente que demanda por produtos personalizados e para a sociedade ao atender os valores inerentes da Indústria 5.0 (dimensão valorativa).

Além disso, para atender o seu terceiro objetivo específico, a tese avançou no sentido de propor um conjunto de etapas que precisam ser percorridas para que o processo de personalização em massa na Indústria possa acontecer efetivamente. O *Roadmap to PlatforMASS* é composto por cinco etapas que indicam a necessidade de pensar nos benefícios da personalização para o cliente e para suas estratégias de diferenciação e geração de valor e, ao entendendo suas benesses, internalizar na cultura e estratégia da organização, buscando uma mudança de mentalidade, visando a entrega de uma melhor experiência ao cliente, por meio do atendimento de suas necessidades de forma personalizada (sensibilização). Ademais, a Indústria deve identificar a maturidade em relação à personalização em massa, para avaliar se no estágio que se encontra consegue atender às demandas personalizadas dos clientes e/ou se a fábrica está preparada para esta função e se sua estrutura tecnológica é adequada para a personalização em massa (percepção). Ao buscar a personalização, a Indústria necessita fazer a reestruturação tecnológica, de processos, estratégia e cultura para incorporar os preceitos da personalização em massa no cotidiano de sua atividade industrial. O essencial nesta etapa é a mudança e compreender que sem ela não será possível a incorporação da personalização em massa na indústria, principalmente em relação à tecnologia, já que a

personalização é altamente dependente dela (adequação). E, ainda, com base na experimentação, onde a personalização ocorre de maneira efetiva, tem-se a avaliação por meio de *feedbacks* para aprimorar todo o processo de personalização em massa na Indústria.

Enfim, para atender o seu quarto objetivo específico, a tese propôs uma análise da consistência e aplicabilidade do modelo formulado, segundo duas perspectivas:

- Em um primeiro momento, utilizando as inteligências artificiais genéticas Claude®, da empresa Anthropic, e ChatGPT®, da OpenAI;
- Em paralelo foram consultados dois perfis de especialistas, do mercado e da academia, também, para avaliar a consistência e aplicabilidade do modelo, considerando os critérios, acima, mencionados e outros critérios considerados pertinentes pelos referidos especialistas.

As avaliações da inteligência artificial e dos especialistas humanos apresentam muito alinhamento nos pontos positivos e áreas de melhoria do modelo. Isso indica coerência e validação cruzada entre ambas. Tanto a avaliação realizada pelas IAs, como as realizadas pelos vinte especialistas humanos, reconhece a abrangência, inovação e aplicabilidade prática do modelo PlatforMASS.

Enquanto a IA enfatiza a estrutura sólida e a eficácia visual do modelo, os especialistas humanos se concentram mais na clareza dos construtos, na consistência das associações e na aplicabilidade geral do modelo. Os especialistas humanos também apontam para áreas que poderiam ser aprimoradas, como a especificação do escopo e o detalhamento das interações dentro do modelo. Ambas as avaliações são consistentes em reconhecer a importância e a novidade do modelo na integração de aspectos cruciais da Indústria 5.0 e personalização em massa.

A principal diferença é que a avaliação humana traz mais profundidade, exemplos e explicações sobre os pontos levantados. Mesmo assim, a inteligência artificial fornece insights relevantes e uma visão objetiva do modelo.

6.1. Contribuições teóricas, práticas e sociais

A despeito da provável redundância das próximas linhas, já que tais afirmações foram exaustivamente traçadas ao logo deste trabalho, há de se considerar que a Indústria 5.0 é o paradigma que irá prevalecer na indústria do Século XXI. Tal afirmação remete

para uma das contribuições desta tese, considerando que ela estará na vanguarda das pesquisas sobre esse novo paradigma, é servir de instigação e provocação, para que a Indústria catarinense, quiçá a brasileira, sejam motivadas a aderir a essa nova transformação na Indústria.

Do ponto de vista teórico, a contribuição resta mais evidente, isto porque o conceito da Indústria 5.0 é extremamente recente, justificando pesquisas mais aprofundadas, como a que foi realizada, caracterizando e explicitando seus valores centrais. Ademais, a presente tese sugere uma nova forma de pensar a Indústria no Brasil ao sedimentar as bases para a Neointustrialização.

Ao salientar que a Indústria nacional passa por um momento de retração, demandando ações que viabilize a retomada de seu protagonismo, este estudo pontua um conjunto de ações que, ao serem adotadas, viabilizariam uma nova realidade para a indústria brasileira, quais sejam: a) mudança de indústrias tradicionais para indústrias avançadas, como tecnologia da informação, biotecnologia e energia renovável, entre outras; b) criação de um ambiente propício à inovação e ao empreendedorismo que promova o desenvolvimento de capital humano qualificado, investimentos em pesquisa e desenvolvimento e o fortalecimento de parcerias entre os setores público e privado. Uma política bem-sucedida de neointustrialização gerará empregos de alta qualidade e fomentará o crescimento econômico.

Ademais, não se pode olvidar que a personalização em massa na indústria é uma estratégia de diferenciação competitiva à disposição destas organizações industriais, a qual seria uma das ações a somar no rol do parágrafo anterior. E este estudo, credencia a Indústria, por mais essa contribuição teórica, ao integralizar a Indústria 5.0, a personalização em massa e os modelos de negócios baseado em plataforma, sugerindo um modelo conceitual que indica, de forma conceitual, como entrelaçar estes construtos de modo a propiciar a entrega de valor ao cliente por meio de experiências únicas e inovadoras, possibilitadas pelo fornecimento de produtos e serviços personalizados.

Por uma perspectiva prática, o trabalho oportunizará, a partir dos resultados encontrados, que a Indústria se adeque às novas demandas da sociedade, atendendo de forma mais eficaz e eficiente seus clientes, gerando vantagem competitiva sustentável e maior produtividade, operacionalizando um modelo de negócios por plataforma que incorporará os valores centrais da Indústria 5.0, possibilitando a personalização em massa

na Indústria, em resposta à servitização e precariedade da Indústria, em especial a nacional.

Ademais, além das contribuições práticas e teóricas apontadas, tem-se como desdobramentos do trabalho a contribuição da Indústria para a sociedade na superação de um conjunto de desafios ambientais (mudanças climáticas, consumo rápido de recursos e de energia não renováveis, poluição do meio ambiente), sociais (injustiça social, desequilíbrio de renda) e econômicos, visando respeitar e preservar os valores humanos, o meio ambiente e os limites planetários.

A Indústria deve considerar essa oportunidade e o presente trabalho, deve ser considerado como um chamamento para esta nova realidade, que antecipa tendências futuras e alerta para a necessidade de mudanças e àquelas que acompanharão essa tendência estarão na vanguarda da próxima etapa da Revolução Industrial.

Ademais, a crise do Covid-19 colocou em evidência a necessidade de se repensar as abordagens de trabalho existentes, incluindo a vulnerabilidade das cadeias de suprimentos globais, com o objetivo de tornar as indústrias mais preparadas para o futuro, resilientes, sustentáveis, que integram os valores humanos com a tecnologia, aptas a alcançar as metas de desenvolvimento sustentável.

E ainda, a Indústria, antes de ser uma provedora resiliente de prosperidade, atendendo às demandas da sociedade e respeitando os limites planetários, como preceitua a Comissão Europeia, deve buscar equilibrar essa pauta com a necessidade de buscar competitividade e produtividade, considerando o advento tecnológico característico de uma nova revolução industrial.

Por derradeiro, importante frisar que a Indústria 5.0 é o paradigma que irá prevalecer na indústria do Século XXI. Não é uma questão de suposição, trata-se de uma realidade indissociável e inevitável, ou do contrário a Indústria ficará relegada à coadjuvância no processo de transformação digital.

Há que se fazer algumas observações finais, em especial com relação a incipiência de estudos no Brasil, o que justifica a importância desta tese para provocar discussões sobre o futuro da Indústria no Brasil.

6.2. Limitações do trabalho e sugestões para trabalhos futuros

Os trabalhos acadêmicos, de maneira geral, se baseiam em recortes da literatura, uma das limitações deste trabalho pode estar na escolha do arcabouço teórico que não

retrate de forma exaustiva o campo sobre Indústria 5.0, personalização em massa e plataformas e modelos de negócio baseado em plataforma, que são os construtos que sedimentam este trabalho de tese.

Ademais, para a elaboração do modelo foi utilizada uma etapa de coleta de dados primários, quando se entrevistou empresas participantes do Prêmio Osires Silva, por meio de entrevistas assíncronas; ao adotar uma amostra intencional, essa pode não ter refletido, de forma compreensiva e adequada, todo o panorama da Indústria no Brasil, sendo caracterizada como uma limitação do estudo.

A outra limitação é de cunho pessoal do pesquisador, ao escolher um tema extremamente alheio a seus conhecimentos prévios, tendo em vista que sua formação é em áreas voltadas à gestão.

No que concerne à sugestão de trabalhos futuros, que visa oferecer diretrizes para estudos ou pesquisas adicionais que podem ser conduzidos, por outros pesquisadores, em momento apropriado no futuro, proponho o desenvolvimento de aprofundamentos e avanços na forma dos seguintes tópicos:

- Identificar o nível de maturidade da Indústria nacional;
- Avaliar o nível de maturidade da personalização em massa nas organizações industriais brasileiras;
- Avançar nos estudos de coprodução e design colaborativo de produtos personalizados, considerando o processo de personalização em massa na Indústria;
- Avaliar a maturidade da adoção da Indústria 5.0 na Indústria;
- Avançar nos estudos que busquem a definição do conceito de Fábrica adequada aos valores da Indústria 5.0 e personalização em massa;
- Ampliar as pesquisas sobre Neoindustrialização, sugerindo diretrizes para a formulação de políticas públicas que viabilizem uma nova realidade para a Indústria nacional;
- Transformar o modelo conceitual em um framework para que possa ser aplicado na Indústria em contextos reais de personalização.

REFERÊNCIAS

- ADEL, A. Future of industry 5.0 in society: Human-centric solutions, challenges and prospective research areas. **Journal of Cloud Computing**, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2022.
- AHELEROFF, S.; PHILIP, R.; ZHONG, R.; XU, X. The Degree of Mass Personalisation under Industry 4.0. **Procedia CIRP**, 81, 1394–1399, 2019. doi: 10.1016/j.procir.2019.04.050
- AHELEROFF, S.; ZHONG, R.; XU, X. A Digital Twin Reference for Mass Personalization in Industry 4.0. **Procedia CIRP**, 93, 228–233, 2020. doi: 10.1016/j.procir.2020.04.023
- AHELEROFF, S.; MOSTASHIRI, N.; XU, X.; ZHONG, R. Mass Personalisation as a Service in Industry 4.0: A Resilient Response Case Study. **Advanced Engineering Informatics**, V. 50, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101438>.
- AHELEROFF, S.; HUANG, H.; XU, X.; ZHONG, R. Toward Sustainability and Resilience with Industry 4.0 and Industry 5.0. **Front. Manuf. Technol.** 2:951643, 2022. doi: 10.3389/fmtec.2022.951643
- ALVES, J.; LIMA, T.M.; GASPAR, P.D. Is Industry 5.0 a Human-Centred Approach? A Systematic Review. **Processes**, 2023, 11, 193
- ARKSEY H, O'MALLEY L. Scoping studies: towards a methodological framework. **International Journal of Social Research Methodology**, v. 8, n. 1, p. 19-32, 2005.
- ARNARSON, H. *et al.* Towards smart layout design for a reconfigurable manufacturing system. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 68, p. 354-367, 2023
- ANUMBE, N.; SAIDY, C.; HARIK, R. A Primer on the Factories of the Future. **Sensors**, v. 22, n. 15, p. 5834, 2022.
- ASLAM, F. *et al.* Innovation in the era of IoT and industry 5.0: Absolute innovation management (AIM) framework. **Information**, v. 11, n. 2, p. 124, 2020.
- BACHA, E. **O futuro da indústria no Brasil: desindustrialização em debate**. Editora José Olympio, 2015.
- BALDWIN, C.; WOODARD, C. **The architecture of platforms: A unified view**. In A. Gawer (Ed.), *Platforms, Markets and Innovation*, 19–44, Edward Elgar, 2019.
- BARLOW, J.; OZAKI, R. Achieving ‘customer focus’ in private housebuilding: Current practice and lessons from other industries. **Hous. Stud.** 2003, 18, 87–101.

- BELLANTUONO, N.; NUZZI, A.; PONTRANDOLFO, P.; SCOZZI, B. Digital Transformation Models for the I4.0 Transition: Lessons from the Change Management Literature. **Sustainability**. 2021, 13, 12941. <https://doi.org/10.3390/su132312941>
- BERA, P.; POELS, G. How quickly do we learn conceptual models? **European Journal of Information Systems**, 1–18, 2019. doi:10.1080/0960085x.2019.1673972
- BERA, P.; SOFFER, P.; PARSONS, J. Using eye tracking to expose cognitive processes in understanding conceptual models. **MIS quarterly**, v. 43, n. 4, p. 1105-1126, 2019.
- BEVERUNGEN, D. et al. Conceptualizing smart service systems. **Electronic Markets**, v. 29, p. 7-18, 2019.
- BJORKDAHL, J. Strategies for digitalization in manufacturing firms. **Calif. Manag. Rev.** 62 (4), 17–36, 2020.
- BLACKBURN, O.; RITALA, P.; KERANEN, J. Digital platforms for the circular economy: exploring meta-organizational orchestration mechanisms. **Organ. Environ.** 10860266221130717, 2022.
- BROO, D.; KAYNAK, O.; SAIT, S. Rethinking engineering education at the age of industry 5.0. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 25, p. 100311, 2022.
- CARAYANNIS, E.; JANCELEWICZ, J. The Futures of Europe: Society 5.0 and Industry 5.0 as Driving Forces of Future Universities. **J Knowl Econ**, 2022. <https://doi.org/10.1007/s13132-021-00854-2>
- CENAMOR, J.; PARIDA, V.; WINCENT, J. How entrepreneurial SMEs compete through digital platforms: The roles of digital platform capability, network capability and ambidexterity. **Journal of Business Research**, v. 100, p. 196-206, 2019.
- COLLATTO, D.; DRESCH, A.; LACERDA, D.; BENTZ, I. Is Action Design Research Indeed Necessary? Analysis and Synergies Between Action Research and Design Science Research. **Systemic Practice and Action Research**, 31(3), 239–267, 2018. doi:10.1007/s11213-017-9424-9
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE INDÚSTRIA—C.N.I. **Desafios para Indústria 4.0 no Brasil**; CNI: Brasília, Brazil, 2016.
- COSTA, E.; SOARES, A.; DE SOUSA, J. Exploring the CIMO-logic in the design of collaborative networks mediated by digital platforms. In: Collaborative Networks of Cognitive Systems: 19th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, PRO-VE 2018, Cardiff, UK, September 17-19, 2018, Proceedings 19. Springer International Publishing, 2018. p. 266-277.

- DEMIR, K. A.; DÖVEN, G.; SEZEN, B. Industry 5.0 and human-robot co-working. **Procedia computer science**, 158, 688-695, 2019.
- DENYER, D.; TRANFIELD, D.; VAN AKEN, J. Developing design propositions through research synthesis. **Organ. Stud.** 29, 393–413, 2008.
- DEPARTAMENTO DE PESQUISAS E ESTUDOS ECONÔMICOS. Panorama da Indústria Brasileira. FIESP. 2017. Available online: <http://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=236253> (acessado em 13 abril 2023).
- DEDEHAYIR, O.; MÄKINEN, S.; ORTT, J. Roland. Roles during innovation ecosystem genesis: A literature review. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 136, p. 18-29, 2018.
- DE OLIVEIRA, D.; CORTIMIGLIA, M. Value co-creation in web-based multisided platforms: A conceptual framework and implications for business model design. **Business Horizons**, v. 60, n. 6, p. 747-758, 2017.
- DE REUVER, M.; SØRENSEN, C.; BASOLE, R. The digital platform: a research agenda. **Journal of information technology**, v. 33, n. 2, p. 124-135, 2018.
- DIEDRISCH, E. **Digital Innovation Process Guide: Handbook For Manufacturing SMEs**. APO, 2021
- DI NARDO, M.; YU, H. Special Issue. Industry 5.0: The prelude to the sixth industrial revolution. **Appl. Syst. Innov**, 2021, 4, 45.
- DRESCH, A.; LACERDA, D.; ANTUNES JR, J. **Design science research**. Springer International Publishing, 2015.
- DUGGAL, A.; MALIK, P.; GEHLOT, A.; SINGH, R.; GABA, G.; MASUD, M.; AL-AMRI, J. A sequential roadmap to industry 6.0: Exploring future manufacturing trends. **IET Commun.** 16,521–531,2022. <https://doi.org/10.1049/cmu2.12284>
- ECKHARDT, J.; CIUCHTA, M.; CARPENTER, M. Open innovation, information, and entrepreneurship within platform ecosystems. **Strategic entrepreneurship journal**, v. 12, n. 3, p. 369-391, 2018.
- EISENMANN, T.; PARKER, G.; VAN ALSTYNE, M. W. Strategies for two-sided markets. *Harvard Business Review*, 84(10), 92–101, 2006.
- ELMARAGHY, H. et al. Evolution and future of manufacturing systems. **CIRP Annals**, v. 70, n. 2, p. 635-658, 2021.
- ELSBACH, K.; STIGLIANI, I. Design thinking and organizational culture: A review and framework for future research. **Journal of Management**, v. 44, n. 6, p. 2274-2306, 2018.

EUROPEAN COMMISSION. Industry 5.0: Human-Centric, Sustainable and Resilient. European Commission, **Directorate-General for Research and Innovation**: Luxembourg, 2021.

EUROPEAN COMMISSION. Industry 5.0: Towards a Sustainable, Human-Centric and Resilient European Industry; **European Commission, Directorate-General for Research and Innovation**: Luxembourg, 2021.

EVANS, D. S. Some empirical aspects of multi-sided platform industries. **Review of Network Economics**, 2(3), 191–209, 2003. <https://doi.org/10.2202/1446-9022.1026>

FEHRER, J.; WORATSCHEK, H.; BRODIE, R. (2018). A systemic logic for platform business models. **Journal of Service Management**, 29(4), 546–568, 2018. doi:10.1108/josm-02-2017-0036

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO RIO DE JANEIRO—FIRJAN. **Panorama da Inovação—Indústria 4.0**; FIRJAN: Rio de Janeiro, Brazil, 2016

FIRMINO, A.; PERLES, G.; MENDES, J.; SILVA, J.; SILVA, D. Towards Industry 4.0: a SWOT-based analysis for companies located in the Sorocaba Metropolitan Region (São Paulo State, Brazil). **Gestão & Produção**, 27(3), e5622, 2020 <https://doi.org/10.1590/0104-530X5622-20>

FOGLIATTO, F.S.; DA SILVEIRA, G.J.C.; BORENSTEIN, D. The mass customisation decade: An updated review of the literature. **Int. J. Prod. Econ.** 138, 14–25, 2012

GALVAGNO, M.; DALLI, D. Theory of value co-creation: a systematic literature review. **Managing service quality**, v. 24, n. 6, p. 643-683, 2014.

GARCIA MARTIN, P.; SJODIN, D.; NAIR, S.; PARIDA, V. Managing start-up–incumbente digital solution co-creation: a four-phase process for intermediation in innovative contexts. **Ind. Innov.** 1–27, 2023.

GATAUTIS, R. The rise of the platforms: Business model innovation perspectives. **Engineering Economics**, v. 28, n. 5, p. 585-591, 2017.

GAWER, A. Bridging differing perspectives on technological platforms: Toward an integrative framework. **Research policy**, v. 43, n. 7, p. 1239-1249, 2014.

GEBAUER, H. et al. How to convert digital offerings into revenue enhancement—Conceptualizing business model dynamics through explorative case studies. **Industrial Marketing Management**, v. 91, p. 429-441, 2020.

- GHOBAKHLOO, M. et al. Behind the definition of Industry 5.0: a systematic review of technologies, principles, components, and values. **Journal of Industrial and Production Engineering**, p. 1-16, 2023.
- GREGOR, S.; HEVNER, A. R. Positioning and presenting design science research for maximum impact. **MIS Quarterly**, 37(2), 337-355, 2013.
- GRIMAL, L.; GUERLAIN, P. Mass customization in apparel industry-implication of consumer as co-creator. **Journal of Economics & Management**, n. 15, p. 105-121, 2014.
- GRÖNROOS, C.; VOIMA, P.. Critical service logic: making sense of value creation and co-creation. **Journal of the academy of marketing science**, v. 41, p. 133-150, 2013.
- GU, X.; KOREN, Y. Mass-individualisation—the twenty first century manufacturing paradigm. **International Journal of Production Research**, v. 60, n. 24, p. 7572-7587, 2022.
- HENTSCHKE, C.S.; FORMOSO, C.T.; ECHEVESTE, M. E. A customer integration framework for the development of mass customised housing projects. **Sustainability**, v. 12, n. 21, p. 8901, 2020.
- HEVNER, A.R.; MARCH, S.T.; PARK, J.; RAM, S. Design science in information systems research. **MIS Q.** 28(1), 75, 2004.
- HSIAO, W. et al. A systematic service design methodology to achieve mass personalisation. **International Journal of Agile Systems and Management**, v. 8, n. 3-4, p. 243-263, 2015.
- JAVAID, M.; HALEEM, A. Critical components of Industry 5.0 towards a successful adoption in the field of manufacturing. **Journal of Industrial Integration and Management**, 2020. doi:10.1142/s2424862220500141
- JAFARI, N.; AZARIAN, M.; YU, H. Moving from Industry 4.0 to Industry 5.0: What Are the Implications for Smart Logistics? **Logistics**, 2022, 6, 26.
- JOHANSSON-SKÖLDBERG, U.; WOODILLA, J.; ÇETINKAYA, M. Design thinking: Past, present and possible futures. **Creativity & Innovation Management** 22 (2): 121-146, 2013.
- JOVANOVIĆ, M.; SJODIN, D.; PARIDA, V., 2021. Co-evolution of platform architecture, platform services, and platform governance: expanding the platform value of industrial digital platforms. **Technovation** 118, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102218>.

- KATOOZIAN, H.; ZANJANI, M. Supply network design for mass personalization in Industry 4.0 era. **International Journal of Production Economics**, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108349>.
- KUMAR, A. From mass customization to mass personalization: a strategic transformation. **International Journal of Flexible Manufacturing Systems**, 19(4), 533–547, 2007. doi:10.1007/s10696-008-9048-6
- LACERDA, D.; DRESCH, A.; PROENÇA, A; ANTUNES JR.; J. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013
- LEVAC, D.; COLQUHOUN, H.; O'BRIEN, K. Scoping studies: advancing the methodology. **Implementation Science**, v. 5, n. 1, p. 69, 2010.
- LEW, A. Flipping the Script: A Sociotechnical Approach to Platforms and Unanticipated Uses. **Computer**, vol. 54, no. 4, pp. 35-44, April 2021, doi: 10.1109/MC.2020.2988681.
- LONGO, F.; PADOVANO, A.; UMBRELLO, S. Value-oriented and ethical technology engineering in industry 5.0: a human-centric perspective for the design of the factory of the future, **Appl. Sci.** 10, 4182, 2020. <https://doi.org/10.3390/app10124182>.
- LU, Y.; ADRADOS, JS.; CHAND, S.; WANG, L. Humans are not machines—anthropocentric human–machine symbiosis for ultra-flexible smart manufacturing. **Engineering**, 2021. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2020.09.018>.
- MADANAGULI, A. et al. Literature review on industrial digital platforms: A business model perspective and suggestions for future research. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 194, p. 122606, 2023.
- MADSEN, D.; BERG, T. An Exploratory Bibliometric Analysis of the Birth and Emergence of Industry 5.0. **Appl. Syst. Innov.** 2021, 4, 87. <https://doi.org/10.3390/asi4040087>
- MADDIKUNTA, P. et al. Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 26, p. 100257, 2022.
- MAQUEIRA, J.; NOVAIS, L.; BRUQUE, S. Total eclipse on business performance and mass personalization: how supply chain flexibility eclipses lean production direct effect. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 26, n. 2, p. 256-278, 2021.
- MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural Science research in Information Technology. **Decision Support Systems**, v. 15, p. 251-266, 1995. [http://dx.doi.org/10.1016/0167-9236\(94\)00041-2](http://dx.doi.org/10.1016/0167-9236(94)00041-2)

- MERRIAM, S.; TISDELL, E. **Qualitative research: A guide to design and implementation.** John Wiley & Sons, 2015.
- MOURTZIS, D.; ANGELOPOULOS, J.; PANOPOULOS, N. Personalized pss design optimization based on digital twin and extended reality. **Procedia CIRP**, 109, 389-394, 2022.
- MUKHOPADHYAY, S.; DE REUVER, M.; BOUWMAN, H. Effectiveness of control mechanisms in mobile platform ecosystem. **Telematics and Informatics**, v. 33, n. 3, p. 848-859, 2016.
- MUNN, Z.; PETERS, M.; STERN, C.; TUFANARU, C.; MCARTHUR, A.; AROMATARIS, E., Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach', **BMC Med Res Methodol**, v. 18, n. 1, p. 143, 2018.
- MUSARAT, M.A.; IRFAN, M.; ALALOUL, W.S.; MAQSOOM, A.; GHUFRAN, M. A Review on theWay Forward in Construction through Industrial Revolution 5.0. **Sustainability**. 15, 13862, 2023. <https://doi.org/10.3390/su151813862>
- NADEEM, W. et al. The role of ethical perceptions in consumers' participation and value co-creation on sharing economy platforms. **Journal of Business Ethics**, v. 169, p. 421-441, 2021.
- NAHAVANDI, S. Industry 5.0—A Human-Centric Solution. **Sustainability**. 2019; 11(16):4371. <https://doi.org/10.3390/su11164371>
- NARA, E.; DA COSTA, M.; BAIERLE, I.; SCHAEFER, J.; BENITEZ, G.; DO SANTOS, L.; BENITEZ, L. Expected Impact of Industry 4.0 Technologies on Sustainable Development: A study in the context of Brazil's Plastic Industry. **Sustainable Production and Consumption**, 2020. doi:10.1016/j.spc.2020.07.018
- NARDO, M.; FORINO, D.; MURINO, T. The evolution of man–machine interaction: the role of human in Industry 4. 0 paradigm. **Production & Manufacturing Research**, 8 (1), 20–34. 2020.
- ÖZDEMİR, V.; HEKİM, N. Birth of industry 5.0: Making sense of big data with artificial intelligence, “the internet of things” and next-generation technology policy. **Omics: a journal of integrative biology**, v. 22, n. 1, p. 65-76, 2018.
- NELLES, J. et al. Human-centered design of assistance systems for production planning and control: The role of the human in Industry 4.0. In: 2016 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT). **IEEE**, 2016. p. 2099-2104.

PACHECO, R.; TOSTA, K.; FREIRE, P. **Interdisciplinaridade vista como um processo complexo de construção do conhecimento: uma análise do Programa de Pós-Graduação**

PASCHEK, D.; MOCAN, A.; DRAGHICI, A. Industry 5.0 - the expected impact of next industrial revolution, in: Thriving on Future Education, Industry, Business and Society; **Proceedings of the Make Learn and TIIM International Conference 2019**, ToKnowPress, Piran, Slovenia, 2019, pp. 125–132.

PAULI, T.; FIELT, E.; MATZNER, M. Digital Industrial Platforms. **Bus Inf Syst Eng** 63, 181–190, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12599-020-00681-w>

PEFFERS, K. et al. A design science research methodology for information systems research. **Journal of management information systems**, v. 24, n. 3, p. 45-77, 2007.

PEREIRA, R.; LACERDA, L. L. L.; CUNHA, C. J. C. A. Competências do Líder em um Mundo Vuca: uma Revisão de Escopo. In: **Convibra 2021 - XVIII Congresso Virtual de Administração**, 2021, Online. Anais do XVIII Congresso Virtual de Administração, 2021. v. 1. p. 1-17.

PEREIRA, R.; MENEGALI, C.; FIALHO, F.A.P. (re) Pensando o design Thinking. In: **(re) Pensando o design Thinking**. (orgs). FIALHO, F.A.P; PEREIRA, R.; MENEGALI, C. Editora Arquétipos: Florianópolis, 2022

PEREIRA, R.; ROSA, K. C. M.; CUNHA, C. J. C. A. Teoria Implícita da Liderança: uma revisão bibliométrica e mapeamento científico utilizando VOSviewer®. In: **SEMEAD XXIV - Seminários em Administração**, 2021, São Paulo. Anais do XXIV Seminários em Administração -Semead 2021, 2021.

PEREIRA, R.; SANTOS, N. Indústria 5.0: reflexões sobre uma nova abordagem paradigmática para a indústria. ANPAD. EnANPAD, p. 2177-2576, 2022.

PEREIRA, R.; DOS SANTOS, Neri. Neoindustrialization—Reflections on a New Paradigmatic Approach for the Industry: A Scoping Review on Industry 5.0. *Logistics*, v. 7, n. 3, p. 43, 2023.

PETERS M.; GODFREY C.; MCINERNEY P.; MUNN Z.; TRICCO A.; KHALIL, H. Chapter 11: Scoping Reviews (2020 version). In: Aromataris E, Munn Z (Editors). **Joanna Briggs Institute Reviewer's Manual**, JBI, 2020.

PILLER, F.T.; MOESLEIN, K.; STOTKO, C.M. Does mass customisation pay? An economic approach to evaluate customer integration. **Prod. Plan. Control**, 2004, 15, 435–444.

PIZOÑ, J.; GOLLA, A. Human–Machine Relationship—Perspective and Future Roadmap for Industry 5.0 Solutions. **Machines**, v. 11, n. 2, p. 203, 2023.

PLANKO, J.; CRAMER, J. **The networked business model for systems change: Integrating a systems perspective in business model development for sustainability transitions**"; in Aagaard, A., Lüdeke-Freund, F. & Wells, P. (Eds.), *Business Models for Sustainability Transitions*; Palgrave MacMillan, 2021. ISBN: 978-3-030-77580-3

PORTAL DA INDÚSTRIA. Disponível em:

<https://industriabrasileira.portaldaindustria.com.br/grafico/transformacao/mundo/#!/industria-total> (acessado em 13 abril 2023).

QIN, Z.; LU, Y. Self-organizing manufacturing network: A paradigm towards smart manufacturing in mass personalization, **Journal of Manufacturing Systems**, V. 60, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.04.016>.

ROHN, D.; BICAN, P.; BREM, A.; KRAUS, S.; CLAUSS, T. Digital platform-based business models – An exploration of critical success factors. **Journal of Engineering and Technology Management**, 60, 101625, 2021. doi: 10.1016/j.jengtecman.2021.101

REINHARDT, D. et al. CoBuilt 4.0: Investigating the potential of collaborative robotics for subject matter experts. **International Journal of Architectural Computing**, v. 18, n. 4, p. 353-370, 2020.

ROHN, D. et al. Digital platform-based business models—An exploration of critical success factors. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 60, p. 101625, 2021.

ROJAS, C.; PEÑAFIEL, G.; BUITRAGO, D.; ROMERO, C. Society 5.0: A Japanese Concept for a Superintelligent Society. **Sustainability** 2021, 13, 6567. <https://doi.org/10.3390/su13126567>

ROMME, A. G. L. Making a difference: Organization as Design. *Organization Science*, v. 14, n. 5, p. 558-573, 2003. <http://dx.doi.org/10.1287/orsc.14.5.558.16769>

SAEBI, T.; FOSS, N. Business models for open innovation: matching heterogeneous open innovation strategies with business model dimensions. **European Management Journal**, Vol. 33, 3, pp. 201-213, 2015.

SAJADIEH, S.; SON, Y.; NOH, S. A Conceptual Definition and Future Directions of Urban Smart Factory for Sustainable Manufacturing. **Sustainability**, 2022, 14, 1221. <https://doi.org/10.3390/su1403122>

- SANIUK, S.; GRABOWSKA, S.; STRAKA, M. Identification of Social and Economic Expectations: Contextual Reasons for the Transformation Process of Industry 4.0 into the Industry 5.0 Concept. **Sustainability**, 14, 1391, 2022. <https://doi.org/10.3390/su14031391>
- SANIUK, S.; GRABOWSKA, S.; FAHLEVI, M. **Personalization of Products and Sustainable Production and Consumption in the Context of Industry 5.0**. In: *Industry 5.0: Creative and Innovative Organizations*. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 55-70.
- SANTOS, N. La Fiabilité Humaine dans le Controle de Processus en Temps Réel. Memoire présentée em vue d'obtenir le Diplome d'Etude Approfondie em Ergonomie de l'Ingenierie. CNAM, Paris, Juin 1983.
- SANTOS, N. La transformation Digital em la Educación. Palestra proferida no 1o Congreso Internacional de Educación: Innovar los Futuros de la Educación. Univerversidad de Loja, Ecuador, Outubro de 2023.
- SHAUGHNESSY, H. Harnessing platform-based business models to power disruptive innovation. **Strategy & Leadership**, 44(5), 6–14, 2016. doi:10.1108/sl-07-2016-0061
- SCHERMULY, L.; SCHREIECK, M.; WIESCHE, M.; KRCCMAR, H. Developing an industrial IoT platform: trade-off between horizontal and vertical approaches. In: 14th International conference on Wirtschaftsinformatik. Siegen, 2019
- SCHMIDT, M. et al. Kick-Start for connectivity: How to implement digital platforms successfully in industry 4.0. **Technology Innovation Management Review**, v. 9, n. 10, 2019.
- SHI, Z. et al. Smart factory in Industry 4.0. **Systems Research and Behavioral Science**, v. 37, n. 4, p. 607-617, 2020.
- SIKHWAL, R.; CHILDS, P. Towards mass individualisation: setting the scope and industrial implication. **Design Science**, v. 7, p. e16, 2021.
- SIMON, H. 1996. **The Sciences of the Artificial**, MIT press
- SINDHWANI, R. et al. Can industry 5.0 revolutionize the wave of resilience and social value creation? A multi-criteria framework to analyze enablers. **Technology in Society**, v. 68, p. 101887, 2022.
- SOUSA, S. A. Um modelo evolucionário de busca tecnológica em condições de hipercumulatividade. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, vol. 59, n. 3, p. 335-380, set. 2005

- SVARCAITE, A.; GADEIKIENE, A. Exploring Value Co-Creation in Sharing Platforms by Applying DART Framework. **Organizations and Markets in Emerging Economies**, v. 14, n. 2 (28), p. 347–365-347–365, 2023.
- TAYLOR, S.; BOGDAN, R. **Introduction to Qualitative Research Methods: a guidebook and resource**. New York, NY, USA, pp.24-43,1997.
- TEECE, D.J., 2010. Business models, business strategy and innovation. **Long Range Plan.** 43 (2–3), 172–194, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.003>
- TORN, I.; VANEKER, T. Mass Personalization with Industry 4.0 by SMEs: a concept for collaborative networks. **Procedia Manufacturing**, 28, 135–141, 2019. doi: 10.1016/j.promfg.2018.12.022
- TIPU, S. Organizational change for environmental, social, and financial sustainability: A systematic literature review. **Rev Manag Sci** (2021). <https://doi.org/10.1007/s11846-021-00494-5>
- VAN ALSTYNE, M.; PARKER, G.; CHOUDARY, S. Pipelines, platforms, and the new rules of strategy. **Harvard business review**, v. 94, n. 4, p. 54-62, 2016.
- VAN AKEN, J. E. Management research based on the paradigm of the design sciences: The quest for field-tested and grounded technological rules. **Journal of Management Studies**, 41(2), 219–246, 2004. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-6486.2004.00430.x>
- VAN AKEN, J., CHANDRASEKARAN, A., HALMAN, J. Conducting and publishing design science research: Inaugural essay of the design science department of the Journal of Operations Management. **J. Oper. Manag.** 47–48, 1–8, 2016.
- VEILE, J.; SCHMIDT, M.; VOIGT, K. Toward a new era of cooperation: How industrial digital platforms transform business models in Industry 4.0. **Journal of Business Research**, V. 143, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.11.062>.
- VILLALBA-DIEZ, J.; ORDIERES-MERÉ, J. Human–machine integration in processes within industry 4.0 management. **Sensors**, v. 21, n. 17, p. 5928, 2021.
- VOM BROCKE, J.; HEVNER, A.; MAEDCHE, A. Introduction to Design Science Research. In: vom Brocke J., Hevner A., Maedche A. (eds) **Design Science Research. Cases**, Cham, 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46781-4_1
- WANG, Y.; MA, H.; YANG, J.; WANG, K. Industry 4.0: a way from mass customization to mass personalization production. **Advances in Manufacturing**, 5(4), 311–320, 2017. doi:10.1007/s40436-017-0204-7

WANG, Y.; TIAN, Q.; LI, X.; XIAO, X. Different roles, different strokes: How to leverage two types of digital platform capabilities to fuel service innovation, **Journal of Business Research**, Volume 144, 2022, pp. 1121-1128, ISSN 0148-2963, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.02.038>.

WEBER, R., Design-science research. In: *Research Methods: Information, Systems, and Contexts*, second ed., pp. 267–288, 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102220-7.00011-X>.

WEKING, J. et al. Leveraging industry 4.0—A business model pattern framework. **International Journal of Production Economics**, v. 225, p. 107588, 2020.

WELFARE, K. S. et al. Consider the human work experience when integrating robotics in the workplace. In: 2019 14th ACM/IEEE international conference on human-robot interaction (HRI). **IEEE**, 2019. p. 75-84.

WU, FENG-SHANG; TSAI, CHIA-CHANG. A framework of the value co-creation cycle in platform businesses: an exploratory case study. *Sustainability*, v. 14, n. 9, p. 5612, 2022.

XU, X.; LU, Y.; VOGEL-HEUSER, B.; WANG, L. Industry 4.0 and Industry 5.0: Inception, conception and perception, **Journal of Manufacturing Systems**, V. 61, pp. 530-535, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>.

YIN, Y.; QIN, S. F. A smart performance measurement approach for collaborative design in Industry 4.0. **Advances in Mechanical Engineering**, 11 (1), 1–15. 2019.

ZHANG, X., MING, X. A Smart system in Manufacturing with Mass Personalization (S-MMP) for blueprint and scenario driven by industrial model transformation. **J Intell Manuf**, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10845-021-01883-z>.

ZHANG, X. et al. A new customization model for enterprises based on improved framework of customer to business: A case study in automobile industry. **Advances in Mechanical Engineering**, v. 11, n. 3, p. 1687814019833882, 2019.

ZHANG, X.; MING, X.; BAO, Y. A flexible smart manufacturing system in mass personalization manufacturing model based on multi-module-platform, multi-virtual-unit, and multi-production-line. **Computers & Industrial Engineering**, v. 171, p. 108379, 2022.

ZHAO, Y.; VON DELFT, S.; MORGAN-THOMAS, A.; BUCK, T. The evolution of platform business models: Exploring competitive battles in the world of platforms. **Long Range Planning**, 2019. doi: 10.1016/j.lrp.2019.101892

ZHONG, R.; XU, X.; KLOTZ, E.; NEWMAN, S. Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. **Engineering**, 3(5), 616–630, 2017. doi:10.1016/j.eng.2017.05.015

ZHOU, L. et al. How B2B platform improves Buyers' performance: Insights into platform's substitution effect. **Journal of Business Research**, v. 143, p. 72-80, 2022.

APÊNDICE A

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS ADOTADOS PARA REVISÃO DE
ESCOPO SOBRE INDÚSTRIA 5.0

Para a realização da revisão de escopo sobre Indústria 5.0 foram adotados os procedimentos metodológicos descritos abaixo e contidos no artigo intitulado **Indústria 5.0: reflexões sobre uma nova abordagem paradigmática para a indústria**, submetido ao ENANPAD 2022 (Encontro Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Administração).

Procedimentos metodológicos

O presente trabalho evidencia os estudos realizados sobre a Indústria 5.0, utilizando como método a revisão de escopo (*scoping review*) (ARKSEY, O'MALLEY, 2005; LEVAC, *et al.*, 2010; PETERS, *et al.*, 2020). Essa abordagem metodológica busca explorar os principais conceitos de um tema, averiguar a dimensão, o alcance e a natureza do estudo, condensando e publicando os dados, apontando as lacunas de pesquisas existentes (ARKSEY, O'MALLEY, 2005). Ademais, são úteis para examinar evidências emergentes quando ainda não está claro quais outras questões mais específicas podem ser colocadas para síntese (PETERS, *et al.*, 2020).

Munn *et al.* (2018) recomendam a utilização da revisão de escopo (*scoping review*) nos seguintes casos:

- Como precursor de uma revisão sistemática;
- Identificar os tipos de evidência disponível em um determinado campo;
- Identificar e analisar lacunas de conhecimento;
- Esclarecer os principais conceitos / definições na literatura;
- Examinar como a pesquisa é realizada sobre um determinado tópico ou campo;
- Identificar as principais características ou fatores relacionados a um conceito.

Em síntese, as revisões de escopo são adequadas nos casos em que um tema ou corpo de conhecimento é novo ou em construção ou pouco evidenciado pela literatura. Esse método é altamente recomendado no presente caso, o qual demanda uma maior discussão

sobre a definição do termo Indústria 5.0, averiguando seu impacto teórico, prático e implicações na sociedade.

Este estudo levou em consideração as diretrizes propostas por Arksey e O'Malley (2005) e ampliadas por Levac e colegas (2010). Os procedimentos metodológicos utilizados são descritos no quadro 20.

Quadro 20 Procedimentos metodológicos

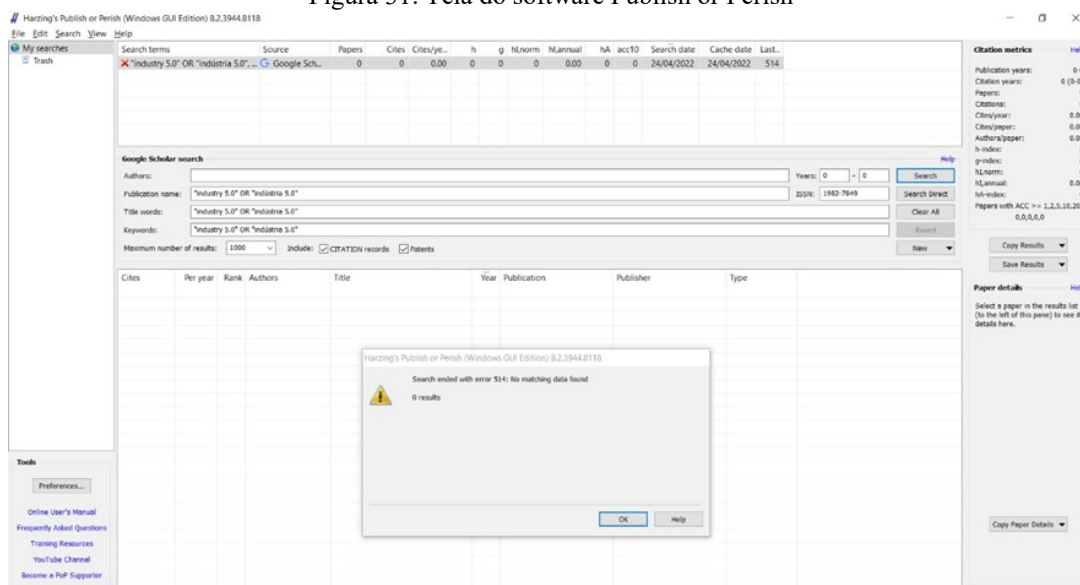
Etapas da Scoping Review propostas por Arksey e O'Malley (2005)	Definição de Arksey e O'Malley (2005); Levac, et. al. (2010); Peters, et. al., 2020)	Etapas concretizadas no presente estudo
Etapa 1: Identificação da questão de pesquisa / definição do objetivo do estudo	Etapa que visa alinhar, esclarecer e vincular o objetivo à questão da pesquisa. A questão de pesquisa na revisão de escopo deve ser claramente definida já que desempenha um papel significativo nas etapas subsequentes.	Qual o atual estado do campo de pesquisa sobre Indústria 5.0? Investigar e sumarizar o atual estado do campo de pesquisa sobre Indústria 5.0
Etapa 2: identificação dos estudos relevantes	Esta etapa envolve a identificação dos estudos relevantes e o plano de onde procurar, quais termos quais fontes de pesquisa, intervalo de tempo e língua. Busca-se equilibrar a viabilidade com amplitude e abrangência do processo de definição do escopo. Importante desenvolver e alinhar os critérios de inclusão com o objetivo e pergunta de pesquisa.	Nesta etapa definiu-se a estratégia de busca para o presente estudo a partir da <i>string TITLE ("industry 5.0") AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE, "re"))</i> nas bases de dados <i>Scopus, Web of Science, Scielo e Spell</i> . Não houve delimitação temporal. Para retratar o contexto brasileiro, foi feito levantamento nas principais revistas de negócios e gestão do Brasil, além, dos anais do EnANPAD (ver tabela 1). A busca foi restrita à artigos e revisões na língua inglesa e portuguesa. A quantidade de publicações obtidas nesta etapa está listada na tabela 02
Etapa 3: seleção dos estudos	A seleção de estudos não é linear, mas sim um processo iterativo que envolve pesquisar a literatura, refinar a estratégia de pesquisa e revisar artigos para inclusão no estudo. Descrever a abordagem planejada para pesquisa de evidências, seleção, extração de dados e apresentação das evidências.	Nesta etapa foram lidos os resumos, palavras-chave e títulos das publicações, organizando relacionando e identificando os estudos selecionados. A quantidade de publicações obtidas nesta etapa está listada na tabela 02
Etapa 4: mapeamento dos dados	Um formulário/planilha de dados é desenvolvido e usado para extrair dados de cada estudo. Pode ser adotado um método "analítico descritivo" para extrair informações contextuais ou orientadas ao processo de cada estudo.	Após a seleção dos artigos mais adequados ao objetivo da pesquisa, os principais dados desses estudos foram retirados e indexados em uma matriz de síntese (GARRARD, 2011).

<p>Etapa 5: agrupamento, sumarização e relato dos resultados</p>	<p>Identifica-se as implicações dos resultados do estudo para políticas, práticas ou pesquisas. Selecionando a evidência. Uma estrutura analítica ou construção temática é usada para fornecer uma visão geral da amplitude da literatura.</p>	<p>Nesta etapa foi realizada a análise do conjunto de publicações selecionadas nas etapas anteriores por meio da análise temática de Braun e Clarke (2006) e visualização de similaridades, utilizando-se a ferramenta <i>Vosviewer</i>. O uso dessas técnicas possibilitou que os temas fossem identificados, codificados e agrupados durante o processo de leitura e análise dos artigos.</p>
--	--	---

Fonte: Arksey e O'Malley (2005); Levac, *et al.* (2010); Peters, *et al.*, 2020; Pereira *et al.*, 2021)

Para traçar um panorama dos estudos no Brasil, fez-se a busca nas principais revistas de gestão e administração do país, utilizando a equação booleana da etapa 2, na ferramenta *Publish or Perish* (Harzing, 2007), fig. 31, informando os ISSN-ISBN das revistas e obtendo-se os resultados listados na tabela 1.

Figura 31. Tela do software Publish or Perish



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Tabela 3. Artigos pré-selecionados (brutos) nas revistas brasileiras

Revista	ISSN-ISBN	Quantidade de publicações	Qualis*
Revista de Administração Pública (FGV)	0034-7612	-	A2
Revista de Administração de empresas (RAE-FGV)	0034-7590	-	B1
Revista de Administração Contemporânea	1982-7849	-	B1
RAI- Revista de Administração e Inovação	1809-2039	-	B1
Revista de Administração Mackenzie	1678-6971	-	B1
RAUSP	1984-6142	-	B1
Gestão e Produção	1806-9649	-	B1
Revista Brasileira de Gestão de Negócios	1983-0807	-	B1

Fonte: Autores da Pesquisa (2019). *Quadriênio 2013-2016. Área de avaliação interdisciplinar

Ao final do levantamento o arcabouço bibliográfico de análise considerou 51 publicações para análise e discussão, conforme procedimentos sumarizados na tabela 4.

Tabela 4. Levantamento bibliográfico realizado

Base de dados	Número de artigos
<i>Scopus</i>	51
<i>Web of Science</i>	(+) 34
<i>Scielo</i>	(+) 01
<i>Spell</i>	-
<i>Artigos nacionais*</i>	-
Duplicados	(-) 33
Rejeitados	(-) 02
Total	= 51

Fonte: Autores da pesquisa (2019).

*levantamento bibliográfico realizado nas revistas/periódicos relacionados na tabela 01

APÊNDICE B

REVISÃO BIBLIOMÉTRICA REALIZADA SOBRE A INDÚSTRIA 5.0

O texto abaixo subsidiou esta tese com dados bibliométricos sobre a Indústria 5.0 e compõe seções dos artigos “*Indústria 5.0: reflexões sobre uma nova abordagem paradigmática para a indústria*” publicado nos anais do XLVI Encontro da ANPAD - EnANPAD 2022 e “*Neoindustrialization—Reflections on a New Paradigmatic Approach for the Industry: A Scoping Review on Industry 5.0*” publicado no *Journal Logistics*, em sua edição especial intitulada *Emerging Challenges and Opportunities of Value Creation in Operations Management and Supply Chain Management: Best Papers from SIMPOI* and ENANPAD** 2022*, publicado em 24/07/2023.

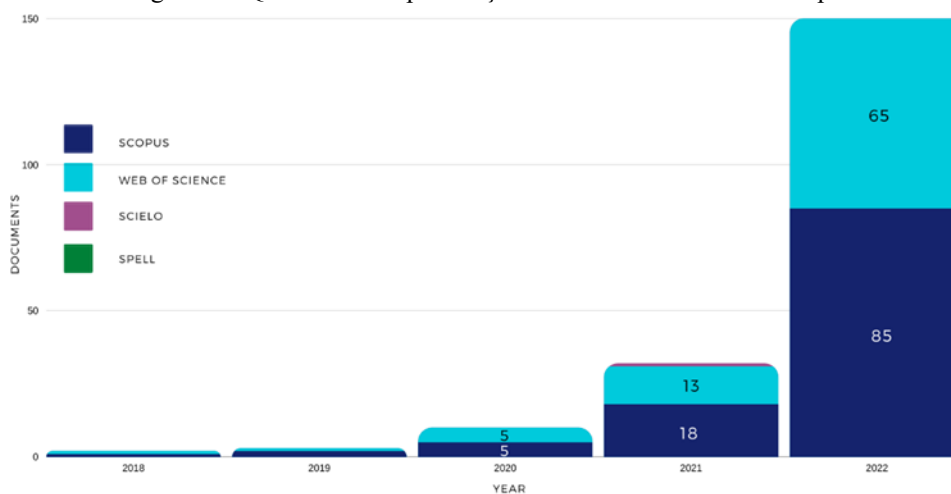
A Indústria 5.0 em números

Para o mapeamento do campo sobre a Indústria 5.0, realizou-se uma análise bibliométrica, que considerou as técnicas de análise de desempenho e o mapeamento científico, propostas por Pereira, Rosa, & Cunha (2021). Essas técnicas avaliam a performance de autores, organizações e países, com base nas suas publicações e citações. A contribuição relativa de cada ator para a área de conhecimento é avaliada e usada para identificar os mais produtivos e de maior impacto. Em um segundo momento é realizado o mapeamento científico, em que se analisa a estrutura e a dinâmica da produção do conhecimento, gerada por uma representação gráfica das relações entre autores, temas, instituições, entre outros (Pereira, Ribeiro, Reis & Santos, 2022). Esta técnica ganhou espaço na análise bibliométrica, muito em função do desenvolvimento de softwares/ferramentas que facilitam o mapeamento, tornando-o uma opção metodológica importante para representar e analisar as diversas redes que se formam na produção do conhecimento científico (Pereira, Rosa & Cunha, 2021).

O levantamento bibliográfico que subsidiou a análise bibliométrica foi realizado nas bases científicas *Scopus*, *Scielo*, *Spell* e *Web of Science*. Optou-se por essas bases levando em conta a abrangência da cobertura, interdisciplinariedade e o nível de estruturação e possibilidade de exportação de seus dados. Identificou-se o conjunto de publicações retratadas no gráfico da figura 32. É possível verificar uma evolução abrupta das publicações, em especial no último ano, que teve cerca de cinco vezes mais

publicações que no ano de 2021. Esses dados indicam o interesse crescente por estudos/pesquisas relacionadas à Indústria 5.0.

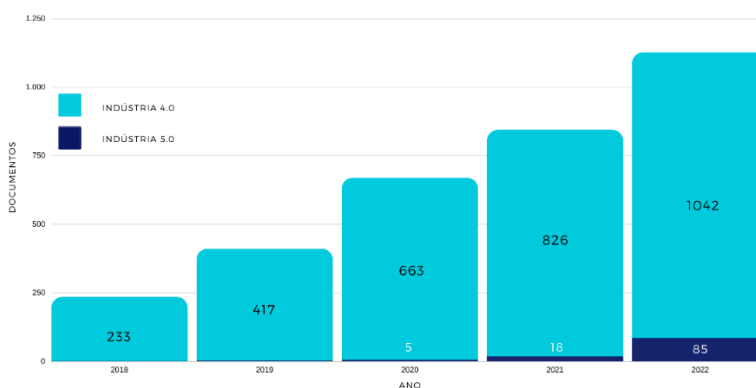
Figura 32. Quantidade de publicações sobre Indústria 5.0 no tempo



Fonte: o autor (2023)

Em contrapartida, ao compararmos a quantidade de pesquisas realizadas sobre a Indústria 4.0 com as da Indústria 5.0 é visível a ampla diferença entre os paradigmas, em favor da primeira (fig. 33).

Figura 33. Quantidade de publicações sobre Indústria 4.0 e Indústria 5.0 no tempo



Fonte: o autor (2023). Dados coletados nas bases Scopus e WoS em 19/02/2023.

Por essa análise é possível verificar que os estudos sobre a Indústria 4.0 continuam a despertar o interesse acadêmico e que ambos os paradigmas coexistem (PEREIRA; DOS SANTOS, 2022,2023).

Tabela 5. Artigos mais citados sobre Indústria 5.0*

O	Ano	Autor	Título/Fonte	Citações*
I1	2019	Nahavandi, S.	Industry 5.0-a human-centric solution	491
I2	2022	Maddikunta, P.K.R., Pham, Q.-V., B, P., (...), Ruby, R., Liyanage, M.	Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications	347
I3	2018	Özdemir, V., Hekim, N.	Birth of Industry 5.0: Making Sense of Big Data with Artificial Intelligence , "the Internet of Things " and Next-Generation Technology Policy	326
I4	2021	Xu, X., Lu, Y., Vogel- Heuser, B., Wang, L.	Industry 4.0 and Industry 5.0— Inception, conception and perception	292
I5	2020	Longo, F., Padovano, A., Umbrello, S.	Value-oriented and ethical technology engineering in industry 5.0 : A human-centric perspective for the design of the factory of the future	181
I6	2020	Javaid, M., Haleem, A., Singh, R.P., (...), Raina, A., Suman, R.	Industry 5.0: Potential applications in covid-19	119
I7	2020	Aslam, F., Aimin, W., Li, M., Rehman, K.U.	Innovation in the era of IoT and industry 5.0: Absolute innovation management (AIM) framework	106
I8	2020	Javaid, M., Haleem, A.	Critical components of industry 5.0 towards a successful adoption in the field of manufacturing	103
I9	2021	ElFar, O.A., Chang, C.- K., Leong, H.Y., (...), Chew, K.W., Show, P.L.	Prospects of Industry 5.0 in algae: Customization of production and new advance technology for clean bioenergy generation	89
I10	2022	Lu, YQ; Zheng, H; (...); Bao, JS	Outlook on human-centric manufacturing towards Industry 5.0	64
I11	2022	Gürdür Broo, D., Kaynak, O., Sait, S.M.	Rethinking engineering education at the age of industry 5.0	58
I12	2021	Fraga-Lamas, P., Lopes, S.I., Fernández-Caramés, T.M.	Green iot and edge AI as key technological enablers for a sustainable digital transition towards a smart circular economy : An industry 5.0 use case	57
I13	2022	Akundi, A., Euresti, D., Luna, S., (...), Lopes, A., Edinbarough, I.	State of Industry 5.0 —Analysis and Identification of Current Research Trend	46
I14	2022	Carayannis, E.G., Morawska-Jancelewicz, J.	The Futures of Europe: Society 5.0 and Industry 5.0 as Driving Forces of Future Universities	42
I15	2021	Carayannis, E.G., Draper, J., Bhaneja, B.	Towards Fusion Energy in the Industry 5.0 and Society 5.0 Context: Call for a Global Commission for Urgent Action on Fusion Energy	40
I16	2022	Khan, W.U., Ihsan, A., Nguyen, T.N., Ali, Z., Javed, M.A.	NOMA-Enabled Backscatter Communications for Green Transportation in Automotive-Industry 5.0	38
I17	2021	Madsen, D.Ø., Berg, T.	An exploratory bibliometric analysis of the birth and emergence of industry 5.0	35
I18	2022	Sindhvani, R., Afridi, S., Kumar, A., (...), Luthra, S., Singh, P.L.	Can industry 5.0 revolutionize the wave of resilience and social value creation ? A multi-criteria framework to analyze enablers	34
I19	2022	Yin, S., Yu, Y.	An adoption-implementation framework of digital green knowledge to improve the performance of digital green innovation practices for industry 5.0	31
I20	2022	Saniuk, S., Grabowska, S., Straka, M	Identification of Social and Economic Expectations : Contextual Reasons for the Transformation Process of Industry 4.0 into the Industry 5.0 Concept	30

Fonte: Os autores com base em dados da Scopus e Web of Science (2023). Data de extração dos dados (19/02/2023)

A Tabela 5 relaciona as vinte publicações sobre Indústria 5.0 com maior número de citações. O primeiro artigo da lista é de autoria de Nahavandi (2019) intitulado “*Industry 5.0—A human-centric solution*” que foi citado 491 vezes. Trata-se de um artigo conceitual, em que o autor descreve a Indústria 5.0 como uma situação “onde os robôs

estão entrelaçados com o cérebro humano e trabalham como colaboradores ao invés de concorrentes” (p. 1). Segundo o autor essa colaboração mais estreita entre robôs e seres humanos, se dará por meio de interfaces cérebro-máquina e avanços na inteligência artificial. Nessa perspectiva, a Indústria 5.0 pode ajudar a aumentar a produtividade sem remover os trabalhadores humanos da indústria. Além disso, discute-se as possíveis implicações da Indústria 5.0 na economia e na produtividade, e como a colaboração entre robôs e humanos pode ser uma solução para alguns dos desafios enfrentados pela indústria. O artigo, ainda, avança na discussão de algumas das preocupações e considerações que devem ser levadas em conta ao adotar a Indústria 5.0.

O segundo artigo do rol da tabela 1, “*Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications*”, de autoria de Maddikunta et al. (2022), trata das tecnologias que habilitam o novo paradigma para indústria. Fornece uma visão geral das possíveis aplicações e tecnologias de suporte, como saúde inteligente, manufatura em nuvem e gerenciamento de cadeia de suprimentos. O artigo também destaca algumas tecnologias como computação de borda, gêmeos digitais, robôs colaborativos, Internet das coisas, blockchain e redes 6G.

O artigo “*Birth of industry 5.0: Making sense of big data with artificial intelligence, ‘the internet of things’ and next generation technology policy*”, dos autores Özdemir e Hekim (2018), que teve 326 citações, discute os impactos da automação extrema, Internet das Coisas (IoT), da inteligência artificial (IA) e da Indústria 4.0 na implementação de grandes conjuntos de dados. Argumentam que, embora a automação extrema tenha o potencial de aumentar a eficiência e a produtividade, ela também apresenta vulnerabilidades significativas, incluindo riscos sistêmicos e a criação de novas estruturas de poder social e político. Para superar esses problemas, o artigo propõe a Indústria 5.0, que busca democratizar a coprodução de conhecimento a partir de grandes conjuntos de dados, baseando-se no novo conceito de inovação simétrica. Logo, a Indústria 5.0 tem o potencial de aproveitar a automação extrema e grandes conjuntos de dados com segurança, políticas de tecnologia inovadoras e ciência de implementação responsável.

O artigo seguinte da lista, de Xu et al. (2021), denominado “*Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception*” afirma que muitos países introduziram iniciativas estratégicas semelhantes à Indústria 4.0, e uma quantidade considerável de esforço de pesquisa foi dedicada ao desenvolvimento e implementação

de algumas das tecnologias relacionadas à Indústria 4.0. Segundo os autores, a Indústria 5.0 é uma abordagem mais orientada por valores, focada em questões como sustentabilidade, inclusão e colaboração. O artigo explora, ainda, cinco questões que surgem da coexistência da Indústria 4.0 e 5.0, com o objetivo de estimular o debate e a discussão em torno desses tópicos.

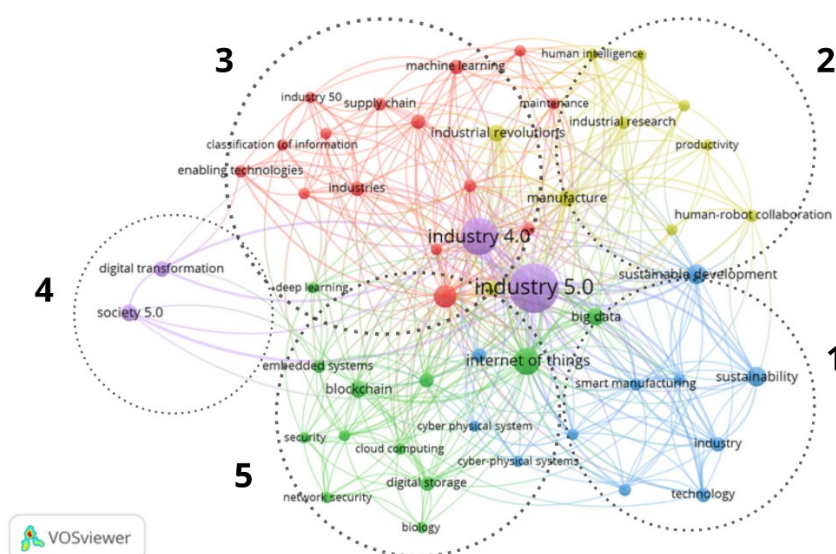
Longo, Padovano e Umbrello (2020), por sua vez, seguem a mesma linha do artigo de Nahavandi (2019), tratando da relação entre humanos e máquinas, indicando o advento da “era do aumento” quando os dois (homens e robôs) colaboram e trabalham em simbiose. Nesse artigo, levantam-se questões éticas significativas sobre o impacto da tecnologia nos trabalhadores e na sociedade em geral.

Esses cinco primeiros artigos listados trazem posições distintas no que tange a caracterização desse novo fenômeno denominado Indústria 5.0; uma análise mais atenta da lista da tabela 1 pode indicar algumas tendências de pesquisa sobre Indústria 5.0, tais como:

- a) Estudos teóricos/conceituais ou revisões sistematizadas de literatura/análises bibliométricas que buscam explicar/detalhar/ampliar a discussão sobre a Indústria 5.0 e temas adjacentes (I1, I4, I8, I13, I17);
- b) Estudos que tratam das tecnologias habilitadoras da Indústria 5.0 (I2, I3, I6, I7, I12,);
- c) Estudos que relacionam Indústria 5.0 e seus valores centrais, por exemplo sustentabilidade (I12, I19), centralidade no ser humano (I1, I2, I3, I5, I10, I18, I20)
- d) Estudos que analisam a aplicação de tecnologias relacionadas à Indústria 5.0 em contextos/casos específicos/concretos (I9, I15, I16).

Essas tendências observadas nos artigos mais citados são refletidas e comprovadas pelo mapa de coocorrência de palavras-chave representado pela figura 34. Essa técnica coocorrência possibilita a identificação de relações entre as palavras-chave do conjunto de documentos selecionados, permitindo a construção de uma estrutura conceitual de um domínio de conhecimento. A ideia é que, quando as palavras-chave coocorrem frequentemente em documentos, os conceitos atribuídos a essas palavras estão relacionados. Nesta análise, usa-se o conteúdo dos documentos para construir uma medida de similaridade. O resultado da análise é uma rede de temas e suas relações representam o espaço conceitual de um campo (Zupic & Carter, 2015, Pereira, Rosa & Cunha, 2021, Pereira, Menegali & Fialho, 2022).

Figura 34. Mapa de coocorrência de palavras-chave



Fonte: Pereira e Dos Santos utilizando o software *Vosviewer*® (2023)

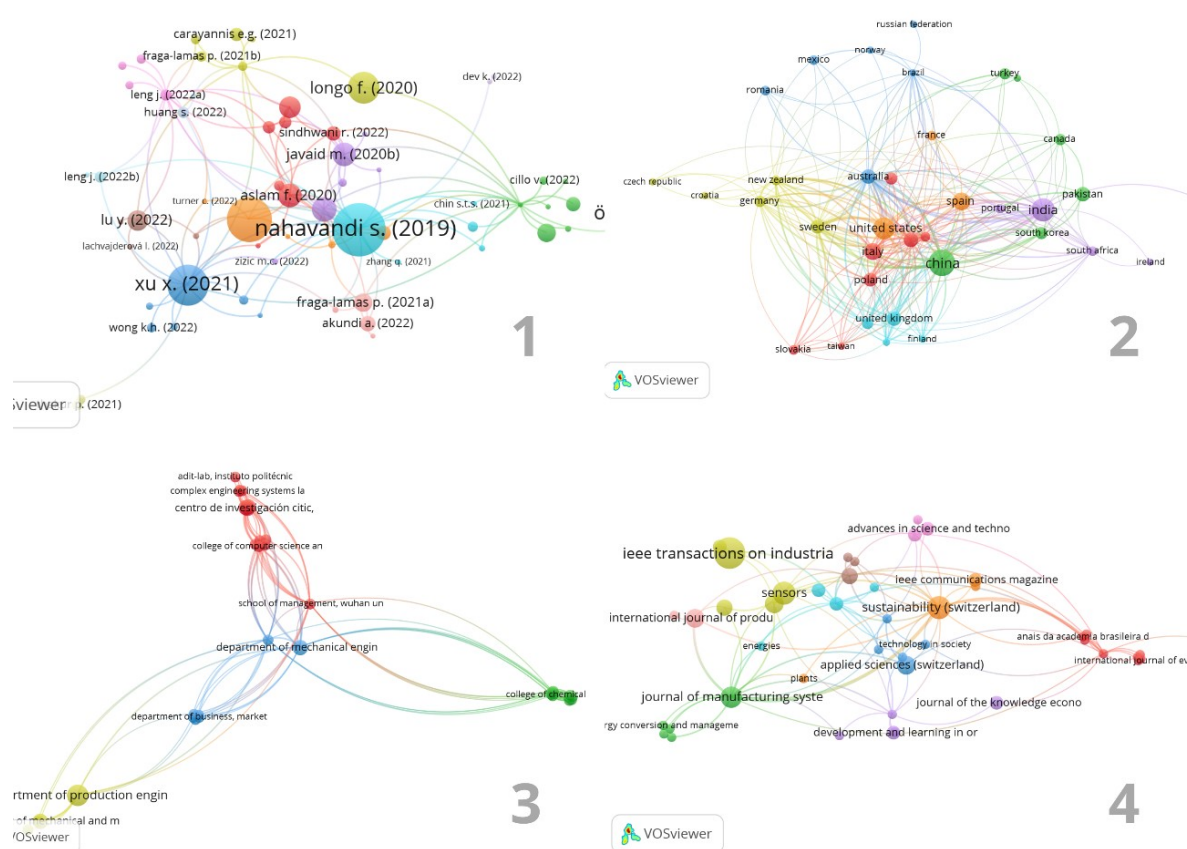
O grafo apresentado na Figura 34 mostra a rede de palavras-chave com maior ocorrência entre os artigos do portfólio bibliográfico de análise. A rede está subdividida em cinco *clusters*, representados pelas cores azul, amarela, vermelha, roxa e verde.

Cada agrupamento (cluster) agrega as palavras-chave que apresentam similaridades e interações entre temas correlatos. O *cluster* 1, de cor azul agrega palavras-chave relacionadas com estudos que relacionam Indústria 5.0 a uma de suas dimensões: a sustentabilidade. O *cluster* 2, de cor amarela, apresenta a interação entre as palavras-chave referentes à Indústria 5.0 e colaboração entre ser humano e robôs (o que dá origem ao termo co-bot). O *cluster* 3, de cor vermelha, aglutina palavras-chave que estão relacionadas com as tecnologias que habilitam a Indústria 5.0. O *cluster* 4, de cor roxa, reúne palavras-chave associadas à Indústria 5.0, Transformação digital e o impacto da desse novo paradigma da indústria na sociedade (Sociedade 5.0). Por fim, o *cluster* 5, de cor verde, agrega palavras-chave relacionadas, também, com tecnologias voltadas à Indústria 5.0, embora trazendo outra perspectiva da Indústria 5.0 que é a segurança cibernética e resiliência organizacional.

A figura 35 mostra o mapa de citação e suas variações em relação à documentos (quadrante 1), países (quadrante 2), instituições de pesquisa (quadrante 3) e fontes (quadrante 4), construído usando a ferramenta VOSviewer®. Os mapas são constituídos por nós que aglutinados geram clusters. Quanto maior e mais centralizado determinado nó, maior a representatividade dele no conjunto de publicações (PEREIRA *et al.*, 2021).

Na análise de citação, relacionada ao quadrante 1, foram considerados documentos que receberam, no mínimo, 1 citação por outros documentos do portfólio de publicações objeto da análise bibliométrica. A análise considerou 64 itens e gerou 15 clusters e 123 ligações. Essa análise explicita e corrobora as informações trazidas pela tabela 01, em especial com relação aos artigos mais citados: Nahavandi (2019), 13 cluster na cor azul claro; Maddikunta *et al.* (2022) 14, cluster de cor laranja; Xu, *et al.* (2021), cluster de cor azul escuro; Ozdemir e Hekim (2018) 15, cluster na cor verde; Longo *et al.* (2020) 2, cluster na cor amarela, são os principais documentos dessa análise (PEREIRA; DOS SANTOS, 2023).

Figura 35. Análises bibliométricas relacionadas à Indústria 5.0



Fonte: Pereira e Dos Santos (2023)

O quadrante 2 da figura 35, por sua vez, possibilita a análise de citação por países, evidenciando como principais expoentes a China (*cluster* na cor verde), Índia (*cluster* na cor roxa), Estados Unidos (*cluster* na cor laranja) e Suécia, Alemanha e Nova Zelândia (*cluster* na cor amarela). Essa informação indica que esses países abrigam instituições/pesquisadores que possuem a maior quantidade de citações no conjunto das publicações selecionadas para análise, mostrando que são países que despontam nas pesquisas sobre Indústria 5.0.

O quadrante 3, traz o mapa de citação relacionado às instituições e tem íntima relação com o quadrante 2, já que os países ali indicados abrigam as instituições com maior proeminência nos estudos sobre Indústria 5.0. Despontaram na análise o Royal Institute of Technology-KTH (Suécia) e a University of Auckland (Nova Zelândia), no cluster de cor amarela; a Jamia Millia Islamia University (Índia), Cluster de cor azul; Wuhan University of Technology (China), entre outras.

O quadrante 4 da figura 5, traz o mapa de citação por fontes. Essa análise é importante para identificar quais revistas são mais aderentes ao tema Indústria 5.0, auxiliando os pesquisadores no compartilhamento de suas pesquisas sobre o assunto. As principais fontes por clusters são: *Journal of Manufacturing Systems* (cluster de cor verde); *Sustainability* (cluster de cor laranja); *Applied Sciences* (Cluster de cor azul escuro); *International Journal of Production Research* (Cluster de cor vermelha); *Sensors* (Cluster de cor amarela); *Journal of Industrial Integration and Management* (cluster de cor azul claro).

As análises bibliométricas trazidas nesta subseção possibilitarão que pesquisadores no campo da Indústria 5.0 possam entender a pesquisa nessa área, avaliar sua qualidade e impacto, tomar decisões informadas e acompanhar seu desenvolvimento ao longo do tempo, possibilitando identificar tendências e padrões das pesquisas sobre indústria 5.0, avaliar a qualidade e impacto de determinada pesquisa sobre esse assunto, acompanhando o seu progresso e o desenvolvimento, comparando pesquisas entre diferentes países e instituições, auxiliando na tomada de decisões mais acertadas (alocação de recursos para pesquisas, parcerias entre centros e instituições de pesquisa e pesquisadores, entre outras informações) (PEREIRA; DOS SANTOS, 2023).

APÊNDICE C

A coleta de dados qualitativos é a seleção e produção de material para análise e compreensão de fenômenos (sociais, experiências subjetivas e coletivas) e a construção de significados de processos relacionados. Os dados a serem coletados podem ter ocorrência natural ou extraídos; e são decorrentes de falas, audição, observação e análise de materiais como sons, imagens ou fenômenos digitais. A coleta de dados pode incluir métodos únicos ou múltiplos (FLICK, 2018).

Esta pesquisa utilizará como técnica de coleta de dados entrevistas, que ocorrerão em dois momentos.

Em primeiro lugar, a entrevista se dará de forma assíncrona (com a utilização de um questionário *on-line* - *Googleforms*®- servindo como fase preparatória para as entrevistas). Esta etapa assíncrona permitirá um primeiro contato com os informantes-alvo da pesquisa (representantes das empresas participantes do Prêmio Osires Silva). As perguntas que foram feitas nessa etapa provêm de um roteiro, que, também, orientará a fase de entrevistas síncronas ou grupo focal a ser realizado em momento apropriado. Abaixo é disposto o questionário que compõe a fase inicial da coleta de dados:

Figura 35. Questionário online utilizado na coleta de dados com as empresas



A indústria como plataforma para personalização em massa

Obrigado por dedicar seu tempo para responder a este questionário. Ele faz parte da pesquisa de doutorado intitulada " Indústria 5.0: modelos de negócios baseados em plataforma e personalização em massa: transformando a indústria para o futuro.

O objetivo da pesquisa é propor um modelo conceitual (sócio técnico) para a Indústria 5.0, que possibilite a incorporação de seus valores centrais, sustentado por um modelo de negócio baseado em plataforma, permitindo a personalização em massa na indústria. Ao responder a este questionário, busca-se compreender como as empresas estão abordando a personalização em massa e quais estratégias estão sendo utilizadas para alcançá-la. Suas perspectivas e insights serão fundamentais para a compreensão do panorama atual e para a identificação de oportunidades de melhoria nesse contexto.

Importante salientar que todas as suas respostas serão tratadas com total confidencialidade e serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos.

Sua participação na pesquisa contribuirá para o avanço do conhecimento na área e terá um impacto de forma significativa na indústria. Conto com sua valiosa colaboração para ajudar a moldar um setor mais inovador e orientado para o futuro.

Fonte: o autor (2023), utilizando o *Googleforms*®

Abaixo é disposto o roteiro das entrevistas assíncronas:

Informações sobre a empresa

Qual é o setor em que a empresa atua?

Quantos funcionários a empresa possui?

Qual é a posição da empresa no mercado?

Modelos de negócio

O modelo de negócio da sua empresa é baseado em plataforma? Se sim, qual plataforma é utilizada?

Se a empresa não estiver utilizando um modelo de negócio baseado em plataforma, por que não?

Personalização em massa

Como a sua empresa está abordando a personalização em massa? Quais são as estratégias que a empresa está utilizando para alcançá-la?

A empresa está utilizando tecnologias específicas para alcançar a personalização em massa? Quais são essas tecnologias?

Como a empresa está coletando e usando dados do cliente para personalizar seus produtos?

Benefícios e desafios

Quais são os principais benefícios que a empresa está obtendo ao implementar a personalização em massa?

Quais são os principais desafios que a empresa enfrenta ao implementar a personalização em massa? Como a empresa está lidando com esses desafios?

Como a empresa está medindo o sucesso da personalização em massa?

Perspectivas futuras

A empresa planeja expandir suas estratégias de personalização em massa no futuro? Como?

Quais são as tendências futuras que a empresa está observando em relação à personalização em massa?

A estrutura de coleta de dados adotada neste trabalho se coaduna com o proposto por Merriam e Tisdell (2016) que sugerem que as entrevistas *online* podem ser conduzidas tanto de forma síncrona (utilizando ferramentas como Skype®, CMC®, Adobe Connect® e plataformas como Zoom®, MS Teams® e Googlemeet®, e de forma assíncrona, quando há um lapso de tempo, por e-mail, grupos de discussão on-line ou questionários online, como utilizado nesse trabalho.

As entrevistas assíncronas possuem uma grande desvantagem, pois sugere-se que se construa relacionamento com os participantes ao conduzir entrevistas qualitativas. A construção de *rappport* pode ser um pouco mais desafiadora somente com a coleta de dados por texto, de forma assíncrona. Além disso, os participantes podem não responder a consultas pelos questionários online (ou outra forma de inquirição) ou não responder a certas perguntas que eles provavelmente responderiam em vídeo síncrono ou pessoalmente (MERRIAM; TISDELL, 2016). Entretanto, este problema será evitado no presente trabalho, já que contará com uma etapa assíncrona, seguida pela entrevista síncrona e serão considerados os dados, apenas, dos informantes que participarem de ambas etapas.

A entrevista permite o acesso ao contexto do comportamento das pessoas e, assim, fornece ao pesquisador uma maneira de entender o significado desse comportamento (SEIDMAN, 2006, p. 10). Em outras palavras, entrevistar é uma técnica de coleta de dados usada para expandir a compreensão de como os informantes percebem seus mundos sociais e como agem dentro deles (PHILIPS; MROWCZYNSKI, 2021); a perspectiva sobre suas vidas, experiências, ou situações expressas em suas próprias palavras (TAYLOR; BOGDAN, 1997).

A análise de dados, por sua vez, é uma etapa central e complexa em uma pesquisa qualitativa (THORNE, 2000; FLICK, 2009). Apesar desta tese adotar a pesquisa tecnológica como método central, algumas etapas são de caráter qualitativo, como a coleta de dados com as empresas participantes do Prêmio Osires Silva.

Neste caso, quaisquer que sejam os dados, é da sua análise que, de forma decisiva, formam-se, parte dos resultados da pesquisa (FLICK, 2009). A análise é o processo de reflexão crítica sobre os dados encontrados, criando significado para eles. Consiste em identificar padrões recorrentes na forma de temas ou categorias na consolidação dos dados, capturando sua essência e fundamentos (SALDANA, 2014; MERRIAM; TISDELL, 2016).

Sendo assim, a indicação de que modo foram analisados e interpretados os dados é importante para a produção de evidências confiáveis que possam ser utilizadas para respaldar os resultados do trabalho.

Para este trabalho foi adotada a Análise Temática. Esta técnica permite “identificar, analisar e interpretar padrões de significado ("temas") dentro de dados qualitativos” (CLARKE; BRAUN, 2017, p. 297).

A análise temática foi útil para examinar as perspectivas de diferentes participantes da pesquisa, destacando semelhanças e diferenças, e gerando percepções inesperadas. A análise temática também é útil para resumir os principais recursos de um grande conjunto de dados, uma vez que força o pesquisador a adotar uma abordagem bem estruturada para lidar com os dados, ajudando a produzir um relatório final claro e organizado (KING, 2004; BRAUN; CLARKE, 2006; NOWELL et. al., 2017)

Braun e Clarke (2006, 2012) sugerem que o processo de análise temática aconteça em seis fases, conforme disposto no quadro 21:

Quadro 21– Fases da análise temática

F	Fase	Descrição
1	Familiarizando-se com os dados	Fase que inicia muitas vezes na coleta dos dados e segue com a transcrição, leitura e releitura dos dados. Toma-se notas ou são apontadas ideias para a codificação. O objetivo desta fase é tornar-se intimamente familiarizado com o conteúdo do conjunto de dados e para começar a observar coisas que podem ser relevantes para responder à pergunta pesquisa.
2	Gerando códigos iniciais	Compreende a análise sistemática dos dados por meio da codificação. As características interessantes dos dados, são codificadas, em todo o seu conjunto. Os códigos fornecem um resumo conciso de uma parte dos dados ou descrevem o seu conteúdo. Depois de identificar um extrato de dados para codificar, é preciso escrever o código e marcar o texto associado a isso. A codificação deve ser inclusiva, completa e sistemática.
3	Buscando por temas	A análise começa a tomar forma à medida que se muda de códigos para temas. Os códigos são agrupados em temas, por meio da reunião dos dados relevantes para cada tema potencial. Esta fase envolve a revisão dos dados codificados para identificar áreas de semelhança e sobreposição entre códigos. Busca-se, também, explorar a relação entre os temas e considerar como eles funcionarão juntos para contar uma história geral sobre os dados. A fase é finalizada com um mapa temático ou tabela que descreve os temas potenciais, e deve reunir todos os extratos de dados relevantes para cada tema, propiciando o início do processo de revisão.
4	Revisando temas	Os temas em desenvolvimento são revisados em relação aos dados codificados e aos demais dados do conjunto. Esta fase pode ser dividida em duas etapas. A primeira compreende a comparação dos temas em relação aos extratos de dados coletados de modo a explorar se o tema funciona em relação aos dados. Em seguida, deve-se reler todos os dados para determinar se os temas capturam de forma significativa todo o conjunto de dados ou um aspecto dele.

5	Definindo e nomeando temas	Nesta fase, faz-se nova análise para refinar as especificidades de cada tema, e a história geral contada pela análise dos dados. Identifica-se a essência de cada tema. É necessário escrever uma análise detalhada para cada tema individual. É importante considerar como o tema se encaixa na história global mais ampla que está sendo contada sobre os dados, em relação à questão (ou questões) de pesquisa, para garantir que não ocorra sobreposição de temas. E ainda, deve-se gerar definições e nomes claros para cada tema. O nome para um tema deve ser informativo, conciso e cativante.
6	Produzindo o relatório	É a fase que envolve a análise final e escrita do relatório. O objetivo do relatório é fornecer uma história convincente sobre os dados com base na análise. A escrita deve fornecer um relato conciso, coerente, lógico, não repetitivo e interessante, da história contada pelos dados - dentro dos temas e entre eles. O relato precisa ir além da descrição dos dados e trazer um argumento em relação à pergunta da pesquisa.

Fonte: Braun e Clarke (2006, 2012).

APÊNDICE D

O presente apêndice traz a descrição dos procedimentos metodológicos utilizados no artigo de revisão integrativa submetido ao XXV ENGEMA – Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente da FEA/USP, apresentado entre 29 e 01 de dezembro de 2023 e que embasou a elaboração da seção de personalização em massa na Indústria 5.0, além de alicerçar a construção do modelo *PlatforMASS*.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS UTILIZADOS NO ARTIGO INTITULADO
“*Mass Personalization in Industry: An Integrative Review*”

A metodologia utilizada foi a revisão integrativa da literatura (WHITTEMORE; KNAFL, 2005; TORRACO, 2005). Este tipo de revisão difere da revisão narrativa por adotar um processo replicável, científico e transparente de pesquisa. A revisão integrativa é uma técnica que visa minimizar o viés por meio de pesquisas bibliográficas exaustivas de estudos publicados, explicitando as decisões, procedimentos e conclusões dos revisores (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003; PEREIRA; CUNHA, 2020, 2021). Tranfield, et. al. (2003) propõem três etapas para uma revisão de literatura do tipo sistematizada, tal como as revisões integrativas: planejamento da revisão; condução da revisão; e relatório e disseminação dos resultados da revisão.

ETAPA 1 – PLANEJAMENTO DA REVISÃO: A pesquisa iniciou com a identificação da necessidade da revisão e contextualização do tema. A definição e contextualização do tema delimita e particulariza seu conteúdo evitando ambiguidades que poderiam gerar desvio do foco da pesquisa (PEREIRA; CUNHA, 2020, 2021). Na última fase da etapa 1, foi construído o protocolo da revisão. O protocolo é um plano que contribui para a objetividade da pesquisa, por meio de uma descrição explícita dos passos que foram seguidos.

ETAPA 2 – CONDUÇÃO DA REVISÃO: Nesta etapa, foram definidos: estratégia de busca; bases de dados; delimitação temporal; idiomas dos artigos; termos a serem pesquisados; ferramentas para coleta e organização das informações; e os critérios de inclusão e exclusão.

A estratégia de busca consistiu na inserção da *string* de busca (“*mass personali?ation*” OR “*mass industriali?ation*”) AND (“*industry*”) nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science* filtrando por título, resumo e palavras-chave. Foram pesquisados

artigos e revisões, em língua inglesa, sem delimitação temporal, o que gerou um conjunto de publicações apresentado na tabela 6.

Tabela 6. Artigos selecionados por Base de Dados

Base de dados	Número de artigos
<i>Scopus</i>	48
<i>Web of Science</i>	(+) 71
<i>Duplicados</i>	(-) 39
<i>Rejeitados</i>	(-) 36
<i>Total de artigos selecionados</i>	= 44

Fonte: Autores da Pesquisa (2023)

Na fase seguinte (seleção de dados), o arquivo meta dados de ambas as buscas foram importados para o gerenciador bibliográfico Zotero®, onde realizou-se a leitura dos resumos, palavras-chave e títulos das publicações, organizou-se os estudos relacionados e selecionou-se os estudos que compuseram o portfólio. Essa etapa foi concluída categorizando-se os estudos selecionados.

ETAPA 3 – RELATÓRIOS E DISSEMINAÇÃO: O relatório foi elaborado a partir da análise e discussão dos resultados como apresentados a seguir.

APÊNDICE E

O Apêndice E traz a interação com as Inteligências Artificiais Claude, da Anthropic, e CHATGPT, da OpenAI. Ambas foram utilizadas na etapa de demonstração do artefato (modelo conceitual).

Considerada uma das principais inteligências artificiais generativas, a Claude, possui um diferencial em relação às demais do seu gênero, pois permite a adição simultânea de até 5 anexos, possibilitando a celeridade na análise dos dados anexados. Comparada a sua principal concorrente, o CHATGPT, o Claude consegue fazer análises muito mais depuradas e precisas. Em contrapartida, o CHATGPT tem uma vantagem, na versão GPT4, que é a possibilidade de gerar imagens por texto e avaliar as imagens geradas, como o caso das duas imagens dos modelos propostos nesta tese.

A Claude foi utilizada na avaliação do modelo, em especial no que concerne ao seu detalhamento e construção textual, conforme interação disposta abaixo:

Olá CLaude...tudo bem?
RP
Tudo bem, obrigado! E com você, tudo bem?
Copy
Ótimo
RP
Que bom ouvir que você está bem! Em que posso ajudar hoje?
Copy
Estou terminando minha tese de doutorado
RP
Que ótimo! Parabéns por estar chegando ao final do seu doutorado. Deve ter sido um longo caminho até aqui. Terminar uma tese de doutorado é uma grande conquista.
Algumas dicas que podem ajudar nessa reta final:

- Foque em uma parte de cada vez. Não tente fazer tudo de uma vez. Divida em partes menores e gerenciáveis.
- Não se cobre perfeição. Lembre-se que sempre dará para melhorar e refinar mais. O importante é completar.

- Celebre as pequenas vitórias. Cada seção completada é um motivo para comemorar.
- Cuide de você. Tire tempo para descansar e se cuidar no meio do trabalho intenso. Isso lhe dará energia.
- Peça ajuda se precisar. Seu orientador e outros colegas podem dar dicas valiosas.
- Estabeleça um cronograma realista. Isso ajuda a manter o foco e o progresso.
- Lembre-se do porquê está fazendo isso. O seu objetivo e propósito lhe darão motivação nos momentos mais difíceis.

Espero que essas dicas ajudem nessa importante etapa final. Continue firme! Logo você conquistará seu doutorado. Se precisar de mais conselhos, estarei aqui para ajudar.

Copy

Ainda preciso lapidar o modelo proposto, pode me ajudar com isso se eu te mostrar um resumo da tese?

RP

Claro, ficarei feliz em ajudar a lapidar o modelo proposto na sua tese, desde que você me forneça informações suficientes sobre ele. Um resumo da tese seria muito útil para eu entender o contexto e os detalhes importantes do modelo.

Algumas dicas que podem ajudar a lapidar o modelo:

- Certifique-se que o modelo capture os principais elementos e relações que você deseja representar sobre o tema. Verifique se algo importante está faltando.
- Analise se as suposições e simplificações feitas são razoáveis. Elas precisam refletir a realidade de forma adequada.
- Verifique a consistência lógica do modelo. As diferentes partes precisam se conectar de forma coerente.
- Teste o modelo com dados ou casos concretos quando possível. Isso ajuda a calibrar os parâmetros e avaliar a aderência.
- Compare com outros modelos relacionados da literatura. Identifique pontos que pode aprimorar com técnicas já estabelecidas.

- Peça feedback de seu orientador e especialistas. Eles podem identificar melhorias e falhas.
- Refine aos poucos, testando as alterações. Não mude tudo de uma vez.

Ao me enviar um resumo, poderei analisar se o modelo faz sentido, se falta algum elemento chave, formas de melhorar a lógica e consistência, entre outros aspectos. Minha meta é prover feedback construtivo para deixar seu modelo robusto e alinhado com sua tese.

Copy

DOCX

Sumarização da tese.docx

20.93 KB

O objetivo da tese é propor um modelo conceitual para personalização em massa na Indústria 5.0, apoiado por um modelo de negócio baseado em plataforma,

Tem-se três construtos bem delimitados nesta tese: a Indústria 5.0, a personalização em massa e os modelos de negócio baseado em plataforma, os quais são triangulados para desenvolver o modelo conceitual. O restante do texto para embasar sua análise e propor sugestões seguem em anexo ...ok?

RP

Após analisar o resumo e os trechos fornecidos sobre sua tese, entendo que o objetivo central é propor um modelo conceitual para viabilizar a personalização em massa no contexto da Indústria 5.0, apoiado por um modelo de negócio baseado em plataforma.

Alguns pontos que podem ser relevantes para lapidar e melhorar o modelo proposto:

- Explicitar com mais detalhes como o modelo de negócio baseado em plataforma irá operacionalizar e integrar os diferentes atores envolvidos no processo de personalização em massa (clientes, designers, fornecedores, produtores).
- Destacar as tecnologias habilitadoras mais importantes que darão suporte ao modelo, como inteligência artificial, internet das coisas, gêmeos digitais, manufatura aditiva, análise de dados, etc.

- Discutir como garantir a flexibilidade e escalabilidade do modelo, para que ele possa ser implementado para diferentes tipos de produtos e mercados.
- Analisar como equilibrar customização, custos e prazos de entrega no modelo proposto.
- Detalhar como a plataforma irá capturar e traduzir as preferências individuais dos clientes em produtos personalizados.
- Explicar como as questões éticas relacionadas a dados do usuário serão tratadas.
- Descrever quais capacitações e mudanças culturais serão necessárias nas empresas para adotar o modelo proposto.
- Considerar a proposição de métricas ou um conjunto de indicadores que possam avaliar o sucesso e maturidade da implementação do modelo de personalização em massa.

Espero que essas sugestões ajudem a aprimorar e solidificar o modelo conceitual proposto em sua tese. Fico à disposição para qualquer esclarecimento.

Copy

Você consegue me ajudar de forma bem aprofundada em cada um dos pontos que você sugeriu? Se precisar de mais informações posso inserir os capítulos da tese em que exponho o desenvolvimento do modelo

RP

Certamente, posso aprofundar em cada uma das sugestões que mencionei anteriormente para ajudar no aprimoramento do seu modelo conceitual:

Sobre o modelo de negócio baseado em plataforma:

- Descrever em detalhes como a plataforma integrará e coordenará os diferentes participantes, incluindo clientes, projetistas, fornecedores, produtores, logística, etc. Explicar se haverá módulos específicos para cada função.
- Explicar como a plataforma capturará os requisitos e preferências individuais de cada cliente e traduzirá isso em especificações de design/produção.

- Detalhar como a plataforma integrará os sistemas de produção e logística para entregar os produtos personalizados.
- Analisar modelo de governança, papéis e responsabilidades dos participantes na plataforma.

Sobre as tecnologias habilitadoras:

- Listar e explicar as principais tecnologias que darão suporte à operação da plataforma e à personalização em massa.
- Descrever como cada tecnologia contribui especificamente, por exemplo, IA para prever demandas, IoT para rastrear produção, etc.
- Explicar como essas tecnologias serão integradas em uma arquitetura coerente.
- Destacar os desafios tecnológicos a serem superados.

Sobre flexibilidade, escala e escopo:

- Discutir estratégias para garantir que o modelo conceitual possa ser aplicado para diferentes setores e tipos de produtos.
- Analisar como equilibrar personalização em massa para produtos complexos vs. commodities.
- Explicar como o modelo se adaptará à produção sob demanda vs. antecipação da demanda.
- Detalhar como a alocação dinâmica de recursos produtivos permite escala e flexibilidade.

Se precisar inserir mais informações dos capítulos para embasar, posso fazer uma análise ainda mais completa. Fico à disposição para aprofundar em qualquer outra área que considerar relevante.

Copy

TXT

paste.txt

21.73 KB

Anexei a proposição de modelo para você analisar e verificar se atende a suas sugestões

RP

Após analisar o modelo PlatforMASS proposto, percebo que ele aborda de forma abrangente os pontos que tinha sugerido anteriormente para aprimoramento:

- O modelo de negócio baseado em plataforma é bem explicado, descrevendo os diversos atores envolvidos, suas interações e papéis no processo de personalização em massa.
- As principais tecnologias habilitadoras são listadas e explicadas em detalhes, destacando como cada uma contribui para viabilizar a personalização.
- O modelo parece flexível o suficiente para ser aplicado a diferentes contextos, dado o foco em processos adaptáveis, produção modular e cadeia de suprimento ágil.
- A privacidade e ética no uso de dados do cliente é mencionada como um valor importante na dimensão valorativa.
- A necessidade de mudanças culturais e capacitação é abordada na dimensão relacional.
- São propostas métricas e indicadores para avaliação da maturidade de implementação.

Alguns pontos adicionais que poderiam ainda aprimorar o modelo:

- Exemplificar algumas estratégias para equilibrar customização x custos x prazos.
- Detalhar um pouco mais como as interfaces e experiência do usuário serão projetadas.
- Analisar riscos potenciais e planos de mitigação.
- Descrever em mais detalhes o processo de transição do modelo atual para o proposto.

De forma geral, o modelo PlatforMASS está muito completo, consistente e alinhado com os requisitos da personalização em massa na Indústria 5.0. Parabéns pelo trabalho desenvolvido! Fico à disposição para qualquer outro esclarecimento.

fico feliz com seu feedback...com relação ao ROADMAP to PlatforMASS que é o modelo que complementa o modelo PlatforMASS propondo um

conjunto de ações que viabilize sua operacionalização na Indústria. O *Roadmap to PlatforMASS* tem esse intuito de propor diretrizes para que a Indústria possa incorporá-lo em sua realidade. O que você pode me falar dele?

RP

O Roadmap to PlatforMASS apresenta um conjunto de etapas muito relevantes para apoiar a implementação do modelo PlatforMASS nas organizações industriais. Vejo que ele aborda de forma estruturada os principais requisitos para a adoção bem-sucedida da personalização em massa. Alguns pontos positivos que destaco:

- O foco inicial na sensibilização e mudança de mentalidade é essencial para criar a base necessária para a transformação.
- A avaliação da maturidade permitirá que as empresas identifiquem seus pontos fortes e fracos em relação à personalização em massa.
- As etapas de adequação e experimentação cobrem aspectos-chave como processos, pessoas, tecnologia e modelagem de negócios.
- O aprendizado e refinamento contínuo com base em feedback são cruciais.
- As 5 fases parecem cobrir de forma lógica e completa o processo de adoção da personalização em massa.

Algumas sugestões para aprimoramento:

- Detalhar um pouco mais as ações envolvidas em cada fase.
- Dar exemplos de métricas que podem ser usadas para avaliar o progresso.
- Analisar riscos potenciais e formas de mitigá-los em cada fase.
- Descrever como integrar o roadmap à estratégia e objetivos globais da empresa.
- Explicar como obter apoio e engajamento da alta liderança.

De forma geral, o Roadmap to PlatforMASS provê uma estrutura sólida para guiar a implementação bem-sucedida do modelo nas organizações industriais. Com alguns aprimoramentos nos detalhes, pode se tornar uma ferramenta ainda mais valiosa.

Abaixo segue a interação com o CHATGPT na versão GPT-4 em relação à demonstração do modelo PlatforMASS e o Roadmap to PlatforMASS

GPT-4



Olá chatgpt...tudo bem?

ChatGPT

Olá! Estou pronto para ajudar. Como posso auxiliá-lo hoje?



Sou um estudante de doutorado que está fazendo sua tese com o seguinte objetivo Propor um modelo conceitual para personalização em massa na Indústria 5.0, apoiado por um modelo de negócio baseado em plataforma. Vou pedir que você se manifeste após eu inserir todo o texto para sua análise, ok?

ChatGPT

Claro! Fique à vontade para inserir o texto que deseja que eu analise. Aguardarei até você me pedir para responder.



Tem-se três construtos bem delimitados nesta tese: a Indústria 5.0, a personalização em massa e os modelos de negócio baseado em plataforma, os quais são triangulados para desenvolver o modelo conceitual Utilizou-se como método o DSR de 6 etapas do Peffer e a etapa de desenvolvimento do modelo baseou-se na Lógica CIMO abaixo descrita Lógica Cimo Para empresas operando em ambientes altamente digitalizados e competitivos característicos da Indústria 5.0 (C), onde a demanda por personalização e envolvimento do cliente é alta, a implementação de uma plataforma de negócios interativa que facilita a cocriação (I) de produtos não é apenas uma ferramenta para a satisfação do cliente, mas uma estratégia essencial para a diferenciação competitiva. Esta plataforma deve ser intuitiva, permitindo especificações detalhadas pelo cliente, e estar totalmente integrada com os sistemas de produção e feedback, utilizando tecnologias de automação avançada, inteligência artificial e análise de dados. Essa plataforma utiliza análise de dados para entender as necessidades do cliente e traduzir suas preferências em produtos personalizados (M). Tal intervenção é projetada para promover uma experiência de cliente única, impulsionar a fidelidade à marca e incentivar a inovação contínua, garantindo que os produtos não só atendam, mas antecipem as necessidades dos clientes. Além disso, a utilização estratégica das capacidades da Indústria 5.0 permite uma produção eficiente e flexível, tornando a personalização em massa uma realidade economicamente viável

ChatGPT

A proposta de tese parece bastante interessante, pois aborda temas muito relevantes para o atual cenário da indústria e dos negócios. A integração da Indústria 5.0 com a personalização em massa e os modelos de negócios baseados em plataforma é uma combinação inovadora e com grande potencial. Aqui estão algumas observações e sugestões com base no que você apresentou:

1. **Definição dos Construtos:** Certifique-se de definir claramente cada um dos três construtos - Indústria 5.0, personalização em massa e modelos de negócio baseados em plataforma. Descreva suas características principais, evoluções históricas, benefícios e desafios.
2. **Integração dos Construtos:** Disc



ainda não solicitei sua intervenção, ok?

ChatGPT

Peço desculpas pela interrupção. Por favor, continue e me avise quando desejar que eu responda.



estou anexando as informações

ChatGPT

Entendido. Quando estiver pronto, compartilhe as informações e deixe-me saber quando quiser que eu analise e responda.



COLETA DE DADOS Para desenvolvimento do modelo foram empreendidas várias ações, entre elas a coleta de dados com indústrias de diversos segmentos tais como: TIC, saúde, educação, serviços, financeiro, agronegócio, farmacêutica, gestão de processos industriais, automação industrial, manufatura aditiva e bens de capital. O porte das empresas, por sua vez, também, varia, desde micro e pequenas empresas com menos de dez funcionários até médias e grandes com milhares de colaboradores e a maioria líderes no seu setor de atuação. Os dados indicam que as empresas consultadas estão, ainda, em sua maioria, em estágio inicial de implementação da personalização em massa ou confundem personalização com customização. As métricas e planos de expansão futuros ainda são incipientes. Para estas organizações, a personalização em massa é uma tendência crescente e importante para a competitividade, satisfação e fidelização dos clientes, apesar dos desafios a serem superados, especialmente em termos de mudanças e adequações em processos, pessoas e tecnologias. ainda não é para analisar ok?

ChatGPT

Entendido. Aguardarei até que você me peça para analisar. Continue quando estiver pronto.



Após fase de coleta de dados com organizações industriais que se chegou às seguintes conclusões: 1) Há uma grande dificuldade entre as empresas consultadas em definir/distinguir o que é a personalização em massa. Na maioria das vezes a personalização é confundida com a customização; 2) Os benefícios da personalização em massa são claros e comprovados pelas empresas entrevistadas, ao trazer satisfação e fidelizar os clientes, aumento de receita e otimização de processos. Embora em estágio inicial, o potencial é identificado em diversos setores; 3) A Indústria 5.0, com suas tecnologias habilitadoras como internet industrial das coisas, inteligência artificial, gêmeos digitais e fabricação aditiva, oferece o ambiente adequado para produção personalizada e sob demanda; 4) Os modelos tradicionais de fabricação em massa não conseguem mais atender às demandas por personalização, frente a consumidores que esperam experiências únicas e inovadoras. As plataformas digitais são essenciais para orquestrar essa complexidade; 5) A conectividade em tempo real e análise de big data viabilizam insights profundos sobre preferências individuais, permitindo a personalização em escala; 6) Ao integrar essas tecnologias em arquiteturas coerentes, associadas a processos ágeis e profissionais capacitados, chega-se a um modelo conceitual escalável e sustentável; 7) Com blockchain e IA, a personalização considerará as questões relacionadas à privacidade e ética ao lidar com dados sensíveis dos clientes; 8) As plataformas digitais são cruciais para coordenar ecossistemas envolvendo empresas,

fornecedores e clientes em uma cadeia de valor personalizada; 9) Entretanto, há desafios que residem na transformação de processos, pessoas, tecnologias e mentalidade necessária para viabilizar a personalização rentável em larga escala. Houve também a coleta de dados por meio de revisões integrativa sobre o tema personalização em massa na Indústria. A utilização das tecnologias mais adequadas para a personalização em massa é um dos principais desafios para operacionalizá-la. Há, no entanto, uma variedade de estudos, que indicam que o aporte tecnológico existente tem o potencial de atender à personalização na Indústria (AHELEROFF; ZHONG; XU, 2020). A personalização em massa é habilitada por um conjunto de tecnologias entre as quais: a quinta e sextas gerações de redes celulares digitais (5G/6G), Inteligência Artificial (IA), juntamente com as tecnologias cruciais da Indústria 4.0 e 5.0, podem oferecer extração e previsão de recursos com base nos dados históricos dos clientes. Ao contrário dos processos convencionais de usinagem, fundição e forjamento, a Manufatura Aditiva (fazendas de impressão 3D) serão levadas a produtos personalizados a partir de um arquivo digital. Além disso, o Digital Twin tem o potencial de fazer uma réplica digital de características, aparências e funcionalidades desejadas, juntamente com processos e sistemas, ou seja, o DT constrói uma ponte entre o design personalizado e a fabricação (AHELEROFF; ZHONG; XU, 2020). Essas tecnologias são vistas como essenciais para coletar dados, entender as necessidades individuais dos clientes e produzir sob demanda em escala. ainda não é para analisar ok...estou anexando as informações aos poucos

ChatGPT

Entendido! Aguardei até que você finalize a inserção de todas as informações e me avise quando desejar uma análise. Continue fornecendo as informações conforme necessário.



Existem várias estratégias e modelos de personalização A evolução recente da indústria, em especial nos contextos das Indústrias 4.0 e 5.0, tem se deslocado de uma abordagem centrada no produto para uma orientada ao consumidor. Esta mudança tem sido possibilitada por tecnologias como computação em nuvem, internet das coisas e manufatura aditiva. Essas inovações facilitam a produção descentralizada, com processos modulares interdependentes. O sucesso da personalização na indústria depende da consideração dos desejos do cliente, da prontidão do mercado, da disponibilidade tecnológica e da capacidade da empresa em transformar demandas em produtos e serviços. A personalização também se beneficia de feedbacks anteriores e pode levar a inovações. O Quadro 15 delinea diferentes níveis de personalização, desde produtos totalmente padronizados até produtos completamente personalizados e únicos, criados com intensa participação do cliente. Clientes estão frequentemente dispostos a pagar mais por produtos personalizados que atendem melhor às suas necessidades. Zhang e Ming (2023) apresentam um modelo para personalização em massa que engloba quatro dimensões principais, incluindo cadeia de valor, características básicas, evolução do processo de fabricação e métodos tecnológicos. Modelos recentes de personalização incluem o "Mass Personalization as a Service" (MPaaS), que se utiliza de diversas tecnologias, e a "Personalização Preditiva com Gêmeos Digitais", que usa modelos digitais para otimização. Outras estratégias, como a "Customização Colaborativa" e a "Mass Individualisation", promovem uma maior colaboração entre consumidores, designers e fabricantes, mostrando a tendência de cocriação e inovação na indústria moderna.

4.4.3. Arcabouços e sistemas de referência

A Personalização em Massa refere-se à habilidade das empresas de fornecer produtos ou serviços personalizados a larga escala. Para atender essa demanda crescente de personalização, as empresas necessitam de sistemas de produção flexíveis e adaptáveis, capazes de se ajustar rapidamente às necessidades em constante mudança dos clientes. Principais Pontos: Transformação

Industrial: A mudança para a personalização em massa exige sistemas complexos que possam responder de maneira ágil e eficaz às flutuações na demanda. Arcabouços de Produção: Gu e Koren (2022) sugerem sistemas de manufatura reconfiguráveis, com estruturas matriciais e células integradas. Estes sistemas proporcionam fluxos de produção diversificados, permitindo fabricação adaptável de produtos altamente personalizados. Manufatura Inteligente: Zhang, Ming e Bao (2022) descrevem um sistema baseado em múltiplas plataformas de produção modular. Este modelo se destaca por seu layout otimizado e alocação flexível de recursos, respondendo às demandas específicas dos clientes. Princípios de Design: Modularidade, interoperabilidade e virtualização são essenciais. As fábricas inteligentes se destacam por características como tomada de decisão otimizada, flexibilidade e capacidade de extrair valor de grandes volumes de dados. Modularização: Uma estratégia para organizar eficientemente sistemas complexos, dividindo-os em módulos menores e mais gerenciáveis. Cadeias de Suprimento Flexíveis: Além de linhas de produção adaptáveis, a personalização em massa exige cadeias de suprimento flexíveis. Isso permite que as empresas se adaptem rapidamente, otimizando a produção e melhorando a satisfação do cliente. Em resumo, à medida que a indústria se move em direção a modelos de produção mais adaptáveis, os arcabouços e sistemas propostos fornecem orientações sobre como essa transição pode ser eficazmente conduzida. A intersecção de flexibilidade e escalabilidade é crucial para atender às demandas de personalização em massa contemporâneas. ainda não é para analisar...ok?

ChatGPT

2 / 2

Entendido! Continuarei aguardando até que você finalize a inserção de todas as informações e me avise quando desejar uma análise. Prossiga conforme necessário.



4.4.4. Benefícios e desafios da personalização em massa na indústria

Benefícios:

- Atendimento Personalizado:** Adaptação aos desejos e necessidades específicas dos clientes.
- Maior Produtividade:** Aumento da eficiência através da produção modular e uso eficiente dos recursos.
- Redução de Custos:** Compartilhamento de recursos entre diferentes plataformas de produção.
- Sustentabilidade:** A fabricação sob demanda diminui o desperdício.
- Valorização do Produto:** A personalização em massa valoriza o ajuste, estilo, funcionalidade e a singularidade dos produtos.

Desafios:

- Adequação Tecnológica:** A tecnologia precisa ser adaptada ao processo de personalização.
- Balanceamento de Fatores:** As empresas devem equilibrar qualidade, custo e prazo de entrega, considerando configuração do produto, seleção de processos, materiais, e estratégias de fabricação.
- Rede de Suprimentos Flexível:** Necessidade de uma cadeia de suprimentos reconfigurável para suportar o alto grau de individualização.
- Integração de Sistemas:** A combinação de diferentes sistemas pode ser técnica e logisticamente desafiadora.
- Interface de Design com o Cliente:** É vital envolver o cliente no design, o que requer interfaces amigáveis e suporte adequado.
- Coprodução e Cocriação:** A participação ativa do cliente pode influenciar diretamente a qualidade do produto e os resultados da empresa.
- Viabilidade de Fabricação:** Avaliação do design proposto pelo cliente para garantir que possa ser fabricado de forma econômica.
- Novos Modelos de Negócio:** A necessidade de adaptar ou criar modelos de negócios para acomodar a personalização em massa.
- Aspectos Comportamentais:** Compreensão da propensão dos consumidores para a personalização.
- Segurança e Privacidade:** Questões relacionadas à proteção de dados dos clientes e adoção de novas tecnologias.
- Sistemas Ciberfísicos:** A complexidade de implementar e gerenciar sistemas colaborativos em tempo real.

Em resumo, enquanto a personalização em massa oferece uma série de benefícios significativos para as

empresas e seus clientes, também apresenta uma variedade de desafios. Esses desafios, desde aspectos técnicos até comportamentais, devem ser abordados para implementar eficazmente modelos de manufatura de personalização em massa. Novas Formas de Interação e Cocriação de Valor nas Organizações por meio de plataformas de cocriação e design colaborativo Mudança na Lógica Tradicional: As novas formas de colaboração e interação estão redefinindo como as organizações criam, entregam e capturam valor (DE OLIVEIRA; CORTIMIGLIA, 2017). Integração do Perfil do Cliente: Ao alinhar estratégias de personalização com o perfil do cliente, as empresas têm o potencial de revolucionar suas interações, resultando em maior engajamento e satisfação. O feedback em tempo real dos clientes torna-se uma ferramenta valiosa para a melhoria contínua (CENAMOR et al., 2019; MADANAGULI et al., 2023). Análise Preditiva: As técnicas de análise preditiva permitem que as empresas antecipem demandas dos clientes, propiciando decisões proativas e oferecendo produtos de alto valor agregado (GARCIA MARTIN et al., 2023; MADANAGULI et al., 2023). Modelo de Plataforma: Estabelece uma colaboração entre diferentes stakeholders, atuando como um instrumento de cocriação para a produção em larga escala de produtos personalizados. Cocriação de Valor: A cocriação é um processo mútuo de criação de valor, envolvendo interação e colaboração entre empresa e cliente. Isso leva a melhorias contínuas em produtos, serviços e inovação (SVARCAITE; GADEIKIENE, 2023). Prahalad e Ramaswamy (2004) veem a cocriação como uma colaboração na concepção, design e desenvolvimento de novos produtos. Em essência, a cocriação é um processo que integra feedback e necessidades dos clientes no desenvolvimento de produtos e serviços (GALVAGNO; DALLI, 2014). Desvio do Modelo Tradicional: Ao contrário do modelo tradicional, em que empresas criam produtos de forma isolada, a cocriação vê os consumidores como colaboradores ativos. Plataformas servem como mediadoras entre consumidores e fabricantes, fornecendo um espaço para troca de ideias, discussões, coleta de dados e feedback instantâneo. Foco no Relacionamento com o Consumidor: As empresas devem se concentrar em manter relacionamentos colaborativos de longo prazo com os consumidores, em vez de se concentrar apenas na criação de produtos. Os consumidores, por sua vez, devem ser incentivados a interagir com as empresas, alimentando o processo de cocriação de valor (WU; TSAI, 2022). Como citado por Grönroos e Voima (2013), a interação é essencial para a cocriação de valor. Em resumo, a era da cocriação destaca a importância da colaboração entre empresas e consumidores, transformando a maneira tradicional de operar e proporcionando mais valor ao mercado. ainda não é para analisar ok?

ChatGPT

Entendido! Aguardarei suas próximas instruções ou informações adicionais. Continue quando estiver pronto.



Fábrica 5.0: A Personalização em Massa na Manufatura Mudança para Personalização em Massa: A crescente demanda dos clientes por produtos e serviços personalizados está impulsionando a indústria a transitar da produção em massa tradicional para a personalização em massa (ARNARSON et al., 2023). Paradigmas da Manufatura em Mudança: Para se adaptar à personalização em massa, os sistemas de manufatura precisam ser reconfigurados para responder em tempo real às necessidades dos clientes (CHEN et al., 2017; SHI et al., 2020). Isto exige uma reimaginação fundamental dos conceitos de manufatura (ANUMBE et al., 2022). Quatro Eixos de Mudança: A transformação na manufatura deve se dar em produtos, tecnologia, estratégias de negócios e paradigmas de produção (ELMARAGHY et al., 2021). Fábrica do Futuro: Descrita por Anumbe et al. (2023) como um ecossistema autônomo de produção. Ela integra diversas operações, incluindo

produção, logística, prognósticos e diagnósticos, com um suporte técnico baseado em Sistemas Ciber-Físicos (CPS), Internet das Coisas (IoT) e sistemas inteligentes de suporte à decisão. Desafios da Fábrica Tradicional: A manufatura convencional não está equipada para gerenciar produção automatizada e complexa de itens personalizados e pequenos lotes de forma eficaz e rentável (SHI et al., 2020). Requisitos para o Futuro da Manufatura: A produção do futuro deve ser: Conectada com clientes e fornecedores (SHI et al., 2020). Inteligente e flexível (YIN; QIN, 2019). Ágil, distribuível e reconfigurável (ARNARSON et al., 2023). Adaptável, digital e baseada em nuvem (ELMARAGHY et al., 2021). Sustentável, e integrar tecnologias físicas e cibernéticas (SHI et al., 2020; SANIUK; GRABOWSKA; FAHLEVI, 2023). Em resumo, a Fábrica 5.0 marca a transformação da indústria para atender às demandas de personalização em massa, necessitando de mudanças significativas em várias áreas, incluindo tecnologia, produtos, estratégias e paradigmas de produção. A personalização em massa é o futuro, e as fábricas devem evoluir para serem mais flexíveis, conectadas e inteligentes para atender a essa nova realidade. ainda não é para analisar ok?

ChatGPT

Entendido! Registro feito. Informe-me quando estiver pronto para continuar ou se precisar de mais assistência.



Chegou-se a proposição de um modelo conceitual de quatro dimensões que são melhor descritas abaixo: Dimensão valorativa Esta dimensão é caracterizada pelos valores da Indústria 5.0. O modelo conceitual, ora proposto, tem como objetivo propiciar a personalização em massa na indústria, levando em conta aspectos como a sustentabilidade (considera os impactos ambientais, sociais e econômicos das práticas de personalização em massa e da operação da plataforma na indústria), resiliência organizacional (necessidade de adaptabilidade e capacidade de resposta diante de ambientes em rápida mudança), a centralidade no ser humano (equilíbrio saudável entre os recursos humanos que se adaptam à digitalização e as tecnologias digitais), a colaboração/relação humano-máquina (sinergia entre humanos e máquinas, buscando soluções que combinem inteligência artificial e capacidades humanas de tomar decisões e solucionar problemas complexos), valores éticos (respeito à privacidade dos usuários e transparência nas transações e decisões) e a inovação contínua. Dimensão conceitual: esta dimensão define as diretrizes para o funcionamento do modelo, garantindo que a personalização em massa seja alcançada de maneira eficiente e alinhada aos valores da Indústria 5.0. As diretrizes incluem a implementação de processos de produção flexíveis, responsivos e reconfiguráveis, a promoção da colaboração homem-máquina, o estabelecimento de uma cadeia de suprimentos ágil e adaptável, e a incorporação de práticas sustentáveis e socialmente responsáveis. Dimensão estrutural: Esta dimensão fornece a base tecnológica para suportar o modelo conceitual. Inclui tecnologias como inteligência artificial, Internet das Coisas (IoT), impressão 3D, robótica avançada, sistemas ciber-físicos, análise de dados e realidade aumentada. Essas tecnologias permitem a coleta e análise de dados, a automação e flexibilidade na produção, além de permitir a comunicação e colaboração entre os atores envolvidos. Dimensão relacional: Esta dimensão aborda a interação e a relação entre os atores envolvidos no ecossistema do modelo, como clientes, designers, fabricantes, fornecedores e outros stakeholders. Envolve a criação de uma plataforma digital de coprodução/cocriação que facilite a comunicação, a troca de informações e a colaboração entre os participantes (A plataforma deve permitir a personalização dos produtos e serviços pelos clientes, bem como promover a inovação e o compartilhamento de recursos entre os atores A proposição do modelo PlatforMASS para que seja instrumentalizado necessita de um conjunto de ações que viabilize sua

operacionalização na Indústria. O Roadmap to PlatforMASS tem esse intuito de propor diretrizes para que a Indústria possa incorporá-lo em sua realidade. Trata-se de um modelo, de cinco fases, que visa internalizar, nessas organizações industriais, o espírito da personalização em massa representado pelo modelo PlatforMASS. Para promover a personalização em massa, as organizações industriais necessitam, inicialmente, entender os benefícios da personalização para o cliente e para suas estratégias de diferenciação e geração de valor e, em entendendo suas benesses, internalizando isso em sua cultura e estratégia organizacional; a esta etapa dá-se o nome de sensibilização. O que define essa etapa é a mudança de mentalidade da organização, mudando seu foco do produto, para focar na entrega de uma melhor experiência ao cliente. O passo seguinte é denominado de percepção ou maturidade, ou seja, a Indústria precisa perceber/identificar qual seu nível de maturidade em relação à personalização em massa, ou seja, se consegue atender às demandas personalizadas dos clientes; se a fábrica está preparada para esta função e se sua estrutura tecnológica abarca a personalização em massa. Em seguida, a organização precisa fazer a adequação de sua estrutura tecnológica, de processos, estratégia e cultura para incorporar os preceitos da personalização em massa no cotidiano de sua atividade industrial. O essencial nesta etapa é a mudança e compreender que sem ela não será possível a incorporação da personalização em massa na indústria, principalmente em relação à tecnologia, já que a personalização é altamente dependente dela. Com base na experimentação, onde a personalização ocorre de maneira efetiva, tem-se a avaliação por meio de feedbacks para aprimorar todo o processo de personalização em massa na Indústria. Com base em toda a informação anexada, faça uma avaliação do modelo conceitual proposto

ChatGPT

Avaliação do Modelo Conceitual PlatforMASS:

1. Coerência e Abrangência das Dimensões: O modelo PlatforMASS apresenta quatro dimensões distintas que, em conjunto, abordam os principais aspectos da personalização em massa na Indústria 5.0. As dimensões parecem ser abrangentes e proporcionam um olhar holístico sobre o tema. As dimensões valorativa, conceitual, estrutural e relacional abordam desde os valores intrínsecos até a aplicação tecnológica e as relações humanas envolvidas, proporcionando uma base sólida para a operacionalização do modelo.

2. Dimensão Valorativa: Esta dimensão destaca a importância dos valores da Indústria 5.0, que são cruciais para garantir que as mudanças tecnológicas ocorram de forma ética e responsável. O equilíbrio entre a tecnologia digital e os recursos humanos, bem como a sinergia entre humanos e máquinas, é fundamental para evitar possíveis conflitos e garantir uma transição harmoniosa para a Indústria 5.0.

3. Dimensão Conceitual: Ao definir diretrizes para o funcionamento do modelo, esta dimensão garante uma estrutura sólida para a implementação da personalização em massa, levando em consideração os processos de produção e a cadeia de suprimentos.

4. Dimensão Estrutural: A incorporação de tecnologias emergentes é uma necessidade absoluta para a personalização em massa. A ênfase dada às tecnologias como IA, IoT, impressão 3D, entre outras, é pertinente e reflete a direção atual das tendências da indústria.

5. Dimensão Relacional: A ênfase na interação e colaboração entre os diversos stakeholders é uma visão progressista e crucial para a eficácia da personalização em massa. A cocriação e

a coprodução são características fundamentais da Indústria 5.0, e essa dimensão aborda adequadamente esses aspectos.

6. Roadmap to PlatforMASS: Este roadmap é uma adição valiosa ao modelo, proporcionando uma estrutura passo a passo para a implementação da personalização em massa. A sequência lógica de sensibilização, percepção, adequação, experimentação e avaliação oferece às empresas um caminho claro para incorporar a personalização em suas operações.

7. Conclusão: O modelo conceitual PlatforMASS é uma proposta abrangente e bem pensada que aborda os principais desafios e oportunidades da personalização em massa na Indústria 5.0. Ao abranger desde os valores centrais até a aplicação prática, ele oferece uma estrutura robusta para empresas que desejam se adaptar ao futuro da manufatura. O roadmap, em particular, oferece um guia prático para a implementação, tornando o modelo não apenas teórico, mas também prático e acionável.

No entanto, como qualquer modelo, é fundamental que ele seja testado e ajustado em cenários reais para validar sua eficácia e garantir que todas as possíveis falhas ou lacunas sejam identificadas e corrigidas



E com relação a figura que representa o modelo, qual sua opinião sobre ela, ela representa bem o modelo conceitual proposto?

ChatGPT

A figura apresenta um design claro e didático, representando as quatro dimensões do modelo "PlatforMASS®" de forma visualmente hierárquica. Cada camada é associada a ícones que parecem resumir bem os principais elementos ou conceitos dessa dimensão:

1. **Dimensão valorativa:** Os ícones representam a sustentabilidade, colaboração humano-máquina, inovação e centralidade no ser humano, o que está alinhado com a descrição textual.
2. **Dimensão conceitual:** Os ícones mostram engrenagens e outros elementos que podem ser interpretados como processos, estratégias e diretrizes, refletindo a natureza conceitual dessa dimensão.
3. **Dimensão estrutural:** É claramente voltada para a tecnologia, com ícones de inteligência artificial, IoT, robótica, impressão 3D, entre outros, correspondendo à descrição de que esta dimensão fornece a base tecnológica.
4. **Dimensão relacional:** Os ícones representam a interação entre diferentes entidades, como a colaboração entre humanos e máquinas, indicando a comunicação e colaboração entre os stakeholders.

A figura, como um todo, transmite uma sensação de estrutura sólida e bem fundada, com a base valorativa sustentando todo o edifício. Os ícones são contemporâneos e relevantes para a Indústria 5.0.

Em resumo, a figura parece representar bem o modelo conceitual proposto, oferecendo uma visualização rápida e intuitiva das principais características e focos de cada dimensão. É uma ferramenta útil para quem deseja compreender rapidamente o modelo sem se aprofundar imediatamente nos detalhes textuais.

Com relação ao modelo Roadmap to PlatforMASS, o CHATGPT fez a seguinte avaliação:



E com relação à figura do ROADMAP to PlatforMASS, ao analisar a figura o que você pode entender do modelo e do ROADMAP?

ChatGPT

Ao analisar a figura do "ROADMAP to PlatforMASS", é possível inferir o seguinte:

1. **Processo Cíclico:** O ROADMAP sugere um processo cíclico e contínuo, conforme indicado pelas setas direcionais no início e no final. Isso pode indicar que, após a avaliação, o processo pode ser retomado com novas sensibilizações, indicando um processo de melhoria contínua.
2. **Etapas do ROADMAP:** Existem cinco etapas claramente definidas no ROADMAP:
 - **Sensibilização:** Esta pode ser a fase inicial onde as partes interessadas são informadas ou conscientizadas sobre a necessidade ou oportunidade de personalização em massa na Indústria 5.0.
 - **Percepção:** Após a sensibilização, a percepção pode envolver a identificação de necessidades específicas e a compreensão da situação.
 - **Adequação:** Aqui, soluções ou abordagens específicas podem ser adaptadas para atender às necessidades percebidas.
 - **Experimentação:** Nesta fase, as soluções propostas são testadas ou pilotadas.
 - **Avaliação:** Após a experimentação, os resultados são avaliados para determinar a eficácia da solução e se ela atendeu às necessidades identificadas.
3. **Feedback:** As setas "Feedback" indicam que, após a etapa de "Avaliação", há uma revisão e retorno para aprimorar ou refinar o processo, dando início a um novo ciclo.
4. **Personalização em Massa na Indústria 5.0:** O elemento central em verde oval representa o foco principal do ROADMAP, que é a "Personalização em massa na Indústria 5.0". Todas as etapas circundam e se orientam para esse conceito central, destacando sua importância.
5. **Integração com PlatforMASS:** No lado direito, a figura do "PlatforMASS" é incorporada, sugerindo que o ROADMAP é projetado para levar à implementação ou integração com o modelo "PlatforMASS". Isso implica que as etapas do ROADMAP são essenciais para a implementação bem-sucedida do modelo PlatforMASS.

Em resumo, a figura descreve um processo estruturado e cíclico que guia as organizações na jornada de personalização em massa na Indústria 5.0, culminando na adoção ou integração com o modelo "PlatforMASS". É um ROADMAP que enfatiza a importância do feedback e da melhoria contínua.