



**Universidade Federal do Amazonas**

---

Faculdade de Tecnologia  
Coordenação de Pós-Graduação  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
de Produção  
Mestrado Profissional



FLAVIO DE BARROS E AZEVEDO RAMOS

Processos Produtivos Básicos como Mecanismos de Maturidade da Indústria 4.0 no  
Polo Industrial de Manaus

MANAUS – AM

2022

FLAVIO DE BARROS E AZEVEDO RAMOS

Processos Produtivos Básicos como Mecanismos de Maturidade da Indústria 4.0 no  
Polo Industrial de Manaus

Dissertação submetida ao Programa de Mestrado em Engenharia da Produção da Universidade Federal do Amazonas, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia da Produção. Linha de pesquisa: Tecnologias Emergentes.

**Orientador: Prof. Dr. Sandro Breval Santiago**

MANAUS – AM

2022

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

R175p Ramos, Flavio de Barros e Azevedo  
Processos produtivos básicos como mecanismos de maturidade da indústria 4.0 no Polo Industrial de Manaus / Flavio de Barros e Azevedo Ramos . 2022  
133 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Sandro Breval Santiago  
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -  
Universidade Federal do Amazonas.

1. Maturidade e prontidão. 2. Televisor. 3. Indústria 4.0. 4. Polo Industrial de Manaus. 5. Política pública. I. Santiago, Sandro Breval. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

FLAVIO DE BARROS E AZEVEDO RAMOS

Processos Produtivos Básicos como Mecanismos de Maturidade da Indústria 4.0 no  
Polo Industrial de Manaus

Dissertação submetida ao Programa de  
Mestrado em Engenharia da Produção da  
Universidade Federal do Amazonas, como  
pré-requisito para obtenção de título de  
Mestre em Engenharia da Produção.  
Linha de pesquisa: Tecnologias  
Emergentes.

Aprovado em: 18 / 07 / 2022.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Sandro Breval Santiago

---

Prof. Dr. Marcelo Albuquerque de Oliveira

---

Prof. Dr. Orlem Pinheiro de Lima

*“From income inequality to climate change, technology will play a critical role in finding solutions to many of the challenges our world faces today. This year’s emerging technologies demonstrate the rapid pace of human innovation and offer a glimpse into what a sustainable, inclusive future will look like.”*

**Jeremy Jurgens**, Chief Technology Officer,  
*World Economic Forum*, em 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, diante de um momento tão importante como a aprovação no Mestrado Profissional, não há como deixar de elevar o pensamento a Deus em profundo agradecimento pela vida, saúde e perseverança, sabendo estar Ele ao nosso lado todo o tempo.

Em seguida, meu agradecimento àquela que também esteve comigo sempre presente nesta jornada pelo conhecimento, testemunhando o esforço necessário e ajudando nas muitas revisões dos textos desenvolvidos: minha esposa Junha Januária, companheira há mais de 37 anos.

Também ao meu Orientador Prof. Dr. Sandro Breval Santiago, que demonstrou, além do conhecimento teórico, intenso entusiasmo e vivência no tema da Indústria 4.0. Estendo minha gratidão a todos os discentes e colegas da Turma SUFRAMA de Mestrado Profissional pelas trocas de conhecimento, experiências e pontos de vista.

À Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA) e Universidade Federal do Amazonas (UFAM) por proporcionarem esta oportunidade de crescimento no âmbito de um Acordo de Cooperação.

E, finalmente, aos meus familiares, em especial meus pais Nely de Carvalho Rocha de Barros e Azevedo e Dorival Tavela Ramos, que ao longo da caminhada chamada vida me brindaram com a importância e grandeza do convívio na formação de quem hoje sou.

## RESUMO

O Polo Industrial de Manaus (PIM) constitui importante mecanismo de desenvolvimento regional, além de viabilizar a conservação da Floresta Amazônica, através da concessão de incentivos fiscais, tendo como principal instrumento de política industrial o Processo Produtivo Básico (PPB), definido pela Lei n.º 8.387/1991 como o conjunto mínimo de operações que caracteriza a efetiva industrialização. Com o advento da Indústria 4.0 (I4.0), trazendo novas abordagens tecnológicas, modelos de gestão e de negócios, faz-se necessário verificar as empresas do PIM em relação a esta nova onda, de maneira a identificar em tempo hábil as lacunas a serem preenchidas nestes diferentes aspectos. O presente estudo de caso teve como objetivo avaliar o produto televisor, o de maior faturamento no PIM, quanto aos requerimentos da I4.0, a partir da ótica do PPB, através de um Modelo de Maturidade e Prontidão (MMP) composto de quatro construtos: tecnologias habilitadoras, interoperabilidade logística, capital humano e modelo de gestão empresarial, aplicado aos sete fabricantes numa pesquisa tipo *survey* com 33 respondentes. A validação estatística foi obtida a partir de modelagem com equações estruturais, utilizando o software SmartPLS® 3.0. A média geral apontou para um índice de Maturidade e Prontidão de 3,7 num máximo de 5, observando-se em termos gerais maior preparação nos aspectos internos das empresas, enquanto àqueles relacionados com fornecedores, clientes e instituições de ensino receberam pontuações menores. Em conclusão, é proposta modificação no processo de fixação/alteração de PPBs, no sentido de incluir uma condicionante relacionada à preparação para a I4.0, validada junto às empresas fabricantes.

**Palavras-chave:** maturidade e prontidão; televisor; indústria 4.0; Polo Industrial de Manaus; política pública.

## ABSTRACT

The Industrial Pole of Manaus (PIM) is an important mechanism for regional development, in addition to enabling the conservation of the Amazon Forest, through the granting of tax incentives, having as main instrument of industrial policy the Basic Productive Process (PPB), defined by Law n. 8,387/1991 as the minimum set of operations that characterizes effective industrialization. With the advent of Industry 4.0 (I4.0), bringing new technological approaches, management and business models, it is necessary to verify the PIM companies in relation to this new wave, in order to identify in a timely manner the gaps to be fulfilled in these different aspects. The present case study aimed to evaluate the television product, the one with the highest revenue in the PIM, regarding the requirements of I4.0, from the perspective of the PPB, through a Maturity and Readiness Model (MMP) composed of four constructs : enabling technologies, logistical interoperability, human capital and business management model, applied to seven manufacturers in a survey with 33 respondents. Statistical validation was obtained from modeling with structural equations, using SmartPLS® 3.0 software. The general average pointed to a Maturity and Readiness Index of 3.7 out of a maximum of 5, with greater preparation in general terms in the internal aspects of the companies, while those related to suppliers, customers and educational institutions received lower scores. In conclusion, a modification is proposed in the process of fixing/amending PPBs, in order to include a condition related to the preparation for I4.0, validated with the manufacturing companies.

**Key-words:** maturity and readiness; television; industry 4.0; Manaus Industrial Pole; public policy.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – As Quatro Revoluções Industriais .....	20
Figura 02 – Modelo de Maturidade proposto por Gokalp <i>et al.</i> (2017) .....	40
Figura 03 – <i>Roadmap</i> proposto por Pessl <i>et al.</i> (2017) .....	41
Figura 04 – Estrutura conceitual proposta por Bibby e Dehe (2018 ) .....	42
Figura 05 – Modelo SMRSL proposto por Jung <i>et al.</i> (2016) .....	44
Figura 06 – Modelo proposto por Lee <i>et al.</i> (2017) .....	45
Figura 07 – Aplicação do modelo de maturidade DREAMY .....	47
Figura 08 – Modelo SM3E proposto por Mittal <i>et al.</i> (2018) .....	48
Figura 09 – Fluxograma Fixação/Alteração PPB .....	52
Figura 10 – Modelo Estrutural do MMPA .....	77
Figura 11 – Mapa Estratégico MCTI 2020-2030 .....	114
Figura 12 – Modelo Estrutural da Efetividade do PPB .....	116

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Evolução do Faturamento do PIM .....	17
Gráfico 02 – Participação dos Subsetores no Faturamento do PIM .....	18
Gráfico 03 – Portarias Interministeriais Referentes a PPBs .....	54
Gráfico 04 – Portarias Interministeriais Referentes a Novos Produtos .....	55
Gráfico 05 – Valores Médios dos Construtos de Maturidade e Prontidão .....	82
Gráfico 06 – Variância Média Extraída ( <i>Average Variance Extracted – AVE</i> ) ....	85
Gráfico 07 – Consistência Interna ( <i>Cronbach´s Alpha</i> ) .....	85
Gráfico 08 – Confiabilidade Composta ( <i>p-rho Dillon Goldstein</i> ) .....	86
Gráfico 09 – Coeficiente de Pearson R <sup>2</sup> ( <i>R Square</i> ) .....	87
Gráfico 10 – Variância Média Extraída ( <i>Average Variance Extracted – AVE</i> ) do Modelo PPB .....	121
Gráfico 11 – Variância Média Extraída ( <i>Average Variance Extracted – AVE</i> ) do Modelo Ajustado .....	122
Gráfico 12 – Confiabilidade Composta do Modelo Ajustado .....	122
Gráfico 13 – Coeficiente de Pearson R <sup>2</sup> ( <i>R Square</i> ) do Modelo Ajustado .....	123

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Pesquisa no Portal de Periódicos CAPES/MEC .....	28
Tabela 02 - Resultado de Buscas de Teses e Dissertação da UFAM .....	30
Tabela 03 – Escala de Maturidade proposta por Bibby e Dehe (2018) .....	43
Tabela 04 – Principais Produtos do PIM Quanto ao Faturamento .....	55
Tabela 05 – Variáveis do Modelo de Maturidade e Prontidão Adaptado .....	74
Tabela 06 – Respondentes nas empresas pesquisadas .....	78
Tabela 07 – Médias e desvio padrão dos resultados encontrados MMPA .....	79
Tabela 08 – Resultados PIM M4.0® .....	83
Tabela 09 – Indicadores do Modelo de Mensuração .....	84
Tabela 10 – Validade Discriminante Correlação Entre Variáveis Latentes .....	86
Tabela 11 – Coeficientes de Determinação de Pearson ( $R^2$ ) .....	87
Tabela 12 – Valores de $Q^2$ e $f^2$ dos construtos .....	88
Tabela 13 – Equivalência de dimensões MMPA e PIMM4.0® .....	90
Tabela 14 – Validação pelas partes interessadas .....	94
Tabela 15 – Variáveis do Modelo de Maturidade e Prontidão Efetividade PPB ..	115
Tabela 16 – Respondentes PPB nas empresas pesquisadas .....	117
Tabela 17 – Médias e desvio padrão dos resultados encontrados PPB .....	118
Tabela 18 – Validade Discriminante do Modelo Ajustado .....	123

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Políticas Industriais Referentes a I4.0 .....	21
Quadro 02 - Tecnologias Apresentadas pela CNI .....	22
Quadro 03 – Artigos com Modelos de Maturidade ou Prontidão Relevantes .....	26
Quadro 04 - Artigos Analisados .....	29
Quadro 05 - Dissertações Analisadas .....	30
Quadro 06 - Etapas da Seleção e Filtragem do Portfolio Bibliográfico .....	31
Quadro 07 - Sumário de Palavras Chaves .....	35
Quadro 08 - Correlação Coleção e Base de Dados .....	36
Quadro 09 - Portfólio Bibliográfico .....	38
Quadro 10 – Níveis de Capacidade propostos por Gokalp <i>et al.</i> (2017) .....	40
Quadro 11 – Modelo 360 DMA .....	46
Quadro 12 – Modelo de Avaliação de Maturidade I4.0 proposto por Schumacher <i>et al.</i> (2019) .....	48
Quadro 13 – Status de Grau de Prontidão proposto por Pacchini <i>et al.</i> (2019) .....	50
Quadro 14 – Estrutura do Estudo .....	58
Quadro 15 – PPBs dos produtos com os 10 maiores faturamentos do PIM .....	60
Quadro 16 – Identificação de dimensões e sub dimensões presentes no Referencial Bibliográfico .....	63
Quadro 17 – Tecnologias Habilitadoras da I4.0 Identificadas .....	66
Quadro 18 – Habilidades Desejadas para 2025 .....	71
Quadro 19 – Fatores Críticos de Sucesso para implementação da I4.0 e fabricação sustentável .....	73
Quadro 20 – Análise comparativa dimensões e sub dimensões .....	75

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
1.1 O POLO INDUSTRIAL DE MANAUS (PIM)	15
1.2 A INDÚSTRIA 4.0 (I4.0)	19
1.3 MODELOS DE MATURIDADE E PRONTIDÃO	23
1.4 CONTEXTO DO PROBLEMA	27
1.5 OBJETIVOS	27
1.6 JUSTIFICATIVA	28
1.7 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	31
1.8 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	32
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>33</b>
2.1 MODELO DE MATURIDADE E PRONTIDÃO	33
<b>2.1.1 Seleção do Portfólio Bibliográfico</b>	<b>33</b>
<b>2.1.2 Análise do Portfólio Bibliográfico</b>	<b>39</b>
2.2 PROCESSO PRODUTIVO BÁSICO (PPB)	51
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>56</b>
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	56
3.2 ESTRUTURA DO ESTUDO	57
3.3 SELEÇÃO DE PPB REPRESENTATIVO	60
3.4 CONSTRUÇÃO DO MODELO DE MATURIDADE E PRONTIDÃO ADAPTADO AO PPB (MMPA)	62
<b>3.4.1 Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0</b>	<b>65</b>
<b>3.4.2 Interoperabilidade Logística</b>	<b>67</b>
<b>3.4.3 Capital Humano</b>	<b>69</b>
<b>3.4.4 Modelo de Gestão</b>	<b>72</b>
3.5 VALIDAÇÃO QUALITATIVA DO MMPA	74
3.6 VALIDAÇÃO ESTATÍSTICA DO MMPA	76
3.7 PESQUISA ADICIONAL PPB	77
<b>4 RESULTADOS</b>	<b>78</b>
4.1 APLICAÇÃO DA PESQUISA	78
4.2 COMPARAÇÃO COM PIM M4.0®	82
4.3 VALIDAÇÃO ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS	84
<b>4.3.1 Avaliação do Modelo de Mensuração</b>	<b>84</b>

<b>4.3.2 Avaliação do Modelo Estrutural .....</b>	<b>87</b>
<b>5 COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES .....</b>	<b>88</b>
5.1 AVALIAÇÃO DO PPB SELECIONADO QUANTO A I4.0 .....	88
5.2 SUGESTÃO DE MELHORIAS NO PROCESSO DE FIXAÇÃO/ALTERAÇÃO DE PPBs .....	90
<b>5.2.1 Construção a Partir dos MMP .....</b>	<b>92</b>
<b>5.2.2 Aspectos Operacionais Sugestão .....</b>	<b>93</b>
<b>5.2.3 Validação com as Partes Interessadas.....</b>	<b>93</b>
5.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	95
<b>6 REFERENCIAS .....</b>	<b>97</b>
<b>7 APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO/RESPOSTAS .....</b>	<b>102</b>
<b>8 APÊNDICE B – PESQUISA ADICIONAL EFETIVIDADE DO PPB .....</b>	<b>112</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o nível de maturidade e prontidão de empresas do PIM usuárias de um PPB representativo frente aos requerimentos da Indústria 4.0, de maneira a contribuir para o aperfeiçoamento do processo de fixação do instrumento de política industrial conhecido como Processo Produtivo Básico (PPB), aproximando o Polo Industrial de Manaus (PIM) da nova realidade global esperada para a manufatura a partir da adoção de tecnologias disruptivas, conhecida como Indústria 4.0 (I4.0).

Para consecução deste objetivo, optou-se por utilizar como ferramenta a metodologia do Modelo de Maturidade e Prontidão (MMP), a ser aplicada a empresas que utilizem determinado PPB representativo.

### 1.1 O POLO INDUSTRIAL DE MANAUS (PIM)

Situada na região central da Amazônia Brasileira, a Zona Franca de Manaus é uma área de incentivos fiscais especiais bem delimitada de 10.000 quilômetros quadrados de área localizada na confluência dos rios Negro e Solimões, criada pelo Decreto-Lei 288, de 28 de fevereiro de 1967, englobando o município de Manaus e parte dos municípios de Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva (BRASIL, 1967). A finalidade da sua criação foi gerar condições para o desenvolvimento econômico da Região em função da distância em relação aos grandes centros consumidores do País, sendo que o mesmo instrumento legal criou a Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA), autarquia vinculada ao Ministério da Economia, responsável por sua administração.

Embora originalmente tenham sido previstos três polos de desenvolvimento, a saber: industrial, comercial e agropecuário, segundo SUFRAMA o primeiro é considerado a base de sustentação da ZFM, constituindo o chamado Polo Industrial de Manaus (PIM), com aproximadamente 500 indústrias e estimativa de geração de 500 mil empregos entre diretos e indiretos.

Os critérios para a obtenção dos incentivos fiscais estão estabelecidos nos §§ 7º e 8º do Art. 7º do citado Decreto-Lei e foram introduzidos pela Lei 8.387, de 30 de dezembro de 1991 (BRASIL, 1991):

§ 7º A redução do Imposto sobre Importação, de que trata este artigo, somente será deferida a produtos industrializados previstos em projeto aprovado pelo Conselho de Administração da Suframa que

I - se atenha aos limites anuais de importação de matérias-primas, produtos intermediários, materiais secundários e de embalagem, constantes da respectiva resolução aprobatória do projeto e suas alterações

II – objetivo:

- a) o incremento de oferta de emprego na região
- b) a concessão de benefícios sociais aos trabalhadores
- c) a incorporação de tecnologias de produtos e de processos de produção compatíveis com o estado da arte e da técnica
- d) níveis crescentes de produtividade e de competitividade;
- e) reinvestimento de lucros na região;
- f) investimento na formação e capacitação de recursos humanos para o desenvolvimento científico e tecnológico.

§ 8º Para os efeitos deste artigo, consideram-se

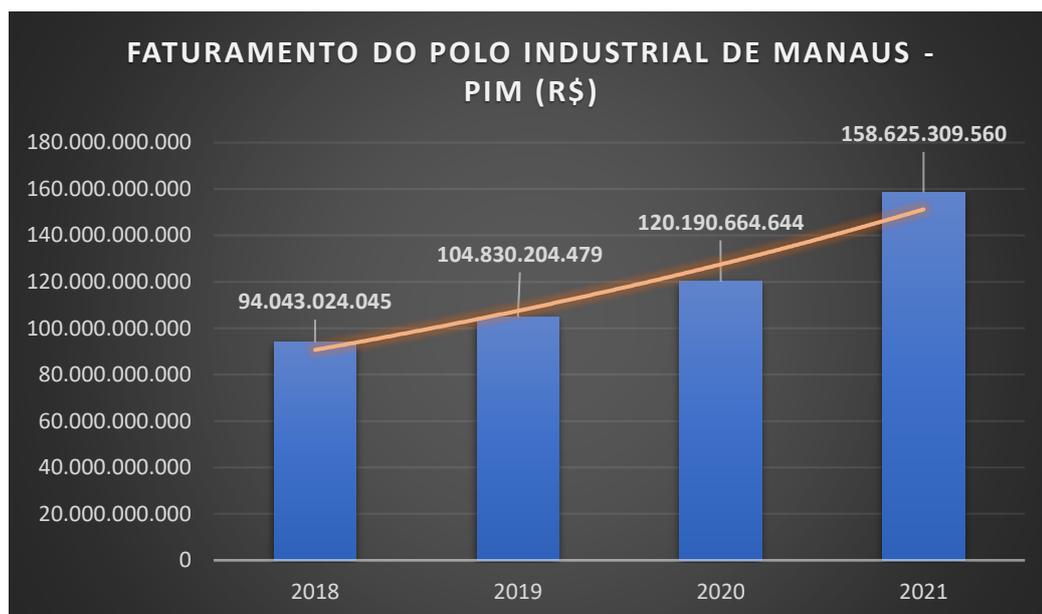
a) produtos industrializados os resultantes das operações de transformação, beneficiamento, montagem e recondicionamento, como definidas na legislação de regência do Imposto sobre Produtos Industrializados;

b) processo produtivo básico é o conjunto mínimo de operações, no estabelecimento fabril, que caracteriza a efetiva industrialização de determinado produto.

O Processo Produtivo Básico (PPB) é apontado por Mendonça (2013) como ferramenta de política pública de governança, desenvolvido a partir da mudança de uma economia fechada para uma mais aberta aos produtos importados. Bispo (2009) assinala a ocorrência de significativas mudanças na economia brasileira no período de 1991 a 1996, com significativas reduções de alíquotas de importação, principalmente pela adesão do Brasil à Organização Mundial do Comércio (OMC) em 1995.

De fato, em 2021 o PIM apresentou faturamento global de R\$ 158,62 bilhões, correspondente a US\$ 29.40 bilhões (SUFRAMA, 2022), registrando média mensal de 103.506 empregos diretos. Isso representa aumento de 31,9% na comparação com o total apurado em 2020 (R\$ 120,26 bilhões) e estabelece um novo recorde de faturamento para a ZFM:

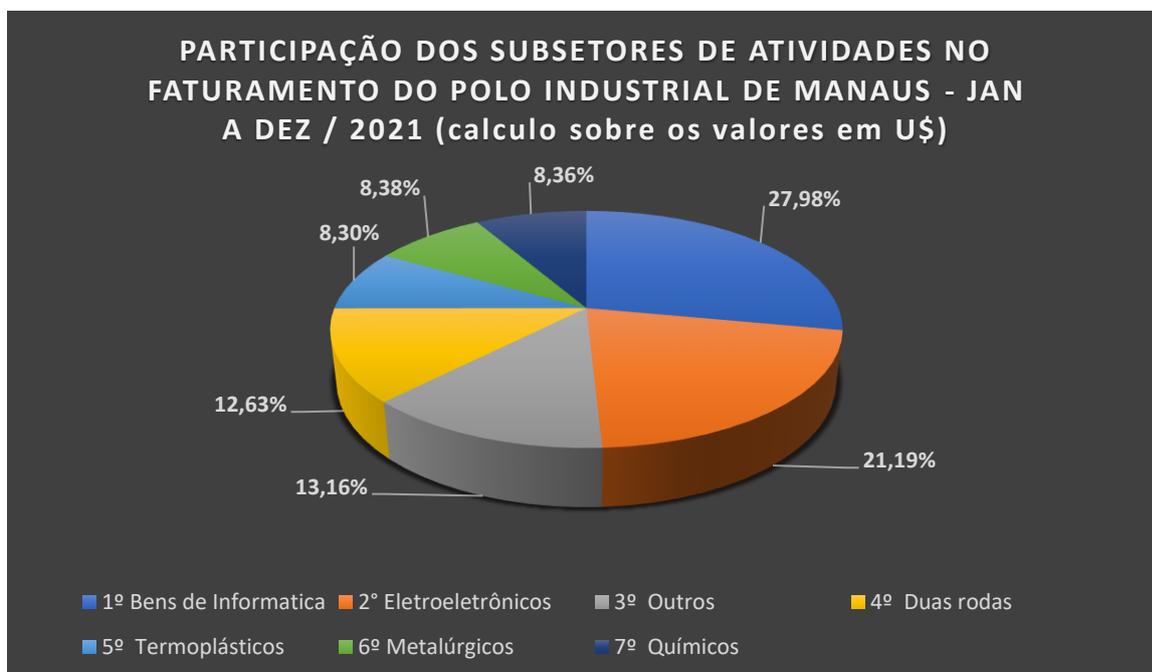
**Gráfico 01** - Evolução do Faturamento do PIM



Fonte: Preparado pelo autor a partir do Caderno de Indicadores Industriais Suframa

Tal faturamento é distribuído em seis subsetores principais: bens de informática, eletroeletrônico, duas rodas, termoplástico, metalmecânico e químico, conforme Gráfico 02:

**Gráfico 02** – Participação dos Subsetores no Faturamento do PIM



**Fonte:** Indicadores Industriais Suframa

HOLLAND *et al.* (2019), utilizando técnicas econométricas<sup>1</sup>, demonstraram sua relevância abrangendo externalidades como evolução da renda per capita, desempenho da educação, acesso a serviços como água e saneamento e índices de desigualdade de renda. Através da metodologia de controle sintético, apontou a importância relativa do PIM na geração de empregos formais, investimento em capital humano, melhoria da infraestrutura e condições de moradia da população.

No contexto ambiental, RIVAS *et al.* (2009) afirmam que o PIM é responsável pela conservação da floresta amazônica e principal razão do estado brasileiro do Amazonas ainda manter 97% da sua cobertura vegetal original. Entendem que produz um efeito decisivo no equilíbrio climático em nível global. A partir de uma análise da

---

<sup>1</sup> A econometria é um estudo que utiliza métodos matemáticos e estatísticos para que se possam avaliar teorias sobre economia e finanças.

dinâmica do PIM, validam esta hipótese a partir de estudos econométricos, discutindo possíveis efeitos de sua extinção. Apresentam ainda sugestões relativas a mecanismos compensatórios, indicando ser este um efeito virtuoso não apropriado.

A partir do enfoque das teorias de desenvolvimento regional de Gunnar Myrdal (Causação Circular Cumulativa), Albert Hirschman (Efeitos para Frente e para Trás), François Perroux (Polos de Crescimento) e Douglass North (Teoria da Base Exportadora), Silva *et al.* (2019), baseando-se nos indicadores de crescimento demográfico, empregabilidade e produto total, afirmam que o modelo Zona Franca de Manaus trouxe progresso significativo tanto para Manaus como para a região, destacando a contribuição do PIM.

Diante do exposto, podemos dizer que há elementos suficientes para considerar a importância do PIM como indutor do desenvolvimento socioeconômico na Amazônia, diminuindo as desigualdades regionais no País.

## 1.2 A INDÚSTRIA 4.0 (I4.0)

A Indústria 4.0 (I4.0) ou Quarta Revolução Industrial avança rapidamente, trazendo novas abordagens tecnológicas, requerimentos com relação a força de trabalho, modelos de gestão e de negócios, e de inserção nas cadeias produtivas globais, fazendo com que os países mais avançados desenvolvam programas específicos para sua implementação.

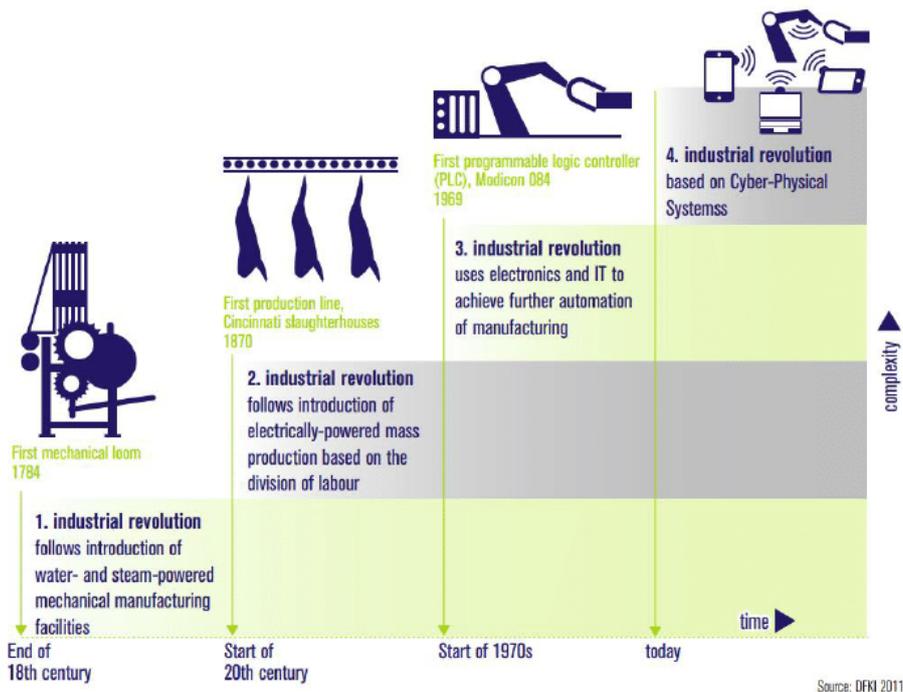
Neste contexto, é de fundamental importância verificar a maturidade e prontidão das indústrias locais em relação a esta nova onda a partir da ótica do PPB, a fim de identificar em tempo hábil as lacunas a serem preenchidas nos seus diferentes aspectos, de maneira a promover manutenção do PIM como importante centro econômico e viabilizador de serviços ambientais.

O conceito da I4.0 foi inicialmente apresentado pela Academia Nacional de Ciências e Engenharia da Alemanha (ACATECH), como resultado de estudos de um grupo de trabalho, através do relatório *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0* (ACATECH, 2013), que possui o sugestivo subtítulo “*Securing the future of German manufacturing industry*”, ou seja, numa tradução livre, “Garantindo o futuro da indústria manufatureira alemã”. Enaltecendo as características industriais do País e sua liderança, o Relatório indica sua posição única para entrar numa nova era industrial com a predominância de novas tecnologias, em

especial os sistemas ciber-físicos. Destaca ainda conceitos como as fábricas inteligentes, customização de produtos, processos dinâmicos, otimização dos processos de decisão, novas formas de criar valor e novos modelos de negócios.

As quatro Revoluções Industriais com suas principais características são sumarizadas na Figura 01, que também apresenta uma linha do tempo:

**Figura 1** - As Quatro Revoluções Industriais



**Fonte:** Kagermann *et al.* (2013).

O fato é que o tema apresenta crescente interesse para a comunidade acadêmica internacional como demonstraram Liao *et al.* (2017) ao verificar a multiplicação de artigos referentes à I4.0, através de metodologia de revisão sistemática da literatura, ultrapassando fronteiras e despertando interesse global.

Este conceito de I4.0 também pode ser interpretado como um discurso de inovação orientado por políticas de manufatura, alinhado com o conceito de Triple Helix (ETZKOWITZ & LEYDESDORFF, 2000), mobilizando de forma colaborativa negócios, academia e política. Desta forma, o seu resultado pretendido seriam sistemas de inovação institucionalizados abrangendo estes três setores (REISCHAUER, 2018).

O *World Economic Forum* no seu *Readiness for the Future of Production Report 2018* afirma que a I4.0, bem como as tecnologias emergentes, estão desenvolvendo novas técnicas de manufatura e modelos de negócios que

transformarão a produção de maneira fundamental, cabendo aos países decidir como reagir a este movimento a partir do estabelecimento de estratégias nacionais. De forma complementar, sugere que verifiquem sua maturidade e prontidão para este futuro de maneira que governos em conjunto com a indústria, academia e sociedade civil definam ações políticas para fechar potenciais lacunas. A seguir apresenta o posicionamento relativo de 100 economias, definidos a partir de 59 indicadores, quanto à situação de Alavancadores (*Drivers*) de Produção e Estrutura de Produção. Neste contexto, o Brasil aparece nas posições 41 e 47, respectivamente, denotando necessidade de ações contundentes de política industrial.

A I4.0 é hoje objeto de políticas industriais de países importantes como demonstraram Liao *et al.* (2018) ao identificarem as 18 iniciativas constantes no Quadro 01 como as mais influentes, sendo que todas mencionam ou têm como base a iniciativa alemã:

**Quadro 01 - Políticas Industriais Referentes a I4.0**

<b>País/Região:</b>	<b>Política Industrial:</b>
<b>Alemanha</b>	Industria 4.0
<b>China</b>	Made in China 2025
<b>Europa</b>	Factories of the future
<b>EUA</b>	Advanced Manufacturing Partnership
<b>Smart Industry</b>	Holanda
<b>Espanha</b>	Industria Conectada 4.0
<b>Malasia</b>	Eleventh Malaysia plan
<b>Grã-Bretanha</b>	Future of manufacturing
<b>Suécia</b>	Smart Industry
<b>Itália</b>	Piano Nazionale Industria 4.0
<b>Japão</b>	Super Smart Society
<b>Coréia do Sul</b>	Manufacturing Innovation 3.0
<b>Taiwan</b>	Taiwan Productivity 4.0 Initiative
<b>México</b>	Crafting the Future
<b>Canadá</b>	Industrie 2030
<b>Singapura</b>	Reserch, Innovation and Enterprise 2020 Plan
<b>India</b>	Make in India

**Fonte:** Preparado pelo autor a partir de Liao *et al.* (2018)

No Brasil, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) publicou o Relatório DESAFIOS PARA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL, em 2016, com foco na I4.0, afirmando sua relevância para a produção industrial. Comenta sobre as tecnologias habilitadoras para a chamada “fábrica inteligente”, a integração das cadeias de valor,

flexibilização da produção e customização em massa, além dos impactos esperados de redução dos custos de manutenção, consumo de energia e eficiência do trabalho, dentre outros. Apresenta ainda parte dos resultados da Sondagem Especial - Indústria 4.0, junto a 2.225 empresas de diferentes portes entre 03 e 13 de janeiro de 2016, revelando que 42% das empresas desconhecem a importância das tecnologias digitais para a competitividade da indústria e 52% não utilizam nenhuma tecnologia digital de uma lista com 10 opções apresentadas no Quadro 02:

**Quadro 02** - Tecnologias Apresentadas pela CNI

<b>Estágio/Foco:</b>	<b>Tecnologia:</b>
<b>Processo</b>	Automação digital sem sensores
	Automação digital com sensores para controle de processo
<b>Desenvolvimento/ redução time to market</b>	Monitoramento e controle remoto da produção com sistemas do tipo MES e SCADA <sup>2</sup>
	Automação digital com sensores com identificação de produtos e condições operacionais, linhas flexíveis
	Sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento de produtos e manufatura de produtos
	Manufatura aditiva, prototipagem rápida ou impressão 3D
<b>Produto/novos modelos de negócios</b>	Simulações/análise de modelos virtuais (Elementos Finitos, Fluidodinâmica Computacional, etc.) para projeto e comissionamento
	Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (big data)
	Utilização de serviços em nuvem associados ao produto
	Incorporação de serviços digitais nos produtos ("Internet das Coisas" ou Product Service Systems)

**Fonte:** Confederação Nacional da Indústria - CNI (2016)

O Brasil criou em 2019 a Câmara Brasileira da Indústria 4.0 (Câmara I4.0), integrada por um Conselho Superior, Secretaria Executiva e quatro Grupos de Trabalho (GTs) que elaboraram um Plano de Ação 2019-2022 (MCTI, 2019), orientado para 12 ações subdivididas em 40 iniciativas e distribuídas pelos seguintes temas: Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, Capital Humano, Cadeias Produtivas e Desenvolvimento de Fornecedores e Regulação, Normalização Técnica e Infraestrutura. Quanto à execução, o documento afirma que "a implementação das ações e iniciativas serão de responsabilidade das instituições participantes dos grupos de trabalho, devendo cada GT elaborar seu plano de implementação".

No âmbito da SUFRAMA, e em alinhamento com o Plano de Ação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 do Brasil 2019-2022, foi instituído pelo Comitê das

<sup>2</sup> MES – Manufacturing Execution Systems; SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition

Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento na Amazônia (CAPDA) o Programa Prioritário de Indústria 4.0 e Modernização Industrial (PPI4.0), gerido pelo Centro Internacional de Tecnologia de Software (CITS), com foco nos seguintes temas:

1. Sistemas ciber-físicos;
2. Sistemas inteligentes e manufatura;
3. Automação de processos industriais;
4. Impressão 3D;
5. Robótica;
6. Fábricas inteligentes;
7. Inteligência Artificial;
8. Cibersegurança;
9. Análise e tratamento de grandes volumes de dados (big data);
10. Realidade Virtual; e
11. Novas técnicas de manufatura enxuta e digitalização industrial.

Um Programa Prioritário é aquele considerado pelo CAPDA de grande relevância para o desenvolvimento regional e, portanto, passível de receber recursos oriundos da obrigação das empresas do PIM com a Lei de Informática, a partir das regras estabelecidas pela Resolução CAPDA nº 04, de 12 de setembro de 2017 (CAPDA, 2017).

Diante do exposto, pode-se concluir pela relevância do tema da I4.0, objeto constante de estudos acadêmicos e políticas públicas nacionais de diversos países, inclusive o Brasil, denotando a migração para um novo paradigma de manufatura. O PPI4.0 mostra a preocupação do Governo Federal com o desenvolvimento local das tecnologias habilitadoras da I4.0. No caso de um cluster como o PIM, a I4.0 assume característica capital para garantir sua sobrevivência diante das transformações no segmento industrial que já estamos assistindo.

### 1.3 MODELOS DE MATURIDADE E PRONTIDÃO

Um Modelo de Maturidade (MM) consiste em uma sequência de níveis de amadurecimento para uma classe de objetos, tipicamente organizações ou processos. Representa um antecipado, desejado ou típico caminho da evolução destes objetos como estágios discretos. O MM serve como escala para a avaliação da posição sobre o caminho de evolução. Fornece critérios e características que precisam ser

cumpridos para alcançar um determinado nível de maturidade. Assim, os MMs podem ser entendidos como artefatos que servem para resolver o problema de determinação do *status quo* das capacidades de uma empresa, indicando medidas para seu aperfeiçoamento. (BECKER, 2009)

Segundo Kohlegger *et al.* (2009), MMs são instrumentos populares para avaliar a capacidade de determinados elementos para amadurecimento, por exemplo, de uma organização ou sistema, e selecionar ações apropriadas para conduzir a um nível mais alto de maturidade. A maturidade tem sido usada como um conceito analítico, explicativo ou normativo em diversos domínios, sendo estruturada em uma quantidade conveniente de fases sequenciais, separadas por condições pré-estabelecidas imprescindíveis. A partir da análise de 16 modelos investigados, propôs a seguinte definição:

*“Um modelo de maturidade representa, conceitualmente, a evolução das fases quantitativas e qualitativas da capacidade de um elemento de maturidade com objetivo de avaliar seu progresso com respeito a áreas-foco definidas.”*

Para Pöppelbuß & Röglinger (2011), MMs representam teorias de evolução baseadas em estágios, sendo seu propósito básico a descrição dos estágios e caminhos de amadurecimento, referindo-se a várias classes de entidades. Para sua aplicação prática devem apresentar os níveis de maturidade atuais e desejáveis e incluir as respectivas medidas de melhoria.

MMs são instrumentos para medir o estágio de uma organização com relação a uma situação-alvo específica. Já os Modelos de Prontidão têm o objetivo de capturar seu estado introdutório, permitindo a iniciação do processo de desenvolvimento. Embora tratados como sinônimos, a diferença entre estes conceitos é de que a avaliação de prontidão acontece antes do processo de amadurecimento, enquanto a avaliação de maturidade objetiva capturar o estado tal como está durante este processo. (SCHUMACHER ET AL., 2016)

Segundo De Carolis *et al.* (2017), os termos prontidão e maturidade são relativos e relacionados. Associa “prontidão para I4.0” como a capacidade de uma empresa para implantar conceitos de I4.0 e “maturidade de I4.0” a quão bem empregou estes conceitos de I4.0 ou sua capacidade para a I4.0. Conforme estes conceitos, certos modelos de maturidade podem ser encarados como parte de uma avaliação de preparação para a I4.0.

Para Gökalp *et al.* (2017), há uma necessidade fundamental de apoiar as organizações que estão fazendo a transição para o ambiente da I4.0 e de orientá-las para o aprimoramento de suas capacidades. Abordagens estruturais como os MMs proveem uma orientação abrangente e introduzem um *roadmap*. A noção de maturidade é usada para definir, avaliar e formar uma diretriz e uma base para avaliar o progresso. A principal razão para utilizar o MM é descrever o nível de perfeição da organização para uma determinada situação, sendo a subjacente de que, com o aumento da maturidade, maior progresso é alcançado em diferentes aspectos, contribuindo com a organização como um todo.

Antes de investir em tecnologias digitais e iniciar seu processo de transformação é fundamental para empresas de manufatura entender sua situação corrente e construir seu *roadmap*, de acordo com o nível de prontidão. Isso significa que, os benefícios da transformação digital dependem da preparação da empresa para aplicar as transformações tecnológicas mais do que da escolha das tecnologias. Na verdade, a compreensão profunda da maturidade digital atual da empresa é o primeiro passo para uma transformação de sucesso, seguida de uma visão e agenda claras, compartilhada e adotada pelos seus executivos. A partir desta perspectiva, é possível estabelecer um roteiro contendo detalhes de transformação por fases (DE CAROLIS *ET AL.* 2017).

Através de análise bibliométrica a partir dos *publishers Web of Science* e *Scopus*, De Souza *et al.* (2019) identificaram 12 artigos pelo critério de maior impacto do *Journal Citation Reports* (JCR) com modelos de maturidade ou prontidão relevantes, condensados na Quadro 03. Os autores observaram que as dimensões com maior número de abordagens foram, respectivamente: tecnologia, operações, organização, pessoas, produtos e serviços, cultura, estratégia, liderança, customização, governança, socioambiental, logística, manutenção, design, engenharia e qualidade.

### Quadro 03 – Artigos com Modelos de Maturidade ou Prontidão Relevantes

Num:	Nome do Modelo:
01	Um modelo de maturidade para avaliar a prontidão e a maturidade do setor 4.0 de empresas de manufatura (Schumacher, Erol & Sihm, 2016)
02	Um modelo de maturidade para o gerenciamento de modelos de negócios na indústria 4.0 (Modelo CMMI - <i>Capability Maturity Model Integration</i> , Rubel et al 2018)
03	Método proposto para a Diversificação Colaborativa da Indústria 4.0 (Gazaian e Errasti, 2016)
04	System Integration Maturity Model Industry 4.0 (Lyeh, Bley, Schaffer & Forstenhausler, 2016)
05	MUAS – Modelo de Maturidade do Departamento de Ciências Aplicadas da Universidade de Munique (Puchan, Zeifang & Leu, 2018)
06	Desenvolvimento de um modelo de maturidade de digitalização para o setor manufatureiro (Canetta, Barni and Montini, 2018)
07	Implementação de Fábrica Inteligente e Processo de Inovação (Sjodin et al, 2018)
08	Modelo por meio do mapeamento e implementação e melhoria da performance operacional na era da indústria 4.0 (Tonelli et al, 2016)
09	Conceito para medição da maturidade organizacional apoiando o desenvolvimento sustentável (Odwazny et al, 2018).
10	Avaliando a prontidão do setor 4.0 de Empreendimentos (Rajnai & Kocsis, 2018)
11	Mudança de manufatura em chão de fábrica em direção à indústria 4.0 (Moica, 2018)
12	Processo DREAMMY (Digital REadness Assessement MaturitY model) (Carolis et al, 2018)

**Fonte:** De Souza *et al.* (2019).

Assim sendo, podemos entender a importância de utilizar a metodologia do Modelo de Maturidade e Prontidão como instrumento conceitual para levar as empresas do PIM ao novo paradigma da I4.0, identificando seu nível de preparação, as lacunas a serem transpostas e, principalmente, estabelecendo um roteiro de trabalho (*roadmap*) para atingir esta visão de futuro.

#### 1.4 CONTEXTO DO PROBLEMA

A ZFM, com 55 anos de existência, é um modelo de desenvolvimento socioeconômico que contribui para a diminuição das desigualdades regionais e do desmatamento, favorecendo a prestação de serviços ambientais. O PIM é a base desse modelo, porém a introdução de novos produtos na sua matriz de produção depende da fixação de PPBs.

Por outro lado, um novo paradigma industrial denominado I4.0 está se estabelecendo em nível global, baseado em tecnologias disruptivas que propiciam novas formas de produção, relacionamento e modelos de negócios, objeto de políticas públicas nacionais de diversos países.

Neste contexto, para a sobrevivência do PIM e, por consequência da ZFM, faz-se necessário entender o nível de maturidade e prontidão das indústrias locais para a I4.0 a partir do ponto de vista de fixação dos PPBs, de maneira a identificar e corrigir as lacunas para promover a incorporação deste novo paradigma industrial e garantir sua continuidade como centro irradiador de desenvolvimento socioeconômico e viabilizador de serviços ambientais.

#### 1.5 OBJETIVOS

A partir do contexto apresentado, considerando a importância do PPB como instrumento de política pública industrial para o PIM, a evolução do novo paradigma industrial na direção da I4.0 em nível global e as características e funcionalidades da metodologia do Modelo de Maturidade e Prontidão, foram definidos os seguintes Objetivos:

##### **Objetivo geral**

Avaliar o nível de maturidade e prontidão de empresas do PIM usuárias de um PPB representativo frente aos requerimentos da Indústria 4.0

##### **Objetivos específicos**

- a) Propor um modelo de maturidade e prontidão adaptado aos aspectos/características do PPB;
- b) Selecionar PPB representativo;
- c) Aplicar modelo adaptado a empresas que utilizem o PPB selecionado;
- d) Analisar a correlação do PPB representativo com a maturidade e prontidão para I4.0 das empresas.

## 1.6 JUSTIFICATIVA:

No estudo realizado pretendeu-se, a partir da aplicação de metodologia de maturidade e prontidão a um grupo de empresas que utilizem o mesmo PPB, identificar elementos intrínsecos à I4.0 que poderão ser incorporados na metodologia utilizada para fixação dos PPBs em geral para novos produtos, contribuindo com a migração das empresas do PIM para este novo paradigma industrial.

Foi conduzida pesquisa em maio de 2021 para verificar a existência de trabalhos anteriores sobre o tema a partir de buscas, sem imposição de filtros, nos idiomas português e inglês, por artigos no Portal de Periódicos CAPES/MEC <[www.periodicos.capes.gov.br](http://www.periodicos.capes.gov.br)>, e, em português, na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) <[tede.ufam.edu.br](http://tede.ufam.edu.br)>.

Os construtos (*strings*) utilizados e quantidade de ocorrências quanto a primeira busca estão registrados no Quadro 03:

**Tabela 01** - Pesquisa no Portal de Periódicos CAPES/MEC

<b>Construto (String):</b>	<b>Ocorrências:</b>
"processo produtivo básico"	13
"processo produtivo básico" AND "zona franca de manaus"	4
"processo produtivo básico" AND "polo industrial de manaus"	1
"processo produtivo básico" AND "polo industrial de manaus" AND "indústria 4.0"	0
"basic production process"	80
"basic production process" AND "free zone of manaus"	0
"basic production process" AND "manaus industrial pole"	0
"basic production process" AND "manaus industrial pole" AND ("industry 4.0" OR "smart manufacturing" OR "4th industrial revolution")	0

Fonte: Preparado pelo autor.

Foram verificados os títulos dos artigos encontrados quanto a aderência com relação a temática deste estudo e selecionados para leitura e análise os quatro artigos sumarizados no Quadro 04, concluindo-se pela pouca relevância destes com relação ao Objetivo Geral definido.

**Quadro 04** - Artigos Analisados

Item:	Artigo:	Temática:
1	BARROS, Henrique M.; CLARO, Danny P.; CHADDAD, Fabio R. Políticas para a inovação no Brasil: efeitos sobre os setores de energia elétrica e de bens de informática. <b>Revista de Administração Pública</b> , v. 43, n. 6, p. 1459-1486, 2009. (25 citações).	Faz uma análise comparativa dos setores do Energia no Brasil em geral com o de Bens de Informática na ZFM quanto a políticas públicas de promoção da inovação que promovem investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Conclui por um efeito positivo das políticas adotadas, mas com intensidade dependente de determinados fatores.
2	JABBOUR, Ana Beatriz Lopes de Sousa; JABBOUR, Charbel Jose Chiappetta. Shedding light on the operations management in Brazilian electro-electronics sector. <b>Revista de Administração Pública</b> , v. 46, n. 3, p. 817-840, 2012. (25 citações)	Tem como objetivo a gestão de operações do setor eletroeletrônico no Brasil, dado sua importância relativa, através de pesquisa quantitativa tipo <i>survey</i> . Aponta para a necessidade de maior integração de processos por parte das montadoras, em especial na gestão de operações externas.
3	CUKIERMAN, Henrique Luiz. Computer technology in Brazil: from protectionism and national sovereignty to globalization and market competitiveness. <b>Information &amp; Culture</b> , v. 48, n. 4, p. 479-505, 2013. (nenhuma citação)	Analisa os debates e conjuntura em torno das Leis de Informática de 1984, 1991, 2001 e 2004, destacando que é um trabalho em progresso, enfatizando a dicotomia entre o protecionismo e o livre mercado.
4	ARIFFIN, Norlela; FIGUEIREDO*, Paulo N. Internationalization of innovative capabilities: counter-evidence from the electronics industry in Malaysia and Brazil. <b>Oxford development studies</b> , v. 32, n. 4, p. 559-583, 2004. (216 citações)	Analisa a construção de capacidade de inovação a partir de evidências empíricas construídas junto a 53 empresas do setor eletrônico na Malásia e 29 na ZFM. Identificou que a tal capacidade está relacionada a capacidade local de decisão, nível de automação e esforço de exportação.

**Fonte:** Preparado pelo autor.

Já com relação a Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da UFAM, o resultado das buscas está condensado na Tabela 02:

**Tabela 02** - Resultado de Buscas de Teses e Dissertação da UFAM

<b>Construto (String):</b>	<b>Ocorrências:</b>
"processo produtivo básico"	47
"indústria 4.0"	14
"processo produtivo básico" AND "polo industrial de manaus"	44
"processo produtivo básico" AND "polo industrial de manaus" AND "indústria 4.0"	2

Fonte: Preparado pelo autor.

De forma análoga, foram verificados os títulos das Dissertações e Teses encontradas e selecionadas para leitura e análise as sumarizadas no Quadro 05, sendo todas oriundas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, exceto o Item 4 que corresponde ao de Desenvolvimento Regional.

As duas Dissertações que atenderam o construto "processo produtivo básico" AND "polo industrial de manaus" AND "indústria 4.0" foram os de Carneiro (2020), que aborda a evolução do PPB para terminais portáteis de telefonia celular, e Forte (2017) que foca na aplicação de técnicas de *lean manufacturing* para redução de custos na fabricação de aparelhos condicionadores de ar de janela, sendo esta última não considerada para avaliação dado a temática.

**Quadro 05** - Dissertações Analisadas

<b>Item:</b>	<b>Dissertação:</b>	<b>Temática:</b>
1	Os impactos nos indicadores industriais de produção, vendas, faturamento e mão de obra a partir das alterações no processo produtivo básico: o caso terminal portátil de telefonia celular na ZFM, período 2014 a 2018 (CARNEIRO, 2020)	Analisa os efeitos das alterações de legislação (PPB) e tecnologia de um produto específico (celular) no período, concluído pelo adensamento da cadeia produtiva contribuindo para o aumento do valor agregado nacional.
2	O processo produtivo básico da Zona Franca de Manaus como estratégia governamental competitiva: um estudo baseado na teoria das cinco forças de porter (BACOVIS, 2013)	A partir do estudo do PPB dos televisores em cores com tela de LCD, estudou os aspectos do PPB com base no modelo de estratégia competitiva consagrado por Michel Porter, destacando a sua evolução com relação a etapa das placas de circuito impresso montadas.
3	Avaliação da política de desenvolvimento de pesquisa e inovação no Brasil, baseada na Lei de Informática nº 8.387/91, tendo como	Analisa o Instituto Nokia de Tecnologia como estudo de caso para avaliação da política de PD&I da Lei de Informática, identificando diversos benefícios com destaque para sua rede

	caso de estudo o Instituto Nokia de Tecnologia (FEITOZA, 2015)	de parcerias, ambiente institucional e capacidade de integração das pesquisa em produtos e serviços.
4	Caracterização dos gastos em P&D da Lei de Informática no Pólo Industrial de Manaus 1996-2006 (AMOEDO, 2012)	A partir da discussão de inovação de base territorial do GREMI e teorias de Michel Portes, apresentou um panorama dos gastos de P&D por categorias (empresas, institutos e governo) e por tipo (software, laboratórios etc.). Observou um perfil de inovação incremental e maior participação das grandes empresas de capital estrangeiro.
5	Pesquisa e desenvolvimento como ferramenta das políticas públicas nacionais de ciência e tecnologia: Um estudo de caso da eficiência da Lei de Informática na Zona Franca de Manaus por meio da análise envoltória de dados (CAVALCANTE, 2017)	Analisa a eficiência da utilização dos recursos de P&D a partir da <i>Data Envelopment Analysis</i> (DEA). Os resultados indicaram uma baixa eficiência geral de C&TI, com geração de inovações não tecnológicas, sendo que os projetos executados por empresas e que geraram artigos foram mais eficientes em relação aos demais. Constatou ainda que as empresas da ZFM se limitam a P&D de baixo impacto e o que o controle da SUFRAMA não é robusto, sugerindo alterações na legislação.

**Fonte:** Preparado pelo autor.

Observou-se que todas as Dissertações selecionadas estão de alguma forma relacionadas com a Lei de Informática, sendo que apenas Carneiro (2020) e Bacovis (2013) abordam de forma direta os PPBs a partir de estudos de caso, respectivamente, dos produtos terminal portátil de telefonia celular e televisor com tela LCD. Na primeira situação, o objetivo é verificar a influência das mudanças no PPB nos aspectos de produção, vendas, faturamento e mão de obra, através da avaliação dos Indicadores de Desempenho do Polo Industrial de Manaus, publicados pela SUFRAMA. Já na segunda, a abordagem utiliza o modelo das Cinco Forças publicado por Michael Porter no periódico Harvard Business Review em 1979, destinado a análise da competição entre empresa, que são: rivalidade entre os concorrentes, poder de negociação dos compradores, poder de negociação dos fornecedores, entrada de novos concorrentes e produtos substitutos. Cada uma destas é analisada pelo Autor e correlacionada com aspectos dos PPBs.

Diante destas pesquisas, podemos entender como ainda inédita a temática de correlação dos PPBs com a I4.0, podendo ser destacada ainda a sua aplicação prática imediata junto ao processo de fixação do PPB para novos produtos, podendo contribuir para o aumento da competitividade relativa do PIM neste novo cenário.

## 1.7 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O estudo estará limitado a empresas do PIM que utilizem o PPB selecionado, no que diz respeito a aspectos da I4.0. Não serão analisados fatores relacionados à infraestrutura externa ao estabelecimento fabril, como suprimento de energia, comunicação de dados e disponibilidade de mão de obra, ou questões técnicas referentes às tecnologias habilitadoras da I4.0, como sistemas cyber-físicos, internet das coisas, computação em nuvem ou inteligência artificial.

## 1.8 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente Dissertação está organizada em cinco capítulos, sendo o primeiro o de Introdução, contextualizando o problema em termos da importância do PIM para a diminuição das desigualdades regionais sob diferentes pontos de vista, do avanço real do paradigma da I4.0 em nível mundial e no Brasil e sua consequência sobre a cadeia de valor, e da aplicabilidade do instrumento MMP para sua avaliação. São explicitados ainda o contexto do problema, os objetivos do estudo com sua justificativa, delimitações e estrutura.

O segundo trás o Referencial Teórico, de maneira a promover uma atualização e nivelamento com referências aos modelos de maturidade e prontidão utilizados no âmbito da I4.0, bem como esclarecer os detalhes do processo de fixação e atualização de PPBs.

No terceiro está a Metodologia utilizada de maneira a demonstrar o processo de pesquisa bem como o seu embasamento conceitual.

Já no quarto são apresentados e comentados os Resultados encontrados, inclusive em comparação com resultados de um modelo já consolidado proprietário denominado PIM M4.0.

Finalmente, no quinto capítulo são apresentadas as Conclusões e Considerações Finais quanto ao desenvolvimento da pesquisa e sugestões para pesquisas complementares para expandir a fronteira do conhecimento.

No Anexo A é apresentada pesquisa adicional quanto ao atendimento dos requerimentos do Decreto-Lei 288/1967 e Conselho de Administração da SUFRAMA (CAS) pelo PPB selecionado.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem como objetivo levantar referências atualizadas sobre a temática de estudo, em especial os Modelos de Maturidade e Prontidão (MMPs) associados à I4.0 e características do processo de fixação/atualização dos Processos Produtivos Básicos (PPBs).

### 2.1 MODELO DE MATURIDADE E PRONTIDÃO (MMP)

A atualização no tema dos MMPs inicia-se com a escolha e execução do método de varredura horizontal da literatura para a seleção de um Portfólio Bibliográfico, contendo aqueles de maior significância, seguida de uma análise das suas principais características e métodos de aplicação.

#### 2.1.1 Seleção do Portfólio Bibliográfico:

Para o desenvolvimento da pesquisa (varredura horizontal) referente aos MMPs foi escolhido o método *Knowledge Development Process-Constructivist - ProKnow-C*, proposto por Ensslin *et al.* (2010), concebido no âmbito de Laboratório de Metodologias Multicritério em Apoio à Decisão (LabMCDA), que desde 1994 investiga em termos teóricos e práticos o tema Avaliação de Desempenho Organizacional como instrumento de Apoio à Decisão, por meio da metodologia Multicritério em Apoio à Decisão – Construtivista (MCDA-C). (ENSSLIN *ET AL.*, 2010a)

Este método é composto de quatro macro etapas, a saber: (i) Seleção do Portfólio Bibliográfico; (ii) Bibliometria; (iii) Análise sistêmica e (iv) Definição da Pergunta de Pesquisa e Objetivo da Pesquisa.

Nesta pesquisa foi cumprida apenas a macro etapa de Seleção do Portfólio Bibliográfico (PB), que tem como objetivo definir um referencial teórico atualizado sobre o tema em análise e consiste basicamente na seleção e filtragem do que convencionou-se chamar Banco Bruto de Artigos.

Esta por sua vez também é subdividida em etapas, conforme o Quadro 06:

#### Quadro 06 - Etapas da Seleção e Filtragem do Portfolio Bibliográfico

Item:	Descrição:
<b>1</b>	<b>Seleção do Banco Bruto de Artigos</b>
1.1	Definição das Palavras-Chave
1.2	Definição das Bases de Dados
1.3	Busca de Artigos
1.4	Teste de Aderência das Palavras-Chave Objetivo: Obtenção do BBA de 2.000 a 10.000 artigos
<b>2</b>	<b>Filtragem do Banco Bruto de Artigos</b>
2.1	Quanto a Redundância
2.2	Quanto ao Alinhamento do título
2.3	Quanto ao Reconhecimento científico ou Reconhecimento Potencial
2.4	Quanto ao alinhamento dos Resumos
2.5	Quanto ao alinhamento do artigo integral Objetivo: Obtenção do PB de 10 a 20 artigos

**Fonte:** Preparado pelo autor a partir de Chaves *et al.* (2013).

Conforme estabelece o método *ProKnow-C*, a definição das palavras chaves inicia-se pela definição dos eixos de pesquisa, que correspondem à percepção do tema pelo autor. Neste caso específico foram definidos três eixos temáticos: (i) Indústria 4.0, (ii) Processo Produtivo e (iii) Modelo de Maturidade e Prontidão.

A partir da definição dos eixos, foram definidas palavras chaves no idioma inglês, haja vista a necessidade de buscar o estado da arte em nível mundial, sumarizadas no Quadro 07 a seguir:

**Quadro 07 - Sumário de Palavras Chaves**

---

**Eixo 1: Indústria 4.0**

**Industry 4.0**

**Smart Manufacturing**

**Fourth Industrial Revolution**

**4<sup>th</sup> Industrial Revolution;**

**Eixo 2: Processo Produtivo**

**Production Process**

**Manufacturing Process**

**Eixo 3: Modelo de Maturidade e Prontidão**

**Readiness Model**

**Maturity Model**

---

**Fonte:** Preparado pelo autor

As palavras chaves foram reunidas em um único *string* (construto) de pesquisa, utilizando-se os recursos das aspas, parênteses e dos conectores lógicos AND e OR, de maneira a facilitar a pesquisa em diferentes bases de dados, resultando: (“Industry 4.0” OR “Smart Manufacturing” OR “Fourth Industrial Revolution” OR “4th Industrial Revolution”) AND (production OR manufacturing) AND (readiness OR maturity ) AND model.

O *string* definido foi submetido ao mecanismo de buscas do Portal Periódico CAPES MEC < <http://www.periodicos.capes.gov.br/>>, na modalidade de acesso remoto fornecido à Comunidade Acadêmica Federada (CAFE), com o perfil assignado à Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

Desta busca simples retornaram resultados das Coleções abaixo listadas, sendo que estas estão agrupadas em bases de dados mais amplas, como pode ser observado no Quadro 08

**Quadro 08 - Correlação Coleção e Base de Dados**

<b>Coleção:</b>	<b>Base de Dados:</b>
Scopus Elsevier	Scopus Elsevier
Materials Science & Engineering Database	ProQuest
Technology Research Database	ProQuest
Science Citation Index Expanded (Web of Science)	Web of Science
Advanced Technologies & Aerospace Database	ProQuest
Directory of Open Access Journals (DOAJ)	Directory of Open Access Journals (DOAJ)
Engineering Research Database	ProQuest
Mechanical & Transportation Engineering Abstracts	ProQuest
OneFile (GALE)	GALE
Springer (CrossRef)	Springer
Taylor & Francis Online – Journals	Taylor & Francis
Computer and Information Systems Abstracts	ProQuest
Social Sciences Citation Index (Web of Science)	Web of Science
Emerald Insight	Emerald Insight
Materials Research Database	ProQuest
Civil Engineering Abstracts	ProQuest
SpringerLink	Springer
Materials Business File	ProQuest
Solid State and Superconductivity Abstracts	ProQuest
Taylor & Francis Online - Open Access Journals	Taylor & Francis

**Fonte:** Preparado pelo autor a partir de consulta ao Portal Periódico CAPES MEC

Dentre as bases observadas, escolheram-se para a pesquisa direta nos seus respectivos mecanismos de busca Scopus (Elsevier), ProQuest, Emerald Insight e Springer.

O mesmo *string* foi submetido individualmente, através do Portal Periódico CAPES MEC a cada uma delas, porém, desta vez estabelecendo filtros de maneira a obter melhores resultados, a saber:

- Periódicos revisados por pares;
- Idioma inglês;
- Somente artigos;
- Período de publicação de 2015 a 2020.

Estas buscas totalizaram 1.964 artigos, que foram exportados para o software gerenciador de referências Mendley para análise, sendo identificadas 686 duplicações, resultando num conjunto de 1.278 artigos únicos que formam, conforme o método ProKnow-C, o Banco Bruto de Artigos. Neste momento, foram observadas as palavras-chave de três artigos cujos títulos eram aderentes ao tema escolhidos de forma aleatória, não sendo observada a necessidade de inclusão de novas palavras-chave.

Em seguida, foram lidos os títulos de todos os artigos do Banco Bruto de Artigos, de maneira a verificar aderência ao tema da pesquisa, selecionando 88 artigos únicos que foram segregados na Pasta Favoritos do software Mendley.

Estes foram exportados para uma planilha do software Excel e estratificados quanto à quantidade de citações através do Google Scholar

Foram selecionados artigos até uma significância de 90% do total das citações encontradas, o que neste caso correspondeu a um mínimo de 19 citações, totalizando 24 artigos. Os demais 64 artigos foram segregados para análise posterior.

Para estes 24 artigos foram lidos os respectivos resumos, também para análise de aderência ao tema de pesquisa, sendo selecionados 19 artigos com significância em termo de citações, além de aderência do título e também do resumo ao tema.

Para os 64 artigos segregados foram identificados os publicados nos anos de 2019 e 2020 e que, portanto, não teriam tempo suficiente para receber quantidade significativa de citações, resultando em 47 artigos.

Destes também foram lidos os resumos para verificar aderência ao tema de pesquisa, resultando em 18 artigos que adicionados aos 19 previamente selecionados, totalizam 37 artigos com títulos e resumos aderentes ao tema. Deste conjunto foram retirados os artigos com 5 citações ou menos, exceto um que tem como um dos autores o Orientador do presente trabalho, totalizando agora 25 artigos que foram verificados quanto a sua disponibilidade na íntegra, estando todos disponíveis.

Finalmente, os textos completos dos 25 artigos foram lidos e dentre estes selecionados 17 mais alinhados ao tema da pesquisa para compor o Portfólio Bibliográfico correspondente ao Quadro 09:

**Quadro 09 - Portfólio Bibliográfico**

Item:	Artigo:
1	SCHUMACHER, Andreas; EROL, Selim; SIHN, Wilfried. A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. <b>Procedia Cirp</b> , v. 52, p. 161-166, 2016.
2	GÖKALP, Ebru, UMUT Şener, and EREN, P. Erhan "Development of an assessment model for industry 4.0: industry 4.0-MM." <i>International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination</i> . Springer, Cham, 2017
3	PESSL, Ernst; SORKO, Sabrina Romina; MAYER, Barbara. Roadmap Industry 4.0– implementation guideline for enterprises. <b>International Journal of Science, Technology and Society</b> , v. 5, n. 6, p. 193-202, 2017.
4	BIBBY, Lee; DEHE, Benjamin. Defining and assessing industry 4.0 maturity levels–case of the defence sector. <b>Production Planning &amp; Control</b> , v. 29, n. 12, p. 1030-1043, 2018.
5	JUNG, Kiwook et al. An overview of a smart manufacturing system readiness assessment. In: <b>IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems</b> . Springer, Cham, 2016. p. 705-712.
6	SONY, Michael; NAIK, Subhash. Key ingredients for evaluating Industry 4.0 readiness for organizations: a literature review. <b>Benchmarking: An International Journal</b> , 2019.
7	CANETTA, Luca; BARNI, Andrea; MONTINI, Elias. Development of a digitalization maturity model for the manufacturing sector. In: <b>2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)</b> . IEEE, 2018. p. 1-7.
8	LEE, Jeongcheol et al. A smartness assessment framework for smart factories using analytic network process. <b>Sustainability</b> , v. 9, n. 5, p. 794, 2017.
9	COLLI, M. et al. Contextualizing the outcome of a maturity assessment for Industry 4.0. <b>Ifac-papersonline</b> , v. 51, n. 11, p. 1347-1352, 2018.
10	DE CAROLIS, Anna et al. Maturity models and tools for enabling smart manufacturing systems: comparison and reflections for future developments. In: <b>Ifip international conference on product lifecycle management</b> . Springer, Cham, 2017. p. 23-35.
11	DE CAROLIS, Anna et al. Guiding manufacturing companies towards digitalization a methodology for supporting manufacturing companies in defining their digitalization roadmap. In: <b>2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)</b> . IEEE, 2017. p. 487-495.
12	MITTAL, Sameer; ROMERO, David; WUEST, Thorsten. Towards a smart manufacturing maturity model for SMEs (SM 3 E). In: <b>IFIP international conference on advances in production management systems</b> . Springer, Cham, 2018. p. 155-163.
13	SCHUMACHER, Andreas; NEMETH, Tanja; SIHN, Wilfried. Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises. <b>Procedia Cirp</b> , v. 79, p. 409-414, 2019.
14	PACCHINI, Athos Paulo Tadeu et al. The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0. <b>Computers in Industry</b> , v. 113, p. 103125, 2019.
15	TROTTA, Dennis; GARENGO, Patrizia. Assessing industry 4.0 maturity: An essential scale for SMEs. In: <b>2019 8th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)</b> . IEEE, 2019. p. 69-74.
16	CHONSAWAT, Nilubon; SOPADANG, Apichat. The development of the maturity model to evaluate the smart SMEs 4.0 readiness. In: <b>Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, JW Marriott Hotel Bangkok, Bangkok, Thailand</b> . 2019. p. 5-7.
17	AZEVEDO, Americo; SANTIAGO, Sandro Breal. Design of an Assessment Industry 4.0 Maturity Model: an application to manufacturing company. In: <b>4th North American IEOM Conference. IEOM 2019</b> . 2019. p. 208-217.

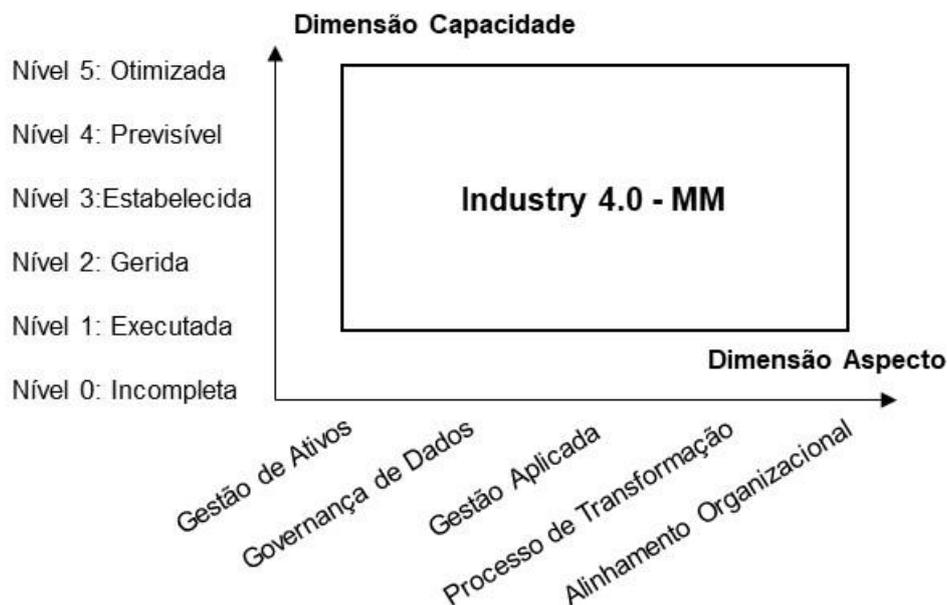
Fonte: Preparado pelo autor.

### **2.1.2 Análise de Portfólio Bibliográfico**

Schumacher *et al.* (2016) a partir da análise de modelos de maturidade existentes em comparação com recomendações do governo alemão e workshops realizados, desenvolveu um modelo com 62 aspectos de maturidade agrupados em nove dimensões organizacionais, onde as denominadas Produtos, Clientes, Operações e Tecnologia estão associadas aos habilitadores básicos e Estratégia, Liderança, Governança, Cultura e Pessoal aos aspectos organizacionais. O cálculo do nível de maturidade para cada dimensão, com valores de 1 a 5, conforme a Escala Likert e feito através de software especialmente desenvolvido, resulta da média ponderada dos aspectos onde o fator de peso resulta da opinião de especialistas.

De maneira similar, Gokalp *et al.* (2017) parte da comparação de sete modelos de maturidade existentes quanto aos aspectos de escopo, propósito, completude, clareza e objetividade, utilizando o método *Capability Maturity Model Integration* (CMMI) baseado na estrutura *Software Process Improvement and Capability dEtermination* (SPICE), escolhida por ser geralmente aceita para avaliação/ melhorias e sua adequação para o desenvolvimento de um modelo de maturidade, estabelecendo o modelo denominado Industry 4.0 – MM, que correlaciona as dimensões Aspectos (Gestão de Ativos, Governança de Dados, Gestão Aplicada, Processo de Transformação e Alinhamento Organizacional) e Capacidade (Incompleta, Executada, Gerida, Estabelecida, Previsível e Otimizada).

**Figura 2** - Modelo de Maturidade proposto por Gokalp et al. (2017)



**Fonte:** Adaptado de Gokalp et al. (2017).

Os atributos dos níveis de capacidade foram desenvolvidos com base na norma ISO 33003: Avaliação de Processo - Requisitos para Estruturas de Medição de Processo e tem suas principais características condensadas no Quadro 10.

**Quadro 10** – Níveis de Capacidade Propostos por Gokalp et al. (2017).

Nível:	Características:
<b>5. Otimizado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integração digital de engenharia por toda a cadeia de valor;</li> <li>Processo de negócios inovadores;</li> <li>Adaptação contínua;</li> <li>Auto otimização.</li> </ul>
<b>4. Previsível</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integração horizontal através de redes de valor;</li> <li>Processos e operações controlados;</li> <li>Big Data, Aprendizagem de Máquinas e Inteligência Artificial.</li> </ul>
<b>3. Estabelecido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integração vertical e sistemas de manufatura conectados;</li> <li>Desenvolvimento de uma linguagem comum com seus próprios sinais e semântica;</li> <li>Qualificação padronizada de processos e operações,</li> </ul>
<b>2. Gerido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Infraestrutura de tecnologias inteligentes está instalada e é operada independentemente;</li> <li>Itens físicos são representados em mundo virtual.</li> </ul>
<b>1. Desempenhado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedimentos são executados;</li> <li>Tentativas de transição para a I4.0.</li> </ul>
<b>0. Incompleto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedimentos não são executados;</li> <li>Operações básicas do negócio são executadas.</li> </ul>

**Fonte:** Adaptado de Gokalp et al. (2017).

A proposta de Pessl *et al.* (2017) é de as empresas desenvolverem seu processo de transformação próprio de maneira a identificar, avaliar e utilizar os potenciais específicos da I4.0 adequados através de um roteiro (*roadmap*). Este *roadmap* é composto de três fases: Análise, Estabelecimento de Objetivos e Realização, consistindo ao mesmo tempo em um base de autoavaliação e guia de implementação para uma estratégia I4.0, envolvendo cinco áreas: Compras, Produção, Logística Interna, Vendas e Recursos Humanos, derivadas da análise de cadeia de valor, numa abordagem de baixo para cima (*bottom up*) onde especialistas da área de forma independente identificam o estado atual e nível de maturidade além de definir estratégia de implementação, de maneira a selecionar as prioridades dentre as áreas.

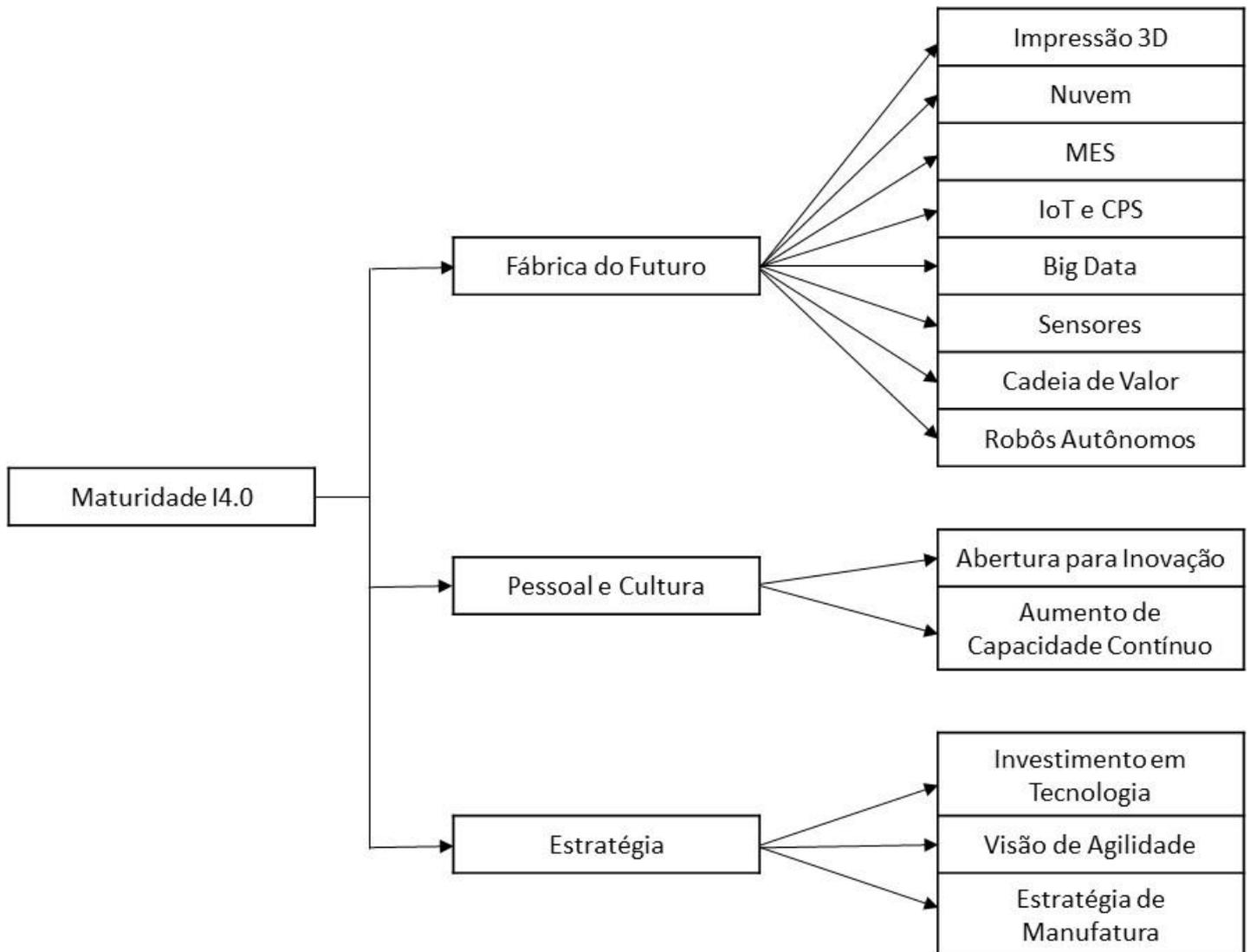
**Figura 03** – *Roadmap* proposto por Pessl *et al.* (2017)



**Fonte:** Adaptado de Pessl *et al.* (2017).

A partir de uma combinação de métodos como entrevistas semiestruturadas, workshops, avaliação de itens numa lógica de estudo de caso e método de validação, aplicados a uma empresa líder do setor de Defesa com faturamento superior a 500 milhões de libras no Reino Unido, Bibby e Dehe (2018), aplicaram um modelo de maturidade desenvolvido também a partir da combinação de outros existentes com três dimensões, a saber: Fábrica do Futuro, que foca em oito conceitos/tecnologias-chave da I4.0, Pessoas e Cultura, considerada fundamental dado ao valor e poder das pessoas dentro da organização e, por fim a Estratégia como aspecto importante para implementar a Indústria 4.0.

**Figura 04** – Estrutura conceitual proposta por Bibby e Dehe (2018).



**Fonte:** Adaptado de Bibby e Dehe (2018).

Também utilizando a Escala Likert de cinco pontos, estabeleceu a partir das pontuações dos itens de cada dimensão (16 para Fábrica do Futuro, 03 para Pessoal e Cultura e 04 para Estratégia) uma Escala de Maturidade com quatro níveis: Mínimo (23 a 46), Desenvolvimento (47 a 69), Definido (70 a 92) e Excelência (93 a 115), sendo importante avaliar as dimensões separadamente.

**Tabela 03** – Escala de Maturidade proposta por Bibby e Dehe (2018).

	<b>Nível 1: Mínimo</b>	<b>Nível 2: Desenvolvimento</b>	<b>Nível 3: Definido</b>	<b>Nível 4: Excelência</b>
<b>Fábrica do Futuro</b>	16-32	33-48	49-64	65-80
<b>Pessoal e Cultura</b>	3-6	7-9	10-12	13-15
<b>Estratégia</b>	4-8	9-12	13 a 16	17-20
<b>Total</b>	<b>23-46</b>	<b>47-69</b>	<b>70-92</b>	<b>93-115</b>

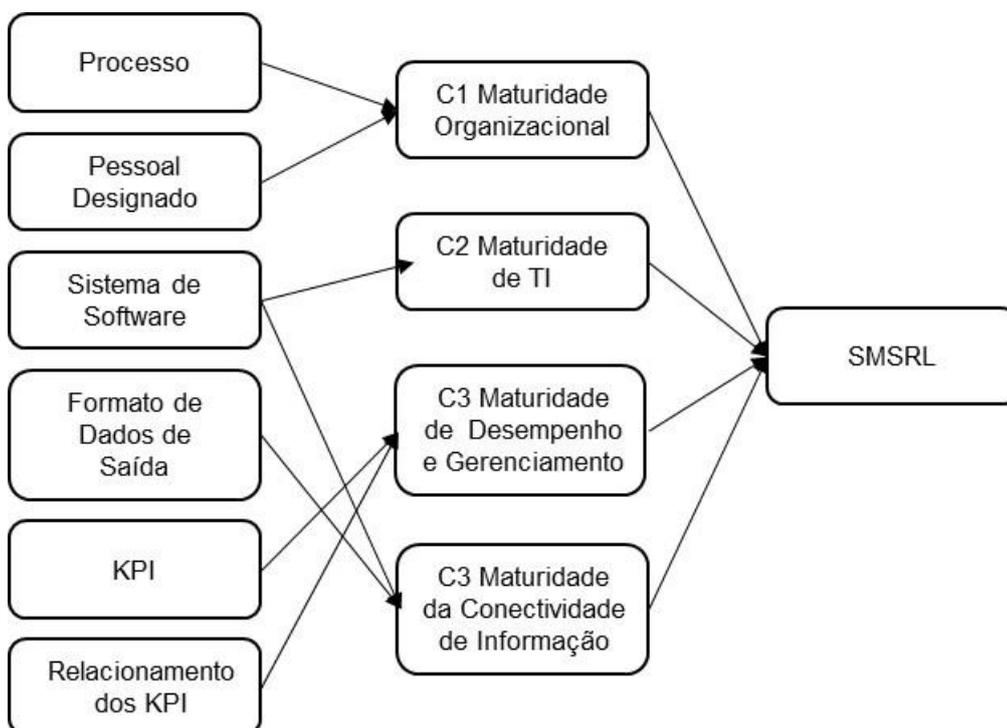
**Fonte:** Adaptado de Bibby e Dehe (2018).

A aplicação na empresa líder resultou numa pontuação de 59,35 pontos, portanto, no nível Desenvolvimento. A mesma metodologia foi aplicada em 12 firmas parceiras resultando uma média global de 55,58, também no nível Desenvolvimento.

Jung *et al.* (2016) propõem um método para avaliação da prontidão de empresas para incorporar as tecnologias emergentes e tornar-se uma fábrica inteligente com quatro componentes: Tecnologia de Informação, Conectividade da Informação, Organização e Gestão de Performance, que são combinados em um único *Smart Manufacturing System Readiness Level* (SMSRL). Através de uma análise de significância estatística validam que este índice está correlacionado com o desempenho operacional.

Esta metodologia prevê três fases: Definição do Perfil Atual, Avaliação do Perfil Atual e Desenvolvimento do Plano de Melhorias (assinalado como de longo prazo), este último elaborado a partir das prioridades identificadas.

**Figura 05** – Modelo SMRSL proposto por Jung *et al.* (2016)



**Fonte:** Adaptado de Jung *et al.* (2016).

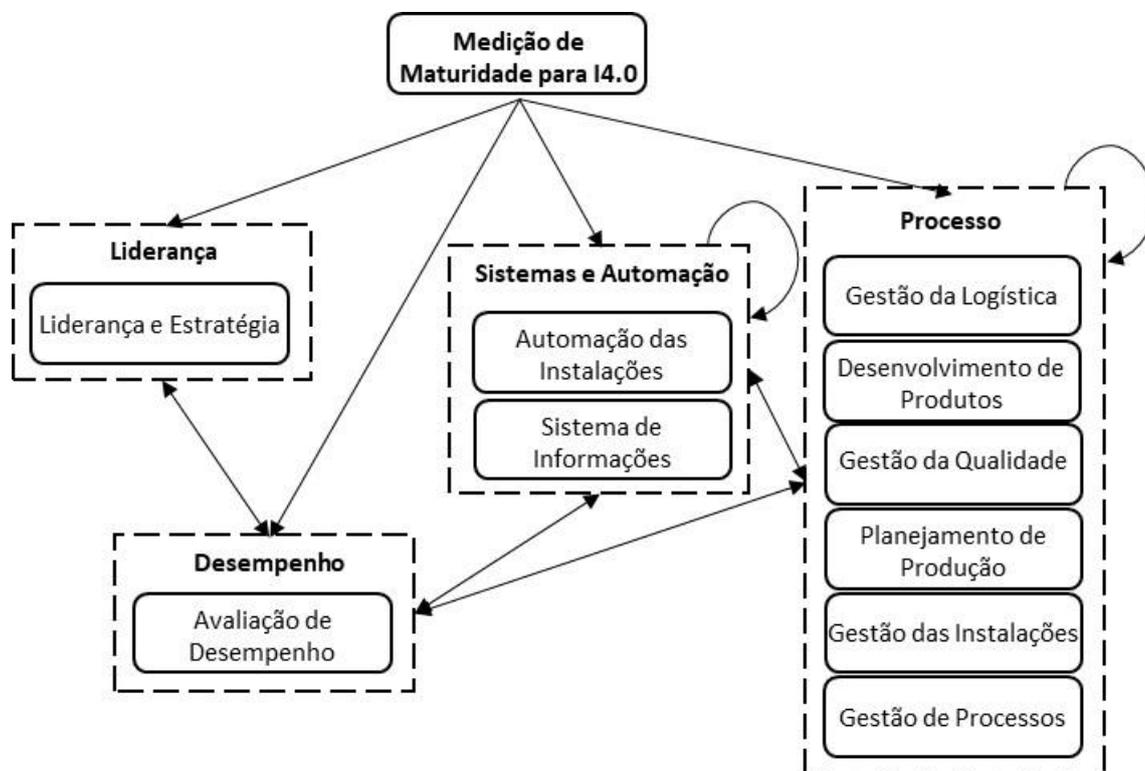
Sony e Naik (2019) também partiram de uma revisão sistemática da literatura para responder a três perguntas de pesquisa: quais os fatores-chaves para avaliação da prontidão para a I4.0, seus inter-relacionamento e como futuras pesquisas deveriam ser conduzidas a partir desta. Esta resultou em um universo de 68 artigos, identificando seis temas amplos referentes a fatores de prontidão a partir da análise temática: Envolvimento e Comprometimento da Alta Direção, Adaptabilidade dos Empregados à I4.0, Produtos e Serviços Inteligentes, Extensão da Digitalização da Cadeia Logística, Nível de Digitalização da Organização e Prontidão da Estratégia Organizacional. Concluem que todos os temas são igualmente importantes e interrelacionados e, portanto, têm de ser considerados na sua totalidade para a implementação da I4.0.

Canetta *et al.* (2018) selecionou artigos a partir de três critérios: (i) metodologias de avaliação de maturidade de empresas sob aspectos digitais ou de i4.0, (ii) instrumentos com nível suficiente de caracterização para classificação e (iii) contribuições com relevância teórica ou experimental considerável, identificando 27 estudos sob as categorias academia (8) e praticante (19). A partir da análise comparativa destes estudos propõe um método em três passos: Avaliação da

Maturidade em Digitalização (aplicação de questionário), Análise de Processos Relacionados (entrevistas estruturadas) e Atividades Requeridas (aspectos de criação de valor e habilidades da força de trabalho), divididas nas seções de Estratégia, Processos, Tecnologia, Produtos e Serviços e Pessoal. Os níveis de maturidade são calculados a partir de médias ponderadas das perguntas, sendo os pesos definidos a partir da dimensão Estratégia e apresentados em gráficos radar. São propostos quatro níveis de maturidade: Ausência, Noviça, Intermediária e Expert.

Um método baseado no conceito de gestão de operações é apresentado por Lee *et al.* (2017), de maneira a facilitar seu entendimento e aplicação pelas empresas. A partir de revisão da literatura e consulta a especialistas, desenvolveram um modelo com quatro critérios (Liderança, Processo, Sistemas e Automação e Desempenho) que se desdobram em 10 subcritérios. Esse método estabelece correlações entre critérios e ponderações desenvolvidas pelos especialistas, refinados através de métodos matemáticos e testados em 20 empresas de pequeno e médio porte na República da Coréia.

**Figura 06** – Modelo proposto por Lee *et al.* (2017)



**Fonte:** Adaptado de Lee *et al.* (2017).

É proposta uma classificação em cinco níveis: Checagem, Monitoramento, Controle, Otimização e Autonomia, sendo que a partir de análise de clusters e da metodologia *Analytic Network Process* (ANP) aplicada nos estudos de caso, os pesos inicialmente estabelecidos foram refinados.

O modelo denominado *360 Digital Maturity Assessment* (360DMA), baseado na metodologia *Problem Based Learning* (PBL), desenvolvido pela Universidade Aalborg (Dinamarca), foi proposto por Colli *et al.* (2018), baseado no pressuposto que o roteiro de transformação digital tem de ser adaptado ao contexto de operação da empresa. Nesta proposta considera seis estágios sequenciais de maturidade: Nenhum, Básico, Transparente, Atento, Autônomo e Integrado, definindo seis dimensões digitais a partir da análise de *cluster* de outros modelos de maturidade existentes: Governança, Tecnologia, Conectividade, Criação de Valor e Competência, sendo os resultados apresentados na forma de um gráfico radar. Este modelo propõe a mudança do conceito onde o diagnóstico é feito por especialistas externos para o que o especialista externo é facilitador em constante interação com a empresa. A metodologia proposta é explicitada no Quadro 11 em comparação com o método PBL:

**Quadro 11** – Modelo 360 DMA

PBL		360DMA	
<b>Passo 1</b>	Esclarecimento de conceitos	<b>Passo 1</b>	Criação de consciência
<b>Passo 2</b>	Formulação do problema	<b>Passo 2</b>	Definição de escopo
<b>Passo 3</b>	Coleta de ideia	<b>Passo 3</b>	Coleta de ideias
<b>Passo 4</b>	Estruturação de ideias		
<b>Passo 5</b>	Identificação de tarefas		
<b>Passo 6</b>	Autoestudo	<b>Passo 4</b>	Avaliação e seleção da solução
<b>Passo 7</b>	Pós discussão	<b>Passo 5</b>	Sessão de esclarecimentos

**Fonte:** Adaptado de Colli *et al.* (2018)

A partir dos princípios da metodologia *Capability Maturity Model Integration* (CMMi), De Carolis *et al.* (2017) desenvolveram o modelo denominado DREAMY (*Digital REadiness Assessment MaturitY model*), que classifica as empresas em cinco níveis: Inicial, Gerenciada, Definida, Integrada e Interoperável e Orientada Digital. A aplicação baseia-se inicialmente em um questionário com 200 perguntas agrupadas em quatro dimensões de análise: Processos, Monitoramento e Controle, Tecnologia e

Organização, obedecendo os seguintes passos: (i) Avaliação de Maturidade, (ii) Identificação de Forças e Fraquezas, (iii) Identificação de Oportunidades e (iv) Definição do Mapa para Transformação Digital.

**Figura 07** – Aplicação do modelo de maturidade *DREAMY*



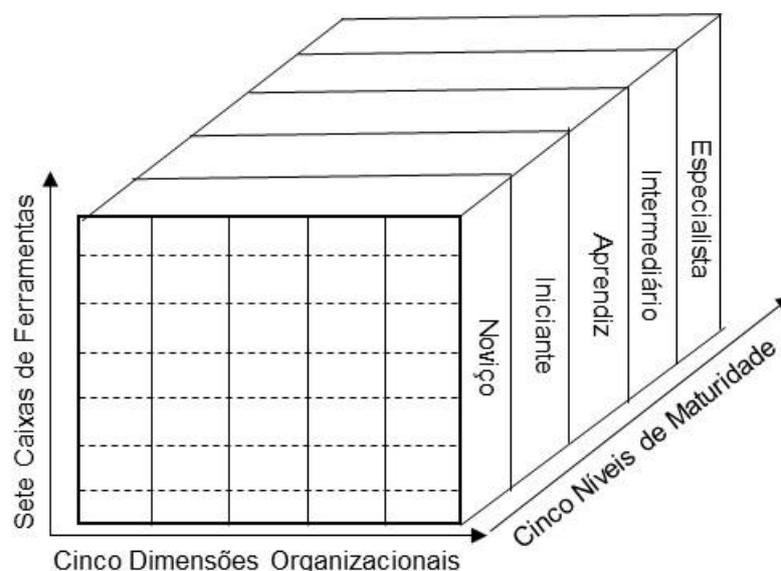
**Fonte:** Adaptado de De Carolis *et al.* (2017)

Descreve ainda a aplicação em três estudos de caso, elencando e discorrendo sobre sete oportunidades de melhoria encontradas, concluindo que as empresas devem completar a terceira revolução industrial antes de iniciar a I4.0 e que os investimentos em tecnologias digitais começam pelas áreas mais estratégicas.

A partir de workshop organizado pela *National Standart of Standards and Technology* (NIST) na Itália e da discussão e análise comparativa de três modelos de maturidade pré-existent, a saber *DREAMY* (*Digital REadiness Assessment MaturitY model*), *SMSRL* (*Smart manufacturing readiness level*), and *MOM* (*Manufacturing Operations Management*), neste segundo artigo De Carolis *et al.* (2017a) concluem pela sua complementaridade, no sentido de estabelecer uma estrutura para subsidiar a transformação para a Indústria 4.0, explicando as características de cada um deles.

Desenvolvido especialmente para pequenas e médias empresas, o modelo denominado *Smart Manufacturing Maturity Model for Small and Medium-Sized Enterprises* (SM3E) elaborado por Mittal *et al.* (2018), a partir de revisão crítica da literatura de nove modelos existentes e entrevistas apresenta três eixos (i) Dimensões Organizacionais, (ii) Caixa de Ferramentas e (iii) Níveis de Maturidade. Foram consideradas como Dimensões Organizacionais chave: Finanças, Pessoas, Estratégia, Processo e Produto, enquanto identificados sete conjuntos de ferramentas (tecnologias, habilidades e práticas gerenciais) para a Caixa de Ferramentas, a fim de serem utilizadas conforme demanda. São definidos cinco níveis de maturidade, a saber: Noviço, Iniciante, Aprendiz, Intermediário e Especialista, para autoavaliação pelas empresas.

**Figura 09** – Modelo SM3E proposto por Mittal *et al.* (2018)



**Fonte:** Adaptado de Mittal *et al.* (2018)

Schumacher *et al.* (2019) desenvolveram um método para apoiar a tomadores de decisão da indústria quanto à estratégia dos investimentos em I4.0 a partir de uma avaliação inicial de 65 fatores críticos de sucesso, de maneira a criar um caminho específico para a empresa a partir de 10 passos. A metodologia foi aplicada e acompanhada em uma empresa específica por 2 anos para validação. Metodologicamente, partiu do modelo criado em 2015, promovendo a revisão de nova bibliografia complementar e de vários *feedbacks* recebidos:

**Quadro 12** – Modelo de Avaliação de Maturidade I4.0 proposto por Schumacher *et al.* (2019)

Passo:	Descrição:
1	Introdução da I4.0 e criação do compromisso e alinhamento dos participantes.
2	Verificação das atividades de I4.0 da empresa para alinhamento da avaliação de como estão.
3	Autoavaliação, com moderador, de como a empresa está com relação a I4.0 e identificação dos itens de maturidade de alta relevância.
4	Levantamento de dados, análise estatística e criação do relatório específico de maturidade.
5	Determinação dos objetivos da empresa em I4.0 para alinhamento da avaliação do estado desejado.
6	Autoavaliação, com moderador, de como a empresa deseja estar e identificação dos itens de maturidade altamente relevantes.
7	Análise das lacunas de maturidade dos itens e separação daqueles com valor > 0,5.
8	Desenvolvimento dos caminhos de realização específicos da empresa e agrupamento dos itens com valor > 0,5 relacionados em campos de ação.

9	Especificação dos campos de ação durante workshops e definição de projetos concretos baseado nas relevâncias apontadas nos passos 3 e 6.
10	Integração dos campos de ação e projetos definidos no caminho específico da empresa para a I4.0.

**Fonte:** Adaptado de Schumacher *et al.* (2019)

Neste modelo são consideradas oito dimensões: Tecnologia, Produtos, Clientes e Parceiros, Processo de Criação de Valor, Dados e Informação, Padrões Corporativos, Empregados e Estratégia e Liderança. No estudo de caso apresentado, correspondente a uma empresa austríaca com fábricas na Áustria, China e Índia, os resultados são comparados através de gráficos radar com dois anos de defasagem, indicando os progressos obtidos.

A partir da adaptação da norma J4000 da *Society of Automotive Engineers* (SAE), desenvolvida para avaliação da implantação da produção enxuta (*lean manufacturing*), Pacchini *et al.* (2019) propõe um modelo para avaliação da prontidão de empresas para a I4.0, baseado em oito tecnologias habilitadoras, consideradas as mais relevantes pela literatura, de um total de 20 identificadas. O modelo proposto consiste em associar pré-requisitos a cada uma das condições necessárias para implementação das tecnologias habilitadoras a serem classificadas em quatro níveis: 1. Não está presente, 2. Existe, mas implementado de maneira incompleta, 3. Existe, e está quase completamente implementado e 4. Está completamente implementado. O nível de prontidão é calculado pela média aritmética simples entre a pontuação obtida e a máxima possível. Para interpretação, propõe a classificação conforme o Quadro 13, baseada na norma *International Organization for Standardization (ISO)/ International Electrotechnical Commission (IEC) 15504-5* (Boas Práticas para Engenharia de Software):

**Quadro 13** – Status de Grau de Prontidão proposto por Pacchini *et al.* (2019)

<b>Prontidão P (%):</b>	<b>Status:</b>	<b>Características:</b>
<b>00&lt;P&lt;10</b>	Embrionário	Conhecimento superficial de pequena quantidade de tecnologias habilitadoras (caso tenha).
<b>10&lt;P&lt;25</b>	Inicial	Algum conhecimento de algumas tecnologias, mas não sabe de todas elas.
<b>25&lt;P&lt;50</b>	Primário	Bom conhecimento de todas as tecnologias, mas nem todas já foram adotadas.
<b>50&lt;P&lt;75</b>	Intermediário	Completo conhecimento de todas as tecnologias e todas já começaram a ser adotadas.
<b>75&lt;P&lt;90</b>	Avançado	Completo conhecimento de todas as tecnologias e todas tem grande nível de adoção.
<b>90&lt;P&lt;100</b>	Pronto	Tem praticamente todas as tecnologias habilitadoras em completo nível de máxima adoção.

**Fonte:** Adaptado de Pacchini *et al.* (2019)

A partir da constatação que pequenas e médias empresas têm dificuldade em aplicar os modelos de maturidade e prontidão existentes, além de negligenciarem o aspecto de pessoal, Trotta e Garengo (2018) propõem uma nova escala de maturidade essencial, utilizando a metodologia de Becker *et al.* (2009). A partir de análise e revisão bibliográfica, concluíram pela definição de cinco dimensões-chave: Estratégia, Tecnologia, Produção, Produtos e Pessoal, avaliadas a partir de um questionário com a Escala Likert de cinco pontos onde a média das respostas é plotada em um gráfico radar.

Na mesma linha de atendimento a pequenas e médias empresas, Chonsawat e Sopadang (2019) desenvolveram um modelo com cinco dimensões (Estratégia de Negócio e Organização, Manufatura e Operações, Processos Orientados por Tecnologia, Suporte Digital e Capacitação de Pessoal) e 43 sub dimensões, também utilizando questionário de autoavaliação com a Escala Likert, porém, com ponderações dadas pela importância relativa da dimensão. Este método permite a identificação das sub dimensões mais críticas a serem priorizadas.

Azevedo e Santiago (2019) identificam agilidade, flexibilidade e responsividade como características do novo ambiente de negócios, que contempla a grande inserção de tecnologias digitais na manufatura, colocando a pergunta de pesquisa “O que um modelo de maturidade deveria avaliar no contexto da I4.0?”. A partir de revisão bibliográfica e análise de lacunas dos modelos existentes propõe seis dimensões e apresenta como estas demonstram o nível de maturidade: Produtos e Serviços, Manufatura, Modelo de Negócios, Estratégia, Cadeia de Suprimentos e

Interoperabilidade. Com a aplicação de um questionário com escala de quatro pontos e apuração da média ponderada das dimensões a partir de entrevistas com especialistas foi conduzido um estudo de caso em indústria do PIM, validando o modelo denominado PIM4.0.

## 2.2 PROCESSO PRODUTIVO BÁSICO (PPB)

O PPB é fixado ou alterado por meio de Portaria Interministerial dos Ministérios da Economia e Ciência, Tecnologia e Inovações, conforme procedimento estabelecido pela Portaria Interministerial 32, de 15 de julho de 2019, que segundo sua ementa "Disciplina o funcionamento do Grupo Técnico Interministerial de Análise de Processos Produtivos Básicos e os procedimentos de análise e aprovação de Processo Produtivo Básico".

O Grupo Técnico Interministerial de Análise de Processos Produtivos Básicos, conhecido como GT-PPB, é formado por um representante e respectivo suplente dos seguintes órgãos:

- Ministério da Economia, por intermédio da Secretaria de Desenvolvimento da Indústria, Comércio, Serviços e Inovação (coordenador);
- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, por intermédio da Secretaria de Empreendedorismo e Inovação;
- Superintendência da Zona Franca de Manaus - SUFRAMA.

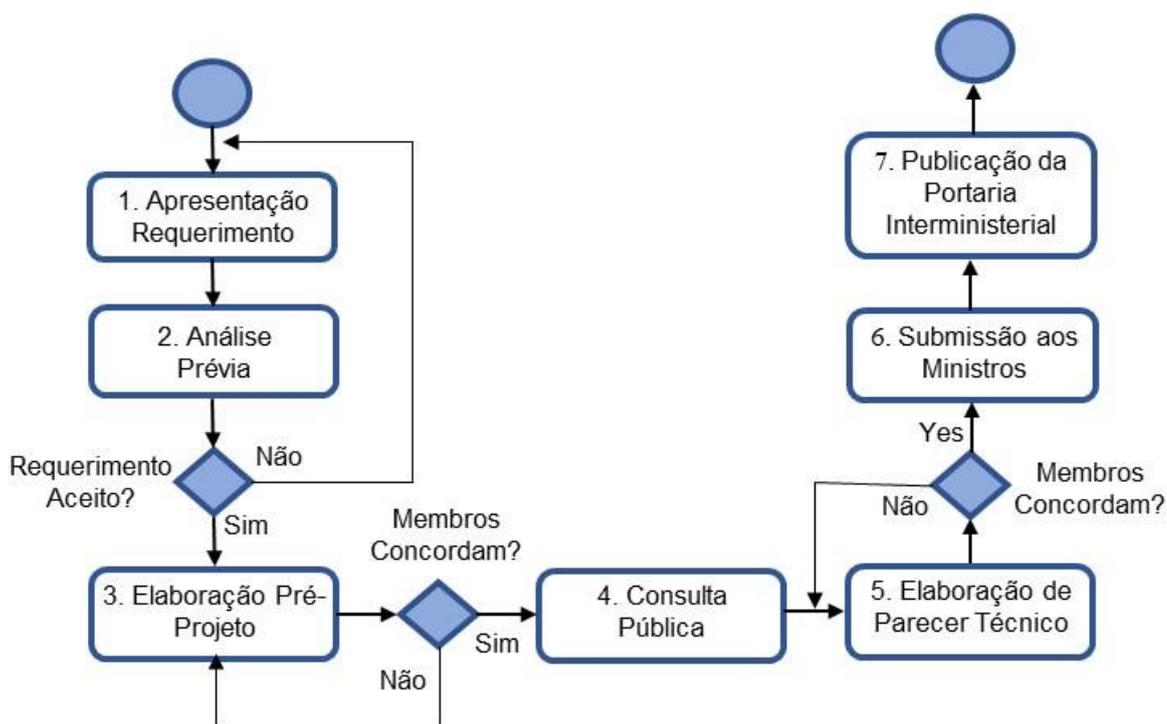
Sua finalidade, conforme Art. 3º, é "examinar, emitir parecer e propor aos Ministros de Estado da Economia e da Ciência, Tecnologia e Inovações a fixação ou alteração dos processos produtivos básicos".

No GT-PPB são discutidos tanto os PPBs para concessão dos benefícios fiscais inerentes à Zona Franca de Manaus como os referentes à Lei de Informática (Lei nº 13.969/19 e alterações posteriores). Embora para atendimento de legislações diferentes, mas com benefícios fiscais similares, os chamados bens de informática, assim definidos pelo Decreto nº 5.906, de 26 de setembro de 2006, em seu Anexo I, são objeto de Portarias Interministeriais gêmeas, ou seja, apresentam as mesmas etapas de produção a serem cumpridas pelas empresas.

O processo de fixação ou alteração de PPBs, basicamente começa com a solicitação da parte interessada, em geral uma empresa ou associação de classe, através de roteiro próprio, mas também pode ser proposto "de ofício" pelos componentes do GT PPB.

As fases do procedimento são condensadas de forma simplificada no fluxograma apresentado na Figura 09

**Figura 09 - Fluxograma Fixação/Alteração PPB**



**Fonte:** Preparado pelo autor a partir da Portaria Interministerial 32/2019.

Caso haja divergência entre os membros ou fatores externos que prejudiquem o andamento dos processos, de maneira a ultrapassar o prazo máximo estabelecido de 120 dias para a decisão final, pode ser convocada uma Reunião Extraordinária de Alto Nível Decisório, com a presença do Secretário de Desenvolvimento da Indústria, Comércio, Serviços e Inovação do Ministério da Economia, do Secretário de Empreendedorismo e Inovação do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações e do Superintendente da SUFRAMA para se buscar o consenso na tomada da decisão final ou na resolução dos fatores externos.

Atualmente, por delegação de competência dos Ministros, esta modalidade de Portaria Interministerial é firmada pelo Secretário Especial de Produtividade, Emprego e Competitividade do Ministério da Economia e Secretário Executivo do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações.

Os critérios para aprovação dos PPBs são definidos no Art. 6º:

Art. 6º A análise prévia de adequação, que compete à coordenação do GT-PPB, será efetuada no prazo de vinte dias, quando deverão ser observados os seguintes critérios básicos:

I - busca do equilíbrio inter-regional, evitando-se o deslocamento de indústrias de regiões tradicionais produtoras do bem em análise ou a simples transferência de plantas industriais da empresa pleiteante já instaladas no País;

II - agregação de valor à produção, por meio da atração de investimentos, que efetivamente gerem níveis crescentes de produtividade e de competitividade, incorporem tecnologias de produtos e de processos de produção compatíveis com o estado da arte e da técnica e contemplem a formação e capacitação de recursos humanos para o desenvolvimento científico e tecnológico;

III - contribuição para o atingimento das macrometas contidas nas políticas governamentais que promovam o desenvolvimento científico e tecnológico;

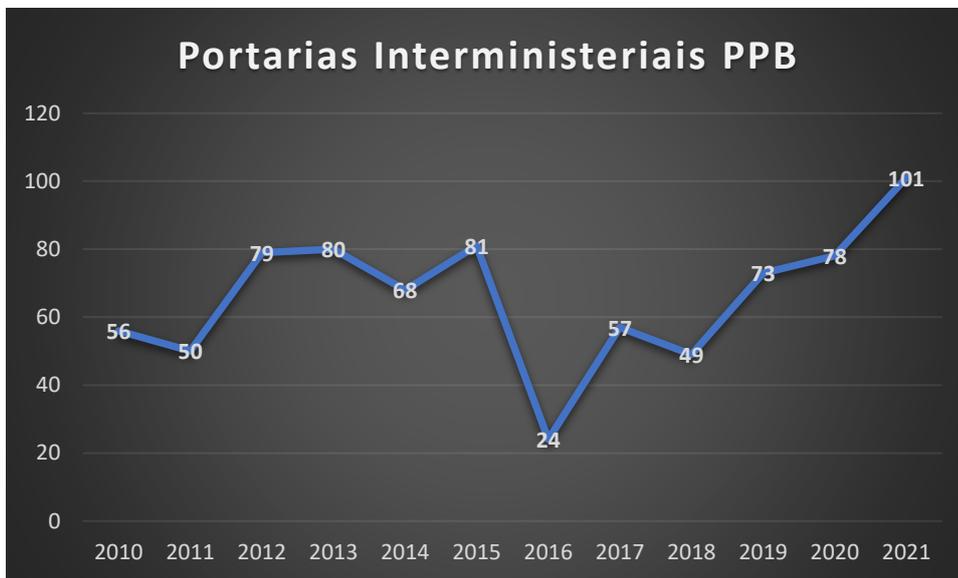
IV - incremento de oferta de emprego na região envolvida; e

V - promoção do aproveitamento sustentável da biodiversidade e demais recursos naturais da Amazônia Legal, quando aplicável a PPB da Zona Franca de Manaus.

O atendimento a estes critérios é verificado na fase de Análise Prévia e compete à Coordenação do GT-PPB. Como pode ser observado, o Inciso I praticamente define que apenas novos produtos, ainda sem fabricação no País, poderão ser produzidos no PIM.

Do ponto de vista quantitativo, a publicação de Portarias Interministeriais referentes a PPBs decidindo pelo indeferimento, arquivamento, alteração e fixação nos últimos anos pode ser observada no Gráfico 03:

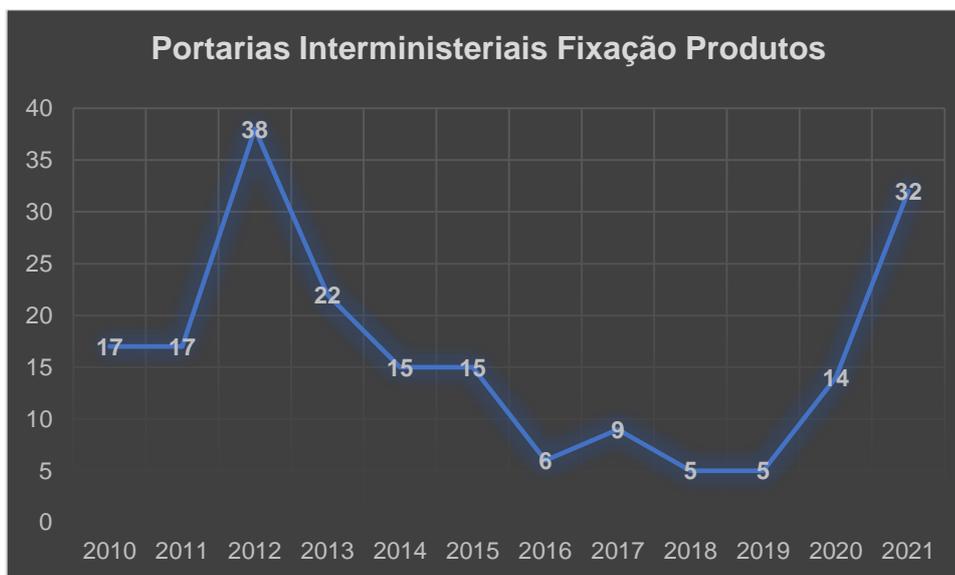
**Gráfico 03** - Publicação de Portarias Interministeriais Referentes a PPBs



**Fonte:** Preparado pelo autor a partir dos registros da Suframa

Ocorre que, a despeito do significativo volume de publicações, a quantidade de Portarias Ministeriais referentes à fixação de PPBs que correspondem especificamente à introdução de novos produtos é significativamente menor, indicando baixa renovação e um potencial ponto de preocupação do Governo Federal para a continuidade do modelo ZFM, conforme indica a Gráfico 04:

**Gráfico 04** - Publicação de Portarias Interministeriais Referentes a Novos Produtos



**Fonte:** Preparado pelo autor a partir dos registros da Suframa

Como decorrência desta situação, atualmente 47,0 % do faturamento do PIM está apoiado em apenas cinco produtos, sendo que o quarto em faturamento, Placa de Circuito Impresso Montada constitui um insumo para os demais, conforme pode ser observado na Tabela 04. A descontinuidade de algum destes traria considerável impacto no faturamento do PIM, sendo que já há propostas de aparelhos para substituir o televisor.

**Tabela 04** - Principais Produtos do PIM Quanto ao Faturamento

Posição:	Produto:	Faturamento (R\$):	Perc. (%):	Acum (%):
1	Televisor c/ tela LCD	23.049.303.747	14,5	14,5
2	Telefone celular	15.407.803.957	9,7	24,2
3	Motocicletas, motonetas e ciclomotores	15.100.599.802	9,5	33,7
4	Placa circuito impresso montada (informática)	12.360.552.113	7,8	41,5
5	Condicionador de ar split system	8.739.937.509	5,5	47,0
6	Forno micro-ondas	2.231.258.468	1,4	48,4
7	Bicicletas inclusive elétrica (ciclo-elétrico)	1.161.126.704	0,7	49,1
8	Relógio de pulso e bolso	1.109.106.308	0,7	49,8
9	Autorrádio e reprodutores de áudio	1.064.172.851	0,7	50,5

<b>10</b>	Unidade condensadora split system	699.018.068	0,4	50,9
<b>Total:</b>		<b>67.273.300.500</b>	<b>50,9</b>	

**Fonte:** Preparado pelo autor a partir dos Indicadores de Desempenho do Polo Industrial de Manaus (2022).

Tal situação reforça o interesse na aderência do PPB às novas tecnologias, que permitam ampliar a diversidade de itens aqui fabricados, de maneira a criar uma maior independência de produtos específicos e aumentar o faturamento como um todo.

Desta forma, pretende-se a partir das principais características analisadas dos MMPs aderentes à I4.0 levantados e da compreensão dos requerimentos associados aos PPBs, bem como do seu mecanismo de fixação e alteração, identificar lacunas e melhoramentos com o objetivo de alavancar novas oportunidades para o PIM.

### **3 METODOLOGIA**

Neste capítulo é apresentada a classificação da pesquisa, estrutura do estudo, as etapas para o desenvolvimento do questionário correspondente ao MMP adaptado às características do PPB, além do processo de seleção do PPB Representativo. Ao final são apresentadas as características gerais de pesquisa adicional conduzida com o objetivo de avaliar a percepção da efetividade do PPB.

#### **3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA**

De acordo com Silva (2001, p. 20), esta pesquisa está classificada quanto à natureza, como pesquisa aplicada, uma vez que é dirigida a gerar conhecimento para solução de um problema específico, envolvendo interesse local.

Com relação à abordagem, segundo Creswell (2018, p. 44) trata-se de pesquisa de métodos mistos (quantitativo-qualitativa), porque as informações são classificadas com base em critérios numéricos, porém, são analisadas quanto à aderência ao tema proposto numa abordagem qualitativa. A pesquisa de métodos mistos é uma investigação integrando as duas formas de dados e utilizando planejamentos distintos que podem envolver suposições filosóficas e *frameworks* teóricos. O pressuposto fundamental dessa abordagem de investigação é que a

integração de dados qualitativos e quantitativos produz uma visão adicional, além daquelas fornecidas apenas pelos dados quantitativos ou qualitativos isoladamente.

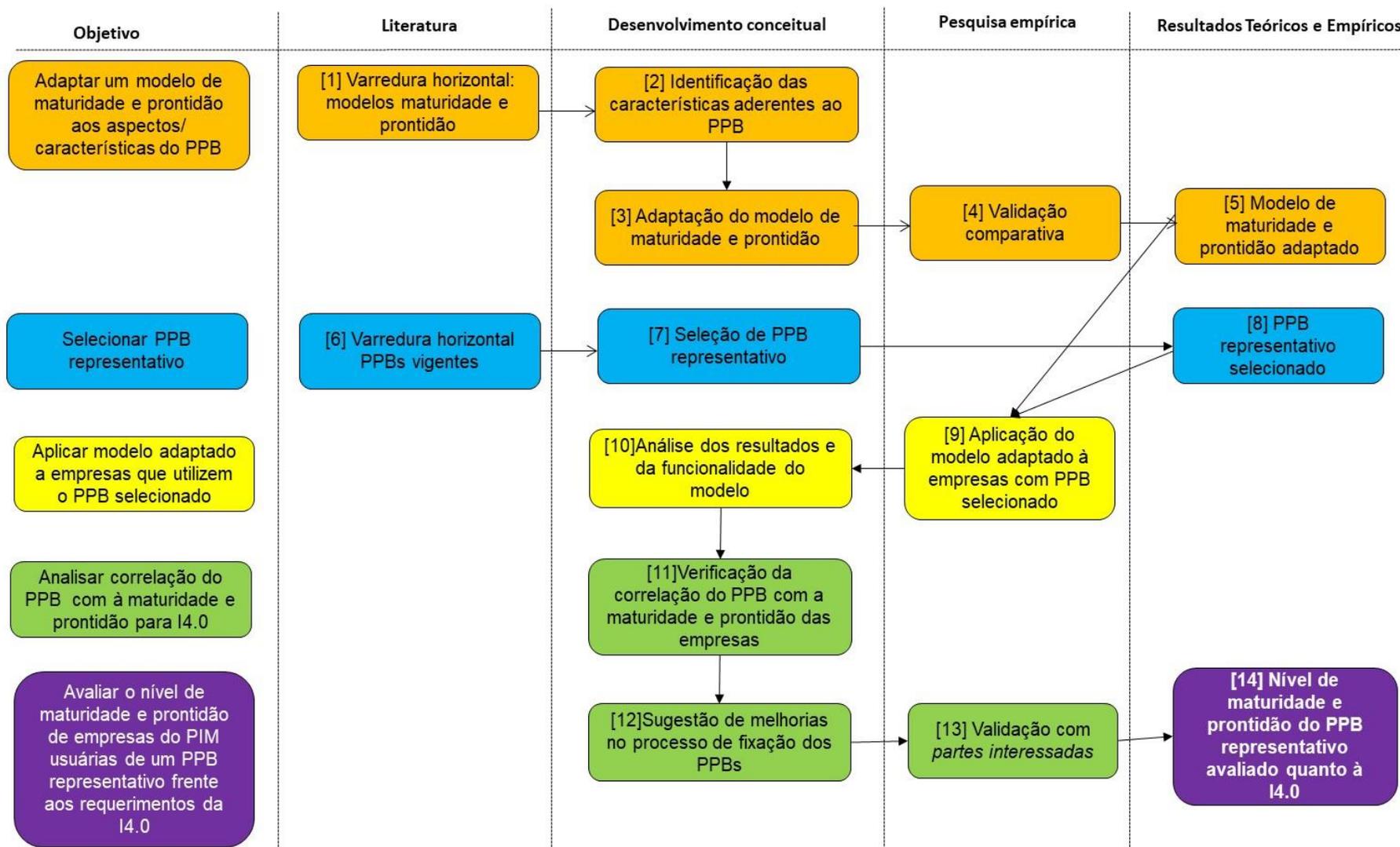
Já quanto aos objetivos é caracterizada como exploratória, pois visa tornar explícito um problema identificado (GIL, 1991, p. 41).

Quanto à estratégia de pesquisa, trata-se de um estudo de caso explanatório, conforme Yin (2015, p. 23), uma vez que visa propor explicações que podem ser extrapoladas para situações similares.

### 3.2 ESTRUTURA DO ESTUDO

Para melhor compreensão, as etapas do presente estudo estão sumarizadas no Quadro 14 e correlacionadas com as fases de Revisão da Literatura, Desenvolvimento Conceitual, Pesquisa Empírica e Resultados Teóricos e Empíricos:

**Quadro 14 - Estrutura do Estudo**



Fonte: Preparado pelo Autor.

O trabalho iniciou-se com a pesquisa da literatura, através de Varredura Horizontal em fontes secundárias para os temas de Modelos de Maturidade e Prontidão (MMP) e PPBs vigentes. Para a primeira pesquisa escolheu-se o método *Knowledge Development Process-Constructivist - ProKnow-C*, proposto por Ensslin e Ensslin (2007) e Ensslin *et al* (2010), já tendo sido desenvolvida a primeira etapa correspondente à definição do Portfólio Bibliográfico, correspondente a 17 artigos. Da análise destes artigos foram observadas as características dos MMPs aderentes ao PPB. Já a pesquisa dos PPBs vigentes ocorreu a partir das Bases de Dados da SUFRAMA.

Os MMPs selecionados pela Varredura Horizontal foram analisados quanto às suas características, estabelecendo-se uma correlação com o PPB e seu processo de fixação, de maneira a identificar aspectos relevantes indutores da I4.0, validados através de análise comparativa com o Portfólio Bibliográfico. Originalmente, quando da fase de Qualificação da Pesquisa, planejou-se a legitimação por grupo de especialistas com conhecimento conceitual e prático do tema através de entrevistas semiestruturadas, porém este método foi substituído em razão do tempo necessário para sua realização. Foi utilizada uma análise comparativa com as dimensões e sub dimensões dos MMP levantados de maneira a construir construtos abrangentes, resultando em um Modelo de Maturidade e Prontidão Adaptado (MMPA), aplicado a empresas do PIM que utilizam o PPB representativo.

O PPB representativo foi selecionado dentre os vigentes a partir da análise comparativa dos aspectos de importância do subsector correspondente, sua utilização pelas empresas e expectativa de horizonte de vida. Estrategicamente, como em última análise, o objetivo é aumentar a competitividade do PIM, entendeu-se que tal PPB preferencialmente não seria escolhido entre os produtos considerados bens de informática, que possuem benefícios fiscais semelhantes para a produção em outras regiões do País.

O MMPA foi aplicado através de pesquisa tipo *survey* a partir de um questionário estruturado utilizando a Escala Likert de cinco pontos, com mais de um representante por empresa para incluir diversidade de visões.

O universo de empresas foi definido pela totalidade de fabricantes com projetos ativos na SUFRAMA do produto com o PPB selecionado, de maneira a obter a melhor significância estatística possível.

A partir da análise dos resultados encontrados e considerando-se as funcionalidades e limitações observadas na aplicação do MMPA, foi elaborada como resultado uma proposta para aperfeiçoamento do processo de fixação de PPBs, de maneira a reduzir as lacunas encontradas para a adoção da I4.0.

Tal proposta foi validada junto as principais partes interessadas, gerando-se uma sugestão passível de ser apresentada à Unidade da SUFRAMA com competência legal para tratar o tema do PPB, materializando o atingimento do Objetivo Geral apresentado.

### 3.3 SELEÇÃO DE PPB REPRESENTATIVO:

Arbitrou-se como critério de representatividade a importância em termos do faturamento relativo no PIM, sendo identificados na varredura horizontal os PPBs dos 10 maiores faturamentos, conforme apresentados no Quadro 15:

**Quadro 15** – PPBs dos produtos com os 10 maiores faturamentos do PIM

<b>Posição:</b>	<b>Produto:</b>	<b>PPB:</b>
1	Televisor c/ tela LCD	Portaria Interministerial SEPEC/ME/SEXEC/MCTI N° 9.485, de 06 de agosto de 2021.
2	Telefone celular	Portaria Interministerial ME/MCTI n° 12.357, de 18 de outubro de 2021 e Portaria Interministerial MDIC/MCTIC n° 13, de 10 de janeiro de 2018
3	Motocicletas, motonetas e ciclomotores	Portaria Interministerial ME/MCTI n° 43, de 29 de julho de 2020
4	Placa circuito impresso montada (informática)	Portaria Interministerial MIR/MICT/MCT n° 68, de 2 de maio de 1994
5	Condicionador de ar split system	Portaria Interministerial MDIC/MCTI n° 8, de 22 de janeiro de 2014, Portaria Interministerial MDIC/MCTI n° 16, de 18 de janeiro de 2016 e Portaria Interministerial n° 20, de 3 de abril de 2017
6	Forno micro-ondas	Portaria Interministerial MIR/MICT/MCT n° 68, de 2 de maio de 1994
7	Bicicletas inclusive elétrica (ciclo-elétrico)	Portaria Interministerial MDIC/MCT n° 139, de 15 de junho de 2011 e Portaria Interministerial ME/MCTI n° 60, de 17 de novembro de 2020.
8	Relógio de pulso e bolso	Decreto n° 783/93, Anexo III
9	Autorrádio e reprodutores de áudio	Portaria Interministerial MDIC/MCTI n° 322, de 31 de dezembro de 2014, Portarias

		Interministeriais MDIC/MCTI nº 375, de 1º de dezembro de 2015, nº 46, de 8 de junho de 2017 e Portaria Interministerial MDIC/MCTIC nº 19, de 5 de abril de 2018.
10	Unidade condensadora split system	Portaria Interministerial MDIC/MCTI nº 8, de 22 de janeiro de 2014, Portaria Interministerial MDIC/MCTI nº 16, de 18 de janeiro de 2016 e Portaria Interministerial nº 20, de 3 de abril de 2017

**Fonte:** Preparado pelo autor a partir de consulta ao Sistema Integrado SUFRAMA (SIS).

Ao analisar-se o produto de maior faturamento, observou-se que teve a fixação inicial do seu PPB pela Portaria Interministerial nº 46, de 20 de março de 2002, já tendo passado por várias alterações, portanto, um produto consolidado. Foram identificadas sete empresas produtoras ativas na atualidade sendo a escolha natural como PPB representativo. Atualmente, é reportada produção apenas para o Produto Padrão SUFRAMA 1248 TELEVISOR EM CORES COM TELA DE CRISTAL LÍQUIDO.

#### **Histórico de PPBs do televisor:**

Portaria Interministerial SEPEC/ME/SEXEC/MCTI nº 9.485, de 06 de agosto de 2021 e Portaria Interministerial SEPEC/ME/SEXEC/MCTI nº 14.766, de 17 de dezembro de 2021 (atual);

Portaria Interministerial MDIC/MCTI nº 186, de 28.05.2015;

Portaria Interministerial MDIC/MCTI nº 55, de 20 de fevereiro de 2013;

Portaria Interministerial MDIC/MCTI nº 135, de 11 de junho de 2012;

Portaria Interministerial MDIC/MCTI nº 233, de 16 de setembro de 2011;

Portaria Interministerial MDIC/MCTI nº 12, de 1º de fevereiro de 2011;

Portaria Interministerial MDIC/MCTI nº 163, de 24 de agosto de 2009;

Portarias Interministeriais MDIC/MCTI nº 207, de 13 de novembro de 2007;

Portaria Interministerial MDIC/MCTI nº 22, de 7 de fevereiro de 2007;

Portaria Interministerial nº 82, de 3 de maio de 2006;

Portaria Interministerial nº 31, de 21 de fevereiro de 2006;

Portaria Interministerial MDIC/MCT nº 337, de 25 de outubro de 2005;

Portaria Interministerial nº 268, de 23 de agosto de 2005;

Portaria Interministerial nº 35, de 17 de janeiro de 2005;

Portaria Interministerial nº 449, de 8 de outubro de 2003;

Portaria Interministerial nº 391, de 28 de agosto de 2003;

Portaria Interministerial nº 46, de 20 de março de 2002.

### 3.4 CONSTRUÇÃO DO MODELO DE MATURIDADE E PRONTIDÃO ADAPTADO AO PPB (MMPA)

A partir da análise dos Modelos de Maturidade e Prontidão encontradas no Referencial Teórico levantado, optou-se pela elaboração de um questionário de diagnóstico estruturado a ser aplicado nas empresas fabricantes do produto TELEVISOR em uma pesquisa tipo *survey* com respostas baseadas na Escala Likert de cinco pontos, utilizada em quase todos os MMP avaliados.

Para estruturar o MMPA elaborou-se quadro comparativo dos MMP relacionados no Quadro 11, com a identificação de 18 dimensões e sub dimensões. Naturalmente, na ausência de uma padronização de nomenclatura foram encontradas superposições e indefinições demandando ajustes no enquadramento.

Especificamente para a Referência 11, que comparou os MMP *Digital REadiness Assessment MaturitY DREAMY* (Ref. 10), *Smart Manufacturing System Readiness Level SMSRL* (Ref. 5) e *Manufacturing Operations Management Capability Maturity Model* (MOM/CMM) criado pela Manufacturing Enterprise Systems Association (MESA), as dimensões correspondem a este último, uma vez que os demais já tinham sido contemplados.

**Quadro 16** – Identificação de dimensões e sub dimensões presentes no Referencial Bibliográfico.

Dimensão/sub dimensão:	Referência Bibliográfica:																	Incidência:
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Produtos/Serviços	X		X			X	X				X	X	X		X		X	9
Processos		X			X		X	X		X	X	X				X		8
Clientes/Parceiros/Vendas	X		X										X					2
Operações/Manufatura	X	X			X			X		X	X				X	X	X	9
Tecnologia/Conectividade	X			X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X		12
Estratégia				X		X	X					X	X		X	X	X	8
Liderança	X					X		X					X					4
Governança/Gestão/Controle	X	X			X			X	X	X			X			X		8
Cultura	X			X														2
Pessoal/Recursos Humanos	X		X	X		X	X					X			X	X		8
Compras/Suprimentos			X														X	2
Logística/Interoperabilidade			X	X		X		X			X							5
Criação de Valor/Desempenho									X				X				X	3
Dados/Informações		X											X					1
Outras																		4

**Fonte:** Preparado pelo autor.

Observação: Sob a denominação “Outras” estão as dimensões Competência, Finanças, Modelo de Negócios e Alinhamento Organizacional, todas com uma citação.

Para o caso específico de adaptação ao PPB, utilizamos as seguintes hipóteses:

- a) O PPB refere-se a um produto específico e, portanto, não há sentido em considerar a dimensão Produto no MMPA;
- b) De forma análoga, ao fixar o produto e suas etapas mínimas de fabricação, não há maior flexibilidade do processo de manufatura a não ser pela introdução de novas tecnologias, motivo pelo qual a dimensão Manufatura também não foi considerada.

Diante do exposto, decidiu-se pelo agrupamento de características das dimensões e sub dimensões encontradas com o estabelecimento no MMPA de quatro dimensões, a saber:

1. Tecnologias Habilitadoras: com a intenção de cobrir as principais tecnologias emergentes e a questão da conectividade, requerimento para implantá-las;
2. Interoperabilidade da Cadeia Logística: abrangendo as questões relacionadas a fornecedores, clientes, integração de sistemas e cadeias de valor;
3. Capital Humano: referenciando as questões de Pessoal em especial competências e mudanças comportamentais necessárias à realidade da I4.0 e;
4. Modelo de Gestão: abordando além da governança, atributos de liderança, estratégia e mudança da cultura organizacional.

No sentido de desdobrar as dimensões em questões objetivas, conduziu-se uma Revisão Bibliográfica complementar que resultou na construção do Questionário com 37 afirmações do Apêndice A.

### 3.4.1 Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0

No seu Relatório *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*, Kagermann *et al.* (2013), já indicavam para o futuro o relacionamento de negócios através de Sistemas Cíber-Físicos (SCF), onde redes globais incorporarão máquinas, sistemas logísticos e instalações de produção das empresas. No ambiente de manufatura, estes SCF incorporariam sistemas de produção e de movimentação de materiais inteligentes, capazes de decisões autónomas, dando origem às fábricas inteligentes (*smart factories*). Para estas novas unidades industriais previam integração vertical dos processos de negócios e horizontal com redes de valor dispersas. Dentre as 8 áreas-chave indicadas no Relatório, destacam-se do ponto de vista de tecnologias habilitadoras a infraestrutura de banda larga e a segurança.

Ao analisar o novo momento trazido pela Indústria 4.0, a partir de estudos de caso da indústria alemã, sabidamente líder em automação, Rüßmann *et al.* (2015) em Relatório *The future of productivity and growth in manufacturing industries* do Boston Consulting Group identificaram nove tendências tecnológicas que classificaram como os *building blocks* da Indústria 4.0, a saber:

Big Data e Analytics: avaliação de dados e informações de diversas fontes para obtenção de decisões em tempo real;

Robôs Autônomos: mais flexíveis e seguros para trabalho junto com seres humanos;

Simulação: modelos virtuais sofisticados que permitirão otimização da produção;

Integração de Sistemas Vertical e Horizontal: empresas e capacidades serão mais coesas através de redes integradas, trazendo valor real à cadeia logística;

Internet das Coisas Industrial: mais dispositivos terão computação embutida permitindo interação no campo e com controle central e respostas em tempo real;

Segurança Virtual (Cybersecurity): com o crescimento da intercomunicação, a necessidade de segurança virtual aumenta drasticamente;

Computação em Nuvem: com o crescimento da computação distribuída e melhoria da tecnologia de comunicação, mais serviços serão distribuídos em nuvem;

Manufatura Aditiva (Impressão 3D): será largamente usada para produção de lotes pequenos de produtos customizados, reduzindo transporte e inventário;

Realidade Aumentada: terá uso difundido para prover trabalhadores com informações para decisão e melhoria de processos.

Utilizando metodologia de revisão bibliográfica, Saucedo-Martínez *et al.* (2018) selecionaram 110 publicações e identificaram 9 blocos de tecnologias consideradas a espinha dorsal da Indústria 4.0, levantando uma visão panorâmica da importância de cada uma como da interdependência entre estas. Do conjunto analisado, verificaram que a categoria com maior crescimento era a de integração vertical e horizontal, considerado o pilar da Indústria 4.0 pelo fato de ser inclusivo e dos demais blocos terem dependência deste.

Já o objeto de estudo de Peres *et al.* (2020) foi a Inteligência Artificial Industrial que, no contexto da Indústria 4.0 identificou como uma tecnologia-chave para atender as capacidades de flexibilidade, responsividade e de inteligência para auto-capacidades tais como: auto-otimização, auto-sensibilidade e auto-monitoramento. Verificou nos projetos de Inteligência Artificial princípios comuns com os da Indústria 4.0 como descentralização, modularidade e capacidade em tempo real, tendo como principais aplicações a otimização de processos, controle de qualidade e manutenção preditiva e ergonomia/colaboração de humanos e robôs.

O Quadro 17 resume as tecnologias identificadas na bibliografia pesquisada:

**Quadro 17** – Tecnologias Habilitadoras da I4.0 Identificadas

<b>Item:</b>	<b>Tecnologia:</b>	<b>Descrição:</b>
1	Sistemas Ciber-Físicos	Máquinas inteligentes, sistemas logísticos e instalações de produção capazes de trocar informações de forma autônoma, com controlando-se mutuamente de forma independente.
2	Big data & analytics	A avaliação de dados e informações de diversas fontes para obtenção de decisões em tempo real
3	Robôs autônomos	Mais flexíveis e seguros para trabalho junto com seres humanos.
4	Simulação digital	Modelos virtuais sofisticados que permitirão otimização da produção.
5	Integração de Sistemas	Empresas e capacidades serão mais coesas através de redes integradas, trazendo valor real à cadeia logística.

6	Internet das Coisas	Mais dispositivos terão computação embutida permitindo interação no campo e com controle central e respostas em tempo real.
7	Segurança Virtual	Com o crescimento da intercomunicação, a necessidade de segurança virtual aumenta drasticamente.
8	Computação em Nuvem	Com o crescimento da computação distribuída e melhoria da tecnologia de comunicação, mais serviços serão distribuídos em nuvem.
9	Manufatura Aditiva	Será largamente usada para produção de lotes pequenos de produtos customizados, reduzindo transporte e inventário.
10	Realidade Aumentada	Terá uso difundido para prover trabalhadores com informações para decisão e melhoria de processos.
11	Inteligência Artificial	Tecnologias que permitem aos sistemas entender o ambiente, processar dados e resolver problemas complexos, além de aprender com a experiência.

**Fonte:** Adaptado de Kagermann *et al.* (2013), Rüßmann *et al.* (2015), Saucedo-Martínez *et al.* (2018) e Peres *et al.* (2020).

Desta forma, foram elaboradas 11 afirmações correlacionando as tecnologias habilitadoras identificadas com as características do PPB a serem comentadas a partir de cinco situações estabelecidas, como Variáveis Observáveis.

### 3.4.2 Interoperabilidade Logística

No sentido de construir o conceito de Interoperabilidade Logística (IOL), Santiago (2017) analisou um portfólio de 68 artigos selecionados a partir de pesquisa bibliométrica, onde o associam com a capacidade de interação de ativos, informações, processos e aplicações de organismos independentes mantendo suas características originais, destacando sua contribuição para maior efetividade, eficiência e responsividade. Conclui que a interoperabilidade contribui para a resolução de anomalias e proporciona ganhos na cadeia logística, podendo ser considerado vetor para o alinhamento estratégico.

A importância da logística na I4.0 como habilitadora das etapas de produção e fator crucial para tempo de transporte, custo de armazenagem, gestão da cadeia de suprimentos e, principalmente, entrega ao cliente no prazo é enfatizada por Forkel (2018). Para construir um ecossistema logístico inteligente e interoperável apresenta um conceito sistêmico em três níveis: organizacional, de sistemas e físico, suportados por uma infraestrutura de tecnologia da informação. Conclui que a interoperabilidade de sistemas é requisito básico para avanços futuros, especialmente no setor logístico altamente automatizado.

Segundo Pan (2021), de forma geral, a interoperabilidade deve ser considerada nos níveis físico, organizacional, de negócios e digital. Entende que, essencialmente, a vulnerabilidade observada nas cadeias logísticas globais demonstrada pela pandemia tem a ver com a interoperabilidade.

Destaca o conceito de Physical Internet (PI), metáfora da internet digital visando alcançar uma interconexão global perfeita de redes de logística, afirmando ser este o novo paradigma mundial na direção da eficiência e, portanto, da sustentabilidade.

A partir de uma análise bibliométrica de publicações entre os anos de 2010 e 2020, identificou 208 documentos dos quais estabeleceu 4 desafios para interoperabilidade digital na PI: formato de compartilhamento de dados, comunicação efetiva, privacidade e segurança, e dados orientados ao produto/pedido.

Para Pedersen (2012), representantes da indústria e comunidade acadêmica perceberam a necessidade de uma iniciativa conjunta para mudança no paradigma de interoperabilidade, para aumento da eficiência da logística e atingir o objetivo político de reduzir o impacto ambiental do transporte. Neste sentido, entende como principais direcionamentos manter a troca de informação de forma não ambígua e no nível mínimo necessário de complexidade, além de utilizar plataformas abertas ou de uso comum.

Chalmeta e Pazos (2014) esclarecem que o objetivo da interoperabilidade é importante não apenas pelo ponto de vista da empresa, individualmente, mas também pelas novas estruturas de negócios que estão surgindo. Relaciona como maiores desafios, no momento, o desenvolvimento de *frameworks* com a necessária visão holística e a escassez de exemplos práticos que poderiam servir como direcionadores.

Westerhein e Hauge (2015) afirmam que alguns dos maiores problemas em cadeias logísticas globais ainda são relacionados a informações limitadas referentes às próprias mercadorias bem como de seus *status* na cadeia. Aponta que um pré-requisito para um perfeito fluxo de informações, através da cadeia logística e entre seus *stakeholders* é a interoperabilidade.

Diante das características levantadas, foram elaboradas 14 afirmações como Variáveis Observáveis da Interoperabilidade Logística apresentadas em sequência das relacionadas às Tecnologias Habilitadoras.

### **3.4.3 Capital Humano**

Também no Relatório *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*, Kagermann *et al.* (2013) apresentavam como duas áreas-chave a Organização e Design do Trabalho e o Treinamento e Desenvolvimento Profissional continuado. Com relação ao primeiro tema aponta a necessidade de um ambiente participativo, medidas de treinamento continuado e trabalho por projetos. Já em relação ao segundo propõe a organização do trabalho para promoção do conhecimento, a implementação de métodos digitais de aprendizagem e redes de divulgação de melhores práticas.

Ramzi *et al.*(2019) afirmam que, atualmente, a abordagem das pessoas é considerada crucial para o sucesso das organizações. Do ponto de vista da Indústria 4.0, examina três fatores: habilidades humanas, troca de conhecimentos e liderança transformacional. Com relação ao primeiro fator, recomenda programas de treinamento específicos, levando em conta as características do trabalho, considerando robôs e humanos complementares. Indica que a troca de conhecimentos vem sendo considerada na literatura como o construto mais significativo da gestão do conhecimento, podendo gerar resultados positivos em criatividade, inovação tecnológica, sucesso organizacional e gerencial, além da resolução de problemas. Já com relação à liderança transformacional, assinala sua importância na manutenção de um bom ambiente em organizações sob mudanças importantes e na melhoria de relações com subordinados, que é associado à melhoria de desempenho.

Já Steward & Kelley (2020), a partir do resultado de *focus groups* e dados secundários no estado americano de Ohio, enfatizam no âmbito das habilidades necessárias àquelas representadas pela sigla *STEM: Science, Technology, Engineering e Mathematics* (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática, em português), destacando que os trabalhadores devem ter um entendimento básico de operações e processos para compreender o porquê e como das ferramentas tecnológicas, além de conhecimento do negócio. Abordam também a necessidade de transferência de conhecimento dos trabalhadores mais experientes, além do

desenvolvimento de *soft skills* como comunicação interpessoal e pensamento crítico. Identificam a necessidade por parte das instituições acadêmicas de ouvir a indústria sobre as habilidades necessárias no chão de fábrica.

Com base em dois estudos trabalhados na mesma organização tecnológica em momentos pré e durante a pandemia COVID 19, a partir da perspectiva do trabalhador, Peña-Jimenez *et al.* (2021) identificaram quatro *clusters* de habilidades necessárias a este novo momento: as cognitivas (raciocínio lógico, criatividade, aprendizagem ativa, sensibilidade a problemas, expressão oral, flexibilidade, análise integrativa, solução de problemas complexos e capacidade de ouvir), as funcionais do negócio (análise e formulação de relatórios, orientação ao serviço e gestão de recursos), as estratégicas (percepção de mudanças, visualização, identificação de causas e consequências, avaliação de soluções, identificação de problemas, análise de processos e julgamento/tomada de decisão) e as de gestão de pessoas (percepção social, negociação, coordenação com os demais, gestão do tempo, treinamento/ensinamento, persuasão e gestão financeira). Este seria um *framework* para o desenvolvimento de programas de treinamento ou estratégias de desenvolvimento de pessoal. Assinalam que no momento da pandemia, as habilidades funcionais do negócio foram percebidas como mais importantes em momentos de transição.

A partir de revisão sistemática de literatura, Grzybowska & Lupicka (2017) identificaram oito competências gerenciais para a Indústria 4.0: criatividade, pensamento empreendedor, solução de problemas, resolução de conflitos, tomada de decisão, habilidades analítica e de pesquisa e orientação à eficiência. Tais competências foram pesquisadas junto às indústrias automobilística e farmacêutica, pois se utilizam de novas tecnologias e inovação, destacando-se o pensamento empresarial e orientação à eficiência na primeira e tomada de decisão e solução de problemas e de conflitos na segunda.

Para Karacay (2018), habilidade em Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) serão uma necessidade mesmo para empregos de menor pagamento, combinadas com o conhecimento técnico. Aponta a necessidade ainda maior de *soft skills* (colaboração, comunicação e autonomia) no ambiente em mudanças e indica que empregados devem cultivar o hábito de aprendizagem

continuada com uma maior abrangência, de perspectiva interdisciplinar. Também assinala a importância das competências STEM como básicas para entendimento de novas tecnologias, sendo esperada maior expectativa dos trabalhadores na gestão da complexidade, solução de problemas e maiores níveis de abstração para simplificação do entendimento do todo, portanto, com perfil de maior iniciativa, excelente comunicação e apto a organizar o próprio trabalho. Afirma que o ambiente da Indústria 4.0 trará maiores oportunidades para responsabilidade individual, liderança descentralizada e envolvimento em tomada de decisão, demandando entender a organização como um todo, identificar a dinâmica da indústria e o inter-relacionamento das cadeias de valor.

O World Economic Forum (WEF) vem acompanhando o tema através de relatórios periódicos baseados em pesquisas, sendo que no Relatório *The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution* (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016) identificou as seguintes demandas quanto a habilidades desejadas previstas para o ano de 2020, em ordem decrescente de importância: solução de problemas complexos, sociais, de processos, de sistemas, gestão de recursos, técnicas, habilidades cognitivas, de conteúdo e habilidades físicas. Nesta pesquisa foram ouvidos executivos de 371 empresas de 9 setores, representando 13 milhões de empregados no primeiro semestre de 2015. Já no ano de 2020, através de 291 respostas coletadas no primeiro semestre de 2020, representando empresas com 7,7 milhões de empregados. Relatório com o mesmo título apresentou as 15 habilidades mais desejadas para 2025 do Quadro 18, em ordem decrescente de importância.

**Quadro 18** – Habilidades Desejadas para 2025

<b>1</b>	<b>Inovação e pensamento analítico</b>	<b>9</b>	<b>Resiliência, tolerância ao estresse e flexibilidade</b>
<b>2</b>	Aprendizado ativo e estratégias de aprendizado	10	Raciocínio, solução de problemas e ideação
<b>3</b>	Solução de problemas complexos	11	Inteligência emocional
<b>4</b>	Pensamento crítico e análise	12	Solução de problemas e experiência de usuário
<b>5</b>	Criatividade, originalidade e iniciativa	13	Orientação ao serviço
<b>6</b>	Liderança e influência social	14	Análise e avaliação de sistemas
<b>7</b>	Uso, monitoramento e controle de tecnologia	15	Persuasão e negociação
<b>8</b>	Programação e design de tecnologia		

**Fonte:** Future of Jobs Survey 2020, World Economic Forum

A partir desta bibliografia complementar foram elaboradas mais cinco afirmações para serem criticadas pelos respondentes em sequência das anteriores.

#### **3.4.4 Modelo de Gestão**

Para Olsen e Tomlin (2020) a Indústria 4.0, terá profundo impacto tanto na arquitetura das operações como nos processos associados, dentro da estratégia de operações. A partir da análise das tecnologias de manufatura aditiva, internet das coisas, *blockchain*, robótica e inteligência artificial, conclui por impactos diretos e indiretos no processo de gestão das operações e cadeia logística. Observa que certas tecnologias poderão alterar profundamente ou mesmo eliminar o papel de recursos humanos.

Através da metodologia de revisão sistemática da literatura, Piccarozzi *et al.* (2018) focaram no tema da gestão no ambiente da Indústria 4.0, propondo uma definição mais abrangente da Indústria 4.0 com foco no papel da estratégia. Destaca aspectos como tecnologia avançada, aumento/manutenção da competitividade, atuação em toda a cadeia de valor e formulação de estratégia. Assinala que adotar a Indústria 4.0 não é apenas uma questão de tecnologias, ferramentas ou métodos de produção, mas implica em mudanças em todos os aspectos gerenciais, não apenas em nível interno, mas também com todos os parceiros e, mais genericamente, com atores do ecossistema em que a empresa opera. Adiciona que do ponto de vista

social sua implementação poderia contribuir para o bem-estar de toda sociedade e contribuir para aumentar a sustentabilidade.

Tomando como pressuposto a sinergia entre Indústria 4.0 e fabricação ambientalmente sustentável, a partir de diversos estudos prévios levantados, De Souza Jabbour *et al.* (2018) identificaram onze Fatores Críticos de Sucesso a serem levados em conta para impulsionar sua implementação, conforme o Quadro 06, em sua maioria aderentes ao tema da gestão, Eles argumentam que tal sinergia, impulsionada por estes FSC podem revolucionar os padrões de produção e consumo como entendemos hoje, propondo uma estrutura integrativa para compreender seu funcionamento.

**Quadro 19** – Fatores Críticos de Sucesso para implementação da I4.0 e fabricação sustentável

---

<b>1</b>	<b>Liderança gerencial</b>
<b>2</b>	Preparação para mudança organizacional
<b>3</b>	Compromisso da alta gerência
<b>4</b>	Alinhamento estratégico
<b>5</b>	Treinamento e construção de capacidade
<b>6</b>	Empoderamento
<b>7</b>	Trabalho em equipe e times de implementação
<b>8</b>	Cultura organizacional
<b>9</b>	Comunicação
<b>10</b>	Gestão de projetos
<b>11</b>	Cultura nacional e diferenças regionais

---

**Fonte:** De Souza Jabbour *et al.* (2018)

A partir da análise de 38 casos de sucesso na implementação da Indústria 4.0, obtidos de bases de dados de conferências e de relatórios nacionais, Feterman *et al.* (2018) classificaram a frequência de tecnologias da Indústria 4.0 na gestão de operações, encontrando por ordem de incidência: gestão da tecnologia, just in time, gestão da cadeia de suprimentos, estratégia de operações e gestão da qualidade. Quanto às tecnologias utilizadas, foi identificada a predominância do IoT, seguido do CPS e de dispositivos móveis.

Para atender essa Variável Latente adicionaram-se na sequência sete novas afirmações, totalizando 39 Variáveis Observáveis.

Desta forma, estruturou-se Modelo de Medição composto de:

- a) Módulo Estrutural, formado por 4 construtos (Variáveis Latentes) que representam as dimensões do modelo estudado;
- b) Módulo de Mensuração, formado por 37 indicadores (Variáveis Observáveis), destinados à mensuração dos construtos.

Os construtos reflexivos descrevem variáveis latentes, que não são diretamente observáveis no ambiente de estudo, mas são manifestadas por meio das variáveis observáveis (indicadores), conforme Tabela 05:

**Tabela 05** – Variáveis do Modelo de Maturidade e Prontidão Adaptado

<b>Variáveis Latentes (Construtos):</b>	<b>Variáveis Observáveis (Indicadores):</b>
<b>Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0 (THI)</b>	11
<b>Interoperabilidade Logística (IOL)</b>	14
<b>Capital Humano (CHU)</b>	5
<b>Modelo de Gestão Empresarial (MGE)</b>	7
<b>Total:</b>	<b>37</b>

**Fonte:** Preparado pelo autor.

O questionário completo está composto de campos para identificação do respondente, um breve resumo de sua finalidade e forma de ser respondido, seguido das afirmações contendo cada uma das cinco opções de resposta, podendo ser encontrado no Apêndice A.

### 3.5 VALIDAÇÃO QUALITATIVA DO MODELO DE MATURIDADE E PRONTIDÃO ADAPTADO AO PPB (MMPA):

Para validação qualitativa do MMPA elaborou-se análise comparativa das afirmações desenvolvidas com o atendimento s 18 dimensões e sub dimensões dos modelos levantados na Revisão Bibliográfica, conforme o Quadro 20, permitindo concluir pelo atendimento da sua quase totalidade.

**Quadro 20** – Análise comparativa dimensões e sub dimensões

<b>Dim. MMPA:</b>	<b>Afirmações:</b>	<b>Dim. Revisão Bibliográfica:</b>
<b>THI</b>	1 a 11	Processos Tecnologia/Conectividade Operações/Manufatura Criação de Valor/Desempenho
<b>IOL</b>	12	Operações/Manufatura Logística/Interoperabilidade
	13	Tecnologia/Conectividade Logística/Interoperabilidade
	14	Tecnologia/Conectividade Dados/Informações
	15	Tecnologia/Conectividade Logística/Interoperabilidade
	16	Clientes/Parceiros/Vendas Logística/Interoperabilidade Criação de Valor/Desempenho
	17	Tecnologia/Conectividade Logística/Interoperabilidade
	18	Operações/Manufatura Logística/Interoperabilidade
	19	Clientes/Parceiros/Vendas Logística/Interoperabilidade
	20	Operações/Manufatura Logística/Interoperabilidade
	21	Logística/Interoperabilidade
	22	Dados/Informações Logística/Interoperabilidade
	23	Operações/Manufatura Logística/Interoperabilidade
	24	Criação de Valor/Desempenho
	25	Clientes/Parceiros/Vendas Pessoal/Recursos Humanos
<b>CHU</b>	26 e 27	Pessoal/Recursos Humanos
	28	Liderança
	29	Cultura Pessoal/Recurso Humanos
	30	Clientes/Parceiros/Vendas Pessoal/Recurso Humanos
<b>MGE</b>	31	Estratégia Governança/Gestão/Controle Alinhamento Organizacional
	32	Cultura Governança/Gestão/Controle Competência
	33	Pessoal/Recursos Humanos Governança/Gestão/Controle Competência
	34	Governança/Gestão/Controle
	35	Operações/Manufatura Governança/Gestão/Controle Criação de Valor/Desempenho
	36	Cultura

37	Pessoal/Recursos Humanos Governança/Gestão/Controle Cultura Pessoal/Recursos Humanos Governança/Gestão/Controle
----	---

**Fonte:** Preparado pelo autor.

### 3.6 VALIDAÇÃO ESTATÍSTICA DO MODELO DE MATURIDADE E PRONTIDÃO ADAPTADO AO PPB (MMPA):

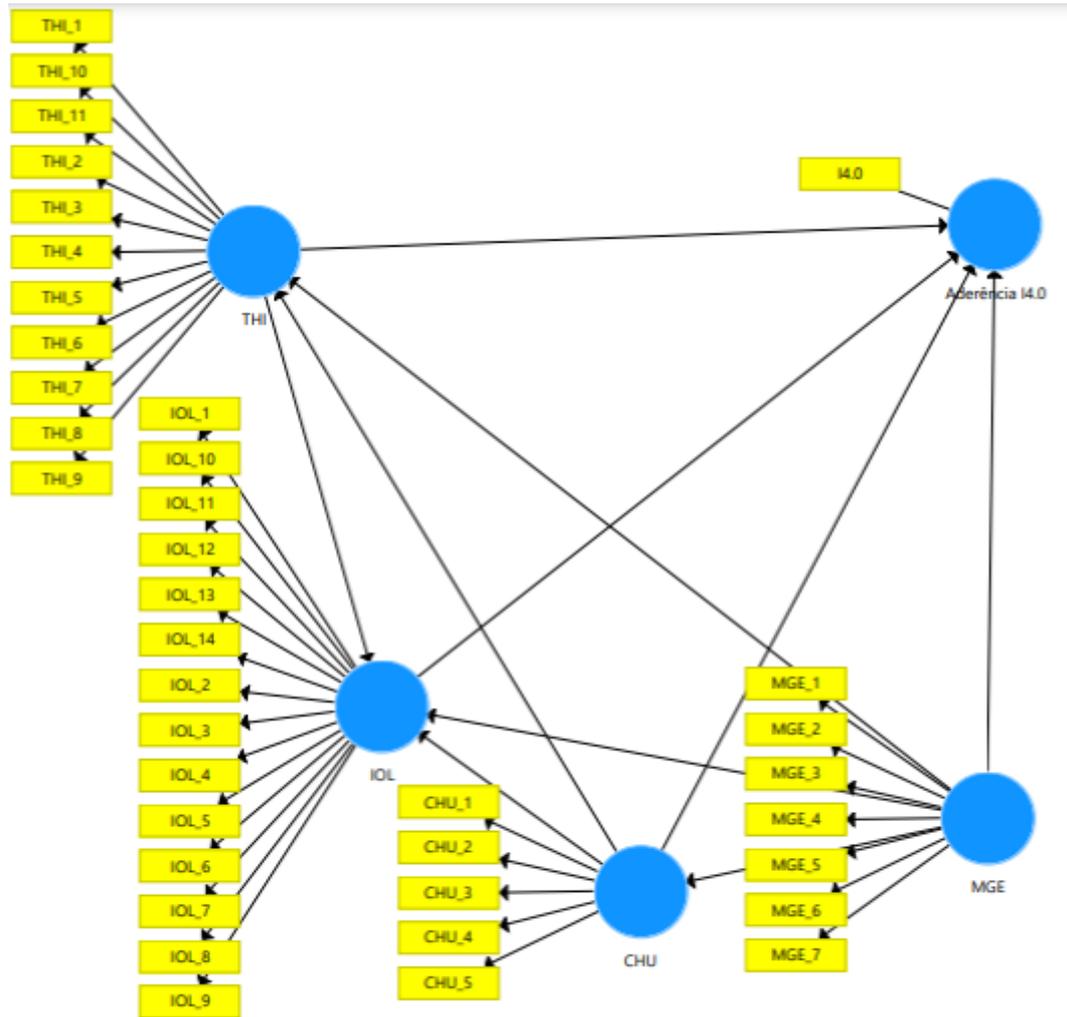
Para validação estatística do Modelo de Medição optou-se pela utilização da Modelagem de Equações Estruturais (MME) que, conforme Da Silva Pereira *et al.* (2019), une diferentes técnicas estatísticas em um único método de análise apresentando o resultado em um diagrama de caminhos, permitindo avaliar a relação e grau de influência entre as variáveis independentes e dependentes. O ponto de partida é um modelo teórico conceitual que especifique a relação entre as variáveis.

A MME é uma estrutura estatística multivariada usada para modelar relações complexas entre variáveis observadas direta e indiretamente (latentes), envolvendo a resolução simultânea de sistemas de equações lineares e utilizando outras técnicas, como regressão, análise fatorial, análise de caminho e modelagem de curva de crescimento latente (STEIN *ET AL.* 2012).

Conforme De Souza Bido & Da Silva (2019), a modelagem de equações estruturais com estimação por mínimos quadrados parciais (PLS-SEM) tem se mostrado como uma excelente possibilidade para a avaliação de relações entre construtos, pois é robusta a falta de normalidade multivariada e é viável para amostras pequenas. Adiciona que se adequa bem em situações em que a teoria que sustenta as relações causais ainda não tem grande “sedimentação” e pode ser usada de forma mais exploratória.

Foi utilizado o software SmartPLS® 3.0 para estabelecer o modelo estrutural da Figura 10, explicitado o relacionamento entre as variáveis:

**Figura 10 – Modelo Estrutural**



**Fonte:** Software SmartPLS 3.0

### 3.7 DESENVOLVIMENTO DE PESQUISA ADICIONAL

Em função da conveniência e oportunidade de contato com empresas fabricantes do produto TELEVISOR, tendo em conta, conforme o item 1.6 Justificativa, que não foram encontrados trabalhos referentes à efetividade do PPB em atingir os objetivos elencados no Decreto-Lei 288/1967, decidiu-se desenvolver pesquisa adicional utilizando metodologia similar de maneira a averiguar a percepção dos representantes da indústria quanto ao tema.

Esta pesquisa, descrita no Apêndice B, está correlacionada com a anteriormente descrita referente à I4.0 no sentido de proporcionar melhor compreensão da operacionalização dos PPBs.

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo são analisadas as respostas recebidas para as pesquisas elaboradas e comentados os aspectos relevantes dos achados. É feita ainda, uma comparação com resultados da base de dados do modelo de maturidade e prontidão PIM M4.0® aplicado às mesmas empresas, porém sem o viés do PPB, além da demonstração da validade estatística do MMPA desenvolvido através da modelagem de equações estruturais pelo software SmartPLS® 3.0.

### 4.1 APLICAÇÃO DA PESQUISA

O questionário correspondente ao MMPA foi encaminhado e respondido no período de outubro a novembro de 2021, contando com 29 respondentes distribuídos entre as 7 empresas com projetos ativos na SUFRAMA para produção do televisor, conforme Tabela 06:

**Tabela 06** – Respondentes nas empresas pesquisadas:

<b>Empresa:</b>	<b>Respondentes:</b>
<b>Empresa local</b>	4
<b>Multinacional chinesa 1</b>	2
<b>Multinacional coreana 1</b>	5
<b>Multinacional japonesa</b>	4
<b>Empresa nacional</b>	5
<b>Multinacional coreana 2</b>	6
<b>Multinacional chinesa 2</b>	3
<b>Total:</b>	29

**Fonte:** Preparado pelo autor a partir da pesquisa aplicada.

Os resultados foram tabulados e organizados, conforme a planilha do Apêndice A, cujo resumo é apresentado na Tabela 07, onde são apresentadas as médias aritméticas das respostas e respectivos desvios-padrão, observando se os vieses presentes nas possibilidades de resposta eram negativos ou positivos, ou seja,

favoráveis os desfavoráveis à I4.0. No caso do viés negativo, as pontuações foram invertidas para que uma maior pontuação correspondesse a situação mais favorável e estão assinaladas com a letra “N”.

**Tabela 07** – Médias e desvio padrão dos resultados encontrados

<b>Num.:</b>	<b>Dimensão/Afirmação:</b>	<b>Média:</b>	<b>D. Padrão:</b>
<b>THI</b>	<b>Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0</b>	<b>3,5</b>	
1	Favoreceu/promoveu a utilização da tecnologia de Robôs Autônomos	4,0	1,2
2	Favoreceu/promoveu a utilização da tecnologia de Internet das Coisas ( <i>Internet of Things – IOT</i> ).	3,8	1,4
3	Favoreceu/promoveu a utilização da tecnologia de Simulação Digital (Gêmeos Digitais).	3,2	1,4
4	Favoreceu/promoveu a utilização de tecnologias de Segurança Digital ( <i>Cyber Security</i> ).	3,8	1,4
5	Favoreceu/promoveu a utilização de tecnologias de Integração de Sistemas (inclusive com parceiros).	4,1	1,3
6	Favoreceu/promoveu a utilização de tecnologia de Computação em Nuvem ( <i>Cloud Computing</i> ).	4,0	1,2
7	Favoreceu/promoveu a utilização de tecnologia de Manufatura Aditiva (Impressão 3D).	3,1	1,5
8	Favoreceu/promoveu a utilização de tecnologia de Big Data.	3,6	1,4
9	Favoreceu/promoveu a utilização de tecnologia de Realidade Aumentada ( <i>Augmented Reality</i> ).	2,8	1,3
10	Favoreceu/promoveu a utilização de tecnologias de Inteligência Artificial ( <i>Artificial Intelligence</i> ).	3,2	1,5
11	Favoreceu/promoveu a utilização de Sistemas Cíber-Físicos ( <i>Cyber-Physical Systems</i> ).	3,1	1,2
<b>IOL</b>	<b>Interoperabilidade da Cadeia Logística</b>	<b>3,9</b>	
12	Promoveu o fluxo de informação de maneira fluida entre a produção e outras áreas. (N)	3,8	0,9
13	Demandou a utilização de tecnologias de código de barras ou RFID.	3,0	1,3
14	Exigiu que as informações necessárias estivessem disponíveis no ERP.	4,1	1,1
15	Demandou ferramentas para simular o processo logístico.	4,0	1,0
16	Introduziu flexibilidade para atender demandas inesperadas.	3,5	1,2
17	Promoveu a integração de sistemas com fornecedores e clientes.	3,7	1,1
18	Exigiu que as informações fossem compartilhadas de maneira eficiente entre produção e estoques.	4,4	1,0
19	Contribuiu para a flexibilidade e pontualidade no atendimento e satisfação das necessidades dos clientes. (N)	4,0	1,0

20	Demandou que as informações fossem compartilhadas de maneira eficiente entre produção e estoques.	4,2	0,9
21	Promoveu a integração das atividades ao longo da cadeia logística.	3,9	0,9
22	Fez com que colaboração de ativos e fluxo de informação tivessem impacto positivo na interoperabilidade logística. (N)	3,9	0,7
23	Demandou utilização de práticas Just In Time.	3,9	1,3
24	Promoveu tempo de responsividade mínimo para emergências e demandas não previstas. (N)	3,8	0,9
25	Favoreceu o engajamento da equipe para prover aos clientes qualidade e prioridade. (N)	4,0	0,8
<b>CHU</b>	<b>Capital Humano</b>	<b>3,8</b>	<b>0,9</b>
26	Estimulou o desenvolvimento de novos conhecimentos aderentes à Indústria 4.0 nos colaboradores, em especial os relacionados com ciência, tecnologia, engenharia e matemática (do inglês <i>STEM – Science, Technology, Engineering and Math</i> ).	3,7	0,9
27	Promoveu o desenvolvimento de novas habilidades aderentes à Indústria 4.0 (pensamento analítico e inovação, aprendizado ativo, resolução de problemas complexos, análise crítica, criatividade, persuasão, inteligência emocional, dentre outros).	3,8	0,9
28	Desenvolveu lideranças transformadoras entre os colaboradores. (N)	3,9	0,8
29	Impulsionou a aplicação de metodologias de compartilhamento de conhecimentos ( <i>knowledge sharing</i> ). (N)	4,0	0,9
30	Demandou o estabelecimento de parcerias com instituições de ensino e pesquisa para treinamentos específicos ( <i>skill based education</i> ).	3,6	0,9
<b>MGE</b>	<b>Modelo de Gestão Empresarial</b>	<b>3,7</b>	
31	Levou a Indústria 4.0 aos Objetivos Estratégicos da Empresa.	3,6	1,3
32	Motivou a Alta Administração a conhecer e entender os conceitos da Indústria 4.0.	3,9	1,2
33	Demandou dos colaboradores em nível gerencial estarem preparados para a Indústria 4.0.	3,9	1,0
34	Levou a mudanças na arquitetura organizacional mais aderentes à Indústria 4.0.	3,5	1,3
35	Promoveu maior flexibilidade de produção.	3,8	1,2
36	Promoveu o empoderamento ( <i>empowerment</i> ) dos colaboradores.	3,5	1,4
37	Promoveu o trabalho em grupo ( <i>teamwork</i> ) dos colaboradores.	4,0	1,0
<b>GERAL</b>		<b>3,7</b>	

Fonte: Preparada pelo autor

Com relação às THI, as questões/afirmações faziam referência ao favorecimento/promoção de tecnologias específicas tendo como base o PPB de televisores, sendo maiores pontuações obtidas pelas de integração de sistemas (4,1), computação em nuvem (4,0) e robôs autônomos (4,0). Por outro lado, as consideradas de menor prontidão foram realidade aumentada (2,8), manufatura aditiva e (3,1) sistemas ciber-físicos (3,1). Aqui observa-se desconhecimento dos respondentes do conceito de sistemas ciber-físicos, que são a base para todas as tecnologias habilitadoras.

Relativamente às demais dimensões, esta apresentou maior dispersão das respostas, sendo as maiores convergências (1,2) verificadas com relação às tecnologias de computação em nuvem (4,0), robôs autônomos (4,0) e sistemas ciber-físicos (3,1), enquanto que as menores (1,5) correspondem à manufatura aditiva (3,1) e inteligência artificial (3,2).

Na IOL, as melhores pontuações corresponderam aos temas de eficiência de compartilhamento de informações entre produção e estoques (4,4), exigência de as informações estarem disponíveis no ERP (4,1) e contribuição para flexibilidade e pontualidade no atendimento aos clientes (4,0). As de menor pontuação foram flexibilidade para atender demandas inesperadas (3,5), integração de sistemas com fornecedores e clientes (3,7) e responsividade mínima para demandas não previstas (3,8). Este cenário denota concentrações de ações em nível interno à empresa, portanto, demandando maior integração da cadeia logística com os parceiros de negócio. Foi observada menor dispersão (0,7) nas respostas quanto à colaboração entre ativos e fluxo de informação (3,9) e maior (1,3) quanto à introdução de práticas *just-in-time* (3,9).

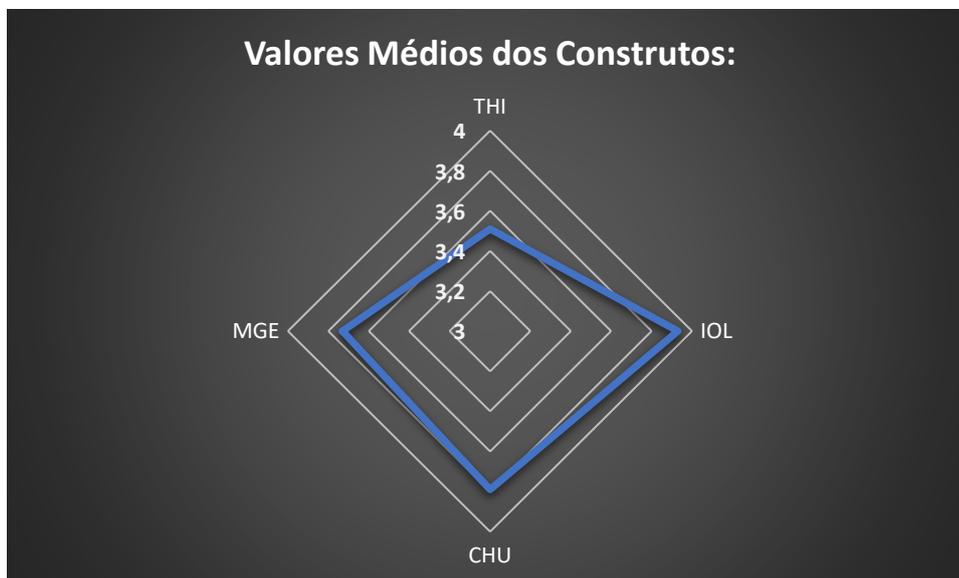
Já com respeito ao construto CHU, a aplicação de metodologias de compartilhamento de conhecimentos (4,0) e desenvolvimento de lideranças transformadoras entre os colaboradores (4,0) foram as mais bem pontuadas, enquanto que o estabelecimento de parcerias com instituições de ensino para treinamentos específicos *skill based education* (3,6) e estímulo nos colaboradores ao desenvolvimento de conhecimento na áreas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática *STEM – Science, Technology, Engineering and Maths* (3,7) foram as menos pontuadas. Neste aspecto, observa-se a concentração de ações dentro das

empresas, sendo desejável maior interação com a comunidade acadêmica. A convergência das respostas foi bastante homogênea, correspondendo a 0,9 para quase todas as afirmações, exceto para o desenvolvimento de lideranças transformadoras entre colaboradores (0,8).

No aspecto MGE, o destaque foi a promoção do trabalho em grupo dos colaboradores *teamwork* (4,0), enquanto os de menor classificação foram a alteração da arquitetura organizacional para a I4.0 (3,5) e o empoderamento dos trabalhadores *empowerment* (3,5). Estas respostas apontam modelo de gestão com viés conservador. Nesta dimensão as maiores convergências (1,0) estão na preparação dos gerentes para a I4.0 (3,9) e promoção do trabalho em grupo (4,0), sendo a menor convergência quanto ao empoderamento dos colaboradores (3,5).

O Gráfico 05 apresenta uma análise comparativa entre os resultados encontrados através de um Gráfico Radar, onde pode ser observada uma situação de certa homogeneidade entre os valores médios encontrados dos construtos, que variam de 3,5 a 3,9, com destaque para a Interoperabilidade Logística.

**Gráfico 05** - Valores Médios Encontrados dos Construtos de Maturidade e Prontidão



**Fonte:** Elaborado pelo autor a partir da pesquisa aplicada.

#### 4.2 RESULTADOS COM PIM M4.0®

O Modelo de Maturidade e Prontidão PIMM4.0® corresponde a um produto comercial resultado da evolução daquele apresentado por Azevedo e Santiago (2019) denominado PIM4.0 com seis dimensões.

Este apresenta oito dimensões: Produtos e Serviços, Manufatura e Operações, Estratégia e Organização, Cadeia de Suprimentos, Modelo de Negócio, Interoperabilidade, Pessoas e Cultura e Sustentabilidade, conforme informações do sítio internet do Produto é resultado de parceria da academia com a iniciativa privada e orientado para a realidade brasileira (<https://www.pimm40.com.br/>).

Foi escolhido pelo projeto Jornada Amazônia 4.0, da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) em parceria com o Instituto de Desenvolvimento Tecnológico (INDT), para aplicação em 20 empresas do PIM visando diagnóstico quanto à prontidão para a I4.0 (<https://www.abdi.com.br/postagem/aberto-edital-jornada-amazonia-4-0>).

Observar que este MMP foi aplicado às mesmas empresas do PIM para um diagnóstico organizacional, porém, sem definir um foco específico no produto televisor com os resultados médios indicados na Tabela 08:

**Tabela 08** – Resultados PIM M4.0®

<b>Item:</b>	<b>Dimensão:</b>	<b>Resultado:</b>
1	Produtos e Serviços	2,51
2	Manufatura e Operações	2,53
3	Estratégia e Organização	2,27
4	Cadeia de Suprimentos	2,40
5	Modelo de Negócio	2,50
6	Interoperabilidade	2,97
7	Pessoas e Cultura	2,32
	<b>Média Geral:</b>	<b>2,50</b>

**Fonte:** Base de dados PIM M4.0®

### 4.3 VALIDAÇÃO ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Segundo Da Silva Pereira *et al.* (2019), a interpretação da MME deve ser feita em duas etapas: avaliação do modelo de mensuração (relações entre os indicadores e construtos) e avaliação do modelo estrutural (relações entre os construtos).

#### 4.3.1 Avaliação do Modelo de Mensuração

Para a primeira etapa, avaliam-se os indicadores Variância Média Extraída (*Average Variance Extracted - AVE*), Consistência Interna (Alfa de Cronbach – *Cronbachs' Alpha*), Confiabilidade Composta (*Composite Reliability*) e Validade Discriminante (*Discriminant Validity*).

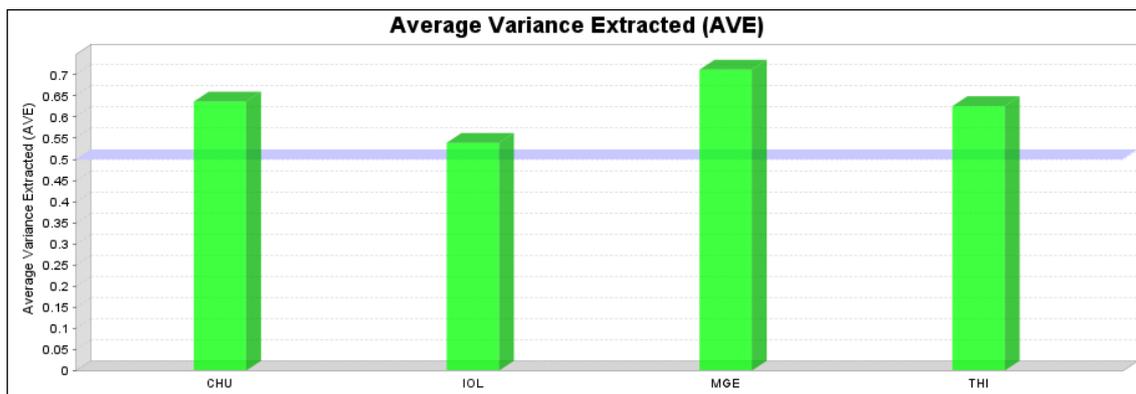
**Tabela 09** – Indicadores do Modelo de Mensuração

<b>Construto:</b>	<b>AVE:</b>	<b>Consistência Interna:</b>	<b>Confiabilidade Composta:</b>
<b>CHU</b>	0,637	0,856	0,897
<b>IOL</b>	0,539	0,930	0,940
<b>MGE</b>	0,712	0,932	0,945
<b>THI</b>	0,626	0,936	0,948

**Fonte:** Software SmartPLS® 3.0

Para avaliação da *Average Variance Extracted – AVE*, utilizando-se o critério segundo o qual para AVE maiores de 50%, o modelo converge para um resultado satisfatório (FORNELL & LARCKER, 1981). No caso, todos os construtos têm valor de AVE acima de 50%, portanto, não demandando ajustes.

**Gráfico 06** – Variância Média Extraída (*Average Variance Extracted – AVE*)

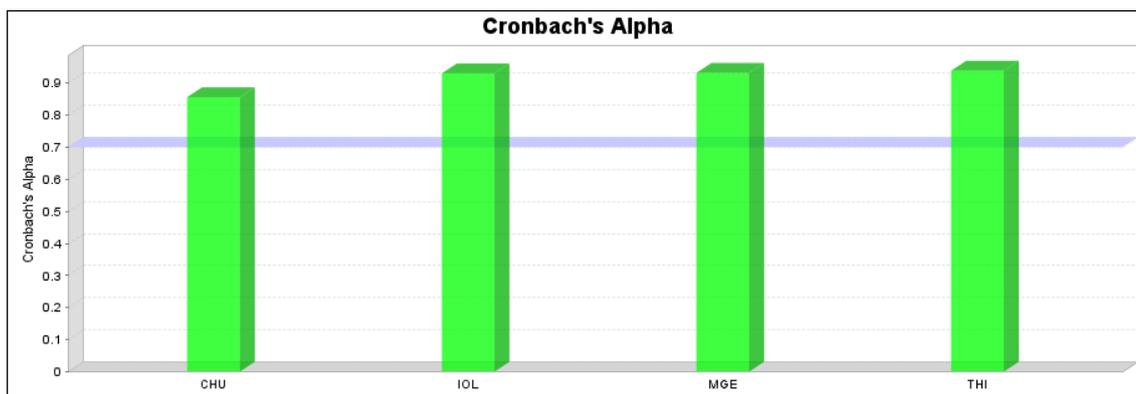


**Fonte:** Software SmartPLS® 3.0

Em seguida, é necessário avaliar os valores da Consistência Interna (Alfa de Cronbach) e Confiabilidade Composta (p-rho de Dillon Goldstein) para avaliar se as amostras estão livres de vieses e se o conjunto de respostas é confiável (RINGLE; SILVA; BIDO, 2014).

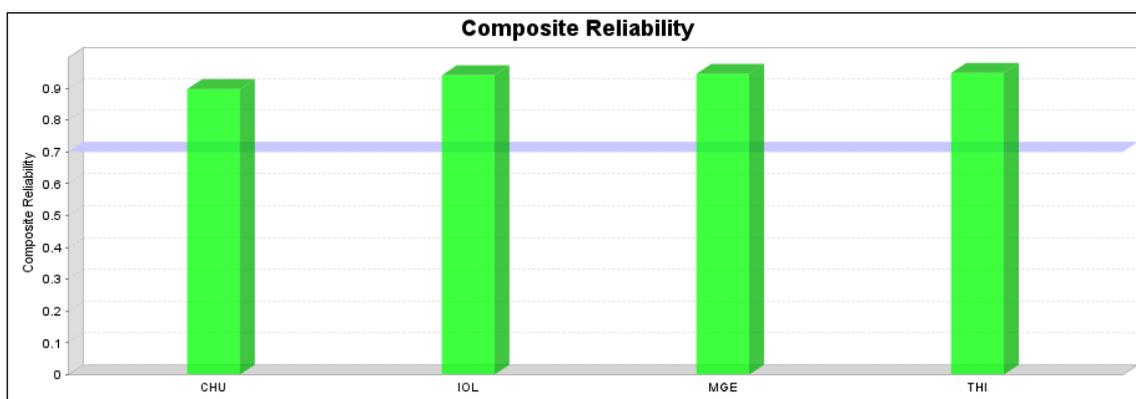
Conforme Hair *et al.*, 2014, valores acima de 0,6 e 0,7 são considerados satisfatórios em pesquisas exploratórias para Consistência Interna, sendo que no caso o menor valor encontrado dentre os construtos foi 0,856. No caso da Confiabilidade Composta são considerados adequados valores de 0,70 e 0,90 deste índice, sendo o menor valor encontrado de 0,897.

**Gráfico 07** – Consistência Interna (*Cronbach's Alpha*)



**Fonte:** Software SmartPLS® 3.0

**Gráfico 08 – Confiabilidade Composta**



Fonte: Software SmartPLS® 3.0

Para o término desta etapa é necessário avaliar a Validade Discriminante, indicador de que os construtos são independentes uns dos outros (HAIR *ET AL.*, 2016). As cargas fatoriais cruzadas são obtidas correlacionando os escores dos componentes de cada variável latente com todos os outros itens. Se o carregamento de cada indicador for maior para sua VL designada do que para qualquer das outras construções, e cada uma das cargas de construção é mais alta com seus próprios itens, pode-se inferir que os construtos diferem suficientemente umas das outras. (CHIN, 1998).

As cargas fatoriais cruzadas são obtidas correlacionando os escores dos componentes de cada variável latente com todos os outros itens. Se o carregamento de cada indicador for maior para sua VL designada do que para qualquer das outras construções, e cada uma das cargas de construção é mais alta com seus próprios itens, pode-se inferir que os construtos diferem suficientemente uns dos outros. (CHIN, 1998)

A validade discriminante entre as variáveis latentes mostra que os valores diagonais são maiores que a correlação entre as demais.

**Tabela 10 – Validade Discriminante Correlação Entre Variáveis Latentes**

Construto:	Ader. I4.0	CHU	IOL	MGE	THI
<b>Ader. I4.0</b>	1,000				
<b>CHU</b>	-0,092	0,798			
<b>IOL</b>	-0,244	0,669	0,734		
<b>MGE</b>	-0,092	0,732	0,699	0,844	
<b>THI</b>	-0,006	0,760	0,716	0,710	0,791

Fonte: Software SmartPLS® 3.0

### 4.3.2 Avaliação do Modelo Estrutural

Concluída a Avaliação do Modelo de Mensuração, inicia-se a Avaliação do Modelo Estrutural pelos coeficientes de determinação de Pearson ( $R^2$ ), que avalia a variância das variáveis endógenas.

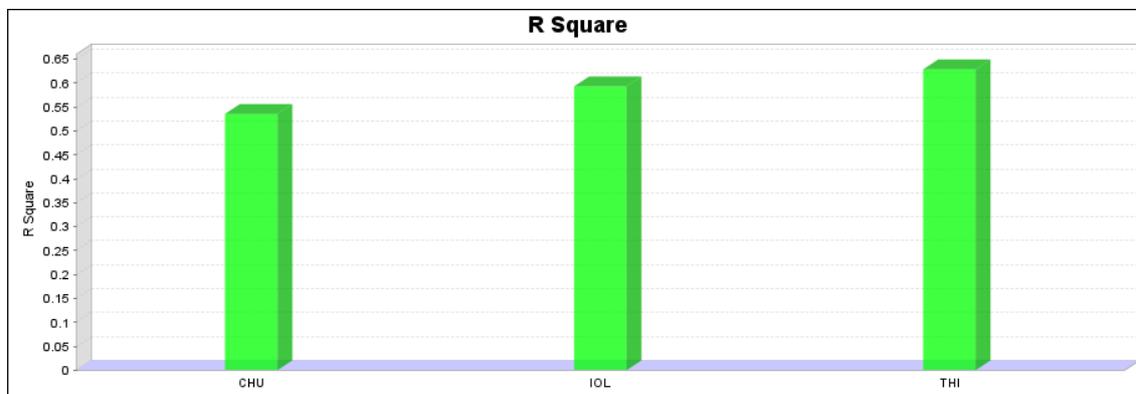
**Tabela 11** – Coeficientes de Determinação de Pearson ( $R^2$ )

Construto:	$R^2$ :
Ader. I4.0	0,119
CHU	0,535
IOL	0,587
THI	0,629

Fonte: Software SmartPLS® 3.0

Para este indicador utiliza-se o critério de Cohen (1988), apesar de voltados para estudos em ciências sociais, balizados a saber:  $R^2=2\%$  como efeito pequeno,  $R^2=13\%$  efeito médio e  $R^2=26\%$  efeito grande. Os resultados apontam para um elevado grau de ajuste e aderência quanto à explicação do modelo.

**Gráfico 09** – Coeficientes de Determinação de Pearson  $R^2$  (*R Square*)



Fonte: Software SmartPLS® 3.0

Seguindo com a análise, verificam-se os indicadores Relevância ou Validade Preditiva ( $Q^2$  Stone-Geisser) e Tamanho do Efeito ( $f^2$  Indicador de Cohen), explicitados na Tabela 12, após aplicação do módulo *Blindfolding*:

**Tabela 12** – Valores de  $Q^2$  e  $f^2$  dos construtos

<b>Construto:</b>	<b><math>Q^2</math>:</b>	<b><math>f^2</math>:</b>
<b>THI</b>	0,32151	0,51043
<b>IOL</b>	0,28257	0,44892
<b>CHU</b>	0,31701	0,44724
<b>MGE</b>	-	0,61527
<b>Aderência I4.0</b>	-0,09683	1.00000

Fonte: Software SmartPLS® 3.0

Ainda segundo Da Silva Pereira *et al.* (2019), o indicador  $Q^2$  avalia o quanto o modelo se esperava do previsto para ele (qualidade da predição do modelo ou acurácia do modelo ajustado), tendo como critério de avaliação a obtenção de valores maiores que zero. No caso, a Aderência I4.0 não apresenta maior significância, pois foi introduzido como construto dependente dos demais.

Já o  $f^2$  indica o quanto cada construto é “útil” para o modelo, utilizando-se o critério de Hair *et al.* (2014), a saber: pequeno 0,02, médio 0,15 e grande 0,35. Todos os valores encontrados foram superiores a 0,35, indicando a utilidade dos construtos desenvolvidos.

A avaliação conduzida dos Modelos de Mensuração e Estrutural permite concluir pela validação estatística do MMPA desenvolvido.

## 5 COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

Neste capítulo o PPB do produto televisor é avaliado a partir dos níveis levantados na Revisão Bibliográfica e é sugerida alteração no processo de fixação/alteração de PPBs no sentido de contemplar as características da I4.0.

### 5.1 AVALIAÇÃO DO PPB SELECIONADO QUANTO A I4.0

A média global (3,7) indica uma percepção otimista dos respondentes quanto à aderência do PPB às características da I4.0, enquanto os desvios-padrão das respostas, variando de 0,7 a 1,5, indicam uma razoável convergência das opiniões.

Correlacionando o resultado encontrado com os seis níveis de capacidade propostos por Gökalp *et al.* (2017), apresentados no Quadro 10, obtém-se o Nível 3: Estabelecido, onde as atividades-chave e operações de valor agregado são bem definidas, processos e operações são padronizadas e dados coletados e geridos com destaque para a integração vertical.

Considerando uma equivalência com a Escala de Maturidade proposta por Bibby e Dehe (2018), conforme a Tabela 03, teríamos um resultado de 85,1 pontos correspondente ao Nível “Definido”, ou seja, as empresas que trabalham com este PPB executam procedimentos e comportamentos bem estabelecidos.

Com relação aos níveis de prontidão apresentados por Pacchini *et al.* (2019) no Quadro 13, focados no tema da Tecnologia, o resultado alcançado pela dimensão Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0 (3,5) alcançou um índice percentual de 70%, que, segundo os autores, denota completo conhecimento de todas as tecnologias, que já começaram a ser adotadas.

É possível estabelecer certa equivalência entre as dimensões MMPA e PIMM4.0® para análise comparativa:

**Tabela 13** – Equivalência de dimensões MMPA e PIMM4.0®

<b>Dimensão MMPA:</b>	<b>Pont.:</b>	<b>Dimensão PIMM4.0®:</b>	<b>Pont.:</b>
<b>Tecnologias Habilitadoras da I4.0 (THI)</b>	3,5	Manufatura e Operações	2,53
<b>Interoperabilidade Logística (IOL)</b>	3,9	Cadeia de Suprimentos	2,40
		Interoperabilidade	2,97
<b>Capital Humano (CHU)</b>	3,8	Pessoas e Cultura	3,32
<b>Modelo de Gestão Empresarial (MGE)</b>	3,7	Estratégia e Organização	2,27
		Modelo de Negócio	2,50

**Fonte:** Preparado pelo autor.

Observamos menores pontuações relativas no PIM M4.0®, modelo aplicado à empresa como um todo, sendo possível explicação pelo fato do produto televisor ter um processo produtivo consolidado, acompanhando tendências globais, sendo a maioria das fabricantes empresas multinacionais. Por outro lado, ambos apontam para uma maior prontidão relativa das dimensões relacionadas a Pessoas e Interoperabilidade, enquanto aspectos relacionados aos demais construtos apresentaram certa homogeneidade em um patamar de menor maturidade.

Sendo assim, podemos concluir que o PPB de produto televisor, ao longo do tempo e de forma indireta, uma vez que se limita ao estabelecimento de etapas de produção e condicionantes, favoreceu na visão dos respondentes a implantação de elementos favoráveis à I4.0.

## 5.2 SUGESTÃO DE MELHORIAS NO PROCESSO DE FIXAÇÃO/ALTERAÇÃO DE PPBs

Como explicado no item 1.1 o PPB foi definido pela Lei 8.387, de 30 de dezembro de 1991 (BRASIL, 1991) como “conjunto mínimo de operações, no estabelecimento fabril, que caracteriza a efetiva industrialização de determinado produto” e é apontado por Mendonça (2013) como ferramenta de política pública de governança.

Estes são estabelecidos através de Portarias Interministeriais ME/MCTI que tem como composição básica a descrição das etapas a serem observadas e um conjunto de condicionantes e/ou dispensas.

O processo de fixação/alteração do PPB foi apresentado com detalhes no item 2.2. PROCESSO PRODUTIVO BÁSICO e apresenta uma sequência lógica de fases, iniciando-se pela apresentação de um Requerimento seguido das etapas de Análise Prévia, Elaboração do Anteprojeto, Consulta Pública, Parecer Técnico e Aprovação ou Indeferimento pelos Representantes dos Ministros. Na fase de Análise Prévia são verificados os critérios básicos para aprovação.

Do ponto de vista de sugestão de melhorias não há motivação para alterar a sequência de fases, de maneira que as observações serão concentradas nos critérios elencados no Art. 6º:

Art. 6º A análise prévia de adequação, que compete à coordenação do GT-PPB, será efetuada no prazo de vinte dias, quando deverão ser observados os seguintes critérios básicos:

I - busca do equilíbrio inter-regional, evitando-se o deslocamento de indústrias de regiões tradicionais produtoras do bem em análise ou a simples transferência de plantas industriais da empresa pleiteante já instaladas no País;

II - agregação de valor à produção, por meio da atração de investimentos, que efetivamente gerem níveis crescentes de produtividade e de competitividade, incorporem tecnologias de produtos e de processos de produção compatíveis com o estado da arte e da técnica e contemplem a formação e capacitação de recursos humanos para o desenvolvimento científico e tecnológico;

III - contribuição para o atingimento das macrometas contidas nas políticas governamentais que promovam o desenvolvimento científico e tecnológico;

IV - incremento de oferta de emprego na região envolvida; e

V - promoção do aproveitamento sustentável da biodiversidade e demais recursos naturais da Amazônia Legal, quando aplicável a PPB da Zona Franca de Manaus.

Podemos dividir os critérios em três categorias: a do Inciso I que tem como principal objetivo evitar o deslocamento de indústrias já estabelecidas em outras regiões do território nacional, as correspondentes aos Incisos II a IV, que estão relacionadas com a operação a ser realizada na Zona Franca de Manaus, e a do Inciso V, específica para a desenvolvimento autóctone da Amazônia Legal.

Naturalmente, do ponto de vista da aderência à I4.0, os temas estão relacionados à segunda categoria, podendo em alguma medida influenciar na terceira.

### 5.2.1 CONSTRUÇÃO A PARTIR DOS MMP

Dos MMP analisados podemos verificar três características principais: a complementaridade das dimensões, a quantificação dos resultados em índices e o aspecto evolutivo ao longo do tempo.

No Quadro 16 foram identificadas 18 dimensões e sub dimensões especificadas no Portfólio Bibliográfico, sendo o MMP proposto por Schumacher *et al.* (2016) o de maior quantidade de dimensões: nove, enquanto Bibby e Dehe (2018) apresentaram somente três, embora algumas desdobradas em conceitos amplos. De qualquer maneira, trata-se de um conjunto de características a serem desenvolvidas de forma harmônica para chegar-se ao patamar da I4.0, de maneira que são propostos planos de ação priorizados. (JUNG *ET AL.*, 2016; SONY E NAIK, 2018; MITTAL *ET AL.* 2018)

Por outro lado, verifica-se que as dimensões se desdobram em aspectos objetivos que são avaliados de forma qualitativa a partir, na sua maioria, de uma Escala Likert de cinco pontos, de maneira a traduzir a avaliação em um número. A quantificação da dimensão dá-se, também na sua maioria, por uma média ponderada das respostas a partir de pesos estabelecidos por especialistas. (SCHUMACHER *ET AL.*, 2016; CANETTA *ET AL.*, 2018; LEE *ET AL.* 2017; CHONSAWAT E SOPADANG, 2019)

Finalmente, alguns MMP delimitam níveis ou passos a serem atingidos numa escalada rumo a uma situação ótima com relação aos conceitos da Indústria 4.0. (GOKALP *ET AL.*, 2017; BIBBY E DEHE, 2018; COLLI *ET AL.* 2018; CANETTA *ET AL.*, 2018; PACCHINI *ET AL.*, 2019).

Por esta razão, uma proposta para substituição dos Incisos de II a IV seria o estabelecimento de uma pontuação mínima através da aplicação de um MMP pré-definido e aprovado pelo Governo Brasileiro.

Com a finalidade de estimular o aproveitamento sustentável da biodiversidade e demais recursos naturais da Amazônia Legal, o Inciso V poderia ser substituído por um bônus na pontuação.

Para atender o aspecto evolutivo, a pontuação mínima estabelecida aumentaria a cada ano, sendo a tabela com a evolução da pontuação publicada junto com a Portaria Interministerial correspondente, após passar pela fase de Consulta

Pública, de maneira que as empresas teriam a necessária segurança jurídica para planejar seus investimentos.

Uma consequência adicional interessante deste método é a flexibilidade que as empresas teriam de planejar a alocação dos investimentos dentro dos diferentes aspectos de uma mesma dimensão.

### **5.2.2 Aspectos Operacionais da Sugestão**

Para operacionalizar esta sugestão, primeiramente teria de ser conduzido estudo no sentido de estabelecer um MMP padrão a ser aplicado a todos os PPBs indistintamente. A partir desta definição, este passaria a constar no Roteiro de solicitação de PPB, a ser preenchido pelas empresas, que fariam uma proposta de pontuação para cada ano calendário para um período, por exemplo, de cinco anos. Após as demais etapas e a Consulta Pública, em sendo aprovada a pontuação sugerida, esta constaria como uma condicionante na Portaria Interministerial correspondente.

A SUFRAMA aprovaria os projetos submetidos pelas empresas para fabricação no PIM com base numa expectativa de cumprimento da pontuação do MMP padrão igual ou superior à mínima exigida.

Com relação ao acompanhamento de projetos, a apresentação do MMP padrão preenchido a partir de uma autoavaliação seria item constante do Relatório Declaratório de Acompanhamento de Projetos (RDAP), conforme previsto na Resolução CAS nº 205, bem como a indicação de evidências para comprovação da pontuação atingida. Esta autoavaliação seria auditada anualmente por servidores da Autarquia, de maneira similar as auditorias do Sistema da Qualidade baseadas na norma NBR ISO 9000 ou do Modelo de Excelência de Gestão (MEG), da Fundação Nacional da Qualidade (FNQ), processo conhecido da maioria das empresas.

### **5.2.3 Validação com as Partes Interessadas**

A sugestão de incluir a condicionante sugerida no PPB foi submetida às empresas fabricantes de televisor anteriormente consultadas em nova pesquisa tipo *survey*, na forma de uma afirmação a ser avaliada através da Escala Likert, como abaixo:

A introdução no PPB de uma condicionante referente ao atingimento de uma meta anual de pontos de um Modelo de Maturidade e Prontidão referente à

Indústria 4.0 contribuirá para uma melhor preparação das empresas para esta nova realidade.

- Discordo totalmente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo totalmente

As 21 respostas recebidas foram sumarizadas no Tabela 14, atingindo uma média de 3,8 com desvio padrão de 0,8, sendo que duas das empresas consultadas não enviaram resposta:

**Tabela 14** – Validação pelas partes interessadas

<b>Alternativa:</b>	<b>Pontuação:</b>	<b>Incidência:</b>
<b>Discordo totalmente</b>	1	1
<b>Discordo</b>	2	0
<b>Não concordo nem discordo</b>	3	6
<b>Concordo</b>	4	11
<b>Concordo totalmente</b>	5	3
	<b>Média:</b>	<b>3,8</b>
	<b>D. Padrão:</b>	<b>0,8</b>

**Fonte:** Preparado pelo autor.

O respondente da opção “discordo totalmente” argumentou que para a preparação para a Indústria 4.0 tem de haver interesse econômico, começando pela preparação da mão de obra e enfrentamento do paradoxo ocupação de pessoal x automação de processos.

Todos os respondentes da opção “não concordo nem discordo” são da mesma empresa e entraram em consenso de que seria necessário maturar como esta medida seria aplicada na prática.

Pode-se concluir por um viés positivo para a aceitação desta sugestão, porém deve-se tomar em conta ser uma condicionante adicional às já existentes implicando, portanto, em novos mecanismos de controle a serem implementados pelas empresas incorrendo em custos de produção. Naturalmente, há que analisar tais custos em função das evidências de implantação em nível global da I4.0

### 5.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da constatação da importância do Polo Industrial de Manaus (PIM) para a região Amazônica, em função dos seus impactos econômicos, sociais e ambientais, e da proximidade de uma nova ordem mundial com relação à manufatura conhecida como Indústria 4.0 ou Quarta Revolução Industrial, estabeleceu-se o presente projeto de pesquisa de Mestrado Profissional com o objetivo de avaliar o nível de maturidade e prontidão de empresas do PIM, usuárias de um PPB representativo, frente aos requerimentos da Indústria 4.0.

Tal projeto de pesquisa justificou-se a partir da verificação de inexistência de trabalhos similares anteriores junto aos bancos de dados dos Portal de Periódicos CAPES/MEC e Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

Foram conduzidas varreduras horizontais da bibliografia, no sentido de construir um Modelo de Maturidade e Prontidão Adaptado (MMPA) ao citado Objetivo, considerando características de modelos de maturidade e prontidão existentes e foi definido como PPB representativo o do televisor, produto de maior faturamento no PIM, sendo desenvolvido um MMPA com quatro dimensões (variáveis latentes) desdobrado em 37 indicadores (variáveis observáveis), respondido por 29 representantes das sete empresas com projetos ativos e histórico de produção com base na Escala Likert de cinco pontos. A média global encontrada (3,7) indicou uma percepção otimista dos respondentes quanto à aderência do PPB às características da I4.0, enquanto os desvios-padrão das respostas, variando de 0,7 a 1,5, indicam uma razoável convergência das opiniões. De forma geral, observou-se maior preparação nos aspectos internos das empresas, enquanto aqueles relacionados com fornecedores, clientes e instituições de ensino receberam pontuações menores.

Comparando os resultados com o Modelo de Maturidade e Prontidão PIM M4.0®, já consolidado no mercado e aplicado às mesmas empresas, apresentou resultados numericamente menores, porém, ratificou maior prontidão relativa da Interoperabilidade, enquanto as demais dimensões apresentam um menor patamar de maturidade.

Por conveniência e oportunidade foi aplicado ao mesmo universo, um outro MMPA relacionado à efetividade do PPB, desenvolvido a partir dos requerimentos da

Portaria Interministerial 32/2019, que estabelece o processo de fixação/alteração de PPBs, e considerações apresentadas nas reuniões do Conselho de Administração da SUFRAMA (CAS). Neste caso a média global foi de 3,6, apontando como destaque seu impacto na geração de empregos.

A análise dos MMPA aplicados indicou como sugestão de melhoria no processo de fixação/alteração dos PPBs a introdução de uma condicionante, no sentido de atendimento de metas anuais a partir de um MMP pré-determinado como mecanismo de preparação das empresas para a I4.0. Tal sugestão foi submetida às partes interessadas representadas pelas empresas para validação, também utilizando a Escala Likert de cinco pontos, atingindo uma média de pontuação de 3,8 no máximo de 5, indicando um viés positivo na sua aceitação.

Sendo assim, pode-se concluir pelo atendimento do Objetivo Geral estabelecido de avaliar o nível de maturidade e prontidão de empresas do PIM, usuárias de um PPB representativo frente aos requerimentos da Indústria 4.0, contribuindo para um maior entendimento quanto à preparação das empresas do PIM para este novo padrão.

Com relação a futuros estudos, uma vez que a aplicação dos MMPAs desenvolvidos foi limitada ao produto televisor, uma tendência natural seria aplicá-lo a outras linhas de produtos ou mesmo subsetores do PIM.

Outro avanço importante, uma vez que todos os respondentes são representantes do setor industrial, seria a extensão da pesquisa a outros *stakeholders*, principalmente Governos (federal, estadual e municipal), instituições de pesquisa e desenvolvimento e universidades.

Observa-se que o desenvolvimento das atividades desenvolvidas ao longo da preparação e pesquisa de Mestrado proporcionou avanços na fronteira do conhecimento, ratificado pelas seguintes evidências:

- a) Publicação do artigo Interoperabilidade Logística como Fator e Impulso da Indústria 4.0: Estudo de Caso em um Fabricante de Motocicletas, nos anais do XLI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), em conjunto com mais quatro autores;
- b) Publicação de capítulo com o mesmo título no livro formato *e-book* Engenharia de Produção: Novas Pesquisas e Tendências 2, em conjunto com os demais quatro autores;

- c) Publicação do artigo *Logistics Interoperability as a Boost Factor for Industry 4.0: Case Study of a Motorcycle Manufacturer*, no periódico *European Journal of Business & Management Research* em conjunto com os demais quatro autores;
- d) Participação Mesa Redonda com o tema A Realidade do PIM e a Indústria 4.0 no âmbito do evento 3ª. Feira do Polo Digital de Manaus;
- e) Publicação do artigo *Maturity and Readiness of the Manaus Industrial Pole: Case Study of the Television Product*, no periódico *Brazilian Journal of Development*;
- f) Submissão do artigo *Maturity and Readiness of the Basic Production Process for Televisions in the Industrial Pole of Manaus* ao *5<sup>th</sup> European Conference on Industrial Engineering and Operations Management*;
- g) Publicação, após aprovação final, da presente Dissertação de Mestrado.

## 6 REFERÊNCIAS

AZEVEDO, Americo; SANTIAGO, Sandro Breal. Design of an Assessment Industry 4.0 Maturity Model: An application to manufacturing company. In: **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Toronto, ON, Canada**. 2019. p. 23-25.

BACOVIS, Augusto Cesar Alves et al. O processo produtivo básico da Zona Franca de Manaus como estratégia governamental competitiva: um estudo baseado na teoria das cinco forças de porter. 2013.

BECKER, Jörg; KNACKSTEDT, Ralf; PÖPPELBUß, Jens. Developing maturity models for IT management. **Business & Information Systems Engineering**, v. 1, n. 3, p. 213-222, 2009.

BISPO, Jorge de Souza. Criação e Distribuição de Riqueza pela Zona Franca de Manaus. 2009. 234 f. Tese. (Doutorado em Controladoria e Contabilidade) – Programa de PósGraduação em Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BIBBY, Lee; DEHE, Benjamin. Defining and assessing industry 4.0 maturity levels—case of the defence sector. **Production Planning & Control**, v. 29, n. 12, p. 1030-1043, 2018.

BRASIL, Decreto-Lei 288, de 28 de fevereiro de 1967. Altera as disposições da Lei número 3.173 de 6 de junho de 1957 e regula a Zona Franca de Manaus. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Decreto-Lei/Del0288.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0288.htm)>. Acesso em: 05 mai. 2021.

BRASIL, Lei nº 8.387, de 30 de dezembro de 1991. Dá nova redação ao § 1º do art. 3º aos arts. 7º e 9º do Decreto-Lei nº 288, de 28 de fevereiro de 1967, ao caput do art. 37 do Decreto-Lei nº 1.455, de 7 de abril de 1976 e ao art. 10 da Lei nº 2.145, de 29 de dezembro de 1953, e dá outras providências. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L8387.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8387.htm)>. Acesso em: 05 mai. 2021.

CANETTA, Luca; BARNI, Andrea; MONTINI, Elias. Development of a digitalization maturity model for the manufacturing sector. In: **2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)**. IEEE, 2018. p. 1-7.

CARNEIRO, Camilla Jacqueline Medeiros et al. Os impactos nos indicadores industriais de produção, vendas, faturamento e mão de obra a partir das alterações no processo produtivo básico: o caso terminal portátil de telefonia celular na ZFM, período 2014 a 2018. 2020.

CHONSAWAT, Nilubon; SOPADANG, Apichat. The development of the maturity model to evaluate the smart SMEs 4.0 readiness. In: **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, JW Marriott Hotel Bangkok, Bangkok, Thailand**. 2019. p. 5-7.

COLLI, M. et al. Contextualizing the outcome of a maturity assessment for Industry 4.0. **Ifac-papersonline**, v. 51, n. 11, p. 1347-1352, 2018.

Confederação Nacional da Indústria – CNI. (2016). *Desafios para indústria 4.0 no Brasil: report*. Brasília: CNI. Disponível em: < [portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/desafios-para-industria-40-no-brasil/](http://portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/desafios-para-industria-40-no-brasil/)>. Acesso em: 10/12/2021.

DA SILVA PEREIRA, André; BIGÓIS, Larissa; DE OLIVEIRA, Jaqueline Berdian. Modelagem de Equação Estrutural, 2019.

DE BARROS, Flavio et al. Maturity and readiness of the Manaus industrial pole: case study of the television product. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 5, p. 39543-39556, 2022.

DE CAROLIS, Anna et al. Maturity models and tools for enabling smart manufacturing systems: comparison and reflections for future developments. In: **Ifip international conference on product lifecycle management**. Springer, Cham, 2017. p. 23-35.

DE CAROLIS, Anna et al. Guiding manufacturing companies towards digitalization a methodology for supporting manufacturing companies in defining their digitalization roadmap. In: **2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)**. IEEE, 2017. p. 487-495.

DE SOUZA BIDO, Diógenes; DA SILVA, Dirceu. SmartPLS 3: especificação, estimação, avaliação e relato. **Administração: Ensino e Pesquisa**, v. 20, n. 2, p. 488-536, 2019.

DE SOUSA JABBOUR, A.B.L.; JABBOUR, C.J.C.; FOROPON, C.; GODINHO FILHO, M. When titans meet—Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable

manufacturing wave? The role of critical success factors. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 2018, 132, 18–25

ENSSLIN, L. et al. ProKnow-C, knowledge development process - constructivist. *Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI.* 2010.

ENSSLIN, Leonardo et al. Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão-constructivista. *Pesquisa operacional*, v. 30, p. 125-152, 2010<sup>a</sup>.

FETTERMANN, Diego Castro et al. How does Industry 4.0 contribute to operations management?. ***Journal of Industrial and Production Engineering***, v. 35, n. 4, p. 255-268, 2018.

FORNELL, Claes; LARCKER, David F. *Structural equation models with unobservable variables and measurement error: Algebra and statistics.* 1981.

FORTE, Gilmara dos Santos et al. Melhoria de produtividade em uma linha branca do PIM com aplicação do Lean Manufacturing: estudo de caso. 2017.

GÖKALP, Ebru; ŞENER, Umut; EREN, P. Erhan. Development of an assessment model for industry 4.0: industry 4.0-MM. In: ***International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination***. Springer, Cham, 2017. p. 128-142.

GRZYBOWSKA, Katarzyna; ŁUPICKA, Anna. Key competencies for Industry 4.0. ***Economics & Management Innovations***, v. 1, n. 1, p. 250-253, 2017.

HOLLAND, Márcio. (Coordenador) *et alii*, ZONA FRANCA DE MANAUS: IMPACTOS, EFETIVIDADE E OPORTUNIDADES, **FGV, /EESP**, 2019.

JUNG, Kiwook et al. An overview of a smart manufacturing system readiness assessment. In: ***IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems***. Springer, Cham, 2016. p. 705-712.

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

KARACAY, Gaye. Talent development for Industry 4.0. In: ***Industry 4.0: Managing the digital transformation***. Springer, Cham, 2018. p. 123-136.

KOHLEGGER, Michael; MAIER, Ronald; THALMANN, Stefan. ***Understanding maturity models. Results of a structured content analysis.*** na, 2009.

LEE, Jeongcheol et al. A smartness assessment framework for smart factories using analytic network process. ***Sustainability***, v. 9, n. 5, p. 794, 2017.

LIAO, Yongxin et al. Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal. ***International journal of production research***, v. 55, n. 12, p. 3609-3629, 2017.

LIAO, Yongxin et al. The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison. **Production**, v. 28, 2018.

MENDONÇA, Maurício Brilhante. O processo de decisão política e a zona franca de Manaus, 2013. 291f. Tese (Doutorado em Administração Pública e Governo)- Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2013.

MITTAL, Sameer; ROMERO, David; WUEST, Thorsten. Towards a smart manufacturing maturity model for SMEs (SM 3 E). In: **IFIP international conference on advances in production management systems**. Springer, Cham, 2018. p. 155-163..

OLSEN, Tava Lennon; TOMLIN, Brian. Industry 4.0: Opportunities and challenges for operations management. **Manufacturing & Service Operations Management**, v. 22, n. 1, p. 113-122, 2020.

PACCHINI, Athos Paulo Tadeu et al. The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0. **Computers in Industry**, v. 113, p. 103125, 2019.

PEÑA-JIMENEZ, Marco et al. Exploring skill requirements for the Industry 4.0: A worker-oriented approach. 2021.

PERES, Ricardo Silva et al. Industrial artificial intelligence in industry 4.0-systematic review, challenges and outlook. **IEEE Access**, v. 8, p. 220121-220139, 2020.

PESSL, Ernst; SORKO, Sabrina Romina; MAYER, Barbara. Roadmap Industry 4.0–implementation guideline for enterprises. **International Journal of Science, Technology and Society**, v. 5, n. 6, p. 193-202, 2017.

PÖPPELBUß, Jens; RÖGLINGER, Maximilian. What makes a useful maturity model? A framework of general design principles for maturity models and its demonstration in business process management. 2011.

RAMZI, Norbaizura; AHMAD, Hartini; ZAKARIA, Nazlina. A conceptual model on people approach and smart manufacturing. **International Journal of Supply Chain Management**, v. 8, n. 4, p. 1102-1107, 2019.

REISCHAUER, Georg. Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation systems in manufacturing. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 132, p. 26-33, 2018.

RIVAS, Alexandre; MOTA, José Aroudo. **Instrumentos econômicos para a proteção da Amazônia: a experiência do Polo Industrial de Manaus**. Editora CRV, 2009

RÜßMANN, Michael et al. Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. **Boston Consulting Group**, v. 9, n. 1, p. 54-89, 2015.

SANTIAGO, Sandro Breval et al. Medição da interoperabilidade logística com uso do modelo de equações estruturais. 2017.

SAUCEDO-MARTÍNEZ, Jania Astrid et al. Industry 4.0 framework for management and operations: a review. **Journal of ambient intelligence and humanized computing**, v. 9, n. 3, p. 789-801, 2018.

SCHUMACHER, Andreas; EROL, Selim; SIHN, Wilfried. A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. **Procedia Cirp**, v. 52, p. 161-166, 2016.

SCHUMACHER, Andreas; NEMETH, Tanja; SIHN, Wilfried. Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises. **Procedia Cirp**, v. 79, p. 409-414, 2019.

SILVA, Michele Lins Aracaty et al. Análise do modelo Zona Franca de Manaus com base nas teorias de desenvolvimento regional. **X Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional**, 2019.

SONY, Michael; NAIK, Subhash. Key ingredients for evaluating Industry 4.0 readiness for organizations: a literature review. **Benchmarking: An International Journal**, 2019.

STEIN, Catherine M.; MORRIS, Nathan J.; NOCK, Nora L. Structural equation modeling. In: **Statistical Human Genetics**. Humana Press, 2012. p. 495-512.

STEWART, Fran; KELLEY, Kathryn. Connecting Hands and Heads: Retooling Engineering Technology for the “Smart” Manufacturing Workplace. **Economic Development Quarterly**, v. 34, n. 1, p. 31-45, 2020.

TROTTA, Dennis; GARENCO, Patrizia. Assessing industry 4.0 maturity: An essential scale for SMEs. In: **2019 8th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)**. IEEE, 2019. p. 69-74.

WORLD ECONOMIC FORUM, Readiness for the Future of Production Report 2018. Disponível em: [http://www3.weforum.org/docs/FOP\\_Readiness\\_Report\\_2018.pdf](http://www3.weforum.org/docs/FOP_Readiness_Report_2018.pdf).

WORLD ECONOMIC FORUM. The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. **Global Challenge Insight Report**, 2016.

WORLD ECONOMIC FORUM. The Future of Jobs Report 2020.

## APÊNDICE A – Questionário Aplicado/Respostas

### 1 QUESTIONÁRIO APLICADO

#### AVALIAÇÃO DE MATURIDADE E PRONTIDÃO DE PROCESSO PRODUTIVO BÁSICO (PPB)

#### ASPECTO INDÚSTRIA 4.0 (I4.0)

##### Identificação:

Empresa:

Nome:

Cargo:

PPB: PORTARIA INTERMINISTERIAL SEPEC/ME/SEXEC/MCTI Nº 9.485, de 06/08/2021

Produto: TELEVISOR COM TELA DE CRISTAL LÍQUIDO

##### Explicação:

Este Questionário é parte integrante de um Projeto de Pesquisa no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), relacionando o Processo Produtivo Básico (PPB) com aspectos da Indústria 4.0. Está sendo aplicado nas empresas fabricantes da Zona Franca de Manaus (ZFM). Favor responder as questões/afirmações tendo sempre referência o PPB supracitado e os que o antecederam, permitindo a implantação da fabricação do TELEVISOR COM TELA DE CRISTAL LÍQUIDO na Empresa. O Questionário está dividido em quatro blocos de perguntas, a saber: Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0, Interoperabilidade da Cadeia Logística, Capital Humano e Modelo de Gestão Empresarial, totalizando 37 questões/afirmações.

##### Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0 (THI):

1. Favoreceu/promoveu a utilização da tecnologia de Robôs Autônomos.
  - Absolutamente não
  - Talvez não
  - Depende
  - Talvez sim
  - Absolutamente sim

2. Favoreceu/promoveu a utilização da tecnologia de Internet das Coisas (*Internet of Things – IOT*).
  - Absolutamente não
  - Talvez não
  - Depende
  - Talvez sim
  - Absolutamente sim
  
3. Favoreceu/promoveu a utilização da tecnologia de Simulação Digital (Gêmeos Digitais).
  - Absolutamente não
  - Talvez não
  - Depende
  - Talvez sim
  - Absolutamente sim
  
4. Favoreceu/promoveu a utilização de tecnologias de Segurança Digital (*Cyber Security*).
  - Absolutamente não
  - Talvez não
  - Depende
  - Talvez sim
  - Absolutamente sim
  
5. Favoreceu/promoveu a utilização de tecnologias de Integração de Sistemas (inclusive com parceiros).
  - Absolutamente não
  - Talvez não
  - Depende
  - Talvez sim
  - Absolutamente sim
  
6. Favoreceu/promoveu a utilização de tecnologia de Computação em Nuvem (*Cloud Computing*).
  - Absolutamente não
  - Talvez não
  - Depende
  - Talvez sim
  - Absolutamente sim

7. Favoreceu/promoveu a utilização de tecnologia de Manufatura Aditiva (Impressão 3D).

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

8. Favoreceu/promoveu a utilização de tecnologia de Big Data.

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

9. Favoreceu/promoveu a utilização de tecnologia de Realidade Aumentada (*Augmented Reality*).

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

10. Favoreceu/promoveu a utilização de tecnologias de Inteligência Artificial (*Artificial Intelligence*).

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

11. Favoreceu/promoveu a utilização de Sistemas Cíber-Físicos (*Cyber-Physical Systems*).

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

## **Interoperabilidade da Cadeia Logística (IOL):**

12. Promoveu o fluxo de informação de maneira fluida entre a produção e outras áreas.

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

13. Demandou a utilização de tecnologias de código de barras ou RFID.

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

14. Exigiu que as informações necessárias estivessem disponíveis no ERP.

- Jamais
- Raramente
- Ocasionalmente
- Frequentemente
- Muito frequentemente

15. Demandou ferramentas para simular o processo logístico.

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

16. Introduziu flexibilidade para atender demandas inesperadas.

- Jamais
- Raramente
- Ocasionalmente
- Frequentemente
- Muito frequentemente

17. Promoveu a integração de sistemas com fornecedores e clientes.

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

18. Exigiu que as informações fossem compartilhadas de maneira eficiente entre produção e estoques.

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

19. Contribuiu para a flexibilidade e pontualidade no atendimento e satisfação das necessidades dos clientes.

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

20. Demandou que as informações fossem compartilhadas de maneira eficiente entre produção e estoques.

- Jamais
- Raramente
- Ocasionalmente
- Frequentemente
- Muito frequentemente

21. Promoveu a integração das atividades ao longo da cadeia logística.

- Jamais
- Raramente
- Ocasionalmente
- Frequentemente
- Muito frequentemente

22. Fez com que colaboração de ativos e fluxo de informação tivessem impacto positivo na interoperabilidade logística.

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

23. Demandou utilização de práticas Just In Time.

- Jamais
- Raramente
- Ocasionalmente
- Frequentemente
- Muito frequentemente

24. Promoveu tempo de responsividade mínimo para emergências e demandas não previstas.

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

25. Favoreceu o engajamento da equipe para prover aos clientes qualidade e prioridade.

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

### **Capital Humano (CHU):**

26. Estimulou o desenvolvimento de novos conhecimentos aderentes à Indústria 4.0 nos colaboradores, em especial os relacionados com ciência, tecnologia, engenharia e matemática (do inglês *STEM – Science, Technology, Engineering and Math*).

- Jamais
- Raramente

- Ocasionalmente
- Frequentemente
- Muito frequentemente

27. Promoveu o desenvolvimento de novas habilidades aderentes à Indústria 4.0 (pensamento analítico e inovação, aprendizado ativo, resolução de problemas complexos, análise crítica, criatividade, persuasão, inteligência emocional, dentre outros).

- Jamais
- Raramente
- Ocasionalmente
- Frequentemente
- Muito frequentemente

28. Desenvolveu lideranças transformadoras entre os colaboradores.

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

29. Impulsionou a aplicação de metodologias de compartilhamento de conhecimentos (*knowledge sharing*).

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

30. Demandou o estabelecimento de parcerias com instituições de ensino e pesquisa para treinamentos específicos (*skill based education*).

- Jamais
- Raramente
- Ocasionalmente
- Frequentemente
- Muito frequentemente

### **Modelo de Gestão Empresarial (MGE):**

31. Levou a Indústria 4.0 aos Objetivos Estratégicos da Empresa.

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende

- Talvez sim
- Absolutamente sim

32. Motivou a Alta Administração a conhecer e entender os conceitos da Indústria 4.0.

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

33. Demandou dos colaboradores em nível gerencial estarem preparados para a Indústria 4.0.

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

34. Levou a mudanças na arquitetura organizacional mais aderentes à Indústria 4.0.

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

35. Promoveu maior flexibilidade de produção.

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

36. Promoveu o empoderamento (*empowerment*) dos colaboradores.

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

37. Promoveu o trabalho em grupo (*teamwork*) dos colaboradores

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

**Observações do respondente** (campo livre para registro de informações que julgar pertinentes):

## 2 PLANILHA DE RESPOSTAS

THI_1	THI_2	THI_3	THI_4	THI_5	THI_6	THI_7	THI_8	THI_9	THI_10	THI_11	IOL_1	IOL_2	IOL_3	IOL_4	IOL_5	IOL_6	IOL_7	IOL_8	IOL_9	IOL_10	IOL_11	IOL_12	IOL_13	IOL_14	CHU_1	CHU_2	CHU_3	CHU_4	CHU_5	MGE_1	MGE_2	MGE_3	MGE_4	MGE_5	MGE_6	MGE_7					
5	5	5	5	5	4	5	4	4	5	4	4	5	4	5	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	5	5	4	4	5	4	4			
4	5	2	4	5	3	2	2	2	2	2	4	1	5	4	3	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	2	4	4	4	2	4	4	2	4	1	4	
4	4	4	4	5	4	4	4	2	2	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	3	5	5	5	4	2	3	2	2	5	4	4	2	5	4	4	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	5	5	5	3	5	1	5	5	4	5	2	3	3	3	3	2	2	4	1	1	2	1	1	1	1	3	3		
5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	4	5	3	3	5	5	4	4	5	4	5	4	5	3	5	5	4	4	4	3	5	4	5	3	4	4	4		
2	2	2	2	2	4	4	4	2	2	4	3	1	3	4	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2	4	3	2	2	2	2	4	3	2	4	3	2	
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	3	4	3	4	4	4	3	4	3	3	3	4	3	3	3	4	4	4	4	5	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	3	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	4	2	2	3	3	4	4	1	1	1	1	3	3	3	3	3	1	3	3	
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
2	4	1	5	4	5	1	4	2	2	2	3	4	2	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	1	2	2	3	3	
4	4	4	5	4	4	2	4	1	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	
4	4	4	4	2	4	1	4	2	2	3	3	2	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
4	5	4	4	5	5	4	4	4	5	4	4	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	
5	2	3	1	4	5	2	1	3	1	1	4	5	5	5	4	3	5	5	5	5	4	3	1	3	4	4	3	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4	5	5	
5	5	2	5	5	4	1	2	2	2	2	4	5	3	2	5	3	4	5	4	4	4	5	4	5	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	5	5
5	5	2	4	5	5	5	1	5	1	3	4	5	3	4	4	5	5	4	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	3	5	4	4	5	4	4	4	4	5	5	
4	2	1	2	4	3	2	4	3	3	3	4	5	5	3	1	3	5	3	4	4	4	4	4	3	4	3	3	2	2	2	4	4	4	1	1	1	1	2	2		
5	1	1	1	5	5	1	1	1	1	1	5	5	4	5	5	1	5	5	4	2	4	1	4	4	3	3	5	5	3	2	4	4	5	4	5	4	5	5	5	5	
4	3	3	4	4	2	4	3	2	3	3	3	4	3	3	2	3	4	3	4	3	3	2	3	3	2	3	3	3	4	3	4	3	4	4	3	4	3	2	3	3	
5	5	4	5	3	5	3	5	3	3	3	4	4	5	5	5	4	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	3	3	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
5	4	4	5	4	3	3	4	4	4	4	3	4	5	4	4	5	5	4	5	4	4	4	4	4	4	5	5	4	5	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	
5	4	4	4	4	5	4	4	4	5	3	4	4	4	4	3	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	5	5	4	4	5	5	
4	4	3	4	5	4	3	3	3	4	3	4	4	5	4	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	
1	5	4	5	5	5	5	5	4	4	3	5	4	5	5	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	3	4	3	4	3	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	
4	5	4	4	5	5	4	5	1	5	4	5	4	4	4	1	4	5	5	5	5	5	5	1	2	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	2	2	4	4	4	4	
5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	4	5	3	4	5	5	4	5	4	4	5	4	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	

## APÊNDICE B – Pesquisa Efetividade do PPB

### 1 INTRODUÇÃO

Em função da conveniência e oportunidade de contato com empresas fabricantes do produto televisor, tendo em conta, conforme o item 1.6 Justificativa, que não foram encontrados trabalhos referentes a efetividade do PPB em atingir os objetivos elencados no Decreto-Lei 288/1967, decidiu-se desenvolver pesquisa adicional utilizando metodologia similar de maneira a averiguar a percepção dos representantes da indústria quanto ao tema.

Esta pesquisa, está correlacionada com a anteriormente descrita no sentido de proporcionar melhor compreensão da operacionalização dos PPBs.

### 2 CONSTRUÇÃO DE MODELO DE MEDIÇÃO ADAPTADO À EFETIVIDADE DO PPB:

As Dimensões correspondentes às Variáveis Latentes foram definidas com base na Portaria Interministerial 32/2019, exceto a denominada Manutenção do Equilíbrio Fiscal, acrescida a partir das discussões nas reuniões do Conselho de Administração da Suframa que desde 2019 apontam para a necessidade de criação de condições para uma maior independência da manutenção do PIM dos incentivos fiscais.

Na citada Portaria Ministerial, os requerimentos a serem atendidos pelo PPB fixado estão estabelecidos no Art. 6º:

Art. 6º A análise prévia de adequação, que compete à coordenação do GT-PPB, será efetuada no prazo de vinte dias, quando deverão ser observados os seguintes critérios básicos:

I - busca do equilíbrio inter-regional, evitando-se o **deslocamento de indústrias de regiões tradicionais produtoras** do bem em análise ou a simples transferência de plantas industriais da empresa pleiteante já instaladas no País;

II - agregação de valor à produção, por meio da **atração de investimentos**, que efetivamente gerem **níveis crescentes de produtividade e de competitividade**, **incorporem tecnologias de produtos e de processos de produção compatíveis com o estado da**

**arte e da técnica e contemplem a formação e capacitação de recursos humanos** para o desenvolvimento científico e tecnológico;

III - contribuição para o atingimento das **macrometas contidas nas políticas governamentais que promovam o desenvolvimento científico e tecnológico;**

IV - **incremento de oferta de emprego** na região envolvida; e

V - **promoção do aproveitamento sustentável da biodiversidade e demais recursos naturais** da Amazônia Legal, quando aplicável a PPB da Zona Franca de Manaus. (**grifo nosso**)

Os grifos assinalam os Indicadores ou Variáveis Observáveis explicitados no texto legal.

Foram entendidas como as “macrometas contidas nas políticas governamentais que promovam o desenvolvimento científico e tecnológico”, conforme Alínea III do Art. 6º da Portaria Interministerial nº32/2019 os Resultados Institucionais explicitados no Mapa Estratégico MCTI 2020-2030 (MCTI, 2021). Observo que o citado Mapa Estratégico foi substituído pelo constante no Anexo I da Portaria nº 5695, de 16 de março de 2022, referente ao período de 2020 a 2023 (MCTIC, 2022).

Figura 11 - Mapa Estratégico MCTI 2020-2030



Fonte: MCTI, 2021 (esta página foi retirada da web)

O Modelo de Medição proposto é composto de:

- a) Módulo Estrutural formado por 6 construtos (Variáveis Latentes) que representam os elementos do modelo estudado;
- b) Módulo de Mensuração formado por 29 indicadores (Variáveis Observáveis), destinados à mensuração dos construtos.

Os construtos reflexivos descrevem variáveis latentes, que não são diretamente observáveis no ambiente de estudo, mas são manifestadas por meio das variáveis observáveis (indicadores), conforme Tabela 15:

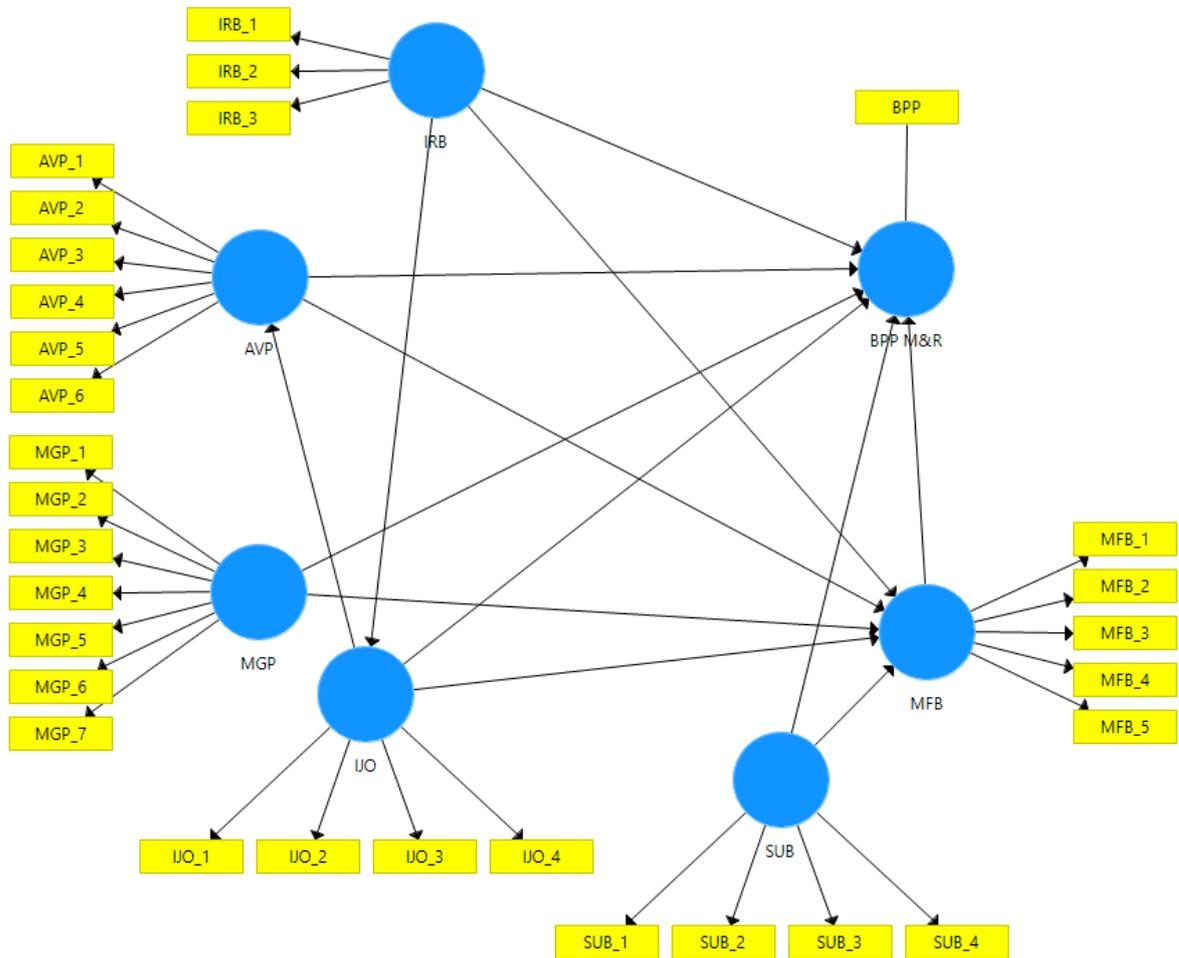
**Tabela 15** – Variáveis do Modelo de Maturidade e Prontidão Efetividade PPB

<b>Variáveis Latentes:</b>	<b>Variáveis Observáveis:</b>
<b>Busca do equilíbrio inter-regional (EIR)</b>	3
<b>Agregação e Valor à Produção (AVP)</b>	6
<b>Atingimento das Macrometas Contidas no Mapa Estratégico MCTI 2020-2030 (MPG)</b>	7
<b>Incremento da Oferta de Emprego (IOE)</b>	4
<b>Promoção do aproveitamento sustentável da biodiversidade (ASB)</b>	4
<b>Manutenção do equilíbrio-fiscal (MEF)</b>	5
<b>Total:</b>	29

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Foi utilizado o software SmartPLS® 3.0 para estabelecer o modelo estrutural da Figura 12, explicitado o relacionamento entre as Varáveis Latentes:

**Figura 12 - Modelo Estrutural Efetividade do PPB**



**Fonte:** Software SmartPLS 3.0

Sua aplicação nas empresas produtoras de televisores do PIM ocorreu a partir de respostas a um questionário estruturado utilizando a Escala Likert de cinco pontos, com 33 respondentes distribuídos entre as 7 empresas com projetos ativos na Suframa para produção do televisor (as mesmas da pesquisa referente à I4.0).

**Tabela 16** – Respondentes pesquisa PPB

<b>Empresa:</b>	<b>Respondentes:</b>
<b>Empresa local</b>	4
<b>Multinacional chinesa 1</b>	3
<b>Multinacional coreana 1</b>	6
<b>Multinacional japonesa</b>	5
<b>Empresa brasileira</b>	5
<b>Multinacional coreana 2</b>	6
<b>Multinacional chinesa 2</b>	4
<b>Total:</b>	33

**Fonte:** Preparado pelo autor

### 3 NÍVEIS DE MATURIDADE E PRONTIDÃO ENCONTRADOS

Os resultados foram tabulados e organizados, conforme a planilha do Item 3.2, cujo resumo é apresentado na Tabela 17, observando se os vieses presentes nas possibilidades de resposta eram negativos ou positivos, ou seja, favoráveis os desfavoráveis à efetividade do PPB. No caso do viés negativo, as pontuações foram invertidas para que à uma maior pontuação correspondesse situação mais favorável e estão assinaladas com a letra “N”.

**Tabela 17** - Médias e desvio padrão dos resultados

<b>Num.:</b>	<b>Dimensão/afirmação:</b>	<b>Média:</b>	<b>D. Padrão:</b>
<b>EIR</b>	Busca do equilíbrio inter-regional	2,7	
1	Previamente a este PPB já havia produção nacional.	2,0	1,3
2	Sua implantação promoveu o deslocamento de plantas industriais já instaladas no País.	2,0	1,1
3	Sua implantação contribuiu para melhorar o equilíbrio inter-regional das 5 Regiões do País.	4,0	1,3
<b>AVP</b>	Agregação de valor à produção	4,1	
4	A implantação deste PPB demandou grandes investimentos.	4,3	1,1
5	Formam incorporadas tecnologias de produtos e processos de produção compatíveis com o estado da arte e da técnica.	4,0	1,0
6	Estão sendo obtidos níveis crescentes de produtividade.	4,1	0,8
7	Está contribuindo para o aumento da competitividade do produto.	3,0	1,1
8	Demandou formação e capacitação de pessoal especializado.	4,3	0,8
9	Contribuiu para o adensamento de cadeias de produção já existentes.	4,1	0,8
<b>MPG</b>	Atingimento das macrometas contidas nas políticas governamentais	3,8	
10	Estimulou a pesquisa e a transformação do conhecimento científico em riqueza.	3,6	0,9

<b>11</b>	Promoveu a inovação, transformação e convergência dos serviços de radiodifusão.	3,7	0,9
<b>12</b>	Impulsionou a aplicação de tecnologias para o desenvolvimento sustentável e o domínio de tecnologias estratégicas.	3,8	1,0
<b>13</b>	Contribuiu para o fortalecimento do sistema de pesquisa e aprimoramento da infraestrutura de ciência, tecnologia, inovação e comunicações.	4,0	0,8
<b>14</b>	Expandiu a prática da inovação e empreendedorismo no país.	3,7	0,9
<b>15</b>	Estimulou a educação científica e a divulgação e a popularização da ciência.	3,7	1,0
<b>16</b>	Promoveu a transformação digital do Brasil.	3,9	0,9
<b>IOE</b>	Incremento da oferta de emprego	4,2	
<b>17</b>	A produção é intensiva em mão de obra.	4,3	1,0
<b>18</b>	Implicou em geração significativa de empregos em outros pontos da cadeia do negócio.	4,2	0,9
<b>19</b>	Favoreceu a introdução de novos produtos correlatos/complementares.	4,4	0,9
<b>20</b>	Demandou investimentos significativos em PD&I (compulsórios ou não).	4,1	1,1
<b>ASB</b>	Promoção do aproveitamento sustentável da biodiversidade	3,1	
<b>21</b>	Este PPB gerou demanda para matéria prima regional da Amazônia.	2,9	1,4
<b>22</b>	Promoveu o desenvolvimento de cadeias de produção autóctones.	3,1	1,3
<b>23</b>	O processo de obtenção da matéria prima regional é sustentável (aspectos econômico, social e ambiental).	3,2	1,2
<b>24</b>	São observados os conceitos de Economia Circular.	3,1	0,9
<b>MEF</b>	Manutenção do equilíbrio fiscal	3,6	
<b>25</b>	As contrapartidas obtidas são compatíveis com a renúncia fiscal prevista.	3,8	0,8
<b>26</b>	Existe possibilidade de exportação do produto.	3,5	1,1
<b>27</b>	Há perspectiva do lucro gerado pela produção ficar no país.	3,8	1,1
<b>28</b>	A empresa fabricante tem predominância de capital nacional.	2,8	1,2

29	A implantação deste PPB alavanca outros negócios.	4,2	0,9
<b>GERAL</b>		3,6	

**Fonte:** Preparado pelo autor a partir da pesquisa aplicada.

Com relação ao EIR (2,7), a baixa pontuação é decorrente da existência do entendimento - equivocado - dos respondentes de não haver produção nacional de televisores antes deste PPB (2,0), enquanto houve consenso quanto sua alta contribuição para melhorar o equilíbrio regional (4,0).

O AVP (4,1) indicou alta agregação de valor onde se destacam o volume de investimentos (4,3) e a formação de capital humano (4,3).

No âmbito das MPG (3,8), a de menor pontuação foi o estímulo à pesquisa e transformação do conhecimento científico em riqueza (3,6) e a de maior foi a contribuição para o fortalecimento do sistema local de pesquisa (4,1).

Para o construto de maior pontuação IOE (4,2), o destaque foi o favorecimento da introdução de produtos correlatos/complementares (4,4), enquanto o menor valor foi atribuído à demanda de investimentos em PD&I (4,1), sendo necessário ressaltar que no Brasil há legislação específica para bens de informática – que não é o caso do televisor – onde são previstos investimentos compulsórios em PD&I.

No caso da ASB (3,1), não foi verificada maior aderência deste PPB, sendo o item de menor pontuação a geração de demanda por matéria prima regional (2,9).

Para a MEF (3,6), o menor valor foi para a predominância de capital nacional (2,8) e o maior para o fato da implantação deste PPB alavancar outros negócios (4,2). De fato, este é um mercado consolidado e dominado por marcas multinacionais.

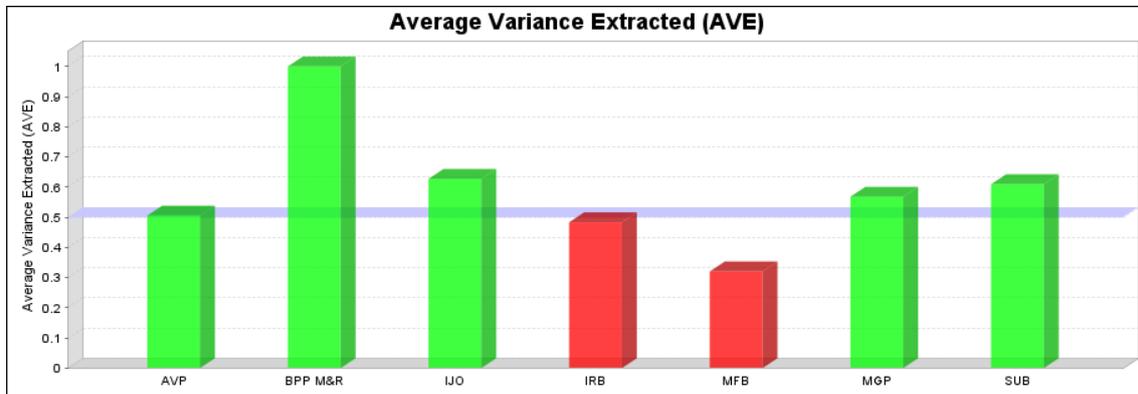
### 3.1 VALIDAÇÃO

Foram avaliados os indicadores Variância Média Extraída (*Average Variance Extracted* - AVE), Confiabilidade Composta (*Composite Reliability*), Validade Discriminante (*Discriminant Validity*) e Coeficientes de Determinação de Pearson R<sup>2</sup> (*Pearson's Determinant Coefficient* – *R Square*).

A AVE é uma medida do quanto, em média, as variáveis estão positivamente relacionadas aos seus construtos (Pereira et al., 2019) então

quando seu valor for maior que 0,5 ou 50%, assume-se que o modelo converge para um resultado satisfatório (Fornell e Larcker, 1981). A Figura 06 mostra o AVE calculado para cada construto:

**Gráfico 10** – Variância Média Extraída (*Average Variance Extracted- AVE*) do Modelo PPB



**Fonte:** Software SmartPLS® 3.0

Nesta primeira análise, os construtos IRB (0,483) e MFB (0,321) foram encontrados abaixo do valor de convergência, situação em que, segundo Bido, 2014, as variáveis observáveis dos construtos com AVE menor que 0,5 devem ser eliminadas para realizar o ajuste do modelo. Ao eliminar as variáveis com cargas fatoriais de menor valor, conseqüentemente, haverá um aumento no valor da AVE. Dessa forma, as variáveis listadas abaixo foram eliminadas e um novo cálculo foi realizado, gerando o Gráfico 11:

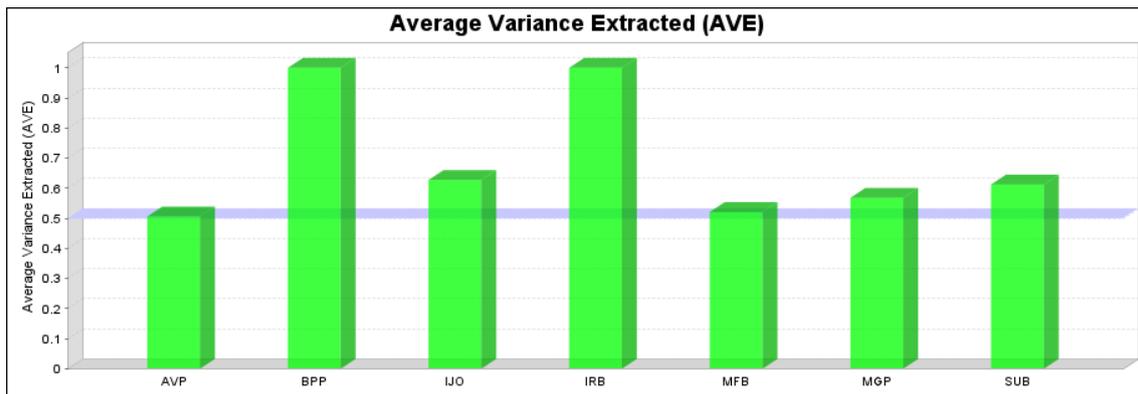
EIR\_1 Anteriormente a este BPP já existia produção nacional

EIR\_2 Sua implantação promoveu a realocação de plantas industriais já instaladas no país para a ZFM

MEF\_3 Há perspectiva de lucro gerado pela permanência da produção no país

MEF\_4 A empresa manufatureira tem predominância de capital nacional

**Gráfico 11** – Variância Média Extraída (*Average Variance Extracted – AVE*) do Modelo Ajustado

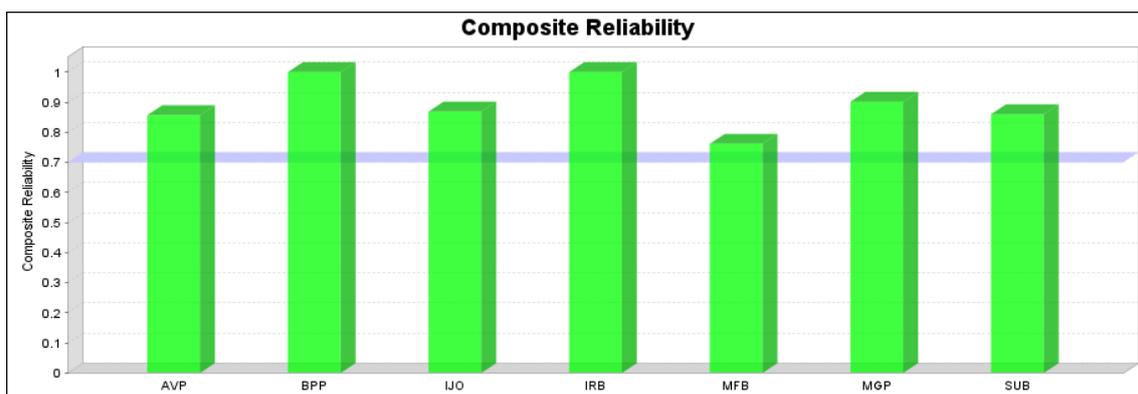


**Fonte:** Software SmartPLS® 3.0

O Modelo Ajustado apresentou convergência de todos os construtos e foi adotado como objeto de análises posteriores.

A Confiabilidade Composta é usada para verificar se a amostra está livre de viés ou se as respostas como um todo são confiáveis. Nesse caso, valores acima de 0,60 e 0,70 são considerados satisfatórios em uma pesquisa exploratória. É considerado mais adequado à metodologia de mínimos quadrados parciais (PLS) na modelagem de equações estruturais, utilizada pelo software SmartPLS® 3.0 (Pereira *et al.*, 2019).

**Gráfico 12** – Confiabilidade Composta (*Composite Reliability*) do Modelo Ajustado



**Fonte:** Software SmartPLS® 3.0

A Validade Discriminante é um indicador de que os construtos são independentes entre si (Hair *et al.*, 2014) e pode ser avaliado a partir das cargas cruzadas que apresentam valores maiores em seus respectivos construtos do que nos demais (Chin, 1998). Ao olhar para a Tabela 18, verificamos que os valores na diagonal são sempre maiores que os demais, exceto um, indicando que o critério de Chin (2018) é atendido:

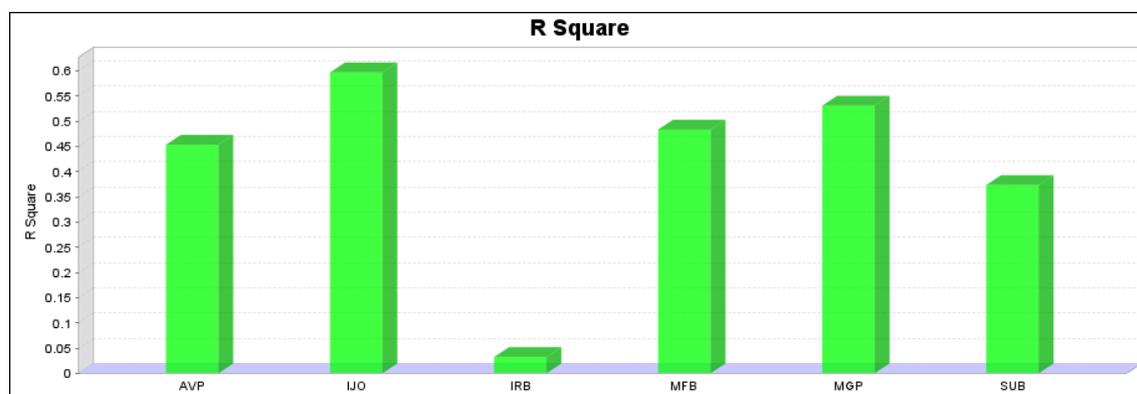
**Tabela 18** – Validade Discriminante do Modelo Ajustado

	AVP	PPB	IOE	EIR	MEF	MPG	MEF
AVP	0.711						
PPB	-0.052	1.000					
IOE	0.673	0.118	0.792				
EIR	0.618	0.215	0.272	1.000			
MEF	0.465	-0.138	0.329	0.268	0.722		
MPG	0.722	-0.020	0.676	0.398	0.549	0.754	
MEF	0.401	0.060	0.450	0.294	0.488	0.545	0.782

Fonte: Software SmartPLS® 3.0

Os Coeficientes de Determinação de Pearson ( $R^2$ ) avaliam a parcela da variância das variáveis endógenas que é explicada pelo modelo estrutural. Para a área de ciências sociais e comportamentais, Cohen (1988) sugere que  $R^2=2\%$  seja classificado como efeito pequeno,  $R^2=13\%$  como efeito médio e  $R^2=26\%$  como grande efeito. O cálculo realizado para o  $R^2$  pode ser encontrado no Gráfico 13, mostrando que todos os construtos têm grande efeito, exceto o IRB que foi reduzido a uma variável observável apenas devido ao ajuste realizado:

**Gráfico 13** – Coeficiente de Pearson  $R^2$  (R Square) do Modelo Ajustado



Fonte: Software SmartPLS® 3.0

Os indicadores selecionados apontaram para a validação estatística do Modelo Ajustado baseado na metodologia PLS-SEM.

## 5. COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

Esta segunda pesquisa analisou o nível de Maturidade e Prontidão do Processo Produtivo Básico (BPP), instrumento de política pública para concessão de benefícios fiscais aos fabricantes de televisores do Polo Industrial de Manaus (PIM), em relação aos atributos estabelecidos pelo Governo Federal por meio de a Portaria Interministerial 32/2019 e reuniões do Conselho de Administração da SUFRAMA.

Foi desenvolvido um Modelo de Maturidade e Prontidão com seis construtos (variáveis latentes), a saber: Busca do Equilíbrio Inter-Regional (IRB), Valor Adicionado à Produção (AVP), Cumprimento das Macrometas Contidas nas Políticas Governamentais (PMG), Incremento do Emprego Oferta (IJO), Promoção do Uso Sustentável da Biodiversidade (ASB) e Manutenção do Equilíbrio Fiscal (MEF). Esses construtos foram avaliados com base em 29 indicadores (variáveis observáveis), organizados na forma de um questionário estruturado de pesquisa com escala Likert de cinco pontos.

Este questionário contou com 33 respondentes distribuídos entre os sete fabricantes locais do produto de televisão e a Média Global da pesquisa apontou um índice de Maturidade e Prontidão de 3,58 em uma escala máxima de 5, denotando uma visão otimista do BPP como instrumento de política pública , destacando-se o atendimento da variável latente aumento da oferta de empregos com o maior valor (4,23) enquanto o alcance do equilíbrio inter-regional teve o menor escore (2,68).

Como esta pesquisa se limitou a produtores de televisão, uma perspectiva para estudos futuros, visando avaliar o PIM como um todo, seria aplicar o MMPA desenvolvido a outros produtos com receita significativa. Outra melhoria importante, já que todos os respondentes são representantes do setor, seria a extensão da pesquisa a outros *stakeholders*, principalmente governos

(federal, estadual e municipal), instituições de pesquisa e desenvolvimento e universidades.

O MMPA construído foi ajustado e validado utilizando a metodologia de mínimos quadrados parciais em modelagem de equações estruturais (PLS-SEM), utilizando o software SmartPLS® 3.0, sendo necessária a eliminação de quatro variáveis observáveis para obter a convergência de todos os construtos do Modelo.

## **6. QUESTIONÁRIO APLICADO**

### **AValiação de Maturidade e Prontidão de Processo Produtivo Básico (PPB)**

#### **ASPECTO REQUERIMENTOS DA PORTARIA INTERMINISTERIAL 32/2019**

##### **Identificação:**

Empresa:

Nome:

Cargo:

PPB: PORTARIA INTERMINISTERIAL SEPEC/ME/SEXEC/MCTI Nº 9.485, de 06/08/2021

Produto: TELEVISOR COM TELA DE CRISTAL LÍQUIDO

##### **Explicação:**

Este Questionário é parte integrante de um Projeto de Pesquisa no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), relacionando o Processo Produtivo Básico (PPB) com aspectos da Indústria 4.0. Está sendo aplicado nas empresas fabricantes da Zona Franca de Manaus (ZFM). Favor responder as questões/afirmações tendo sempre referência o PPB supracitado e os que o antecederam, permitindo a implantação da fabricação do TELEVISOR COM TELA DE CRISTAL LÍQUIDO na Empresa. O Questionário está dividido em cinco blocos de perguntas, a saber: Busca do Equilíbrio Inter-Regional, Agregação de Valor à Produção, Atingimento das Macrometas Contidas nas políticas Governamentais, Incremento da Oferta de Emprego, Promoção do

Aproveitamento Sustentável da Biodiversidade e Equilíbrio Fiscal, totalizando 29 questões/afirmações.

**Busca do equilíbrio inter-regional (EIR):**

1. Previamente a este PPB já havia produção nacional.
  - Absolutamente não
  - Talvez não
  - Depende
  - Talvez sim
  - Absolutamente sim
  
2. Sua implantação promoveu o deslocamento de plantas industriais já instaladas no País para a ZFM.
  - Concordo totalmente
  - Concordo
  - Não concordo nem discordo
  - Discordo
  - Discordo totalmente
  
3. Sua implantação contribuiu para melhorar o equilíbrio inter-regional das 5 Regiões do País.
  - Absolutamente não
  - Talvez não
  - Depende
  - Talvez sim
  - Absolutamente sim

**Agregação de valor à produção (AVP):**

4. A implantação deste PPB demandou grandes investimentos.
  - Concordo totalmente
  - Concordo
  - Não concordo nem discordo
  - Discordo
  - Discordo totalmente
  
5. Forma incorporadas tecnologias de produtos e processos de produção compatíveis com o estado da arte e da técnica.
  - Absolutamente não

- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

6. Estão sendo obtidos níveis crescentes de produtividade.

- Jamais
- Raramente
- Ocasionalmente
- Frequentemente
- Muito frequentemente

7. Está contribuindo para o aumento da competitividade do produto.

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

8. Demandou formação e capacitação de pessoal especializado.

- Jamais
- Raramente
- Ocasionalmente
- Frequentemente
- Muito frequentemente

9. Contribuiu para o adensamento de cadeias de produção já existentes.

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

**Atingimento das macrometas contidas nas políticas governamentais\*  
(MPG):**

10. Estimulou a pesquisa e a transformação do conhecimento científico em riqueza.

- Jamais
- Raramente
- Ocasionalmente

- Frequentemente
- Muito frequentemente

11. Promoveu a inovação, transformação e convergência dos serviços de radiodifusão.

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

12. Impulsionou a aplicação de tecnologias para o desenvolvimento sustentável e o domínio de tecnologias estratégicas.

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

13. Contribuiu para o fortalecimento do sistema de pesquisa e aprimoramento da infraestrutura de ciência, tecnologia, inovação e comunicações.

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

14. Expandiu a prática da inovação e empreendedorismo no país.

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

15. Estimulou a educação científica e a divulgação e a popularização da ciência.

- Jamais
- Raramente

- Ocasionalmente
- Frequentemente
- Muito frequentemente

16. Promoveu a transformação digital do Brasil.

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

**Incremento da oferta de emprego (IOE):**

17. A produção é intensiva em mão de obra.

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

18. Implicou em geração significativa de empregos em outros pontos da cadeia do negócio.

- Jamais
- Raramente
- Ocasionalmente
- Frequentemente
- Muito frequentemente

19. Favoreceu a introdução de novos produtos correlatos/complementares.

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

20. Demandou investimentos significativos em PD&I (compulsórios ou não).

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim

- Absolutamente sim

**Promoção do aproveitamento sustentável da biodiversidade (ASB):**

21. Este PPB gerou demanda para matéria prima regional da Amazônia.

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

22. Promoveu o desenvolvimento de cadeias de produção autóctones.

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

23. O processo de obtenção da matéria prima regional é sustentável (aspectos econômico, social e ambiental).

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

24. São observados os conceitos de Economia Circular.

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

**Manutenção do equilíbrio fiscal (MEF):**

25. As contrapartidas obtidas são compatíveis com a renúncia fiscal prevista.

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo

- Discordo totalmente

26. Existe possibilidade de exportação do produto.

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

27. Há perspectiva do lucro gerado pela produção ficar no país.

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

28. A empresa fabricante tem predominância de capital nacional.

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

29. A implantação deste PPB alavanca outros negócios.

- Absolutamente não
- Talvez não
- Depende
- Talvez sim
- Absolutamente sim

### **Observação:**

São entendidas como as “macrometas contidas nas políticas governamentais que promovam o desenvolvimento científico e tecnológico”, conforme Alínea III do Art. 6º da Portaria Interministerial nº32/2019 os Resultados Institucionais explicitados no Mapa Estratégico MCTI 2020-2030 existente em <<https://estrategia2020-2030.mcti.gov.br/info/mapa>>.

**Observações do respondente** (campo livre para registro de informações que julgar pertinentes):

## 6.1 PLANILHA DE RESPOSTAS

IRB_1	IRB_2	IRB_3	AVP_1	AVP_2	AVP_3	AVP_4	AVP_5	AVP_6	MGP_1	MGP_2	MGP_3	MGP_4	MGP_5	MGP_6	MGP_7	IJO_1	IJO_2	IJO_3	IJO_4	SUB_1	SUB_2	SUB_3	SUB_4	MFB_1	MFB_2	MFB_3	MFB_4	MFB_5	BPP	
4	4	4	3	2	5	5	5	5	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	4	3	2	2	3	4	1	5	5	4	5	
2	2	5	5	5	5	5	4	5	5	4	4	5	4	4	4	5	5	5	5	3	3	4	3	3	4	5	5	5	4	
1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	3	5	5	5	5	5	5	
2	1	4	5	5	5	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	1	1	2	3	4	3	5	4	4	
1	2	5	5	4	3	2	4	4	3	3	2	5	1	1	3	4	2	3	4	1	1	1	3	3	2	4	4	3	5	
2	2	5	5	4	5	4	5	4	4	5	5	3	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	3	4	4	5	1	5	4	
4	1	5	4	4	5	4	4	3	4	2	4	4	4	4	4	4	3	4	4	5	3	4	3	3	4	2	1	5	5	
2	2	3	4	4	4	5	4	4	3	4	4	4	4	5	4	5	4	4	5	4	4	4	4	2	4	4	2	4	4	
1	1	5	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	5	4	4	4	4	4	4	5	2	4	5
1	1	5	5	4	3	4	5	4	3	3	4	2	4	3	2	1	3	5	1	1	1	1	3	5	4	3	4	4	4	
1	1	5	4	5	4	4	5	4	3	3	4	4	4	5	3	5	5	4	5	2	5	4	4	3	5	2	2	4	5	
1	1	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	4	5	5	5	2	5	4	
5	2	5	5	5	4	4	5	5	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5	4	1	1	4	2	4	5	5	2	5	5	
1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	4	3	3	3	4	
4	1	5	5	5	4	4	5	5	4	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	4	4	3	5	5	
4	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	
1	4	5	5	3	4	4	4	4	2	4	2	2	2	2	2	5	4	5	1	1	5	5	3	5	2	5	1	5	5	
1	3	2	3	2	2	3	2	3	2	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	3	4	4	
1	1	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	4	4	3	4	5	4	5	3	1	2	3	4	3	1	4	2	5	5	
1	1	5	5	4	4	5	5	5	4	5	5	5	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	3	4	4	
3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	4	3	2	4	2	2	2	3	3	4	4	3	4	5	
1	3	3	4	4	4	3	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	5	4	2	2	2	3	3	3	3	3	4	
1	1	5	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	2	2	2	4	4	2	4	4	2	5	
5	3	3	5	3	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	5	4	4	3	3	4	3	3	2	4	4	
2	3	4	4	4	4	3	3	2	3	2	3	4	3	4	4	3	2	3	3	3	4	4	2	3	2	3	3	2	5	
3	2	5	4	4	4	3	5	4	4	4	5	5	5	4	5	4	5	4	5	3	5	3	3	3	4	4	3	5	4	
2	3	1	5	3	3	1	4	4	4	4	3	4	4	3	4	5	5	5	4	2	2	3	4	4	3	2	2	5	5	
1	4	1	5	2	5	5	5	2	5	1	1	4	2	4	2	5	5	5	4	2	2	2	2	3	3	5	1	2	4	
2	3	4	5	3	3	1	4	4	4	4	3	4	4	3	4	5	5	5	5	4	2	2	3	4	4	3	2	5	5	
2	1	2	5	5	4	3	4	3	2	2	4	3	2	2	4	4	4	5	2	4	3	3	3	4	4	2	2	5	4	
2	1	5	4	5	4	5	5	5	5	4	5	5	3	5	5	5	5	5	5	4	4	3	4	4	3	4	3	4	5	
1	4	4	4	4	5	4	5	5	4	4	4	5	4	4	4	3	3	4	5	1	4	2	2	4	4	3	2	4	4	
1	1	3	5	4	4	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	3	4	4	4	4	5	4	4	3	3	2	5	5	