

INTRODUÇÃO

A inovação é um pré-requisito para as organizações que buscam se desenvolver no contexto tecnológico e nesse processo surgiram diversos modelos como o Triângulo de Sábado, o Sistema Nacional de Inovação (SNI) e a Hélice Tríplice (HT).

Raquel Hatchhuell (2022) traz o entendimento de Schumpeter acerca da inovação, afirmando que esta desempenha um papel crucial na condução das mudanças, caracterizando-se pela introdução de novos produtos ou aprimoramento de algo já existente. Isso pode ser evidenciado por meio de (i) lançamento de um novo produto ou melhoria em um já existente, (ii) inovação de processo, (iii) abertura de novos mercados, (iv) mudanças organizacionais e (v) desenvolvimento de novas fontes de insumos e suprimentos.

A professora também traz a abordagem do Manual de Oslo, destacando três fatores relacionados à inovação: (i) empresas, (ii) instituições de ensino e pesquisa e (iii) transferência e absorção de tecnologia.

Na América Latina, Raquel Hatchhuell (2022) informa que Sábado e Botana propuseram um modelo baseado na interação universidade-empresa-governo, destacando a necessidade de envolvimento do governo para o desenvolvimento do ambiente de inovação, pois a ele cabe o fomento de políticas e incentivos para a geração de empregos e renda.

Como exemplo dessa atuação conjunta, podemos citar a própria Universidade do Estado do Amazonas – UEA, como exemplo de uma instituição criada com a finalidade de desenvolver o conhecimento científico e aprimorar a qualidade de recursos humanos na Amazônia, sendo instrumento de mitigação das desigualdades regionais, uma vez que disponibiliza educação de qualidade e é produtora de conhecimento tecnológico que interage com as indústrias da Zona Franca de Manaus (ZFM).

O modelo ZFM gerido pela PIM/SUFRAMA, fomenta o desenvolvimento das potencialidades regionais por meio da capacitação técnica e investimento na geração de conhecimento científico e tecnológico viabilizado pela celebração de parcerias com institutos de pesquisa, ensino ou desenvolvimento públicas (Hatchhuell, 2022).

A ZFM desempenha um papel de proeminência no contexto-socioeconômico da Amazônia Ocidental e Amapá, se tornando um diferencial não somente para as pessoas que residem nessa região, mas também para todo o país.

A abordagem metodológica adotada para este trabalho é caracterizada pela combinação de elementos dedutivos e qualitativos, sustentada por uma análise minuciosa de fontes bibliográficas e documentais produzidas no período compreendido entre 2019 a 2023.

Essa escolha metodológica visa fornecer uma compreensão aprofundada e contextualizada das dinâmicas que envolvem a interseção entre a Zona Franca de Manaus (ZFM), a Indústria 4.0 e os Estágios de Maturidade dispostos na Portaria MDIC 2.091/2018.

A análise bibliográfica e documental será o alicerce desta pesquisa, fazendo uso de fontes secundárias como livros, artigos, leis, relatórios e documentos oficiais produzidos entre 2019 a 2023, delimitando a análise às informações mais recentes, buscando capturar as últimas produções acadêmicas sobre o tema.

O presente trabalho inicia seu desenvolvimento demonstrando em qual cenário a Zona Franca de Manaus é criada e importância socio econômica da sua operação, tanto para a geração de emprego e renda, como também como incentivo para a preservação da Floresta e conforme será explanado, para o incentivo ao desenvolvimento da Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I).

No decorrer de sua existência, a ZFM não apenas preservou sua relevância, mas evoluiu de uma base industrial tradicional para uma visão de desenvolvimento voltada para a tecnologia e a produção de bens com maior valor agregado. Esse processo de adaptação e evolução da ZFM é emblemático, refletindo não apenas mudanças globais, mas também a capacidade de se manter relevante diante das demandas do mercado, impulsionando o crescimento econômico e a transformação socioeconômica da região.

Paralelamente, a ascensão da Indústria 4.0, marcada por avanços tecnológicos inovadores, vem redefinindo a paisagem industrial global. Iniciada na Alemanha em 2011, a Indústria 4.0 busca integrar tecnologias como inteligência artificial, big data, internet das coisas (IoT) e robótica avançada para impulsionar o setor industrial.

Nesse cenário, a ZFM desempenha um papel crucial ao inserir-se no contexto de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), principalmente por meio da Lei de Informática. A Lei nº 8387 de 2021, atua como um instrumento para atenuar os impactos das mudanças na legislação que rege os incentivos para a produção de produtos de informática, direcionando esforços para a região da ZFM.

Conforme o trabalho de Raquel Hatchhuell (2022, p. 33) para que as Empresas que atuam na ZFM com bens de Tecnologia da Informação e Comunicação recebam os incentivos fiscais do governo federal, deveram destinar 5% do seu faturamento bruto para projetos de PD&I:

Por via de regra as empresas devem investir 5% do seu faturamento bruto anual em PD&I, destes, 2,7% para projetos de pesquisa e desenvolvimento, projetos de tecnologia, sustentabilidade e capitalização de empresas na Amazônia Ocidental e Amapá, e um percentual de 2,3% em atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação, subdivididos em 0,9% para convênio com Institutos de Ciência e

Tecnologia (ICT), 0,4% com convênio de ICT pública , 0,2% de recurso a ser depositado no Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) e 0,8% repete-se a possibilidade de parceria com ICTs e depósito no FNDCT, além de viabilizar a aplicação em Programas Prioritários, Fundos de Investimento e Incubadoras/Aceleradoras.

A Portaria MDIC nº 2.091/2018 complementa a Lei de Informática, regulamentando os investimentos em PD&I relacionados à indústria 4.0 na ZFM. Essa portaria estabelece objetivos para elevar o investimento em projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação, promovendo a eficiência, produtividade, qualidade de produtos e serviços, flexibilidade, adaptabilidade e customização em escala massiva.

A referida portaria estabelece os estágios de maturidade dos projetos no campo da Indústria 4.0 com base no modelo ACATECH, sendo imprescindíveis para o cálculo do investimento em PD&I. A portaria adota uma metodologia de seis estágios: Computadorização, Conectividade, Visibilidade, Transparência, Capacidade Preditiva e Adaptabilidade. O cálculo do percentual de investimento é determinado pela maturidade da empresa, incentivando avanços nesses estágios.

Assim como essas características, outros aspectos relevantes da Portaria MDIC nº 2.091/2018 serão detalhados no presente trabalho, demonstrando que a Lei de Informática e a Portaria MDIC têm desempenhado um papel crucial no estímulo à inovação e no desenvolvimento tecnológico na ZFM, contribuindo para a consolidação do Polo Digital de Manaus e fomentando um ecossistema de tecnologia e inovação na região.

1 A ZONA FRANCA DE MANAUS E A INDÚSTRIA 4.0

A Zona Franca de Manaus foi criada pelo Decreto-Lei nº 288 de 1967, com o propósito de impulsionar o desenvolvimento na região amazônica, abrangendo todo o território da Amazônia Ocidental, além de Macapá e Santana (AP). O grande diferencial da ZFM consiste na concessão de incentivos fiscais às empresas que se estabelecem em sua área, por meio de cinco políticas públicas. Essas políticas são fundamentadas na renúncia de receitas, sujeita ao cumprimento de requisitos e contrapartidas financeiras. (Melo de Souza Júnior, 2023).

A finalidade da ZFM primeiramente era promover o desenvolvimento regional, trazendo empresas e mão de obra com o fito de garantir a segurança/soberania nacional na região mais remota do Brasil, no entanto com esse movimento, verificou ainda que a política

da Zona Franca também possibilitava a conservação dos recursos naturais da Floresta Amazônica, desestimulando práticas predatórias, uma vez que as pessoas possuíam emprego e renda promovidos pelas atividades da indústria.

A Zona Franca de Manaus (ZFM) surgiu como uma solução ampla para enfrentar os desafios da época, marcando um avanço audacioso em direção a um modelo de desenvolvimento mais equitativo, embora as dificuldades logísticas enfrentadas por quem decide investir no Norte do país.

Nesse contexto, a ZFM simbolizou o comprometimento do governo em concretizar uma visão audaciosa de transformação regional. Ao fornecer incentivos para a instalação de indústrias na área, atraindo investimentos e junto com eles, a promessa de empregos, renda e progresso.

Tal característica faz a ZFM ser uma exceção no Brasil, pois busca trazer equidade ao desenvolvimento regional do Norte do país, considerando tantas dificuldades enfrentadas por quem mora nessa localidade, principalmente no que se refere ao isolamento geográfico em função da preservação da Floresta.

Ao longo do tempo, a Zona Franca de Manaus não apenas preservou sua importância, mas também evoluiu para se tornar um centro crucial de crescimento econômico e progresso social, desempenhando um papel fundamental na redefinição do desenvolvimento socioeconômico na região.

Tal consideração se deve ao fato de que a ZFM, evoluiu da sua base industrial mais tradicional para uma visão de desenvolvimento voltado para a tecnologia e à produção de bens com maior valor agregado, evidenciando seu impacto no contexto socioeconômico regional. Conforme leciona Zenon Freitas (2023):

Ao acompanhar as mudanças globais e se ajustar às demandas do mercado, a ZFM mostrou sua capacidade de se manter relevante e, ao mesmo tempo, impulsionar o crescimento econômico e a transformação socioeconômica da região em que está inserida.

A criação de novas tecnologias está intrinsecamente ligada ao fomento do desenvolvimento da pesquisa e aprimoramento da indústria e com o acesso à internet, houve um movimento disruptivo em que as grandes demandas ensejam soluções inovadoras e tecnológicas.

Nesse ambiente de inovação tecnológica se desenvolve a Indústria 4.0, a qual tem como objetivo incentivar o desenvolvimento de estudos estratégicos e ações que impulsionem o uso de tecnologia pelo setor industrial.

A expressão Indústria 4.0 apareceu pela primeira vez no ano de 2011, na Feira de Hannover, na Alemanha, com a ideia de abranger um conjunto de recomendações estratégicas ao governo alemão, com a finalidade de desenvolver soluções tecnológicas.

Os Estados Unidos também promoveram um projeto intitulado como *Smart Manufacturing* no mesmo ano, publicando um relatório com recomendações a serem consideradas em nível nacional a fim de levar o país a liderança na chamada indústria avançada.

Posteriormente, no ano de 2013, a indústria 4.0 foi vista como um procedimento fundamental para a inovação e transformação da produção industrial com estudos sendo produzidos na União Europeia, Alemanha, Reino Unido, Dinamarca, Suécia, China, Coreia do Sul, Austrália, Estados Unidos, Canadá e Brasil.

A indústria 4.0 em termos de soberania, possui diferentes objetivos, dentre eles, aumentar a participação da indústria de transformação no Produto Interno Bruto (PIB), caso dos Estados Unidos e da União Europeia. Quando a participação da indústria de transformação já é bem consolidada, a estratégia utilizada é para que se alcance patamares mais elevados na cadeia de valor.

Montenegro Junior (*et al* 2021, p. 2) aborda como desenvolveu o Brasil desenvolveu os trabalhos em direção à implementação da indústria 4.0:

No Brasil, diante desse cenário, o Governo Federal instituiu, em junho de 2017, por meio do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), o Grupo de Trabalho para a Indústria 4.0 (GTI 4.0), com participação de mais de 50 instituições representativas, com o objetivo de elaborar uma proposta de agenda nacional para o tema, que resultou, entre outras ações, na Agenda Brasileira para a indústria 4.0

Esses avanços foram estruturados em nove pilares tecnológicos, conhecidas como megatendências, divididas em físicas (manufatura aditiva; robótica avançada; internet das coisas) e digitais (computação na nuvem, big data, cyber segurança, realidade aumentada, integração de sistemas e simulação) (Bernardes Junior *et al*, 2023).

O uso de soluções da Indústria 4.0 pressupõe planejamento projeto, desenvolvimento, validação, simulação e teste sistemático dos sistemas subjacentes. A crescente complexidade dos sistemas pressupõe que os novos métodos e ferramentas precisam levar em conta novos aspectos como a maior capacidade de auto aprendizagem de sistemas e análise de dados.

No mesmo sentido leciona Souza e Santos (2022, p. 7):

A utilização dessas tecnologias, aplicadas a cada unidade empresarial, de acordo com seus objetivos, desempenho, metas e propósitos permitirá um ganho de eficiência em

cada etapa da produção. A literatura é consensual quando se trata de avaliar os ganhos resultantes dessa revolução no que se refere ao aumento da produtividade, redução de custos e maior controle sobre os riscos. Importante evidenciar que essa transformação requer novas competências e habilidades dos trabalhadores, novas funções e novas formas de gerenciamento.

Dessa forma, a indústria 4.0 é o conjunto dos avanços tecnológicos mais inovadores sendo utilizados para o desenvolvimento e revolução dos produtos de valor, principalmente máquinas que funcionem de forma autônoma e inteligente, como por exemplo: inteligência artificial, *big data*, internet das coisas (IoT), computação em nuvem, sistemas ciberfísicos (CPS), manufatura aditiva (impressão 3D), robótica avançada, realidade virtual e aumentada, sensores inteligentes e novos materiais, combinando tecnologia da informação e comunicação com produção de uma forma flexível e dinâmica em busca da melhor eficiência e economia de recursos (ROSA E SILVA, 2023).

Ademais a importância da indústria 4.0 se externa dentre outros fatores por meio das políticas de apoio ao desenvolvimento de PD&I, pois de acordo com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (2021, p.20):

As inovações são consideradas a origem e o motor crucial da 4ª revolução industrial. São a base para novos produtos e serviços ou servem para agilizar e projetar com eficiência os processos existentes. Logo, participar do processo de normalização e da implementação rápida de normas recém-desenvolvidas mantém empresas líderes no cenário tecnológico

A ZFM se insere no contexto de PD&I, primeiramente através da Lei de Informática (Lei nº 8387, de 30 de dezembro de 2021), como forma de atenuar os impactos advindos da lei nº 8.248/91 que passou a estabelecer incentivos para a produção de produtos de informática para as demais regiões do Brasil, os quais eram concedidos até então somente na ZFM.

2 A LEI DE INFORMÁTICA NO CONTEXTO DA ZFM

Considerando que um mercado de alta performance tem como alvo a inovação, a Lei de Informática da ZFM veio como uma política pública de estímulo ao desenvolvimento de PD&I no âmbito da Amazônia Ocidental por meio de incentivos fiscais com a isenção do IPI e a redução em até 80% (oitenta por cento) do Imposto de Importação para as TICs atuantes no Polo Industrial de Manaus. Conforme o Dr. Túlio Macedo (2023, p. 63):

No ano de 1991 em que a lei foi sancionada, o país passava por um período de transição entre o modelo de reserva e de abertura de mercado e a legislação. Por isso, suas normas foram utilizadas como meio para se garantir a competitividade de empresas locais na época, pois o encerramento estava previsto para 1999, mas foi

observado que não seria possível e que seria fundamental para o Brasil a continuação de sua vigência

O que se verifica é que a Lei de Informática surgiu para ser aplicada de forma temporária até 1999, no entanto foi identificada sua importância para o desenvolvimento da indústria de tecnologia e após várias prorrogações, os incentivos advindos dessa lei são previstos até o ano de 2029 (MACEDO, 2023)

Assim, aquelas empresas que são fabricantes de bens de informática e prestam serviços de tecnologia da informação e comunicação para usufruir desses benefícios fiscais, devem aplicar 5% (cinco por cento) do seu faturamento bruto em atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) na região conferida pela Amazônia Ocidental e o estado do Amapá conforme disposição da Lei nº 8.387, de 30 de dezembro de 2021. Nesse sentido é a análise do Polo Digital de Manaus (2022, p. 10):

Um elemento decisivo para a consolidação do PIM concerne a que a Lei no 8.387/1991 ao prever que a produção incentivada de bens de TIC exija a realização de investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), abre a perspectiva de que a região não apenas consolide sua vocação de polo industrial, mas num futuro próximo possa evoluir para um “cluster” tecnológico, o que além dos impactos na qualidade dos empregos gerados, poderá potencializar o surgimento de empreendimentos locais (startups) parceiras das grandes empresas que se instalaram na região; além de dinamizar a própria Zona Franca, com a atração de novos ICTs, que se somam às Instituições de Ensino e Pesquisa locais, não apenas no desafio de firmar parcerias com a indústria para fortalecer a capacidade de produzir, mas gradualmente, incentivando o desenvolvimento regional de bens e plataformas.

O Decreto nº 10.121, de 15 de outubro de 2020 regulamenta as questões ligadas aos incentivos fiscais concedidos às TICs e no seu art. 21 apresenta os principais conceitos de PD&I:

Art. 21. Para fins do disposto nos art. 1º e art. 5º, consideram-se atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação:

I - pesquisa básica - trabalho experimental ou teórico executado primariamente para a aquisição de novo conhecimento dos fundamentos subjacentes aos fenômenos e fatos observáveis, sem qualquer aplicação particular ou uso em vista;

II - pesquisa aplicada - pesquisa original realizada com o objetivo de adquirir conhecimento, a qual é primariamente dirigida a um objetivo ou a um alvo prático específico;

III - desenvolvimento experimental - trabalho sistemático, baseado em conhecimento pré-existente e destinado a produzir novos produtos e processos ou aperfeiçoar os já existentes;

IV - inovação tecnológica - implementação de produtos, bens e serviços ou de processo tecnológico novo ou significativamente aprimorado;

V - formação ou capacitação profissional - aquelas de níveis médio, superior ou de pós-graduação, em áreas consideradas prioritárias pelo Capda, ou aquelas vinculadas às atividades de que tratam os incisos I ao IV; e

VI - serviços de consultoria científica e tecnológica - estudos, ensaios e testes, atividades de normalização, gestão de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação, de gestão tecnológica, de fomento à invenção e à inovação e de gestão e controle da propriedade intelectual gerada nas atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação, desde que associadas a quaisquer das atividades previstas nos incisos de I ao IV.

Cabe informar que a Lei de Informática foi alterada pela Lei nº 13.989, de 26 de dezembro de 2019, por causa de uma exigência da Organização Mundial do Comércio (OMC) através de uma ação movida em 2014 pelo Japão e a União Europeia com apoio dos Estados Unidos e da Coreia do Sul, pois segundo eles a política de isenção do IPI em salvaguarda do mercado nacional discriminava as empresas estrangeiras e não eram condizentes com as regras do comércio internacional (ROSA E SILVA, 2023).

Tal argumento foi acolhido pela OMC e caso não houvesse uma mudança necessário, a organização tomaria medidas em retaliação às exportações brasileiras por parte dos países considerados prejudicados.

A consequência disso foi uma alteração na legislação com efeitos desde 01 de abril de 2020, estabelecendo que não há mais redução de IPI na saída do produto e que tal incentivo fiscal fica condicionado de forma proporcional aos investimentos em PD&I feitos antecipadamente, dando opção às empresas de compensar os tributos federais (IPI, II, PIS, CONFINS, CSLL e Imposto de Renda) ou obter o ressarcimento em espécie (ROSA E SILVA, 2023), conforme previsto no art. 11 da Lei de Informática.

Art. 11. Farão jus ao crédito financeiro de que trata o art. 4º desta Lei as pessoas jurídicas beneficiárias que investirem anualmente, no País, em atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação referentes ao setor de tecnologias da informação e comunicação, no mínimo 5% (cinco por cento) da base de cálculo formada pelo faturamento bruto no mercado interno, decorrente da comercialização de bens de tecnologias da informação e comunicação definidos no art. 16-A, e que cumprirem o processo produtivo básico.

§ 1º No mínimo dois vírgula três por cento do faturamento bruto mencionado no caput deste artigo deverão ser aplicados como segue:

I - mediante convênio com Instituições Científica, Tecnológica e de Inovação (ICTs), bem como com instituições de pesquisa ou instituições de ensino superior mantidas pelo poder público, credenciadas pelo comitê de que trata o § 19 deste artigo, e, neste caso, será aplicado percentual igual ou superior a 1% (um por cento);

II - mediante convênio com ICTs, bem como com instituições de pesquisa ou instituições de ensino superior mantidas pelo poder público, com sede ou estabelecimento principal situado nas regiões de influência da Sudam, da Sudene e da região Centro-Oeste, excetuada a Zona Franca de Manaus, credenciadas pelo comitê de que trata o § 19 deste artigo, e, neste caso, será aplicado percentual igual ou superior a 0,8% (oito décimos por cento);

III - sob a forma de recursos financeiros, depositados trimestralmente no Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), criado pelo Decreto-Lei nº 719, de 31 de julho de 1969, e restabelecido pela Lei nº 8.172, de 18 de janeiro de 1991, e, neste caso, deverá ser aplicado percentual igual ou superior a 0,5% (cinco décimos por cento); e

IV - sob a forma de aplicação em programas e projetos de interesse nacional nas áreas de tecnologias da informação e comunicação considerados prioritários pelo comitê de que trata o § 19 deste artigo, conforme regulamento a ser editado pelo Ministro de Estado da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações e ouvido o referido comitê, podendo essa aplicação substituir os percentuais previstos nos incisos I, II e III deste parágrafo.

§ 2º Os recursos de que trata o inciso III do § 1º deste artigo destinam-se, exclusivamente, à promoção de projetos estratégicos de pesquisa e desenvolvimento em tecnologias da informação e comunicação, inclusive em segurança da informação

§ 3º Será destinado percentual não inferior a 50% (cinquenta por cento) dos recursos referidos no inciso II do § 1º deste artigo às ICTs criadas e mantidas pelo poder público, bem como às instituições de pesquisa ou instituições de ensino superior mantidas pelo poder público, com sede ou estabelecimento principal na região a que o recurso se destina.

Assim, a Lei de Informática (Leis nº. 8.241/91 e nº 8.387/91, e suas respectivas alterações por meio do Decreto 5.906/06, Lei nº 10.176/01, Lei nº 13.674/18 e Lei nº 13.969/19) além de incentivar a inovação na produção de bens de valor e a geração de empregos na região da Amazônia Ocidental, a Lei de Informática também fomenta a criação de startups de inovação e tecnologia, uma vez que elas se beneficiam desses recursos.

Para que as empresas se classifiquem como P&D é necessário que a prática de pesquisa de base seja fundamental com a finalidade de conseguir novos conhecimentos da área da empresa e colocar em prática o conteúdo desenvolvido e obtido por meio das pesquisas. A empresa também implementar pesquisas de desenvolvimento com a finalidade de produzir novos dispositivos, materiais, métodos, produtos etc. e a empresa deve buscar inovação tecnológica por meio de pesquisas que buscam métodos mais eficientes de produção, devendo as metas ser práticas com temas afunilados.

E é dentro desse contexto de desenvolvimento da indústria 4.0 na Zona Franca de Manaus, que se destaca a Portaria MDIC nº 2.091, de 17 de dezembro de 2018 que traça disposições sobre a política de investimento em indústria 4.0 como instrumento de aplicação da Lei de informática, o que tornou o Brasil um dos pioneiros, entre os países em desenvolvimento, a criar uma política pública voltada para o setor de informática.

3 A INFLUÊNCIA DA PORTARIA MDIC 2.091/2018 NA INDÚSTRIA 4.0 DA ZFM: UM NOVO PARADIGMA

A portaria MDIC 2.091/2018 regulamentou a metodologia a ser adotada nos investimentos de PD&I voltados para a indústria 4.0 na Zona Franca de Manaus e criou o selo da Indústria 4.0 com a finalidade de otimizar a implementação dos recursos, a fim de impor que

as empresas beneficiadas por esses investimentos entreguem o produto proposto ou se responsabilizem em restituir os recursos caso o objetivo não seja alcançado.

No contexto de inovação na indústria 4.0, as normas figuram como um instrumento de promoção de políticas públicas que fomentam a disseminação da Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) e a Portaria MDIC 2.091/2018 complementa o arcabouço normativo uma vez que dá aplicabilidade à essa política pública de incentivo à inovação.

3.1 Os objetivos da Metodologia de Investimentos em PD&I

O primeiro aspecto relevante da Portaria MDIC 2.091/2018 que podemos citar são os objetivos da Metodologia de Investimentos em PD&I que estão disposto no art. 3º da referida portaria. Tais objetivos norteiam a política pública dos investimentos de PD&I em prol da transformação digital no contexto da Zona Franca de Manaus.

Art. 3º A metodologia de investimentos em PD&I prevista nesta Portaria tem por objetivo:

I – elevar o nível de investimento em projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação voltados para a incorporação de elementos da indústria 4.0 nos processos produtivos;

II – aumentar a eficiência, a produtividade e a agilidade das empresas;

III – elevar os padrões de qualidade de produtos e serviços;

IV – aumentar a flexibilidade e a adaptabilidade das plantas fabris;

V – customizar produtos em escala massiva;

VI – reduzir custos de operação; e

VII – estimular a inovação.

Os referidos objetivos evidenciam o comprometimento da política instituída pela Lei de Informática com o desenvolvimento tecnológico do país, bem como a necessidade de incentivar a destinação de investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação no âmbito da ZFM, culminando na implantação de um ecossistema de tecnologia e inovação.

3.2 Dever de Observar Etapas para cálculo de valor a ser investido

Mais um aspecto relevante é que portaria impõe o dever de observar 3 (três) etapas para o cálculo do valor a ser apropriado pelas ICTs, são elas: **1ª etapa: identificação do estágio de maturidade inicial e do estágio de maturidade desejado com o projeto de indústria 4.0, seguindo o disposto no art. 5º e nos Anexo I e V; 2ª etapa: quantificação do incentivo do projeto (fator de impulso), seguindo o disposto no art. 7º; e 3ª etapa: prestação de contas.**

A primeira etapa destaca a necessidade de identificação do estágio de maturidade inicial e seguindo o que leciona Zaoui e Souissi (2020), a análise prévia é imprescindível para a definição das estratégias de implementação da transformação digital inerente à indústria 4.0,

pois somente dessa forma que será identificado o aporte necessário rumo à inovação, verificando a necessidade de capital, de recursos humanos e de tempo até a conclusão do projeto Portaria MDIC 2.091/2018 identifica-se como o diagnóstico de maturidade. Desse modo, Zaoui e Souissi (2020, p. 438) afirmam:

The assessment exercise is a prerequisite for any evolving process that a company may launch. The one interesting us consists of the DT, which requires a multidimensional appraisal of the company, namely the ICT dimension. It is precisely the purpose of this section, to identify the ICT maturity level through an ICT evaluation grid. The ICT maturity level is considered the first 'input' feeding the reflection on the company's DT strategy that must be completed by the other 'inputs' resulting from the evaluation of the other dimensions.

Os autores destacam a necessidade de um estudo prévio para conceber a transformação digital nas ICTs. Esse estudo deve abranger uma perspectiva multidimensional¹ da transformação, pois a avaliação desse aspecto é considerada um pré-requisito essencial para a formulação de estratégias eficazes em direção à inovação da indústria 4.0.

3.3 Estágios de Maturidade conforme modelo da ACATECH

Para compreender a metodologia adotada pela ACATECH acerca dos estágios de maturidade no contexto da indústria 4.0, válido trazer duas metodologias citadas por Lima, Santiago e Oliveira Júnior (2022). A primeira é com base em Schumacher e Schuh que desenvolveram um modelo de maturidade que avalia cinco dimensões cruciais para a administração das operações empresariais. Estas dimensões abrangem pessoas, processos de manufatura, produtos, tecnologias habilitadoras e modelo de negócio.

Com base no trabalho daqueles autores, o enfoque principal do modelo de maturidade concentra-se na gestão operacional, partindo da premissa de que é essencial organizar-se operacionalmente antes de embarcar na digitalização. Dessa forma, o modelo proposto é estruturado em estágios distintos de preparação e de indústria 4.0.

Outro modelo de relevância, estudado é o PIMM 4.0, metodologia adotada pelos centros industriais do Brasil, incluindo a ZFM. Desenvolvido pelo Instituto de Desenvolvimento Tecnológico (INDT) por meio do projeto *Advanced Manufacturing Assessment* (AMa). Tal modelo traz a visão multinível e multidimensional e promoveu os

¹ Dimensão estrutural, Dimensão ambiental, Dimensão de Segurança, Dimensão de Qualidade, Dimensão Financeira, Dimensão Cultural, Dimensão da Inovação e Dimensão Participativa (ZAOUI E SOUISSI, 2020).

melhores resultados, sendo o único método brasileiro com bases matemáticas com enfoque na realidade brasileira.

Segundo Lima, Santiago e Oliveira Júnior (2022) a premissa do modelo PIMM 4.0 é conduzir projetos e implantações de manufatura avançada, ligando a outras áreas de forma interdisciplinar mostrando relação entre Tecnologia da Automação e Tecnologia da Informação com evidências de características da indústria 4.0, assim os referidos autores afirmam:

O PIMM 4.0 contribui para que as mais diversas empresas possam estabelecer a transição para a Indústria 4.0, com base na medição do grau de maturidade e prontidão da indústria 4.0. Além disso, a plataforma, através da metodologia técnico-científica, traz o diagnóstico preciso das oportunidades de melhorias nas empresas.

Portanto a maturidade é uma ferramenta para as empresas conceituarem e medirem o status dos processos de desenvolvimento e dos níveis em relação à indústria 4.0. Nesse sentido, a Portaria MDIC nº 2.091, adotou a metodologia da Academia Alemã de Ciência e Engenharia (ACATECH) que estabelece 6 (seis) estágios de maturidade: 1) Computadorização, 2) Conectividade, 3) Visibilidade, 4) Transparência, 5) Capacidade Preditiva e 6) Adaptabilidade.

O primeiro e o segundo estágio fazem parte da digitalização do projeto, a computadorização e conectividade. No primeiro estágio, a ICT elimina o material físico, como papel e planilhas, transferindo os dados para um formato digital padrão. De acordo com o Anexo I da Portaria, esses dados são encaminhados para uma área específica, onde são analisados por Inteligência Artificial. Isso resulta na geração de informações detalhadas sobre a evolução do processo de transformação, com capacidade para identificar ações de causa-efeito. Essa análise possibilita a auto manutenção dos equipamentos, associada a um sistema de inspeção de qualidade na saída. Adicionalmente, a IA pode acionar o sistema de auto correção e/ou auto otimização do subprocesso, importando que tal sistema faça seu *compliance*.

O segundo estágio de Conectividade é a possibilidade que os dados digitalizados no estágio anterior sejam extraídos diretamente de instrumentos automatizados por meio da Inteligência Artificial, com ênfase no tratamento e saída desses dados com o objetivo de dar qualidade ao conjunto produzido corrigindo possíveis defeitos. Tal integração e autocorreção deverá ser realizada de forma contínua ao longo de todo o processo, disponibilizando esses dados para as tomadas de decisão.

O parágrafo único do art. 5º da Portaria estudada dispõe que “Só farão jus aos recursos de pesquisa, desenvolvimento e inovação as empresas beneficiárias que busquem um estágio de maturidade em indústria 4.0 desejado superior a 3 nos seus processos ou subprocessos”.

Ou seja, como base nesse dispositivo, somente quando a ICT estiver no estágio de conectividade, traçando estratégias para o alcance de maturidade terceiro estágio que ela poderá começar a receber os recursos destinados à PD&I.

A partir do terceiro estágio, a ICT entra na etapa de otimização, e a Visibilidade que representa esse terceiro nível, é quando utiliza-se as informações, dados e conhecimentos obtidos ao longo do processo e dos subprocessos para criar, realimentar e dar robustez ao projeto digital-virtual, permitindo a execução de simulações computacionais e criação de cenários que alimentam e contribuem para a autocorreção e auto otimização, contribuindo para a redução do tempo para novos desenvolvimentos, uma vez que as variáveis já não são mais indeterminadas.

A Transparência é o quarto estágio dessa metodologia, que é quando os indicadores são utilizados para demonstrar os impactos e a evolução dos processos, transformando ao mesmo que integra a cadeia de suprimentos que fornece os subsídios para essas análises com intuito de corrigir, otimizar e prever a produção futuras dos referidos insumos.

A capacidade preditiva é o quinto estágio que como o nome já expressa é a possibilidade de criar cenários por meio do uso da inteligência artificial e assim analisar e compreender as variações de demanda, promovendo autocorreção e auto otimização já compatíveis com os conceitos da indústria 4.0.

O último estágio é o nível de Adaptabilidade onde as ações de auto correção são mais rápidas, chegando até a prevenir falhas de eficiência, uma vez que promove a integração de toda a estrutura organizacional da empresa com os níveis anteriores e permite que a gestão da empresa e do negócio sejam baseados em inteligência artificial desde o nível local até o mundial, incluindo a cadeia produtiva.

3.4 Cálculo do Percentual Aplicável aos Recursos Investidos e Fatores de Impulso

Outro aspecto relevante da Portaria MDIC 2.091/2018 é a estabelecimento de cálculo de percentual de investimentos financeiros voltados para elevação da aptidão fabril da empresa beneficiária para a indústria 4.0 a serem considerados como atividades de PD&I, conforme disposto no caput do art. 6º da referida Portaria.

De acordo com o que consta no anexo II da Portaria MDIC 2.091/2018, o cálculo é representado pela fórmula abaixo, onde PA se refere ao Percentual Aplicável aos Recursos

Investidos, PB que quer dizer Percentuais de Base Aplicáveis aos Recursos Investidos e FI significa Fator de Impulso.

Também no anexo II da Portaria MDIC 2.091/2018 é possível encontrar a tabela de percentuais de base aplicáveis aos Recursos Investido, conforme o que segue:

Estágio de maturidade em indústria 4.0 atual (processo / subprocesso)	6						
	5						66%
	4					59%	69%
	3				52%	62%	72%
	2			45%	55%	65%	75%
	1			48%	58%	68%	78%
		1	2	3	4	5	6
Estágio de maturidade em indústria 4.0 desejado (processo / subprocesso)							

O que se pode perceber é que quanto mais evoluída esteja a empresa de PD&I no estágio de maturidade, maior será o percentual de aporte dos investimentos, uma vez que quanto maior o estágio de maturidade, maior a certeza de sucesso da pesquisa desenvolvida.

3.5 Elaboração de Relatórios por Auditoria Independente credenciada pela CVM

Outro aspecto relevante é a necessidade de certificação dos estágios de maturidade em indústria por meio de relatório consolidado e parecer conclusivo elaborados por auditoria independente credenciada na Comissão de Valores Mobiliários – CVM e cadastrada no Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, com emissão de relatório de comprovação da existência e da veracidade das evidências em relação ao escopo do projeto, como determina o *caput* do art. 8º da Portaria MDIC 2.091/2018.

No art. 9º, a portaria estabelece o que é considerado para fins de evidência de auditoria:

Art. 9º Serão consideradas como evidências de auditoria:

I - evidências físicas: meios de produção substituídos pelos novos, em plena operação, conforme especificação inicial, ou no estágio que se encontra o projeto de transformação;

II - evidências documentais:

a) relatórios, desenhos, esquemas, fluxos, da concepção e do planejamento do projeto de pesquisa, desenvolvimento e inovação de indústria 4.0;

b) projeto e detalhamento da transformação do processo ou subprocesso, notas fiscais da compra de serviços;

c) detalhamento do progresso, da construção e da execução, notas fiscais de compra de serviços;

d) relatórios de testes de integração e de teste de todos os sistemas em operação;

e) relatórios de execução das fases de produção em velocidade de produção e integrado aos outros processos produtivos;

f) documentos, relatórios e notas fiscais que comprovem o grau de maturidade da solução adotada;

g) relatórios oficiais que comprovem os novos conhecimentos adquiridos e que passem a fazer parte do acervo intelectual da empresa;

h) registro documental das patentes submetidas ou em processo de submissão;

i) contratos assinados com universidades e instituições científicas, tecnológicas e de inovação para execução do projeto em questão, assim como os relatórios comprobatórios das atividades em andamento;

c) as despesas de pesquisa e desenvolvimento não sejam inferiores a cinco por cento da receita bruta, sendo excluídas dessas despesas os valores direcionados à formação de ativo imobilizado; ou

j) contratos assinados com empresas de base tecnológica para execução do projeto em questão, assim como os relatórios comprobatórios das atividades em andamento, ou ainda os processos documentais da criação empresas nascentes de base tecnológica a partir do projeto em execução; e

d) execute por meio de sócios ou empregados diretos, profissionais técnicos de nível superior, atividades de desenvolvimento de software, engenharia, pesquisa e desenvolvimento tecnológico e de mercado.

k) contratos assinados com fornecedores que participem das atividades do projeto na forma de parceria ou compra de serviços especializados.

VIII - Fatores de Impulso: aqueles identificados como geradores de impacto positivo tanto para a empresa quanto para o país, podendo dizer respeito a: origem da tecnologia, conhecimento pré-existente, novos conhecimentos gerados, capacidade de transbordamento tanto do conhecimento como das tecnologias desenvolvidas e do legado para a sociedade local, entre outros.

III - evidências testemunhais: entrevista com gestores oficiais designados pela empresa, e responsáveis pelo processo produtivo em questão.

Tal disposição traz segurança aos investimentos destinados, estabelecendo uma relação de responsabilidade pelas empresas beneficiárias desses recursos de PD&I para que se comprometam na devida implementação dos investimentos com maior garantia de resultados.

Essa conclusão se comprova com o previsto no art. 11 (caput e parágrafo único) da portaria que determina caso não se atinja o estágio de maturidade desejado ao final do projeto, será calculado o descumprimento da obrigação de investimento em PD&I para cada ano desde o início do projeto, esse percentual de descumprimento é obtido pela diferença entre o percentual aplicável calculado com o estágio de maturidade desejado e o percentual aplicado ao alcançado efetivamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A interseção entre a ZFM e a Indústria 4.0 revela não apenas a capacidade de adaptação das políticas públicas, mas também a sinergia entre desenvolvimento regional e inovação tecnológica. O caminho trilhado pela ZFM, desde sua criação até sua integração à era da Indústria 4.0, representa um exemplo de sucesso na busca por equidade e crescimento econômico nas regiões mais desafiadoras do Brasil.

No presente trabalho, explanamos sobre a interseção crucial entre Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) e a Indústria 4.0 com enfoque especial na Lei de Informática da Zona Franca de Manaus (ZFM) e os aspectos relevantes da Portaria MDIC 2.091/2018 como instrumentos-chave para impulsionar a inovação tecnológica.

Reitera-se que a Lei de Informática na ZFM se tornou uma peça fundamental para incentivar investimentos em PD&I. Através dessa política, houve estímulo à pesquisa tecnológica, ao desenvolvimento de produtos e à implementação de soluções inovadoras, contribuindo para a inserção competitiva no contexto local, nacional e global.

A análise detalhada da Portaria MDIC 2.091/2018 destacou seus aspectos relevantes, bem como seu papel crucial na definição de diretrizes e parâmetros para a aplicação dos recursos incentivados pela Lei de Informática.

Por meio dessa Portaria é garantido um ambiente mais seguro e transparente para o investimento e execução de projetos de inovação, consolidando a eficácia da política pública na promoção de atividades de PD&I em consonância com as demandas da Indústria 4.0.

Nesse panorama, fica evidente que a ZFM, por meio da Lei de Informática e da Portaria MDIC 2.091/2018 e outros dispositivos correlatados, desempenham um papel significativo na potencialização da capacidade inovadora do setor industrial.

Tal iniciativa demonstrou o comprometimento do estado brasileiro com o desenvolvimento tecnológico do país, bem como a necessidade de incentivar a destinação de investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor, culminando na implantação de um ecossistema de tecnologia da informação e comunicação na Região Amazônica ao longo desses 30 anos.

Entretanto, ressalta-se a importância de revisões regulares e adaptações às políticas vigentes, de forma a garantir que estas permaneçam alinhadas com as dinâmicas da Indústria 4.0 e continuem a impulsionar o desenvolvimento tecnológico no cenário nacional.

Por fim, é imperativo reconhecer que a busca pela maior eficiência em PD&I na Indústria 4.0 é um esforço contínuo e colaborativo. A compreensão aprofundada das nuances

presentes na interseção entre a Lei de Informática da ZFM, a Portaria MDIC 2.091/2018 e os demais instrumentos servem como base sólida para a formulação de estratégias futuras, visando promover a inovação, competitividade e sustentabilidade na indústria brasileira neste cenário dinâmico e desafiador.

REFERÊNCIAS

ACATECH, Conselho Consultivo de Pesquisa da National Academy of Science and Engineering. **Themenfelder Industrie 4.0**. Munique, 2019. Disponível em: <https://www.acatech.de/publikation/themenfelder-industrie-4-0/>. Acesso em 18 de nov 2023.

Associação Polo Digital de Manaus. **30 anos da Lei de Informática da Zona Franca de Manaus: importância para a região, impactos e externalidades deste marco legal**. Associação Polo Digital de Manaus. Manaus/ EDUA, 2022. ISBN: 978-65-5839-085-5.

BRASIL. **Decreto nº 10.521, de 15 de dezembro de 2020**. Regulamenta o §6º do art. 7º do Decreto-Lei nº 288, de 28 de fevereiro de 1967, e o art. 2º da Lei nº 8.387, de 30 de novembro de 1991, que tratam do benefício fiscal concedidos às empresas que produzem bens e serviços do setor de tecnologia da informação e comunicação da Zona Franca de Manaus e que investem em atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação na Amazônia Ocidental ou no Estado do Amapá. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10521.htm Acesso em 20 de nov 2023.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Portaria MDIC nº 2.091, de 17.12.2018**. Brasília, 2018. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/Portaria_MDIC_n_2091_de_17122018.html. Acesso 20 set 2023.

BRASIL. **Portaria ME/SUFRAMA nº 9.835, de 17 de novembro de 2022**. Dispõe sobre o Plano de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação – PD&I; a apresentação e julgamento dos projetos de PD&I; e os procedimentos para o acompanhamento e a fiscalização das obrigações previstas no art. 5º do Decreto nº 10.521, de 15.10.2020. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/Portaria_ME_SUFRAMA_n_9835_de_17112022.html. Acesso em 20 de nov 2023.

CGEE - Centro de Gestão de Estudos Estratégicos. **Indústria 4.0: arcabouço normativo para a implementação da Indústria 4.0 no Brasil**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos 2021. ISBN: 978-65-5775-027-8.

FGV EESP. **Zona Franca de Manaus: Impactos, efetividade e oportunidades**. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi_8vWj2eaCAxVxCLkGHYjPDjcQFnoECBIQAQ&url=https%3A%2F%2Ffiles.p.fgv.br%2Fsites%2Ffiles.p.fgv.br%2Ffiles%2Festudos_fgv_zonafranca_manaus_abril_2019v2.pdf&usg=AOvVaw07PIbwaOUv7roIfIDG13rR&opi=89978449. Acesso 20 set 2023.

FREITAS, Zenon Ricardo. **A importância da Zona Franca de Manaus no Contexto Socioeconômico**. Revista Foco Curitiba (PR), v. 16, n. 9, 2023, p. 01-14. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n9-126. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/2901/2035>. Acesso em 21 de nov 2023.

HATCHHUELL, Raquel Luniére. **A Lei de Informática como Fomento à Interação Universidade-Empresa: Um estudo sobre a relação da universidade do estado do Amazonas e o polo industrial de Manaus**. Viçosa, MG, 2022. Locus Repositório institucional da UFV. Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/30429>. Acesso em 20 set 2023.

ITIKAWA, Maurício. **Diagnóstico da maturidade de empresa do Polo Industrial de Manaus sob métricas da indústria 4.0: estudo de caso comparativo sob a perspectiva da Lei de Informática**. Manaus, AM, 2022. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade Federal do Amazonas. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/9082>. Acesso em 20 set 2023.

LIMA, Graziela de Souza, SANTIAGO, Sandro Breval e OLIVEIRA JÚNIOR, Manoel Carlos de. **Análise da Maturidade na Indústria 4.0: Um Estudo de Caso no Polo Industrial de Manaus utilizando o sistema PIMM 4.0**. XXII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Paraná, 2022. Disponível em: https://aprepro.org.br/conbrepro/anais/arquivos/09282022_120933_63346f29b8e32.pdf. Acesso em 18 de nov 2023.

MONTENEGRO JÚNIOR, Leopoldo Augusto Melo *et al.* **Desenvolvimento da Indústria 4.0 no Polo Industrial de Manaus a partir dos Programas Prioritários**. XLI Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Contribuições da Engenharia de Produção para a Gestão de Operações Energéticas Sustentáveis. Foz do Iguaçu, PR, 2021. Disponível em https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_359_1855_41771.pdf. Acesso em 20 de nov 2023.

NUNES, Guilherme Bitencourt. **Análise de maturidade 4.0 do núcleo de tecnologias tridimensionais do CTI Renato Archer**. X Seminário em TI do PCO/CTI, 2020. Disponível em: https://www1.cti.gov.br/sites/default/files/seminario-2020_paper_25.pdf. Acesso em 21 de nov 2023.

ROSA E SILVA, Túlio Macedo. **Os Benefícios da Lei de Informática e o Aprimoramento das Tecnologias da Comunicação**. DOI: 10.29327/5212778.1-4 Direito, Tecnologia e Inovação na Amazônia. Amazônia Et. Al, 2023, p. 61-71. ISBN 978-85-5722-905-1.

SOUZA JÚNIOR, Albefredo Melo de. **Os programas prioritários do CAPDA como formas de financiamento de PD&I e de incentivos às startups localizadas na Amazônia Ocidental e Amapá**. DOI: 10.29327/5212778.1-1. Direito, Tecnologia e Inovação na Amazônia. Amazônia Et. Al, 2023, p. 06-28. ISBN 978-85-5722-905-1.

ZAOUI, Fadwa. SOUISSI, Nissrine. **A Triaxial Model for the Digital Maturity Diagnosis**. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, Vol. 9, nº 1, Jan-Fev 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/60912020>. Acesso em 21 de nov 2023.

SOUZA, Carolina Gonçalves de e SANTOS, Luciano Balbino. Um Estudo do avanço da indústria 4.0 e os desafios logísticos do Polo Industrial de Manaus. DOI: 10.54751/revistafoco.v15n4-005. Revista Foco Curitiba (PR), v. 15, n. 41e04681, p 01-17, 2022. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/468/418>. Acesso em 21 de nov 2023.