

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SOCIEDADE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
Bacharelado em Geografia

CAMILA TOTTI ANDRADE

**POLÍTICAS INDUSTRIAIS E DIFUSÃO DA INDÚSTRIA 4.0: ESTUDO DOS
DESEMBOLSOS DA EMBRAPII, BNDES E FINEP**

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

2022

CAMILA TOTT ANDRADE

**POLÍTICAS INDUSTRIAIS E DIFUSÃO DA INDÚSTRIA 4.0: ESTUDO DOS
DESEMBOLSOS DA EMBRAPIL, BNDES E FINEP**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Geografia do Instituto de Ciências da Sociedade e Desenvolvimento Regional da Universidade Federal Fluminense, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Bruno Santos

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

2022

Ficha catalográfica automática - SDC/BIF
Gerada com informações fornecidas pelo autor

A553p Andrade, Camila Totti
Políticas industriais e difusão da indústria 4.0: Estudo dos desembolsos da Embrapii, Bndes e Finep / Camila Totti Andrade; Leandro Bruno Santos, orientador. Campos dos Goytacazes, 2022.
62 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia)-Universidade Federal Fluminense, Instituto de Ciências da Sociedade e Desenvolvimento Regional, Campos dos Goytacazes, 2022.

1. Paradigma técnico-econômico. 2. Revoluções industriais. 3. Inovação tecnológica. 4. Indústria 4.0. 5. Produção intelectual. I. Santos, Leandro Bruno, orientador. II. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Ciências da Sociedade e Desenvolvimento Regional.
III. Título.

CDD -

Bibliotecário responsável: Debora do Nascimento - CRB7/6368

CAMILA TOTT ANDRADE

**POLÍTICAS INDUSTRIAIS E DIFUSÃO DA INDÚSTRIA 4.0: ESTUDO DOS
DESEMBOLSOS DA EMBRAPPII, BNDES E FINEP**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Geografia do Instituto de Ciências da Sociedade e Desenvolvimento Regional da Universidade Federal Fluminense, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Bruno Santos

Banca Examinadora

Prof. Dr. Leandro Bruno Santos (Orientador) – UFF

Profa. Dra. Vanuza da Silva Pereira Ney (Avaliador Interno) - UFF

Prof. Msc. Luís Alberto Miranda Gouveia (Avaliador Externo) - IFAM

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

2022

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Fluminense (UFF) por proporcionar toda a estrutura que me foi uma segunda casa durante grande parte da graduação.

Ao professor e orientador Leandro Bruno Santos, por toda a confiança e paciência comigo, pelas reuniões, por todo o aprendizado, e pela compreensão no decorrer da escrita deste TCC, agradeço de coração.

Ao Núcleo de Estudos em Economia Política Geografia (NEEPG) e ao Núcleo de Estudos Rurais e Urbanos (NERU) pelo acolhimento e pelo espaço, lugar de troca e de qualidades múltiplas: refúgio, de canto de estudos e de relatórios, sala de orientações e de reuniões, do cafezinho quente e de ocasionais conversas despreocupadas. Agradeço a vivência, que tanto acrescentou à minha graduação.

Agradeço à minha mãe, Maria Eugênia Ferreira Totti, por todo o apoio, conselhos e incentivos, os quais foram essenciais para que eu, de alguma forma, “pegasse o touro à unha”. Ao meu pai, Paulo Pedrosa Andrade, por todo o apoio dado durante meus estudos e pelos momentos de descontração quando precisei. Aos meus avós, Maristela e Adelson, os quais a companhia e acolhimento me foram essenciais no período de redação desse projeto. E a todos os meus familiares, por estarem na torcida e acreditarem em mim.

Ao corpo docente do departamento de geografia da UFF Campos, por todos os ensinamentos oferecidos ao longo do curso, tanto em sala de aula como em campo.

Agradeço à turma de geografia 2017.1, que foi parte integrante da minha formação enquanto geógrafa, agradeço por todas as trocas. Agradeço a todos os meus amigos que, de diferentes formas, me apoiaram ao longo do caminho e me incentivaram a chegar até aqui.

Agradeço ao CNPq pelo apoio financeiro.

RESUMO

Os termos “manufatura avançada” e “indústria 4.0” dizem respeito à emergência de um novo paradigma técnico-econômico, caracterizado pela adoção de uma série de tecnologias e sistemas, como os CPS (Cyber physical systems), Chips RIFD (Radio Frequency Identification), Internet das Coisas, Big Data, Computação em Nuvem, entre outras. Tais avanços vinham sendo inicialmente liderados pelos países asiáticos, especialmente pela China, o que levou à uma reação dos países ocidentais, principalmente Estados Unidos e Alemanha, para recuperação do protagonismo e tentativa de tomada da frente na competição intercapitalista. Enquanto os países desenvolvidos encontram-se no cerne das discussões acerca dos avanços na Indústria 4.0, faz-se importante entender a posição do Brasil e os possíveis impactos territoriais deste novo paradigma. Nesse sentido, este trabalho objetiva analisar as políticas industriais e de inovação tecnológica brasileiras recentes voltadas à indústria 4.0 e sua difusão pelo território nacional, por meio de levantamento e análise de dados (projetos apoiados, empresas beneficiadas, localização dos investimentos, entre outros) dos financiamentos do BNDES, da FINEP e da EMBRAPPII. Os procedimentos metodológicos realizados compreendem amplo levantamento bibliográfico e documental, além da coleta, sistematização e análise de dados primários (jornais e revistas de economia) e secundários (INPI, USPTO, WIPO, CNI, IEDI, BNDES, FINEP, EMBRAPPII). Os resultados da pesquisa indicam que a preocupação com a estruturação de um sistema de inovação no Brasil é algo bastante recente no país e que há uma coexistência espacial das revoluções industriais, com prevalência de tendências de segunda revolução e pouca disseminação da terceira. Além disso, a disseminação das tendências da Indústria 4.0 tende a ser mais seletiva e concentrada no território brasileiro, acompanhando a presença de universidades e centros de pesquisa, bem como a existência de serviços intermediários. Os dados obtidos indicam uma maior desconcentração espacial dos desembolsos da EMBRAPPII relacionados à Indústria 4.0, enquanto os projetos apoiados pelo BNDES e pela FINEP se concentram, sobretudo, nas regiões Sudeste e Sul. Por fim, os resultados mostram um processo de disseminação desigual e seletiva pelo território, com maior concentração das megatendências vinculadas à automação e robotização nas áreas densamente industriais, especialmente as que conheceram a terceira revolução industrial, enquanto IoT, Big Data, Inteligência Artificial etc. apresentam maior capilaridade pelo território nacional, acompanhando os grandes centros urbanos.

Palavras-chave: Paradigma técnico econômico, políticas industriais e de inovação tecnológica, indústria 4.0, Brasil.

ABSTRACT

The terms “advanced manufacturing” and “industry 4.0” refer to the emergence of a new technical-economic paradigm, characterized by the adoption of a series of technologies and systems, such as CPS (Cyber physical systems), RFID (Radio Frequency Identification) chips, Internet of Things, Big Data, Cloud Computing, among others. Such advances were initially being led by Asian countries, especially China, which led to a reaction from Western countries, mainly the United States and Germany, to regain the leading role and attempt to take the lead in intercapitalist competition. While developed countries are at the heart of discussions about advances in Industry 4.0, it is important to understand Brazil's position and the possible territorial impacts of this new paradigm. In this sense, this work aims to analyze the recent Brazilian industrial and technological innovation policies aimed at industry 4.0 and their dissemination throughout the national territory, through data collection and analysis (supported projects, benefited companies, location of investments, among others) of BNDES, FINEP and EMBRAPPII financing. The methodological procedures carried out include a broad bibliographic and documentary survey, in addition to the collection, systematization and analysis of primary (newspapers and economics magazines) and secondary data (INPI, USPTO, WIPO, CNI, IEDI, BNDES, FINEP, EMBRAPPII). The research results indicate that the concern with the structuring of an innovation system in Brazil is something quite recent in the country and that there is a spatial coexistence of industrial revolutions, with prevalence of trends of the second revolution and little dissemination of the third. Furthermore, the dissemination of Industry 4.0 trends tends to be more selective and concentrated in the Brazilian territory, following the presence of universities and research centers, as well as the existence of intermediary services. The data obtained indicate a greater spatial deconcentration of EMBRAPPII disbursements related to Industry 4.0, while projects supported by BNDES and FINEP are concentrated, above all, in the Southeast and South regions. Finally, the results show an uneven and selective dissemination process across the territory, with a greater concentration of megatrends linked to automation and robotization in densely industrial areas, especially those that experienced the third industrial revolution, while IoT, Big Data, Artificial Intelligence, etc. have greater capillarity throughout the national territory, following the large urban centers.

Keywords: Technical economic paradigm, industrial policies and technological innovation, industry 4.0, Brazil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tripé das tecnologias que marcam a Manufatura Avançada.....	27
Figura 2 - Experiências internacionais com Industria 4.0.....	29
Figura 3 - Esforços pioneiros em manufatura avançada no Brasil.....	35
Figura 4 - Áreas de competência e Unidades EMBRAPPII.....	38
Figura 5 - Unidades EMBRAPPII beneficiadas e instituições associadas.....	39
Figura 6 - Total de projetos da EMBRAPPII por palavra-chave.....	39
Figura 7 - Total de projetos da EMBRAPPII por região.....	40
Figura 8 - Desembolsos (R\$) da linha BK Aquisição e comercialização -.....	47
Figura 9 - Total de projetos da FINEP por palavra-chave.....	50
Figura 10 - Total de projetos dos programas INOVA e Tecnologias 4.0 da FINEP.....	51

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Concentração de projetos em Indústria 4.0 da EMBRAPPII no Brasil.....	42
Mapa 2 - Projetos da linha FUNTEC apoiados por estado (2007-2021).....	44
Mapa 3 - Total de projetos da linha BK do BNDES no ano de 2021 por estado	46
Mapa 4 - Total de projetos INOVA da Finep	52
Mapa 5 - Total de projetos do programa Tecnologias 4.0 por estado	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Desembolsos da linha FUNTEC, por estados da federação, em R\$45

Tabela 2 - Desembolsos da linha Tecnologias 4.0, por estados da federação, em R\$54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características da 1a. Revolução Industrial	21
Quadro 2 - Características da 2a. Revolução Industrial	23
Quadro 3 - Características da 3a. Revolução Industrial	25
Quadro 4 - Projetos enquadrados no BNDES Pilotos IoT	48

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

ABIMAC - Associação Brasileira de Máquinas e Equipamentos

AMP - Advanced Manufacturing Partnership

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CATI - Comitê da Área de Tecnologia da Informação

CERTI - Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras

CLP - Controlador Lógico Programável

CNDI - Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial

CNI - Confederação Nacional da Indústria

CNPq - Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Tecnológica

CPqD - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações

CPS - Cyber Physical Systems

CT&I - Ciência, Tecnologia e Inovação

EMBRAPII – Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial

FEIMEC - Feira Internacional de Máquinas e Equipamentos

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos

FNDCT - Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

FUNTEC - Fundo de desenvolvimento técnico-científico

IA - Instituições de Apoio

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial

IFF – Instituto Federal Fluminense

INDT - Instituto de Desenvolvimento Tecnológico

INPI - Instituto Nacional de Propriedade Industrial

IoT - Internet of Things

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

IT - Instituições Tecnológicas

ITA - Instituto Tecnológico da Aeronáutica

JIT - Just in Time

MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

MDCI - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços

MEC - Ministério da Educação

NNMI - National Network of Manufacturing Innovation

OBOR - One Belt One Road

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PBM - Plano Brasil Maior

PD&I - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

PDP - Política de Desenvolvimento Produtivo

PI - Políticas Industriais

PINTEC - Pesquisa de Inovação

PITCE - Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior

PND - Plano Nacional de Desenvolvimento

PPI - Programa Prioritário

RFID - Radio Frequency Identification

SENAI - Sistema Nacional de Aprendizado Industrial

SNDCT - Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

TIC - Tecnologias da Informação e Comunicação

UENF – Universidade Estadual do Norte Fluminense

UFF – Universidade Federal Fluminense

USPTO - United States Patent and Trademark Office

WIPO - World Intellectual Property Organization

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
CAPÍTULO 1: AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS E A ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DA PRODUÇÃO	18
1.1 I Revolução Industrial – Mecanização	19
1.2 II Revolução Industrial – Produção em Massa.....	21
1.3 III Revolução Industrial – Automação dos Processos	24
1.4 IV Revolução Industrial? Caracterizando a Indústria 4.0.....	26
CAPÍTULO 2: POLÍTICAS INDUSTRIAIS NO BRASIL – UMA RETROSPECTIVA	31
2.1 Histórico das Políticas Industriais no Brasil.....	31
2.2 Instituições e ações direcionadas à propagação da indústria 4.0 no Brasil	34
CAPÍTULO 3: EMBRAPPI, BNDES E FINEP – POLÍTICAS INDUSTRIAIS E DE INOVAÇÃO RECENTES	37
3.1 Caracterização da EMBRAPPI e seus desembolsos	37
3.2 Caracterização do BNDES e seus desembolsos	42
3.3 Caracterização da FINEP e seus desembolsos	49
CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS	60

INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 é um termo que se originou a partir do programa alemão *Industrie 4.0*, desenvolvido no período entre 2011 e 2013, com a intenção de aumentar o protagonismo da Alemanha na produção de tecnologias e incorporação de processos de última geração. Outro termo muito utilizado de forma intercalada com “Indústria 4.0” é “Manufatura Avançada”, tendo surgido a partir de um programa desenvolvido pelos Estados Unidos intitulado inicialmente de “*National Network of Manufacturing Innovation*” (NNMI) e depois renomeado como “*Advanced Manufacturing*” com motivações similares à do programa alemão.

Apesar de ambos os termos [Indústria 4.0 e Manufatura Avançada] terem surgido de programas específicos, devido ao contexto em que foram criados, hoje eles são utilizados como sinônimo de um fenômeno que vem se generalizando e sendo definido por características específicas. O fenômeno trata-se de uma alteração de dinâmica no cenário geopolítico associado ao acirramento da competição intercapitalista, marcado por uma mudança de “domicílio industrial” da produção de bens eletrônicos e materiais avançados (como chips RFID, semicondutores e sensores) que possibilitam o desenvolvimento de novos processos (como *Cyber Physical Systems* (CPS), Computação em Nuvem, e Internet das Coisas); estes passaram a ser produzidos em grande escala por países asiáticos, com destaque para a China. Os programas mencionados acima, *Industrie 4.0* e *Advanced Manufacturing*, foram uma resposta dos países Alemanha e Estados Unidos à expansão dos países asiáticos nestes setores da economia.

Os esforços e medidas associados à Indústria 4.0 são observadas não apenas nos Estados Unidos, China e Alemanha, mas também em outros países tanto asiáticos como ocidentais, entre os quais Japão, Coreia do Sul, Índia, Inglaterra. De acordo com Diniz (2019), a maioria dos países europeus “vem implementando programas de modernização tecnológica, especialmente pelo sistema empresarial”. O autor cita, a partir dos dados de gasto em P&D (pesquisa e desenvolvimento), países como “Finlândia, Suécia, Suíça, Áustria, Bélgica, Dinamarca e Holanda”. No caso brasileiro esse esforço é mais recente, e se faz relevante compreender o papel do governo na organização de tais iniciativas no território.

Este trabalho tem por objetivo analisar as políticas industriais e de inovação tecnológica brasileiras recentes voltadas ao desenvolvimento da manufatura avançada ou Indústria 4.0 e sua difusão pelo território brasileiro, por meio de levantamento e análise de dados (projetos apoiados, empresas beneficiadas, localização dos investimentos, entre outros) dos financiamentos do BNDES, da FINEP e da EMBRAPA. Os objetivos específicos incluem:

1. Avaliar as políticas industriais e de inovação tecnológica elaboradas e implementadas no Brasil nas primeiras décadas do século XX, a fim de identificar a presença das megatendências da indústria 4.0;
2. Compreender o papel das instituições BNDES, FINEP e EMBRAPPII no apoio ao desenvolvimento de inovações tecnológicas relacionadas à Manufatura Avançada ou Indústria 4.0;
3. Analisar a difusão das inovações tecnológicas da indústria 4.0 pelo território brasileiro e seus nexos com a distribuição desigual das forças produtivas e da infraestrutura científica e tecnológica.

No sentido de atingir os objetivos propostos nesta pesquisa, o método de pesquisa contemplou procedimentos que auxiliaram na compreensão das políticas industriais e de inovação tecnológica recentes com ênfase na Indústria 4.0 e sua difusão pelo território brasileiro. Com o levantamento bibliográfico sobre temas atinentes à pesquisa e o levantamento dos dados primários, os quais foram sistematizados à luz das referências, a proposta foi contribuir com elementos importantes ao debate do tema proposto.

A etapa do levantamento bibliográfico correspondeu à pesquisa de trabalhos e artigos disponíveis na internet (Scielo, Redalyc, Dialnet, EBSCO, Portal de periódicos da CAPES, Google Acadêmico, entre outros) e nas principais bibliotecas da região Norte Fluminense (UFF, IFF, UENF), a respeito de mudanças no paradigma técnico-econômico, revoluções industriais, manufatura avançada, políticas industriais e de inovação tecnológica, dinâmicas industriais e território brasileiro *inter alia*.

Foi efetuada uma pesquisa documental em fontes internacional e nacionais sobre propriedades intelectuais, visando levantar o registro de patentes relacionadas à Manufatura Avançada ou Indústria 4.0 por países, tipos de produtos e empresas. Essas informações foram levantadas e sistematizadas a partir dos bancos de dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), United States Patent and Trademark Office (USPTO) e World Intellectual Property Organization (WIPO).

Os dados e informações sobre as inovações tecnológicas vinculadas à Manufatura Avançada ou Indústria 4.0 e sua difusão setorial e territorial foram obtidos a partir de relatórios disponibilizados pelos documentos da Confederação Nacional da Indústria (CNI) e do Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI), bem como, e principalmente, os resultados da Pesquisa de Inovação (PINTEC) realizada trienalmente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Foram levantadas as linhas de fomento e os desembolsos do BNDES (FUNTEC e BK), da FINEP (Plano INOVA e Tecnologias 4.0) e da EMBRAPPII (programa IoT e Manufatura 4.0) destinados especificamente para apoiar o desenvolvimento de tecnologias vinculadas à Manufatura Avançada ou Indústria 4.0. Com isso, se fez possível obter dados e informações sobre projetos apoiados, empresas beneficiadas, valores contratados, localização dos investimentos, entre outros.

Os dados primários e secundários foram, inicialmente, sistematizados e, em seguida, analisados com o intuito de compreender as políticas industriais e de inovação destinadas a apoiar a Manufatura Avançada e sua difusão pelo território brasileiro inter alia. Para uma melhor compilação e interpretação, os dados provenientes de fonte primária e secundária foram organizados em tabelas, quadros, gráficos e cartogramas (Qgis). Também foram realizadas reuniões quinzenais com o orientador para discussão do andamento da pesquisa, debates acerca dos textos atinentes ao projeto, entre outros.

Este trabalho, que se propõe a analisar os financiamentos do BNDES, da FINEP e da EMBRAPPII sob a luz da Indústria 4.0 no país, está estruturado em cinco partes, considerando esta introdução. O primeiro capítulo, intitulado “Revoluções Industriais”, trata de uma revisão das revoluções industriais passadas e o que representou cada mudança de paradigma para os diferentes períodos; além disso, introduz a discussão acerca da Indústria 4.0 estar relacionada à uma possível IV Revolução Industrial e apresenta suas características.

O segundo capítulo aborda o histórico das políticas industriais no Brasil, como a criação de fundos e planos PITCE, FNDCT, PBM e ações do BNDES, FINEP e EMBRAPPII. O terceiro capítulo traz os resultados da pesquisa com dados e análises referentes aos desembolsos realizados pelo BNDES, FINEP e EMBRAPPII de incentivo a inovações associadas a Indústria 4.0 e aborda com maior profundidade a discussão acerca da Indústria 4.0. Por fim, nas considerações finais, é realizado um breve balanço dos resultados do trabalho com reflexões sobre questões estratégicas e desafios relacionados aos investimentos em Indústria 4.0 no país. Na sequência, constam as referências utilizadas para a realização deste trabalho.

CAPÍTULO 1: AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS E A ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DA PRODUÇÃO

Cada lugar pode ser entendido como uma combinação de técnicas qualitativamente diferentes, técnicas essas que também são variáveis uma vez que mudam através do tempo e cujo grau de modernidade apenas pode ser aferido considerando-as no sistema como um todo (SANTOS, 1980). As técnicas também não são criadas ao acaso, elas pertencem a uma certa organização que não pode ser entendida sem que se considere as relações sociais e de poder. Nessa direção, Haesbaert (2005, p. 22-23) afirma que “a revolução tecnológica não é externa às relações sociais e de poder. Ao contrário, ela é parte dessas relações e, por isso, entre as muitas revoluções técnicas possíveis, temos esta e não aquela”. Faz-se necessário identificar os contextos históricos e quais os agentes protagonistas destes movimentos para, num segundo momento, melhor compreender como e o porquê da forma como estes se apresentam espacialmente na atualidade.

A introdução de novas técnicas que resultam em mudanças irreversíveis em processos econômicos e sociais e que configuram vantagens no processo de produção, especificamente, caracterizam uma revolução industrial. Além disso, dois traços principais que distinguem uma revolução industrial de um conjunto aleatório de sistemas tecnológicos (PÉREZ, 2010) são a forte interconexão e interdependência dos sistemas participantes em termos de tecnologias e mercados e sua capacidade de transformar profundamente o resto da economia, bem como a sociedade.

De acordo com a autora Pérez (2010), a capacidade de transformação de outras indústrias e atividades por parte de uma revolução tecnológica é resultado da influência do seu *paradigma técnico-econômico*. A autora entende paradigma, a partir da definição de Dosi (1982), como sinônimo de trajetória, a qual representa o ritmo e a direção da mudança de uma tecnologia particular, “un paradigma es, entonces, una lógica colectiva compartida donde convergen el potencial tecnológico, los costos relativos, la aceptación del mercado, la coherencia funcional y otros factores” (PÉREZ, 2010, p. 4). Esta é definida em grande parte pelas inovações incrementais que seguem as “inovações radicais”, ou seja, as “numerosas innovaciones menores en la mejora de productos y procesos que siguen a la introducción de cualquier producto nuevo” (PÉREZ, 2010, p. 4), uma vez que estas têm um grande impacto nos aumentos de produtividade e crescimento do mercado.

Toda revolução, portanto, apresenta uma mudança de paradigma, ou seja, uma mudança na lógica coletiva; e é esta lógica que guia os caminhos que a revolução adota, sendo

influenciada simultaneamente por diferentes fatores como de interesse e viabilidade das inovações. Tal discussão levanta a questão da contabilização de revoluções industriais passadas. Quantas houveram? Quais mudanças específicas e seus efeitos as categorizam como tal? Apesar de haver exceções (FU-CHEN LO, 1991; PÉREZ, 2010), a maioria dos autores considera uma divisão tripartite do tempo histórico pós-revolução industrial.

Santos (2006) cita como exemplo os autores Anderton (1971) e Arendt (1958, 1981). Anderson considera “em primeiro lugar, o estabelecimento de métodos fabris da manufatura; em segundo lugar, a introdução da produção de massa, e em terceiro lugar o desenvolvimento de sistemas baseados nos computadores, no controle e nas comunicações, em resumo, na automação” (ANDERTON, 1971, p.117 *apud* SANTOS, 2006, p.112); já Arendt compreende os períodos, respectivamente, como “o da máquina a vapor, com a imitação de processos naturais e onde a grande novidade foi a descoberta das minas de carvão; o da eletricidade; e, finalmente, o da automação” (ARENDRT, 1958, 1981, p.160-162 *apud* SANTOS, 2006, p.112).

Partindo desta concepção de divisão tripartite do tempo posterior à revolução industrial, os próximos subcapítulos deste trabalho abordarão cada uma das três revoluções industriais passadas, respeitando a ordem temporal, e, no quarto subcapítulo, será feita uma discussão a respeito da indústria 4.0 como possível mudança de paradigma atual e suas particularidades.

1.1 I Revolução Industrial – Mecanização

A I Revolução Industrial se deu na Inglaterra no século XVIII, mas, antes de abordar de fato esse processo, é importante compreender primeiro o cenário anterior que propiciou seu desenvolvimento. Antes do capitalismo industrial, o que havia era um capitalismo mercantil, baseado no desenvolvimento de trocas comerciais como forma de acumulação. A sociedade pré-industrial era marcada por uma forte dependência do meio e uma produção de caráter manual, implicando em uma estrutura socioeconômica marcada por um forte predomínio de atividades agrárias e extrativas, compondo 75% do trabalho total, em comparação aos 15% das atividades manufatureiras e 10% das atividades artesanais (MÉNDEZ, 1996).

Nessa sociedade pré-industrial, as empresas eram em sua grande maioria pequenas e de caráter familiar, de modo que havia uma escassa divisão técnica e espacial do trabalho. Nas cidades havia a presença de um rígido controle sindical, definidor do modo de regulação do capitalismo mercantil; além disso, no âmbito do poder político, em oposição ao feudalismo, se deu o desenvolvimento de noções legais de liberdade, igualdade e de proteção da propriedade privada e, ao mesmo tempo, empresas estatais se beneficiavam com a possibilidade de criação

de monopólios. Quanto à dimensão espacial da organização da atividade manufatureira, observava-se uma relativa dispersão, tanto da população, quanto da produção manufatureira, resultando em um certo equilíbrio urbano/rural (MÉNDEZ, 1996). A produção artesanal, por sua vez, foi se deslocando para as zonas rurais, pois as condições da cidade se faziam hostis, em função das elevadas tributações, do rígido controle sindical e dos problemas sanitários típicos das regiões urbanizadas.

O capitalismo mercantil é sucedido pelo capitalismo industrial em razão das profundas mudanças socioeconômicas e tecnológicas e, com isso, o centro de gravidade econômico passa a ser a Inglaterra. A I Revolução Industrial ocorre no século XVIII, implantando um padrão de organização do espaço denominado manchesteriano (MOREIRA, 2000) em referência à cidade de Manchester, na Inglaterra, que foi o centro da produção industrial no período. A partir de 1830 a revolução se expande da Inglaterra para o continente, alcançando países como a Bélgica e a França, e por volta de 1870 atravessa o Atlântico e rumo para os Estados Unidos, antes de generalizar-se por todo o continente (MOREIRA, 2000).

Entre as diversas mudanças e inovações que caracterizaram a I Revolução Industrial, a introdução da máquina a vapor foi uma das características marcantes no que diz respeito ao âmbito tecnológico, as tecnologias clássicas da época incluíam a máquina de fiar, o tear mecânico e o descaroçador de algodão; além disso, estas se refletiam nos transportes através da navegação a vapor e, principalmente, na implantação de ferrovias. Estes avanços tecnológicos implicaram na mecanização do trabalho que, por sua vez, contribuiu para um aumento na divisão técnica do trabalho (MÉNDEZ, 1996). O ramo básico era o têxtil de algodão, entretanto havia destaque também para os setores metalúrgicos e de materiais ferroviários.

A classe trabalhadora típica era o operariado das fábricas têxteis, cujas condições de trabalho se encontravam deterioradas em razão das eliminações de restrições ao desenvolvimento (como de sindicatos e taxas aduaneiras internas), resultando em jornadas de mais de 12 horas em ambientes de trabalho desprovidos de ventilação e luminosidade, onde os acidentes fatais eram comuns (MOREIRA, 2000). A forma de regulação, portanto, era o liberalismo, uma vez que a intervenção estatal era mínima, “o Estado só atuar no plano geral do sistema (...) e de relações entre patrões e empregados serem entregues à livre e direta ação do mercado” (MOREIRA, 2000, p. 5).

Com relação à organização territorial, há uma ampliação dos espaços de operação de mercados e três fatores passam a ser os principais definidores da organização espacial: os locais com disponibilidade de carvão mineral, a localização dos mercados de consumo e as inovações incorporadas ao transporte. Os locais com disponibilidade de carvão mineral passaram a ter

uma maior concentração de fábricas; os mercados de consumo localizavam-se próximos às indústrias produtoras de bens finais; e as inovações no transporte permitiam maior mobilidade da população e, simultaneamente, viabilizavam a criação de complexos industriais (MÉNDEZ, 1996).

De acordo com Hobsbawm (2000), a primeira revolução industrial se caracterizou, de modo geral, por três elementos principais, sendo estes: divisão da população ativa entre empregadores capitalistas de um lado e trabalhadores de outro; produção na “fábrica” - combinando máquinas especializadas com mão de obra especializada; e dominação de toda a economia - e, com isso, do modo de vida da população - pela procura e acumulação do lucro por parte dos capitalistas. No quadro 1 é possível observar um resumo de quais eram as características presentes nos diferentes âmbitos da sociedade industrial da primeira revolução.

Quadro 1 - Características da 1a. Revolução Industrial

I REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	CARACTERÍSTICAS
Tecnologia característica	Máquina de fiar; Tear mecânico; Descaroçador de algodão
Ramo básico	Têxtil de algodão
Classe trabalhadora típica	Operariado das fábricas têxteis
Sistema de transporte característico	Ferrovia; Além da navegação marítima
Marco locacional	Manchester
Forma de regulação	Liberalismo
Recurso energético	Carvão mineral
Destaque para setores específicos	Metalurgia; Têxtil; Materiais ferroviários
Modo de produção	Mecanização

Elaborado pela autora.

Fonte: Moreira (2000); Méndez (1996).

1.2 II Revolução Industrial – Produção em Massa

Diferente da I Revolução Industrial, a II Revolução tem início nos Estados Unidos a partir de finais do século XIX e começo do século XX, mais especificamente por volta de 1870, de onde, de acordo com MOREIRA (2000), primeiro migra para a Europa, impulsionando a industrialização tardia da Alemanha e do Japão na virada do século e, no século XX, alcança os demais continentes do resto do mundo, ainda com distintas combinações e sobreposições com a I Revolução Industrial. Na Revolução Industrial anterior, os principais fatores

caracterizantes desta eram o ferro, o carvão e a energia a vapor, já a segunda Revolução é representada pelo aço, o petróleo e a eletricidade.

A partir do desenvolvimento da eletricidade se origina o motor elétrico, bem como a indústria eletromecânica e, subjacente a esta, a de alumínio. A extração do petróleo permite a criação do motor de explosão e da indústria petroquímica; por sua vez, as tecnologias implementadas a partir da eletricidade e do petróleo permitem o desenvolvimento da indústria automobilística, sendo esta mais uma representação da II Revolução Industrial. Assim, somam-se à ferrovia e à navegação, a rodovia e a navegação aérea (MOREIRA, 2000). A mineração do aço permite o desenvolvimento da indústria siderúrgica e dá início a chamada “era do aço”; não atoa o trabalhador típico do período era o operário metalúrgico.

A sociedade da II Revolução Industrial torna-se então uma sociedade de base geológica e energética, ou seja, as bases de funcionamento da sociedade tornam-se outras, diferentes daquelas da I Revolução. A sociedade da II Revolução Industrial passou não apenas a ser uma sociedade geológica e energética, mas também uma sociedade racional de caráter científico e tecnológico, estando esta racionalização inserida numa lógica de produção capitalista. Esta lógica se refletiu no trabalho e no modo de produção, dessa forma, outro marco da II Revolução Industrial foi a introdução do taylorismo e, em seguida, do fordismo como modos de organização da produção industrial.

O taylorismo era caracterizado pelo trabalho especializado e repetitivo, na qual o trabalhador tinha apenas uma função extremamente específica e era bonificado de acordo com a eficiência, nesse caso, velocidade, de sua produção; o fordismo, por sua vez, foi desenvolvido pelo estadunidense Henry Ford e tem como data simbólica de início o ano de 1914, quando Ford introduziu o dia de “oito horas e cinco dólares” para os trabalhadores da linha automática de montagem de carros, e se distinguiu pelo reconhecimento explícito de que a produção em massa significava consumo de massa (HARVEY, 1990), daí o apelido da 2ª. Revolução Industrial.

Henry Ford adotou a lógica da especialização do trabalho e da produção repetitiva, ditando o tempo e velocidade do trabalho e assimilando o trabalho maquinário-humano. O resultado da implantação destes modos de produção foi um sistema espacial de gestão fortemente hierarquizado, ou seja, um aumento ainda maior da divisão do trabalho, em que trabalhadores fabris se limitam à execução, sendo privados do processo do produto como um todo; além disso, com relação aos salários, os empregadores apostavam em maiores jornadas de trabalho por menores salários e gerava-se, associado à nova forma de processo produtivo,

um novo tipo de trabalhador, ainda mais submetido à “tirania do relógio” de Hobsbawm, e cujos pensamentos e forma de ver a vida encontram-se fortemente associados à nova lógica.

A organização territorial também passou a apresentar novos padrões, estes foram fortemente influenciados pelas inovações tecnológicas mencionadas, principalmente no que diz respeito à comunicação e ao transporte que, associados à racionalização da produção, influenciam no ritmo da vida, acelerando-a; além disso, a fordização contribuiu para a hierarquização entre cidades e a ampliação da divisão territorial do trabalho (MOREIRA, 2000). Há, portanto, uma alta escala de concentração orgânica e territorial, e um maior contraste na distribuição tanto da população quanto de capitais entre cidade e campo.

De acordo com Méndez (1988, p.627 *apud* MÉNDEZ, 1996, p. 107), houve, em resumo, “una contracción del espacio que elevó la competencia interempresarial, la especialización territorial y la integración del sistema industrial”. Com relação às formas de atuação Estatal, o Estado passou a intervir no que diz respeito ao planejamento territorial, contribuindo para a propagação do fordismo com os investimentos necessários (MOREIRA, 2000). Méndez (1996) salienta que o Estado se tornou um consumidor de bens e serviços, atuando de modo a regular a demanda e evitar crises cíclicas de superprodução (quadro 2).

Quadro 2 - Características da 2a. Revolução Industrial

II REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	CARACTERÍSTICAS
Tecnologia característica	Motor elétrico; Motor de explosão
Ramo básico	Indústria Automobilística
Classe trabalhadora típica	Operário Metalúrgico
Sistema de transporte característico	Rodovia; Navegação aérea
Marco locacional	Estados Unidos
Recurso energético	Aço; Petróleo; Eletricidade
Destaque para setores específicos	Siderurgia; Petroquímica; Eletromecânica; Automobilística
Modo de produção	Taylorista; Fordista

Elaborado pela autora.

Fonte: Moreira (2000); Méndez (1996).

A II Revolução Industrial, portanto, pode ser sintetizada do seguinte modo: o ponto de partida das mudanças que a caracterizaram é os Estados Unidos do ano de 1870, as principais

tecnologias do período eram o motor elétrico (viabilizado pelo desenvolvimento da eletricidade) e o motor de explosão (viabilizado pela extração de petróleo); tanto a eletricidade quanto o petróleo constituíram os recursos energéticos característicos do período, bem como o aço. Portanto, os setores de destaque da II Revolução Industrial eram as indústrias petroquímica, siderúrgica, eletromecânica e todas estas indústrias encontravam-se fortemente vinculadas à indústria automobilística, ramo básico do período e que proporcionou o desenvolvimento de rodovias e, juntamente com a indústria automobilista, a navegação aérea passou a ganhar relevância. O modo de produção característico da época era o taylorismo e, posteriormente, o fordismo, este último baseado em linhas de produção com sistemas de esteiras, de modo que o ritmo de produção era predefinido e rígido.

1.3 III Revolução Industrial – Automação dos Processos

A III Revolução Industrial se deu na segunda metade do século XX e teve seus prenúncios nos Estados Unidos, mas foi no Japão que encontrou as condições propícias à implantação do novo sistema após os impactos da II Guerra Mundial (MOREIRA, 1998). A terceira Revolução Industrial se caracterizou pela automação dos processos, por meio de CLP's (Controlador Lógico Programável) e introdução de robôs (robótica). As principais mudanças, portanto, se deram no campo da microeletrônica, apresentando grandes avanços nas áreas da biotecnologia, da robótica e da informática, sendo o computador um outro grande marco desta revolução.

Por conta da rigidez do modo de produção da II Revolução Industrial, qualquer problema na programação do projeto, “mesmo quando antecipadamente percebido, encontra dificuldade de ser corrigido a tempo, pouco se podendo fazer diante do fato de o projeto já vir programado” (MOREIRA, 2000, p. 7), resultando em atraso considerável das informações na produção (baixo) até os engenheiros (topo) - isto pela forma como era estruturada a hierarquia de decisões dentro da fábrica, que era de cima para baixo. Além disso, por ter um ritmo pré-definido de produção, se houvesse algum descompasso entre consumo e produção, poderia facilmente resultar na formação de estoques e conseqüente desvalorização do produto.

Ao contrário da rigidez do Fordismo na II Revolução Industrial, na III Revolução o modo de produção que a caracterizou foi o Toyotismo; com ele, a organização do trabalho sofreu uma profunda reestruturação, ocorreu a reaproximação entre o trabalho de concepção e o trabalho de execução: o trabalho no interior da fábrica passou a ser organizado em círculos, contribuindo para a integração do trabalho e maior troca de conhecimentos entre os

trabalhadores responsáveis por diferentes funções. A produção apresentou maior flexibilidade, proporcionada pelas tecnologias do período (microeletrônica, informática, sistemas integrados como o computador – uma máquina reprogramável e mesmo autoprogramável (MOREIRA, 1998).

De acordo com Moreira (2000) são três os “dados-chave” referentes à essa flexibilidade: i) o primeiro é o *kanban*, um sistema de reposição de mercadorias onde os trabalhadores são alertados por um sistema de luzes coloridas que sinalizam se a produção segue o fluxo normal (luz verde), se devem manter cautela (amarela) ou parar e reorientar o fluxo da produção (vermelha); ii) o segundo é a produção *just in time* (JIT), um sistema que integra o balcão à fábrica, de modo que, diferente do sistema taylorista-fordista, a fábrica é que atende de forma atualizada as demandas do balcão, e; iii) o terceiro dado diz respeito à introdução da tendência à terceirização - se por um lado a flexibilização do trabalho representa uma maior integração do trabalhador ao processo produtivo, por outro lado também representa uma maior vulnerabilidade do trabalhador frente ao aumento do monopólio empresarial.

Outro fator marcante relacionado à maior flexibilidade viabilizada pelos avanços tecnológicos se deu no âmbito econômico; trata-se do capital financeiro, mais especificamente o capital meramente especulativo; não apenas isso, mas o pensamento neoliberal assume o lugar da lógica keynesiano-fordista, de modo que o espaço é reorganizado de acordo com as redes que se formam, não mais se baseando na fábrica, mas na esfera da circulação, propiciada pela integração da informática com as telecomunicações.

Quadro 3 - Características da 3a. Revolução Industrial

III REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	CARACTERÍSTICAS
Tecnologia característica	Computador
Ramo básico	Microeletrônica
Marco locacional	Japão
Forma de regulação	Neoliberal
Destaque para setores específicos	Biotecnologia; Robótica; Informática; Telecomunicações
Modo de produção	Toyotismo

Elaborado pela autora.

Fonte: Moreira (2000); Méndez (1996).

A III Revolução Industrial foi marcada, portanto, pelo modo de produção Toyotista de produção por demanda e se deu inicialmente no Japão. A tecnologia característica desta revolução foi o computador, de modo que o ramo básico era a microeletrônica; não obstante,

os setores de destaque no período eram os setores voltados para a biotecnologia, para a robótica, para a informática e para as telecomunicações. Trata-se de uma revolução que, de acordo com Moreira (2000), se passa na esfera da circulação, de modo a deslocar a economia da esfera da produção.

1.4 IV Revolução Industrial? Caracterizando a Indústria 4.0

Atualmente, fala-se na Indústria 4.0, também conhecida como Manufatura Avançada. O primeiro termo surgiu a partir de uma iniciativa estatal alemã em 2011 de promoção de uma estratégia de alta tecnologia para fortalecer a competitividade industrial do país; já o segundo foi um termo criado em 2012 pelo governo dos Estados Unidos como parte de um plano estratégico (“A National Strategic Plan for Advanced Manufacturing, Executive Office of the President and National Science and Technology Council”). A Indústria 4.0 ou manufatura avançada, mais do que os projetos aos quais se referiam, hoje dizem respeito a uma tendência que alguns autores entendem como uma IV Revolução Industrial (SCHWAB, 2006, 2016; SPOSITO, 2019; DAUDT, WILCOX, 2016), enquanto para outros trata-se de uma evolução da 3ª Revolução (KUPFER, 2006, 2016; LUCENA, ROSELINO e DIEGUES).

A interpretação de uma continuidade da IV Revolução Industrial se fundamenta na ideia de que as inovações observadas decorrem mais da integração de tecnologias já disponíveis ou emergentes do que do desenvolvimento inovativo propriamente dito; tais mudanças constituem um movimento natural que atende às especificidades já próprias da 3ª Revolução. Em contrapartida, os defensores da indústria 4.0 entendem que é uma revolução diferente, com características que a identificam como uma nova fase do desenvolvimento tecnológico mundial, seus argumentos se baseiam na compreensão de que a diferença da terceira revolução para esta - a quarta revolução industrial - é o “armazenamento de energia por meio de novos materiais” uma vez que têm se diversificado as fontes e formas do uso intensivo de tecnologia (SPOSITO; SANTOS, 2020).

Apesar das divergências de categorização, a Indústria 4.0 (ou manufatura avançada) apresenta algumas tendências: Cyber Physical Systems (CPS); chips RFID (Radio Frequency Identification); Internet of Things (IoT); Big Data; e Cloud Computing (SANTOS, 2018). Os CPS consistem na organização e monitoramento de sistemas logísticos de instalações de forma ampla e autônoma; já os chips RFID são tecnologias que permitem a coleta de informações como localização, histórico, status e rotas, permitindo que “as estações de trabalho “conheçam” quais as etapas de fabricação devem ser realizadas para cada produto e se adaptem para executar

uma tarefa específica” de acordo com Santos (2018). A IoT permite a conexão entre dispositivos e a rede de internet, conectando em tempo real máquinas, pessoas e objetos, permitindo a melhoria da eficiência operacional. Big Data e Cloud Computing fazem referência a grandes conjuntos de dados caracterizados por sua velocidade (de conexão, transmissão), volume e variedade e o seu processamento através de sistemas inteligentes programáveis. Essas tecnologias e conceitos constituem parte das “megatendências” das inovações e tecnologias, aproveitamento da capacidade de disseminação da digitalização e das tecnologias da informação e a união das categorias física, digital e biológica (SCHWAB, 2006, 2016).

Todas estas tendências e tecnologias apresentam três características básicas que as conectam ao conceito mais amplo de Manufatura Avançada (ou Indústria 4.0), de acordo com Arbix et al. (2017), estas são: I) Informação; II) Integração; III) Automação. Com relação às tecnologias da informação, algumas características centrais são: coleta de dados em tempo real por meio de sensores e da IoT; esses dados variam amplamente de natureza, podendo ser dados de ambiente, de mercado, de usuários, de máquinas, de sistemas produtivos, logística, etc; e tendem a ser coletados em grandes volumes (Big Data). No que diz respeito à capacidade de integração, esta é caracterizada pela: integração entre *softwares* e *hardware* (máquinas e equipamentos); integração de processos de negócio, empresas e cadeia de produção; agregação de serviços; integração entre disciplinas/áreas do conhecimento; agregação de valor; agilidade e produtividade. Por fim, a característica da automação é marcada por: flexibilidade, produtividade – o que está associado à produção mais flexível e capacidade de customização; e capacidade de tomada de ações autônomas conforme informações do sistema integrado (Inteligência Artificial).

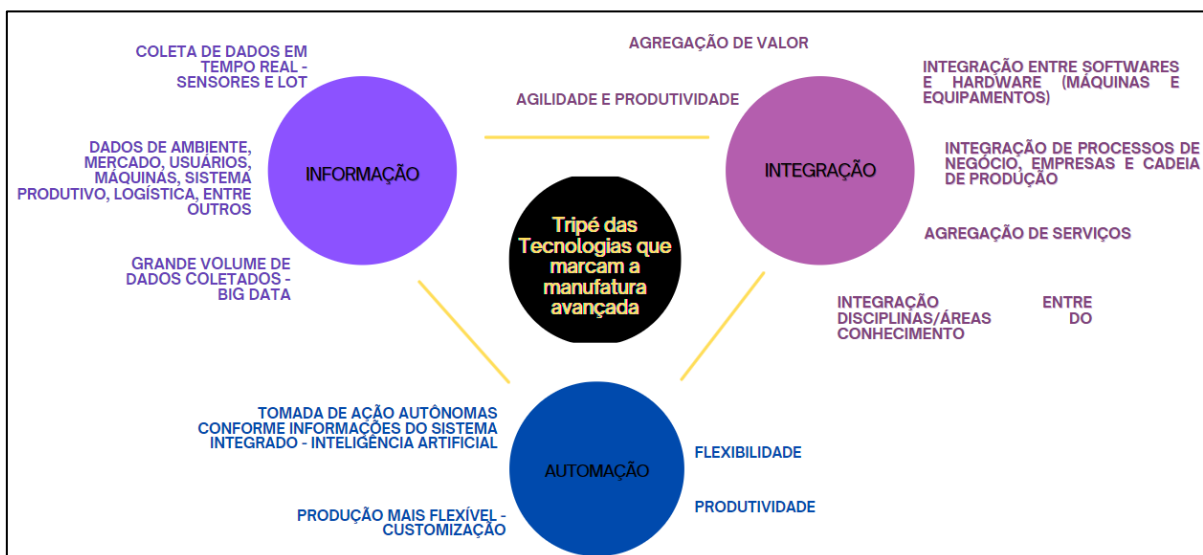


Figura 1 - Tripé das tecnologias que marcam a Manufatura Avançada

Elaborado pela autora.

Fonte: Arbix et al., 2017.

Num âmbito mais externo a esse tripé, ainda de acordo com Arbix et al. (2017), é possível distinguir estas tecnologias em outras três classes de origem e função, são estas: I) Design – envolvendo tecnologias associadas à etapa de desenvolvimento do produto; II) Produção – envolve tecnologias empregadas na produção propriamente dita; III) Gestão – engloba tecnologias que permitem acelerar a comunicação dentro das organizações e ao longo das cadeias de valor.

São muitas as características que compõem a Indústria 4.0, mas esta vai se apresentar e se disseminar em cada país de maneira única. Lucena (2020) identificou, com base em cinco categorias (formato da política industrial, política industrial, forma de financiamento, tecnologias incentivadas e motivação), como essas características se apresentam nos países: China, Coreia do Sul, Japão, Estados Unidos e Alemanha. Com relação ao formato da política industrial, quase todos os países adotam o formato *top down*, com exceção da Alemanha, que adota o formato *bottom up* – os termos se referem a estrutura de implantação da política, de modo que *top down* indica uma iniciativa do governo e *bottom up* uma iniciativa da sociedade civil, posteriormente adotada pelo governo.

Quanto à política industrial, como já mencionado, a política Alemã foi a “*Industrie 4.0*” – com a motivação de manter a posição entre os líderes da manufatura global - e a estadunidense foi a “*America Manufacture*”, programa inspirado por um conjunto de iniciativas do Conselho de Auxílio à Ciência e Tecnologia dos EUA, chamadas de “*Advanced Manufacturing Partnership*” (AMP) – com a motivação de recuperar a posição da sua indústria e de defesa nacional e soberania geopolítica; no caso do Japão, com o intuito de realizar a manutenção de sua posição entre os líderes da manufatura global, a política industrial lançada pelo governo voltou-se para a estratégia e o desenvolvimento de robôs, o plano foi batizado como “Iniciativa Revolução Robótica” (ou *Robotic Revolution Incentive*, em inglês).

Na Coreia do Sul o plano estratégico adotado foi intitulado “Movimento Inovação Indústria 3.0” (em inglês, *Manufacture Movement Innovation 3.0*) e foca na “*smartization*” das fábricas por meio da integração com as TIC (tecnologias da informação e comunicação), serviços e produtos até o ano de 2020 (LIAO et al., 2018 *apud* LUCENA; ROSELINO; DIEGUES, 2020, p. 125). Já no caso da China, esta apresentou, nos anos 2000, uma rápida transformação estrutural resultada “da mobilização de um conjunto amplo de instrumentos de política econômica, industrial e tecnológica por parte do Estado Chinês” (LUCENA et al., 2020,

p. 128) e, como forma de resposta às políticas industriais dos EUA e da Alemanha, lançou uma série de planos, com destaque para o “*Made in China 2025*”, “*One Belt One Road*” (OBOR), “*China Going Global*”.

As tecnologias incentivadas por cada um dos países são: Alemanha – Cyber Physical Systems (CPS); Estados Unidos – todas as tecnologias associadas à Indústria 4.0; Japão – robótica e inteligência artificial; Coreia do Sul - Cyber Physical Systems e Internet of Things (IoT); China – foco em Big Data, semicondutores e IoT, com destaque para o incentivo de todas as tecnologias ligadas à Indústria 4.0. Quanto à forma de financiamento utilizada por estes países, temos: no caso da Alemanha, aporte de institutos privados relacionados à indústria, como o Instituto Fraunhofer; nos Estados Unidos, a forma de financiamento utilizada foram os fundos do Departamento de Defesa do país, a parceria privada com institutos e subsídios a ciência e tecnologia; no Japão foi realizado financiamento governamental por meio de subsídios para pesquisa de tecnologias estratégicas; na Coreia do Sul, o modelo de financiamento foi público/privado e também contou com o apoio de institutos de tecnologias de interesse/estratégicas; e na China, a forma de financiamento foi público com fundos de investimento para tecnologia e subsídios de bancos públicos.

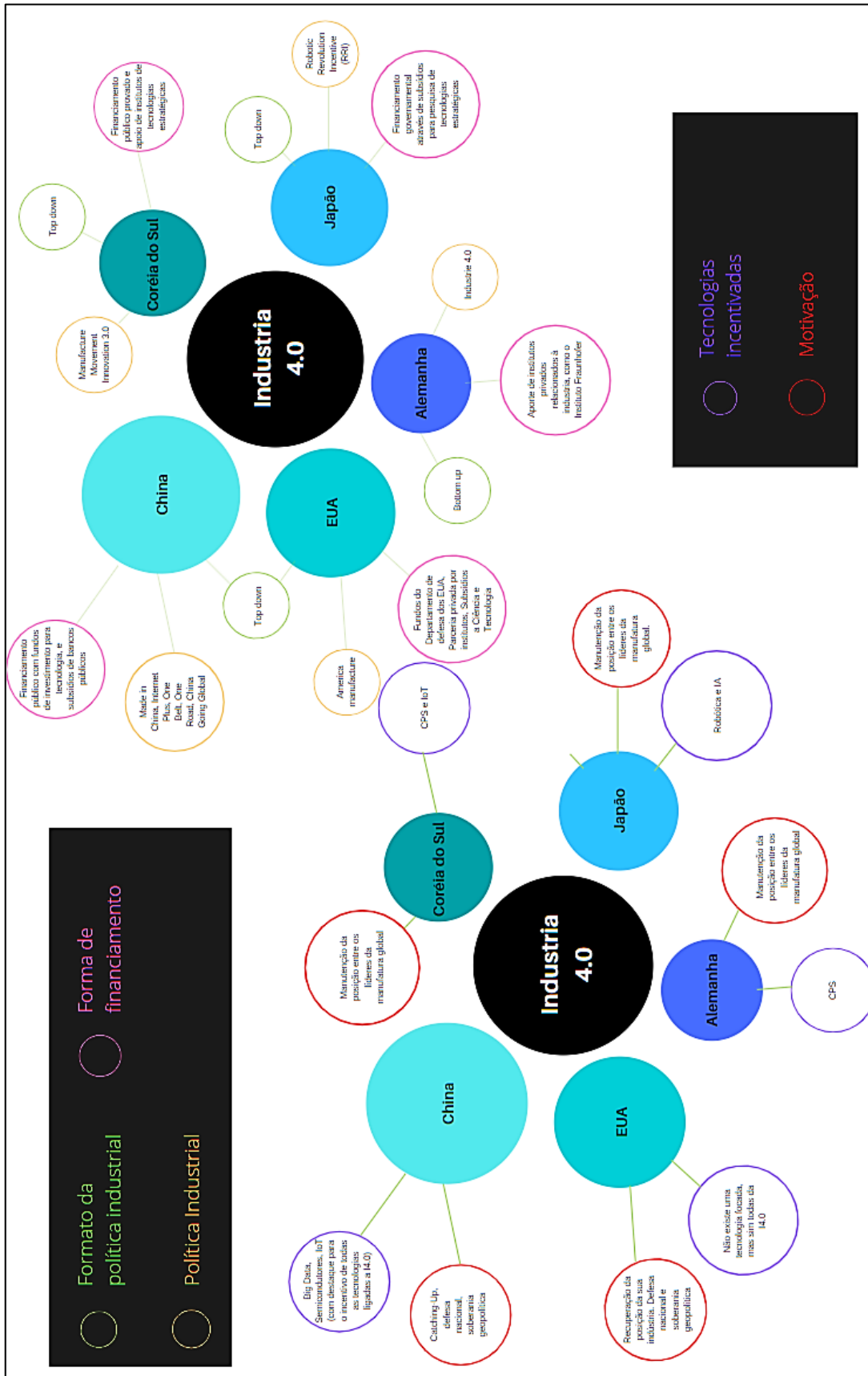


Figura 2 - Experiências internacionais com Industria 4.0

Elaborado pela autora.
 Fonte: LUCENA et al., 2020.

As formas de incentivo à Indústria 4.0 de cada país variam grandemente, porém é possível observar alguns pontos em comum também em suas experiências. De acordo com Arbix et al. (2017), alguns destes pontos em comum, para o caso dos Estados Unidos, Alemanha e China, são: utilização intensa de sistemas de compras públicas; trabalhar com foco, prioridades e alto volume de recursos; estabelecimento de marcos regulatórios mais amigáveis à inovação; preparação do caminho para indústrias emergentes; apoio à projetos de alto impacto econômico; ênfase no diálogo e na colaboração público-privada; melhora na eficiência e transparência dos sistemas de governança; criação de novos fundos de *venture capital* e de apoio a *startups* de tecnologia; e promoção da internacionalização de empresas e instituições CT&I (Ciência, Tecnologia e Inovação). No capítulo seguinte é abordado como as políticas de incentivo à Indústria 4.0 se deram, em sua recente história no Brasil.

CAPÍTULO 2: POLÍTICAS INDUSTRIAIS NO BRASIL – UMA RETROSPECTIVA

As políticas de incentivo à indústria 4.0 no Brasil são recentes, podendo ser observadas de maneira mais ou menos tímida nas últimas duas décadas. Porém, para entender o contexto brasileiro quanto às políticas de incentivo à manufatura avançada, faz-se interessante revisar o histórico das políticas industriais (PI) no país, bem como de outras estruturas, que se fazem relevantes neste contexto, como o SNDCT, MEC, FNDCT, ABDI, etc.

2.1 Histórico das Políticas Industriais no Brasil

No Brasil, o Estado desempenhou papel importante na montagem de um parque industrial complexo e verticalmente integrado (BECKER, EGLER, 1994; SANTOS, 2012). De fato, durante todo o século XX, a intervenção estatal na indústria brasileira conheceu diversas fases e formas de intervenção. Até 1930, predominou uma ação indireta (tarifa aduaneira e controle de divisas) e direta (promoção de alguns ramos). Entre 1930 e 1970, a criação de instituições estatais, a elaboração de macroplanos (Plano de Metas e II PND), a instituição de instrumentos e mecanismos auxiliares, a regulação etc. caracterizaram um período em que a indústria se tornou essencial na estratégia de desenvolvimento econômico e, portanto, se observou o aceleração da industrialização e do desenvolvimento econômico (SUZIGAN; FURTADO, 2006, p. 171; SANTOS, 2016), mas que não foi acompanhado por melhora dos problemas sociais, pelo contrário.

A partir dos anos 1980, a crise do Estado desenvolvimentista e sua incapacidade de transferir fundos públicos foram poderosos obstáculos à manutenção do padrão de industrialização, de modo que houve deterioração de estruturas empresariais, industriais e de instituições, bem como de políticas industriais e de infraestruturas, como abandono do SNDCT (Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), como descrito por Suzigan e Furtado (2006).

Os anos 1990 foram anos de adaptação e ajustes, a indústria experimentou o enxugamento de suas estruturas operacionais, bem como desarticulação de suas cadeias produtivas, resultando em desativação de segmentos da alta tecnologia. De acordo com Suzigan e Furtado (2006), a indústria passou a voltar-se para a exportação e o capital estrangeiro tornou-se dominante em alguns setores estratégicos do desenvolvimento tecnológico, marcando a estrutura de poder emergente do período – esta, acompanhada também de um Estado regulador e de uma reestruturação dos grupos privados, porém com “fracas energias produtivas”.

Até o ano de 2002, apesar de algumas iniciativas setoriais, a política econômica deu pouca atenção a uma estratégia de desenvolvimento de longo prazo, por conta da hegemonia neoliberal e dos ideais de estabilização econômica (SANTOS, 2016). De acordo com Suzigan e Furtado (2006), seriam inúmeros os desafios que deveriam ser superados para a implementação de uma Política Industrial no país, levando em consideração desde o viés neoliberal que havia se cristalizado até as questões de infraestrutura econômica, que se encontrava fortemente deteriorada, e os diversos problemas sociais que haviam se agravado.

A preocupação com a estruturação de um sistema de inovação é mais recente, ganhando importância há pouco mais de duas décadas, no bojo da atuação do Ministério da Educação (MEC) na formação de técnicos e engenheiros especializados, criação de fundos setoriais e rede de instrumentos, estímulos e incentivos econômicos ao desenvolvimento tecnológico (DE TONI, 2017). Em meados dos anos 1990, foram criados o Fundo Verde-Amarelo, voltado à inovação, e o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT). Essas iniciativas tornaram-se mais efetivas com o lançamento da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), no ano de 2003, visando “o aumento da eficiência econômica e do desenvolvimento e difusão de tecnologias com maior potencial de indução do nível de atividade e de competição no comércio exterior” (BRASIL, 2003, p. 2). A PITCE tinha como objetivos intensificar os processos de inovação, por meio da diferenciação de produtos e processos.

A PITCE foi estruturada em três eixos: ações horizontais (inovação e desenvolvimento tecnológico, inserção externa/exportações, modernização industrial e ambiente institucional); opções estratégicas (políticas setoriais/verticais para semicondutores, softwares, bens de capital, fármacos e medicamentos); atividades portadoras de futuro (ações verticais em biotecnologia, nanotecnologia, biomassa e energias renováveis) (SANTOS, 2016). Essa política industrial pode ser considerada positiva na medida que representou uma superação do viés anti-Política Industrial observado nas últimas décadas (SUZIGAN; FURTADO, 2006), ela buscou articular o incremento da produção industrial com a inovação tecnológica e a inserção externa, bem como a combinação de ações horizontais e verticais.

Segundo Santos (2016), na esteira da PITCE, houve avanços na criação de condições propícias ao desenvolvimento da inovação, com a Lei da Inovação (criação de condições para inovação entre entes públicos e privados), a Lei do Bem (isenção de impostos a empresas exportadoras e produtoras de computador e regime especial de tributação para o desenvolvimento de P&D), a Lei de Informática e a Lei de Biossegurança (pesquisas com organismos geneticamente modificados e com as células-tronco), a reestruturação do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) para aperfeiçoar os processos de registro da

propriedade intelectual, as linhas de apoio à inovação da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e programas específicos do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) – Profarma (fármacos) e Prosoft (software).

No ano de 2008, com o lançamento de uma nova política industrial, a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), para manter e sustentar o crescimento econômico, há um deslocamento do foco da inovação para o investimento agregado. A PDP foi marcada por um maior pragmatismo, com metas e objetivos mais claros, e estruturada em quatro programas: 1) consolidar e expandir a liderança; 2) fortalecer a competitividade; 3) mobilizadores em áreas estratégicas; 4) destaques estratégicos. Os instrumentos abrangeram proteção comercial, compras do setor público com margens de preferência para produtores locais, desoneração de contribuição previdenciária da folha de salários, apoio técnico, financiamento e redução do *spread* bancário das linhas do BNDES, diminuição do IPI para alguns setores, redução do prazo de apropriação dos créditos da aquisição de bens de capital, eliminação da incidência de IOF sobre as operações de crédito do BNDES, do FINAME e do FINEP.

Os programas estratégicos do PDP contemplaram 24 setores e consideraram a diversidade da estrutura industrial brasileira. O Programa de Sustentação do Investimento (PSI), operacionalizado pelo BNDES com recursos do tesouro nacional, representou um avanço importante no sentido de propiciar o aumento do investimento do capital fixo. A política industrial não tinha como propósito diversificar o investimento, tampouco promover o incremento da P&D nas empresas, haja vista a retomada de ações tradicionais como generalização dos subsídios, medidas de proteção à indústria e isenções fiscais (SANTOS, 2016; DE TONI, 2017).

O Plano Brasil Maior (PBM), lançado em 2011, visou sustentar o crescimento econômico num contexto adverso por meio de uma série de medidas anticíclicas (DE TONI, 2017). O plano se estruturou em três pilares: estímulos ao investimento e à inovação (desoneração tributária, financiamento ao investimento e à inovação), medidas para a área do comércio exterior (desoneração, financiamento e promoção de exportações, defesa comercial) e defesa da indústria e do mercado interno (SANTOS, 2016). O PBM apresentou alguns avanços importantes e relativamente novos, na medida em que articulou a política industrial à qualificação profissional (Ciência sem Fronteiras, Pronatec) e ensejou a criação de políticas como o Inovar-Auto, a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII) e o Plano Inova Empresa - operacionalizado pelo BNDES e pela FINEP (DE TONI, 2017, p. 26-27).

No bojo dessas sucessivas políticas industriais e de outras iniciativas implementadas desde meados dos anos 1990, foram criados alguns instrumentos voltados à inovação, muitos deles operacionalizados pela BNDES, FINEP e EMBRAPPII, com a finalidade explícita de permitir as condições necessárias à inovação e desenvolvimento tecnológico, apoiando empresas e institutos de pesquisa sob diferentes formas. Apesar dos problemas e críticas às políticas industriais e de inovação, amplamente tratadas por Suzigan; Furtado (2006), Cano; Silva (2010), Almeida (2011) e Santos (2016), elas foram fundamentais não só pela adoção de uma estratégia de desenvolvimento centrada na indústria, como ainda pela estruturação e de linhas de financiamento e de instituições voltadas à inovação tecnológica.

2.2 Instituições e ações direcionadas à propagação da indústria 4.0 no Brasil

Neste projeto de pesquisa, partimos dessas contribuições e direcionamos o foco para as políticas específicas destinadas à manufatura avançada ou indústria 4.0. Num estudo recente da Confederação Nacional da Indústria (CNI), realizado em 2016, feito com 2.225 empresas, fica nítida a difusão desigual segundo os portes dos estabelecimentos e graus de intensidade tecnológica dos ramos econômicos, tendo em vista a maior proporção de uso de tecnologias disruptivas nos maiores estabelecimentos e nos segmentos mais dinâmicos tecnologicamente. Noutra pesquisa, contratada pela CNI em 2017, para um universo de 759 estabelecimentos produtivos, ficou evidente que os estabelecimentos de porte médio e grande e a origem não são fatores que influenciam na disseminação tecnológica, embora não tenha tratado da intensidade tecnológica dos ramos e setores, tampouco tenha considerado as pequenas e microempresas.

Sposito; Santos (2020) destacam que essas duas pesquisas da CNI (2016, 2017) permitem uma leitura da difusão das tendências da indústria 4.0 do ponto de vista setorial e do porte dos capitais, mas padecem de uma análise territorial. Este trabalho busca analisar as linhas de financiamento e projetos apoiados relacionados à manufatura avançada ou indústria 4.0, tendo como recorte analítico as instituições BNDES, FINEP e EMBRAPPII.



Figura 3 - Esforços pioneiros em manufatura avançada no Brasil

Elaborado pela autora.

Fonte: ARBIX et al., 2017.

No ano de 2016, a Abimac (Associação Brasileira de Máquinas e Equipamentos) promoveu a Feira Internacional de Máquinas e Equipamentos (Feimec), na ocorreu uma demonstração de manufatura avançada, tornada possível graças ao trabalho cooperativo de diversas empresas e ao apoio de entidades como a ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ARBIX, G. et al., 2017, p. 45). A ABDI foi criada no ano de 2005 e é, de acordo com Suzigan e Furtado (2006), uma importante instância de articulação de instrumentos e medidas.

O Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial (CNDI), responsável por supervisionar a atuação da ABDI, é presidido pelo Ministro do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e integrado por membros de diversas instâncias, como o presidente do BNDES e representantes da indústria privada e dos trabalhadores. De acordo com Arbix et al. (2017), entre os esforços pioneiros em manufatura avançada no país podem ser mencionados, nos anos de 2016 e 2017, a atuação da ABDI, quando esta financiou pesquisas voltadas para a área tanto no Brasil quanto em outros países, como Estados Unidos, China e Alemanha (países de destaque em Indústria 4.0); a iniciativa contribuiu para o desenvolvimento de uma estratégia nacional de manufatura avançada.

Também empenhados em formular políticas de desenvolvimento e modernização da estrutura industrial do país são, ainda de acordo com ARBIX (2017), o MDCI (Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços), o MCTIC (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações) e o BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e

Social), este último com prospecção sobre internet das coisas e criação de linhas específicas de financiamento, as quais serão detalhadas no próximo capítulo.

Outro órgão de destaque é o SENAI (Sistema Nacional de Aprendizado Industrial), que passou a contribuir para a formação de competências em manufatura avançada com a adaptação de algumas de suas estruturas com essa finalidade - tais estruturas estão alinhadas com o conceito de *testbeds*, muito presentes nos países líderes em Indústria 4.0 como forma de P&D (pesquisa e desenvolvimento) e de obter mão de obra qualificada e experiente de acordo com as novas tecnologias. Juntamente com a iniciativa do SENAI, a EMBRAPPI também atuou de forma a certificar “institutos específicos voltados para a manufatura avançada, como o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA) e o próprio Senai-Cimatec” (ARBIX, G. et al., 2017, p.46).

CAPÍTULO 3: EMBRAPPII, BNDES E FINEP – POLÍTICAS INDUSTRIAIS E DE INOVAÇÃO RECENTES

Antes de apresentar os dados relativos aos desembolsos por parte da EMBRAPPII, do BNDES e da FINEP, faz-se relevante abordar, inicialmente, as diferentes formas de atuação de cada uma destas instituições, bem como suas estruturas, contexto de criação e objetivos.

3.1 Caracterização da EMBRAPPII e seus desembolsos

A EMBRAPPII (Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial) é uma Organização Social qualificada pelo Poder Público Federal que atua desde o ano de 2013, de forma a apoiar instituições de pesquisa tecnológica fomentando a inovação na indústria brasileira. Sua criação foi ensejada pelo Plano Brasil Maior (PBM) do Governo Dilma Rousseff em 2011. A instituição tem como responsáveis pelo seu financiamento o MCTIC (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações) e o MEC (Ministério da Educação), que repartem a responsabilidade de modo igual (EMBRAPPII, 2021).

De acordo com a EMBRAPPII, seus objetivos envolvem contribuir para o desenvolvimento da inovação na indústria brasileira através do fortalecimento de sua colaboração com institutos de pesquisas e universidades, e ser reconhecida como instituição inovadora na promoção de P&D para indústria no Brasil com agilidade, eficiência e qualidade. A EMBRAPPII possui, portanto, vínculos com Institutos Federais em diversos estados (Ceará, Paraíba, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Santa Catarina, Minas Gerais e Goiás), com universidades como UFU, USP, UFRGS e UFSC; além de possuir vínculos com a EMBRAPA, com o Senai CIMATEC, com o CPqD (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações), com o INDT (Instituto de Desenvolvimento Tecnológico), CERTI (Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras), IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), entre outros.

Na figura 4 é possível observar a capilaridade da EMBRAPPII, a partir de suas instituições vinculadas e respectivas competências, no território brasileiro.

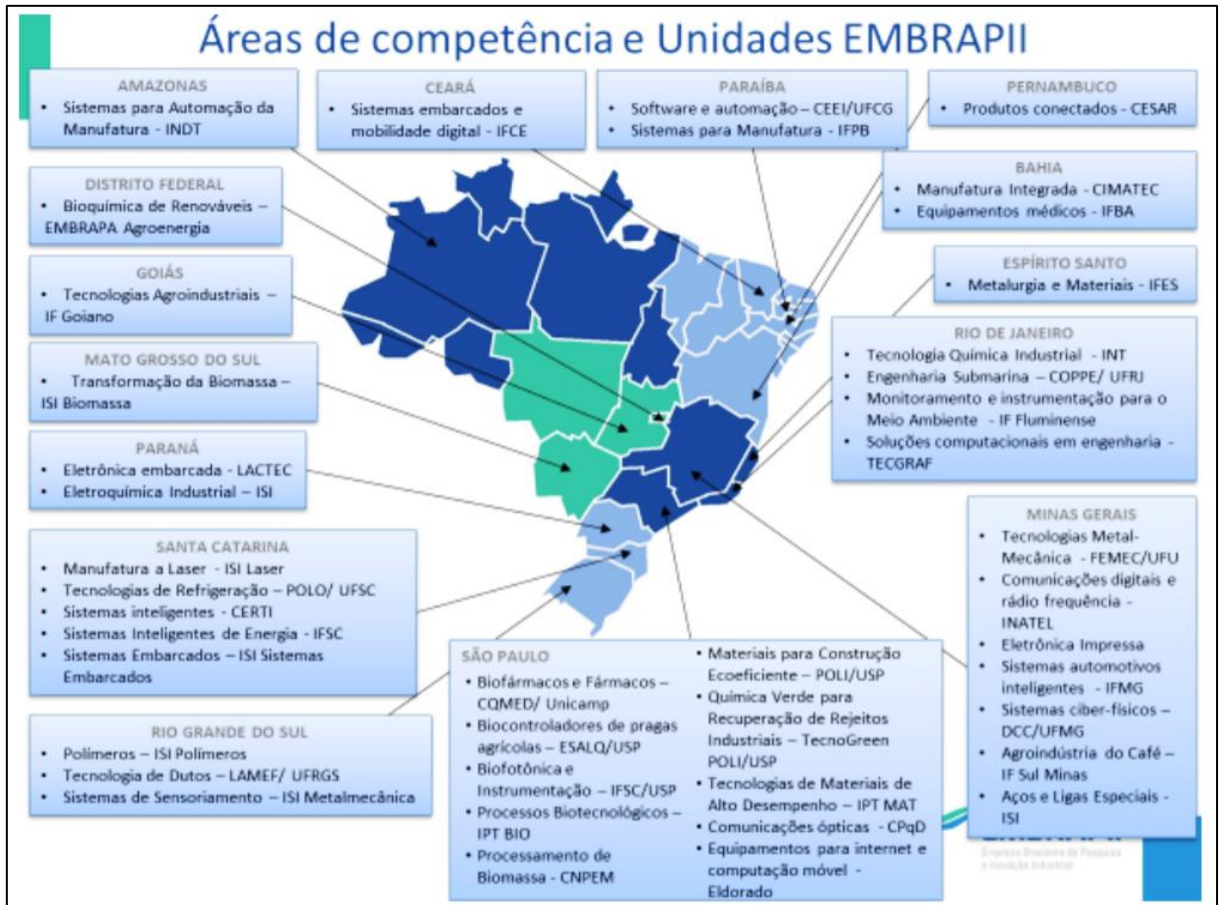


Figura 4 - Áreas de competência e Unidades EMBRAPPII

Fonte: EMBRAPPII, 2018.

A EMBRAPPII possui uma rede de Unidades que são credenciadas no Comitê da Área de Tecnologia da Informação (CATI) com a finalidade de desenvolver projetos com os recursos do Programa Prioritário (PPI) em IoT/Manufatura 4.0. O PPI contribui para que as “empresas beneficiadas pela Lei de Informática (Lei nº 8.248/1991) cumpram com as responsabilidades legais de investimento em atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I)” (EMBRAPPII, 2021). A partir do ano de 2020 todos os percentuais de gastos em P&D passaram a poder ser depositados no PPI e, com a revisão da Lei, o PPI também passou a poder receber os aportes trimestrais no FNDCT.

Na figura 5 é possível observar as Unidades EMBRAPPII beneficiadas, bem como instituições associadas e suas respectivas competências.

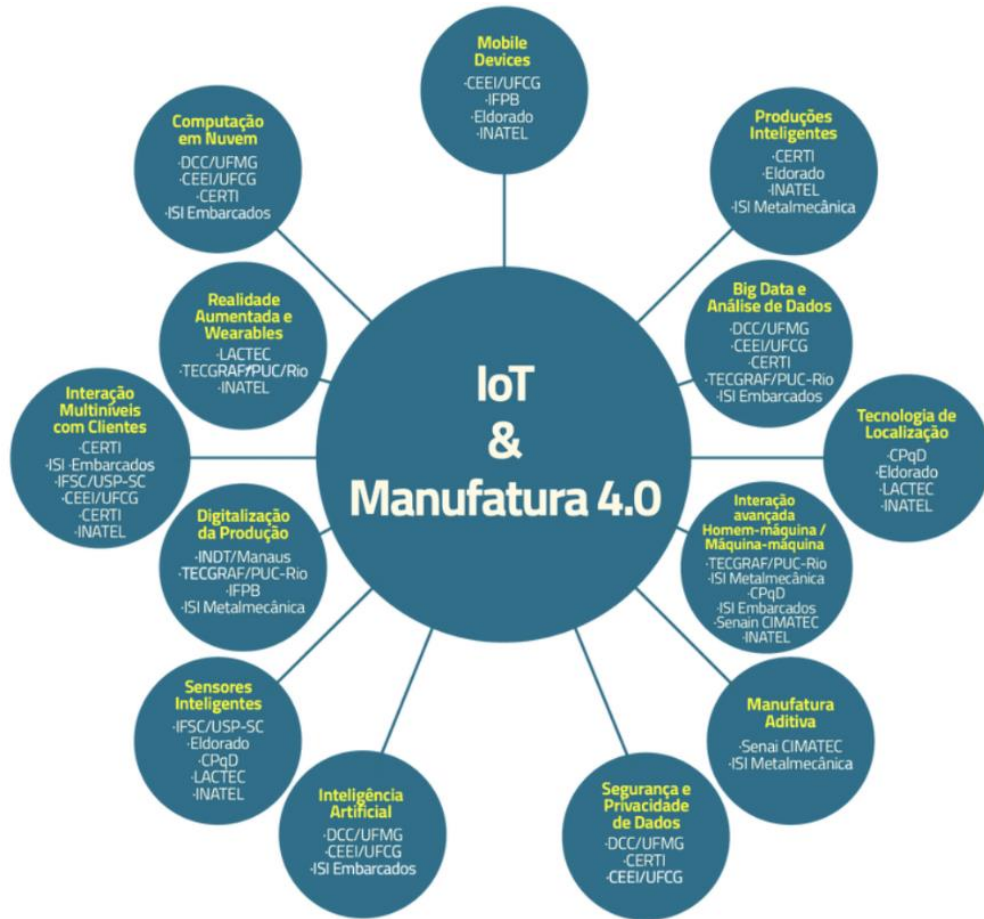


Figura 5 - Unidades EMBRAPPII beneficiadas e instituições associadas

Fonte: EMBRAPPII (2021).

A partir das palavras chaves indicadas na figura acima, relacionadas à IoT (*Internet of Things*) e Manufatura 4.0, buscou-se a quantidade de projetos que fazem menção a cada uma delas. Os dados foram retirados da lista com um total de 876 projetos da EMBRAPPII de março de 2020. Esses dados podem ser acessados na aba transparência de site da instituição.

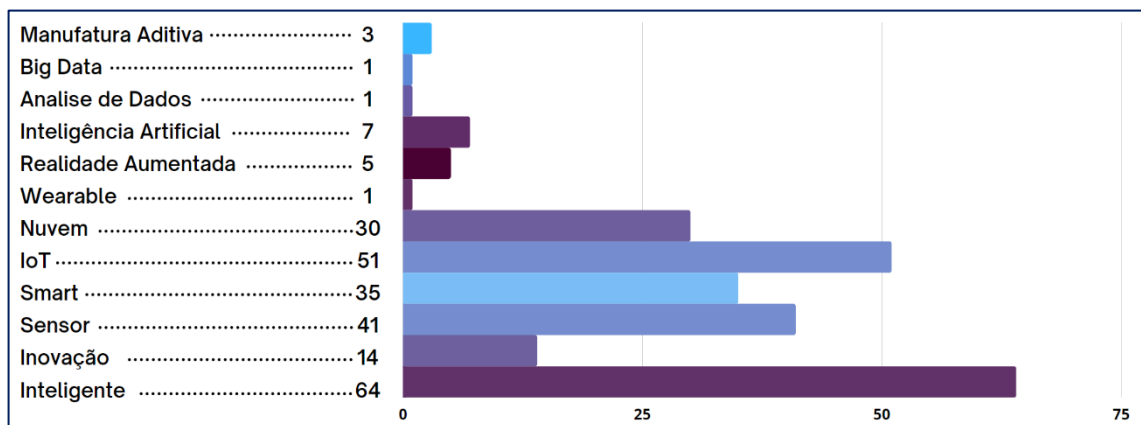


Figura 6 - Total de projetos da EMBRAPPII por palavra-chave

Fonte: EMBRAPPII (2021).

A identificação dos projetos por palavras-chave permite verificar que as tendências da indústria 4.0 se desenvolvem de forma desigual, com apoio à disseminação de algumas delas, como é o caso de IoT, Inteligência Artificial, Sensor etc. Depois da identificação desses projetos, buscou-se identificar sua localização no território brasileiro, tomando como referência as informações sobre o estado da federação de residência do investimento (figura 7).

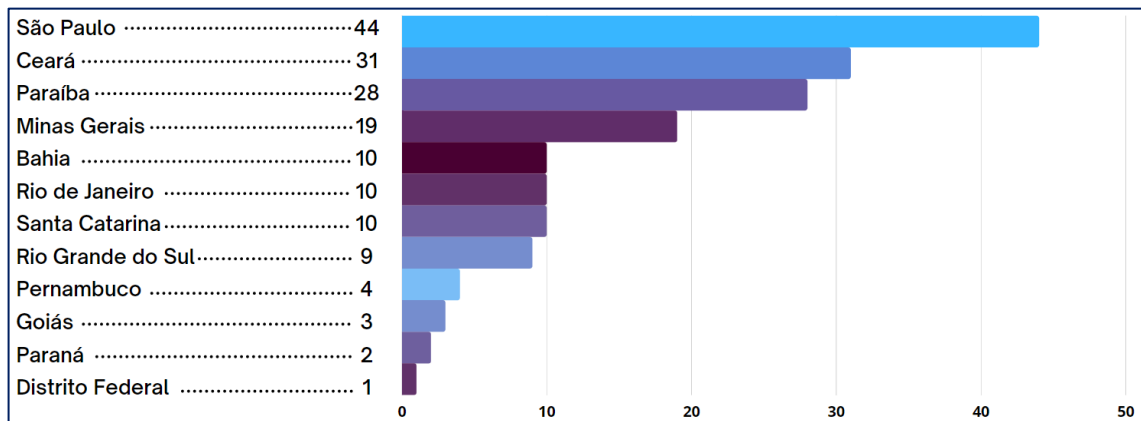


Figura 7 - Total de projetos da EMBRAPPI por região

Fonte: EMBRAPPI (2021).

A partir dos dados levantados, podemos notar que, dos 171 projetos apoiados pela EMBRAPPI, as regiões Sudeste e Nordeste detém, cada uma, 73 projetos, seguidas pelas regiões Sul, com 21, e pelo Centro-Oeste, com apenas 4 projetos. A Região Norte não teve projeto apoiado. Essa desigualdade na distribuição dos projetos se repete na escala intrarregional, com a concentração dentro do Sudeste em São Paulo e, no caso do Nordeste, nos estados do Ceará e da Paraíba.

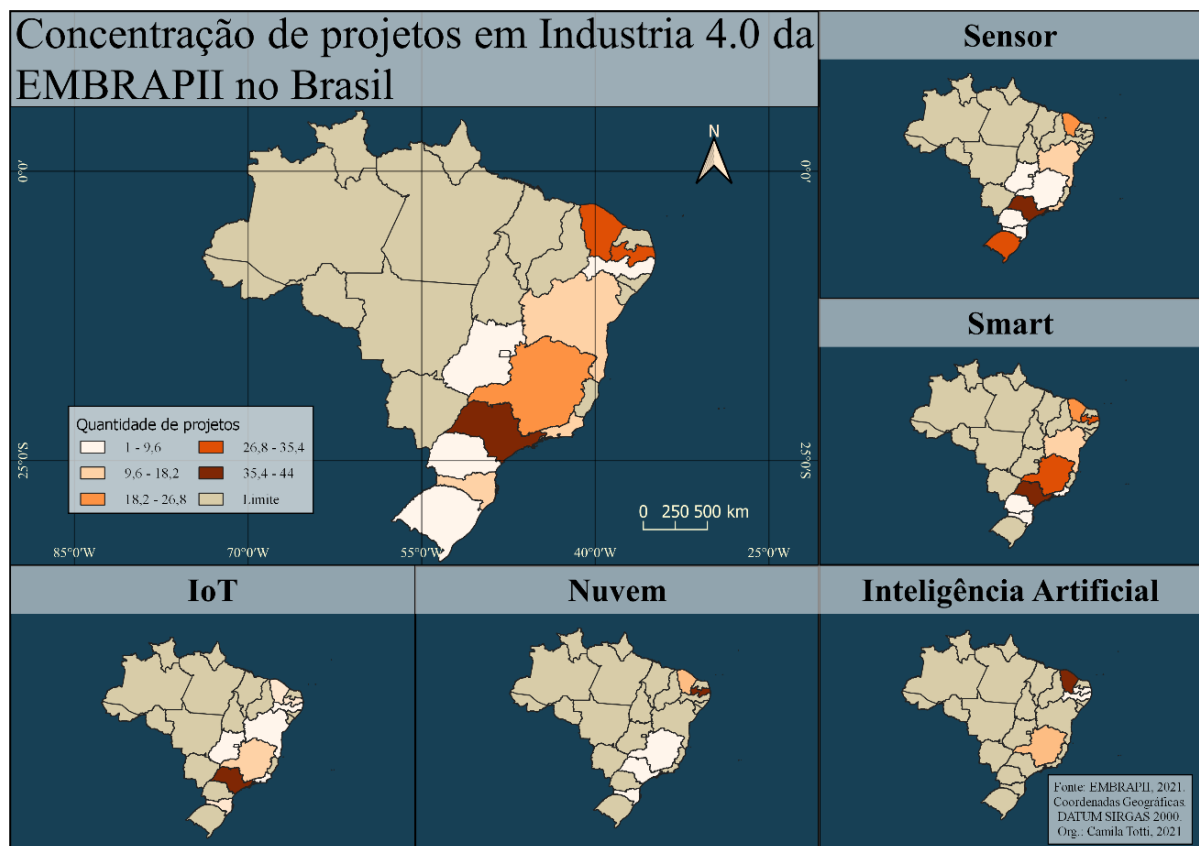
No estado de São Paulo, a EMBRAPPI possui 10 Unidades associadas com variadas áreas de competência (algumas destas envolvendo tecnologias de materiais de alto desempenho e equipamentos para internet e computação móvel), compondo universidades (como a USP e a Unicamp), organizações (como o CPqD e o CNPEM), entre outros; alguns dos municípios em que as unidades de São Paulo estão localizadas são São Paulo, Campinas e Piracicaba, marcados pela presença de centros universitários importantes, além de denso e complexo parque industrial.

A EMBRAPPI possui uma Unidade no Ceará, esta é o IFCE e fica localizado em Fortaleza, sua área de competência envolve sistemas embarcados e mobilidade digital. Na Paraíba a EMBRAPPI possui duas Unidades: o IFPB, voltado para sistemas de manufatura e localizado em João Pessoa; e o CEE/UFCG, localizada em Campina Grande e voltada para softwares e automação. Em Minas Gerais, a EMBRAPPI possui 7 Unidades compondo

Institutos e Universidades federais, a INATEL, instituto Senai entre outros; estes estão localizados nos municípios de Uberlândia, Belo Horizonte, Santa Rita do Sapucaí, Pouso Alegre, entre outros. Por fim, na Bahia a EMBRAPPII possui duas unidades: IFBA e CIMATEC, ambas localizadas em Salvador, sendo o IFBA voltado para equipamentos médicos, enquanto a CIMATEC é voltada para Manufatura Integrada.

Conforme apontado por Sposito; Santos (2020), as tendências da indústria 4.0 se distribuem de forma desigual pelo território, acompanhando a densidade geográfica dos lugares. Os autores mostram que as megatendências da indústria 4.0 guardam nexos com o desenvolvimento das forças produtivas e a distribuição da infraestrutura de ciência e tecnologia pelo território brasileiro. Na mesma direção, Corradini, Santini e Vecciolini (2021) trazem elementos que atestam a disseminação de robôs e manufatura 3D em áreas industriais com características da 3. Revolução Industrial, a importância da proximidade e das aglomerações produtivas. Nesse sentido, o mapa 1 permite entender os padrões de distribuição territorial da indústria 4.0, a distribuição desigual de cada uma das tendências da indústria 4.0 e o papel das condições territoriais específicas (infraestruturas material e imaterial).

Mapa 1 - Concentração de projetos em Industria 4.0 da EMBRAPPII no Brasil



A partir do mapa 1, podemos verificar a disseminação desigual e seletiva das megatendências da indústria 4.0 apoiadas nos projetos financiados pela EMBRAPA. O Estado de São Paulo concentra os projetos em indústria 4.0 apoiados pela instituição, com destaque para algumas das tendências, como IoT, Smart e Sensor. O Ceará se destaca nos projetos de Inteligência Artificial e, em menor medida, Sensor e Smart no total de projetos apoiados. Já Pernambuco se destaca com projetos financiados vinculados a Nuvem e Smart.

3.2 Caracterização do BNDES e seus desembolsos

O BNDES foi fundado no ano de 1952 com a finalidade de atuar como instrumento do Governo Federal para o financiamento de longo prazo e investimento em todos os segmentos da economia brasileira (SANTOS; GUIMARÃES, 2014). Segundo os autores, o banco se tornou a principal instituição mundial de apoio ao desenvolvimento e cumpriu papel importante na consolidação da indústria brasileira, especialmente de bens de base (anos 1950) e bens de capital (anos 1970). Até 1960, grande parte dos desembolsos tiveram como destino as empresas estatais e, sob os governos militares, a instituição de fomento é reorientada para atender a iniciativa privada.

Santos (2018, p. 126) salienta que, nos anos 1980 e 1990, o banco “sentiu a crise econômica e a incapacidade de manutenção do Estado desenvolvimentista, cabendo ao BNDES o papel de gestor da privatização e de fomentador da inserção das empresas locais no comércio internacional”. Santos e Guimarães (2014, p. 179) afirmam que:

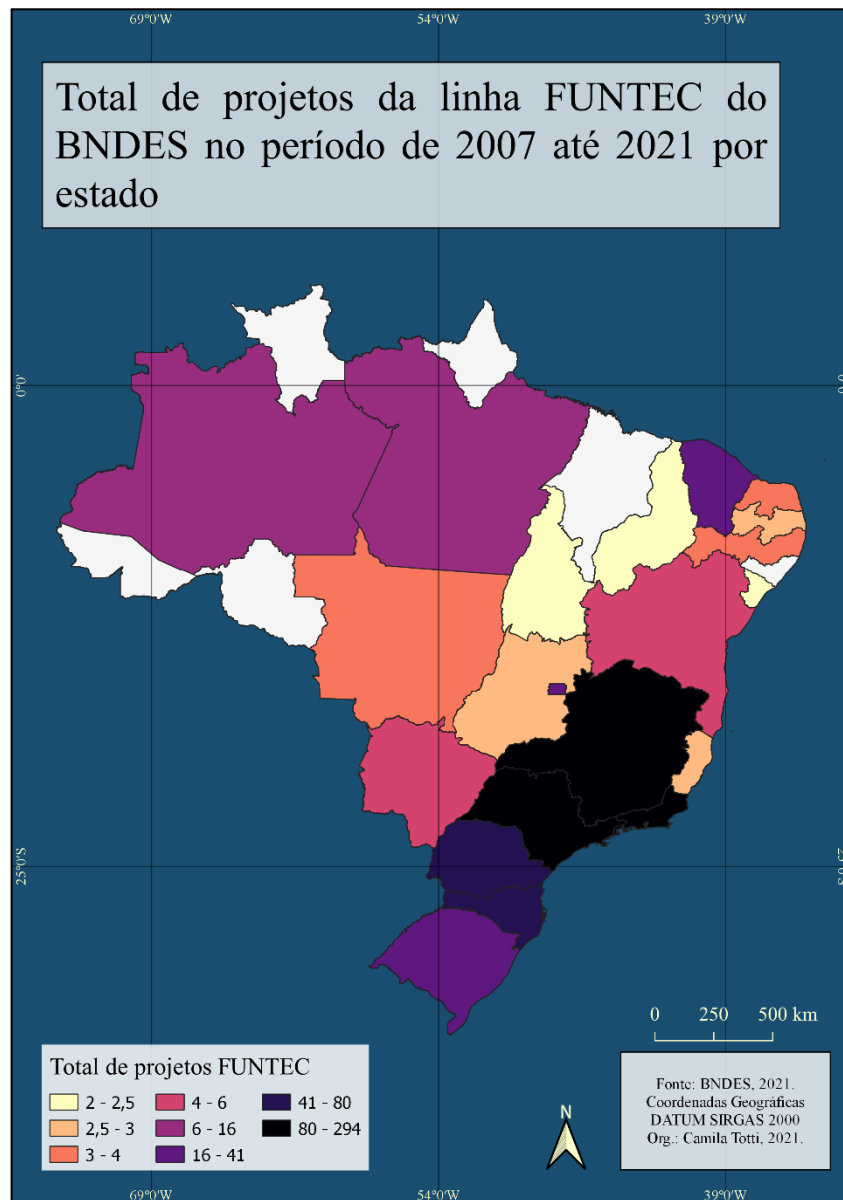
No final do governo FHC, no ano de 2002, o banco passou por uma nova reorientação estratégica, que foi fortalecida e aprofundada nos dois governos Lula. Durante os primeiros anos deste século, com a mudança no seu estatuto social, o banco assumiu uma posição importante na concentração e centralização de capitais (formação de campeões nacionais), atuou diretamente na subscrição de capitais em bolsa de valores de empresas nacionais e apoiou a realização de investimentos diretos no exterior.

O BNDES apresenta atualmente alguns projetos de financiamento relacionados à Indústria 4.0. Aqui destrinchamos os dados associados à duas linhas de financiamento do BNDES: a linha Funtec e a linha Finame BK de financiamento. A linha Funtec (Fundo de desenvolvimento técnico-científico) oferece apoio financeiro não reembolsável a projetos de pesquisa aplicada, desenvolvimento tecnológico e inovação executados por Instituições Tecnológicas, selecionados de acordo com os focos de atuação definidos pelo BNDES.

Os planejamento e operacionalização do BNDES Funtec atendem a seis diretrizes: 1) acelerar a busca de soluções para gargalos e oportunidades tecnológicas para o desenvolvimento sustentável do país; 2) concentrar esforços e recursos em temas específicos, com foco bastante definido, nos quais as empresas brasileiras possam vir a assumir papel de destaque ou mesmo de liderança no plano mundial, evitando-se a pulverização de recursos; 3) assegurar a continuidade dos esforços desenvolvidos nas áreas selecionadas, objetivando acelerar a obtenção dos resultados das pesquisas e conjugar os esforços de Institutos de Pesquisas e empresas, mediante a utilização da capacidade do BNDES de congregar e articular parceiros; 4) apoiar projetos que contenham mecanismos que prevejam a efetiva introdução de inovações no mercado; 5) fomentar a aproximação entre instituições tecnológicas e empresas, promovendo a aplicação de conhecimento gerado na academia ao setor produtivo; 6) incentivar a estruturação de projetos que combinem diferentes instrumentos de apoio (outros produtos, linhas de financiamento e programas previstos nas Políticas Operacionais do BNDES) com os recursos do BNDES Funtec.

A partir de um documento fornecido pelo BNDES, que está disponível no seu portal da transparência, foi possível obter os dados referentes aos desembolsos da linha Funtec de financiamento. Desde o ano de 2007 a linha já estava ativada e contribuindo para o desenvolvimento de projetos. Os dados obtidos englobam, portanto, o período temporal de 2007 até 2021. O documento continha também informações referentes à Unidade da Federação de cada contratante, os valores de desembolso, entre outros.

De um total de 785 projetos financiados na linha Funtec, o estado que teve mais financiamentos foi São Paulo, contando com um total de 294 projetos, seguido pelo Rio de Janeiro (137) e Minas Gerais (84). Observa-se, desse modo, a concentração dos projetos na região Sudeste do país. No fim da lista, os estados com menos projetos são Tocantins, Sergipe e Piauí, cada um contando com dois projetos financiados (mapa 2). Por sua vez, os estados da região Sul também se destacam na concentração de projetos: Santa Catarina (76); Paraná (50), e; Rio Grande do Sul (41).

Mapa 2 - Projetos da linha FUNTEC apoiados por estado (2007-2021)

Com relação aos valores desembolsados, a concentração por estado é ainda mais acentuada, posto que o estado de São Paulo sozinho recebeu mais de 50% de todos os valores já desembolsados pela linha no país, seguido novamente pelo Rio de Janeiro, com 16% dos valores desembolsados, e por Minas Gerais, com 10% dos valores. A tabela 1 informa os valores totais absolutos por estado.

Tabela 1 - Desembolsos da linha FUNTEC, por estados da federação, em R\$

UF	DESEMBOLSOS FUNTEC (R\$)
SP	546.969.115,00
RJ	169.597.209,00

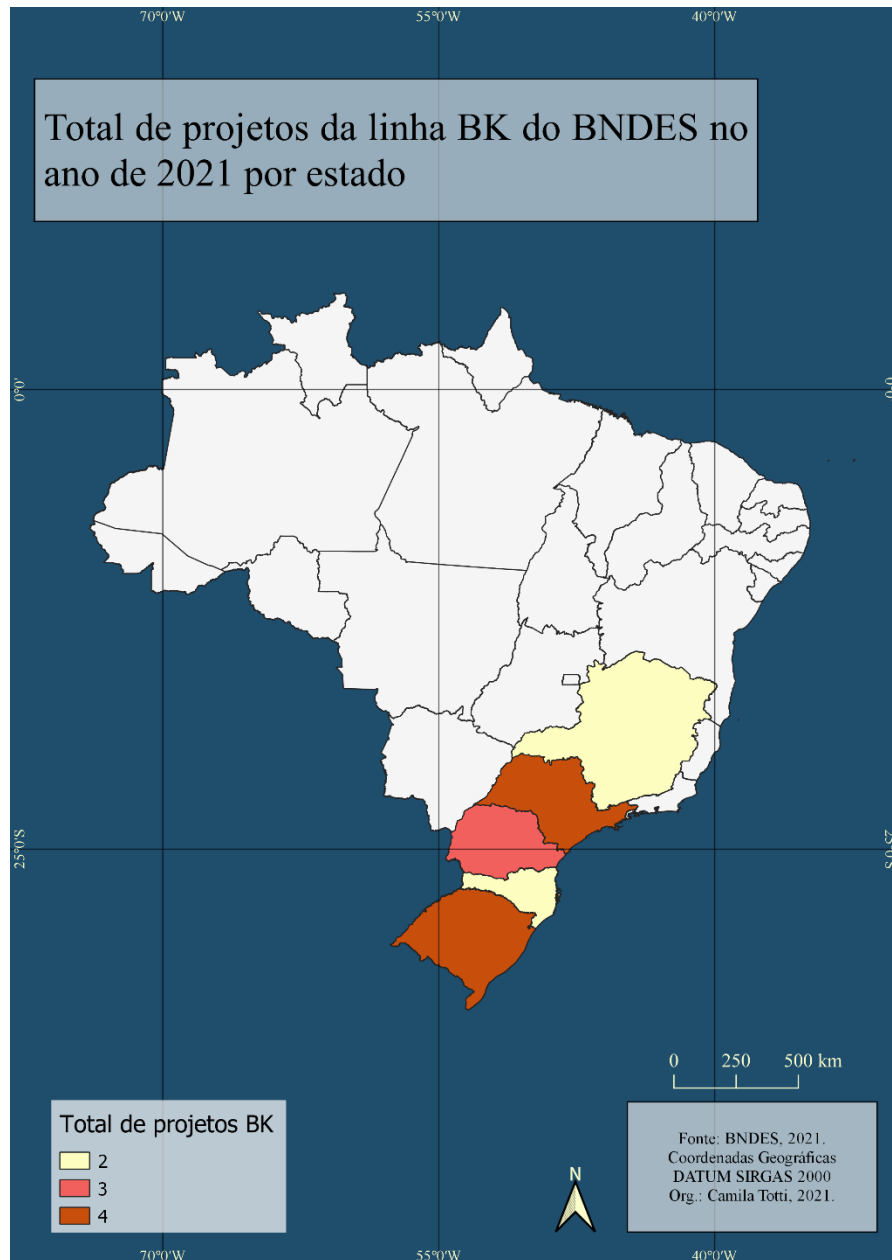
MG	107.648.715,00
SC	78.794.883,00
RS	50.855.173,00
CE	36.475.577,00
DF	32.258.222,00
PR	19.205.288,00
PA	9.715.892,00
TO	8.932.000,00
BA	2.409.118,00
SE	2.398.000,00
AM	1.665.796,00
PE	1.372.202,00
PI	986.000,00
MT	924.928,00
MS	831.118,00
ES	479.118,00
PB	479.118,00
GO	475.526,00
RN	447.212,00
TOTAL	1.072.920.210,00

Fonte: BNDES, 2021.

A linha Finame BK de financiamento do BNDES, especialmente a BK Aquisição e comercialização - máquina 4.0, é bem recente, seus primeiros financiamentos ocorreram este ano, portanto a quantidade de dados é consideravelmente menor em relação à linha Funtec, que já estava ativa desde o ano de 2007. Esta linha oferece financiamento para aquisição e comercialização de máquinas, equipamentos, sistemas industriais, bens de informática e automação, ônibus, caminhões e aeronaves executivas.

A linha BK Aquisição e comercialização - máquina 4.0 está inserida na subsidiária do BNDES, a FINAME - A Agência Especial de Financiamento Industrial - uma empresa pública brasileira. Apesar da pequena quantidade de projetos financiados pela linha até agora, é possível observar que São Paulo já apresenta uma maior quantidade de projetos financiados (4), estando pareado com o Rio Grande do Sul (4); os outros estados que já foram beneficiados pela linha são Paraná (3), Minas Gerais (2) e Santa Catarina (2) como é possível observar no mapa 3.

Mapa 3 - Total de projetos da linha BK do BNDES no ano de 2021 por estado



Quando se considera os valores desembolsados da linha BK Aquisição e comercialização - máquina 4.0, São Paulo, embora tenha maior número de projetos, não recebe a maior parte dos recursos (figura 8). Os estados com maiores desembolsos são Paraná e Santa Catarina, com valores superiores a R\$ 9 milhões cada um. São Paulo foi contemplado com um pouco mais de R\$ 2 milhões, seguido por Santa Catarina e Minas Gerais. Os desembolsos mostram um padrão espacial de concentração nas regiões Sul e Sudeste do país, onde se dá a concentração das forças produtivas, o que reforça a tese que os investimentos e a disseminação das megatendências da indústria 4.0 têm a ver com a densidade geográfica dos lugares.

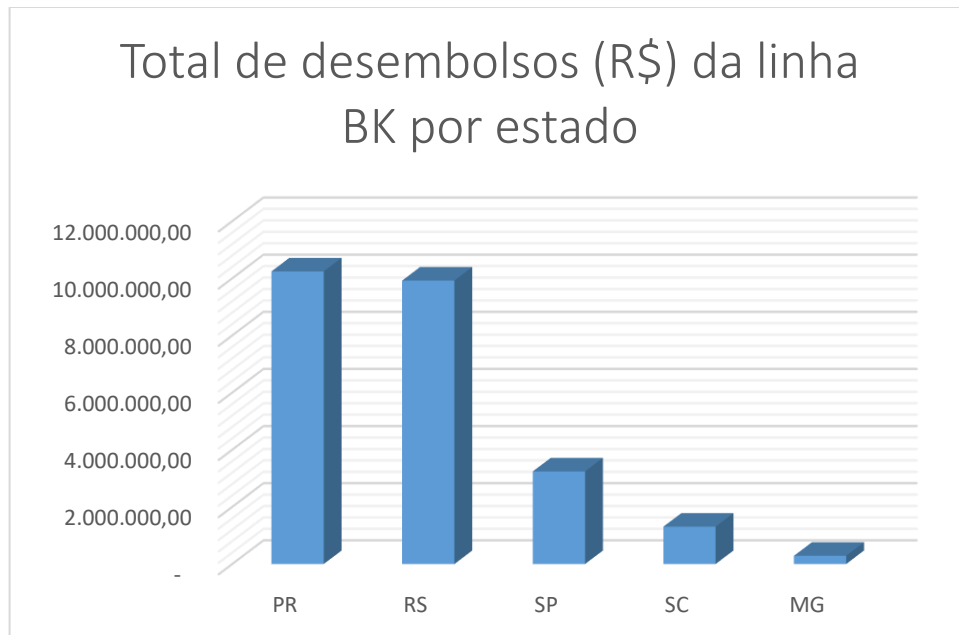


Figura 8 - Desembolsos (R\$) da linha BK Aquisição e comercialização - máquina 4.0, por estado, de dez. de 2019 até jun. de 2021.

Fonte: BNDES, 2021.

O BNDES possui também um programa voltado para a Internet das Coisas. Em 2017, o banco de fomento lançou o estudo intitulado “Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil”. O objetivo do estudo era realizar um diagnóstico e propor políticas públicas no tema IoT para o Brasil até o ano de 2022, e foi estruturado em quatro fases: i) diagnóstico geral e aspiração para o Brasil, com o intuito de obter uma visão geral do impacto de IoT no Brasil, de entender competências de TIC no país e de definir aspirações iniciais para IoT no Brasil; ii) Seleção de verticais e horizontais para, assim, definir critérios chaves para seleção; iii) aprofundamento e elaboração de plano de ação (2018 – 2022); e iv) detalhamento das principais iniciativas do plano de ação.

Inserido no contexto do estudo “Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil”, o BNDES lançou o “BNDES Pilotos IoT – Internet das Coisas” em parceria com o MCTIC e conduzido pelo consórcio McKinsey/Fundação CPqD/Pereira Neto Macedo Advogados. Esta chamada teve com o objetivo selecionar projetos-piloto de testes de soluções tecnológicas de Internet das Coisas (IoT) para apoio com recursos não reembolsáveis nos três ambientes priorizados: Cidades, Saúde e Rural. Um projeto-piloto consiste em um ou mais casos de uso que serão testados em plataformas de experimentação (*testbeds*) e/ou diretamente em ambientes reais de uso (como propriedades rurais, unidades de saúde ou cidades). As duas iniciativas

principais que os projetos-piloto devem incluir são: integração de tecnologias e avaliação técnica do impacto; os projetos podem ser apresentados tanto por Instituições Tecnológicas (IT) quanto por Instituições de Apoio (IA).

O quadro 4 sintetiza os projetos enquadrados na chamada BNDES Pilotos IoT, distribuindo-os segundo os grandes ambientes priorizados.

Quadro 4 - Projetos enquadrados no BNDES Pilotos IoT

PROJETOS ENQUADRADOS		
Ambiente Saúde	Ambiente Rural	Ambiente Cidade
Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife (CESAR) - Monitoramento do estoque e automação dos pedidos de reposição de cilindros de oxigênio, vigilância do consumo e registro da posologia. Município: Recife/PE	Centro de Pesquisas e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD): otimização no uso de máquinas agrícolas, monitoramento pluviométrico, gestão de pragas e técnicas de pecuária de precisão para o bem-estar de bovinos. Municípios: Diamantino-MT e Correntina-BA. Pradópolis/SP. Lucas do Rio Verde/MT.	Centro de Pesquisas e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD) – i) Uso de câmeras e visão computacional para segurança pública; ii) predição avançada do clima; iii) provimento do serviço de veículos elétricos compartilhados; iv) plataforma completa de telegestão para iluminação pública. Município: Campinas/ SP
Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP (HCFMUSP) - 1 - Monitoramento dos ativos hospitalares (bombas de infusão, macas, cadeiras de rodas e ambulâncias); 2 - Triagem de retinopatia diabética por teleoftalmologia. Município: São Paulo/SP	EMBRAPA Informática: gestão de pragas e maquinário, monitoramento de bem estar animal na bovinocultura de leite e utilização de sistemas de IoT para integração lavoura-pecuária-floresta. Municípios: Carazinho/RS, Santa Maria do Pará/PA, Castanhal/PA, Barbalha/CE, Valença/RJ, São Carlos/SP, São João da Boa Vista/SP, Itatinga-SP, Sinop/MT, Recanto das Emas/DF, Paraí/ RS, Bom Despacho/MG; Boa Esperança/MG, Passos/MG, Cel. Pacheco/MG	Fundação Instituto Nacional de Telecomunicações (FINATEL) – implantação de telegestão na rede de iluminação inteligente e integração com videomonitoramento para segurança pública. Municípios: Santa Rita do Sapucaí/ MG, Caxambu/ MG e Pirai (RJ)
Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológico (LSI-TEC) – 1 - Monitoramento remoto para controle de sepsis em crianças com câncer; 2- Monitoramento remoto aplicado à qualidade do sono. Município: São Paulo/SP	Fundação para Inovações Tecnológicas (FITEC): Plataforma integrada de dados (clima, solo, manejo, máquinas, eficiência energética e eficiência hídrica) para monitoramento e recomendações sobre o uso de recursos naturais, insumos e maquinário. Município: Uberlândia – MG	Fundação para Inovações Tecnológicas (FITEC) – Implantação de rede de iluminação pública habilitadora de soluções de IoT, tais como lixeiras inteligentes, videomonitoramento para segurança pública, defesa civil e parquímetros eletrônicos. Município: Mar de Espanha/MG
Pontifícia Universidade Católica (PUC - Rio) -	Pontifícia Universidade Católica (PUC-RIO): otimização de recursos	Instituto Atlântico – implantação de redes de

Desenvolvimento de soluções para um “Hospital Digital” envolvendo gestão automatizada e inteligente de ativos, pacientes, agentes de saúde, procedimentos e prontuários. Município: Rio de Janeiro/RJ	energéticos, recursos naturais, insumos agrícolas, maquinário agrícola, além de soluções voltadas ao pequeno produtor agrícola. Municípios: Holambra/SP e Santiago do Norte/MT	iluminação pública habilitadoras de soluções de IoT, visando a redução do tempo de deslocamento, aumento da atratividade de transportes públicos e o aumento da capacidade de vigilância para segurança pública. Municípios: Fortaleza e Juazeiro do Norte (CE) e Petrópolis (RJ)
Rede Nacional de Pesquisa (RNP) - Monitoramento remoto de crianças e adolescentes com obesidade. Município: Fortaleza/CE	–	Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológico (LSI-TEC) – Utilização de Single Board Computer “Labrador” para i) controle inteligente da rede semafórica da cidade de São Paulo e ii) monitoramento de situações de crime e ameaças à segurança urbana. Município: São Paulo/ SP
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Monitoramento remoto de pacientes com hipertensão. Município: Porto Alegre/RS	–	–

Os projetos enquadrados realçam a estreita articulação do banco de fomento com as esferas de governos locais e instituições universitárias. No ambiente cidades, a inserção de IoT tende a ser direcionada para temas como mobilidade, segurança pública e eficiência energética e saneamento. Na saúde, predominam projetos relacionados a uso de soluções de IoT para doenças crônicas, promoção e prevenção a partir de diagnósticos descentralizados e eficiência de gestão (monitoramento dos ativos). No ambiente rural, as soluções de IoT apoiadas pelo banco são voltadas ao uso eficiente dos recursos naturais e insumos, uso eficiente de maquinário segurança sanitária e bem-estar animal.

3.3 Caracterização da FINEP e seus desembolsos

A FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) é a secretaria-executiva do FNDCT (Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), criado em 1969 - conforme determinado pelo Decreto nº 68.748, de 15 de junho de 1971, e ratificado na Lei nº 11.540, de 12 de novembro de 2007 (FINEP, 2021). Em 2003 ela foi reestruturada, no mesmo período do lançamento da PITCE (Política Industrial Tecnológica de Comércio Exterior), sob o governo Lula (SPOSITO e SANTOS, 2020). Inicialmente, a FINEP era voltada para o apoio a empresas

de consultoria em estudos de viabilidade e projetos de investimento. Entretanto, depois ela mudou seu perfil para assegurar o apoio desde a pesquisa até o empreendimento, passando a atuar em todo o espectro do desenvolvimento científico e tecnológico.

A FINEP é responsável pela gestão do FNDCT em conjunto com o Conselho Diretor da FNDCT, o Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e os Comitês Gestores dos Fundos Setoriais; além disso, ela também é responsável pela operacionalização do Fundo, em conjunto com o CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Tecnológica), na qualidade de agências de fomento. A FINEP é uma empresa pública do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

A figura 9 apresenta os resultados do filtro por palavra-chave utilizado em uma lista, datada do mês de junho de 2021, com um total de 9.746 projetos da FINEP.

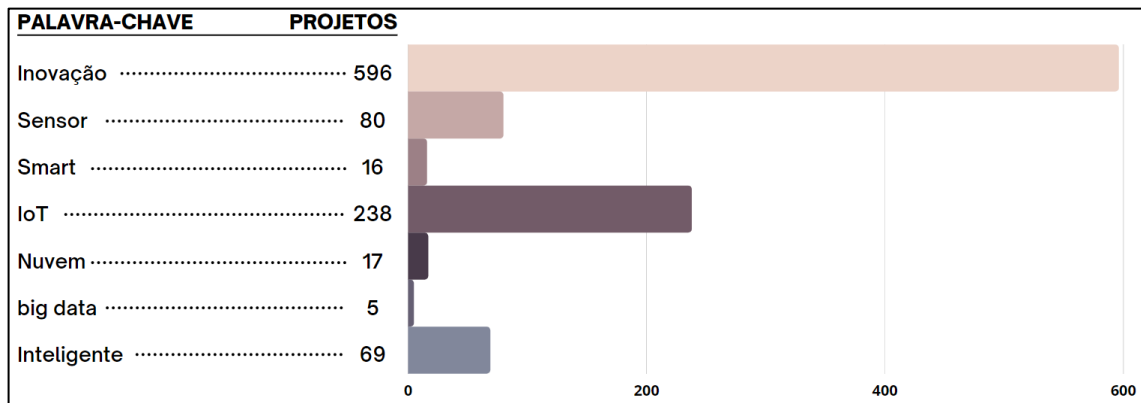


Figura 9 - Total de projetos da FINEP por palavra-chave

Fonte: FINEP, 2021.

As palavras chave utilizadas apresentam diferentes níveis de associação com a Indústria 4.0, de modo que algumas são mais genéricas, como “inovação”, e outras são mais específicas, como “IoT”. Tendo isso em consideração, é possível observar que, de um total de 9.746 projetos, a palavra-chave com maior quantidade de projetos que fazem menção à ela é “inovação”, com um total de 596 projetos; a segunda palavra-chave com mais retornos foi “IoT” com um total de 238 projetos; seguido de “sensor” (80), “inteligente” (69), “nuvem” (17), “smart” (16) e “big data” (5).

A FINEP tem dois programas específicos de interesse deste trabalho: o "INOVA" e o "Tecnologias 4.0". O programa "Tecnologias 4.0" tem apenas uma linha de financiamento. O programa "INOVA" tem 9 linhas de financiamento (que podem ser subdivididas resultando em um total de 19 linhas, sendo estas: a) aerodefesa; b) mineral; c) saúde; d) petro; e) pro-inova; f)

sustentabilidade; g) energia; h) agro; i) telecom. Na figura 10 é possível observar o total de projetos para cada programa.

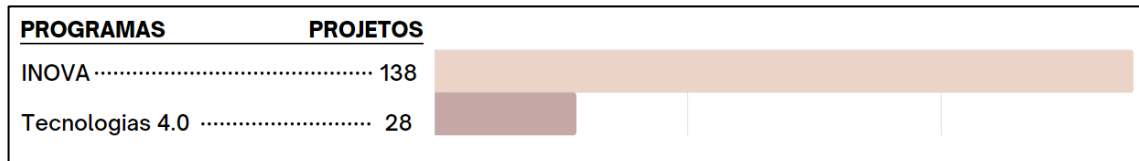


Figura 10 - Total de projetos dos programas INOVA e Tecnologias 4.0 da FINEP

Fonte: FINEP, 2021.

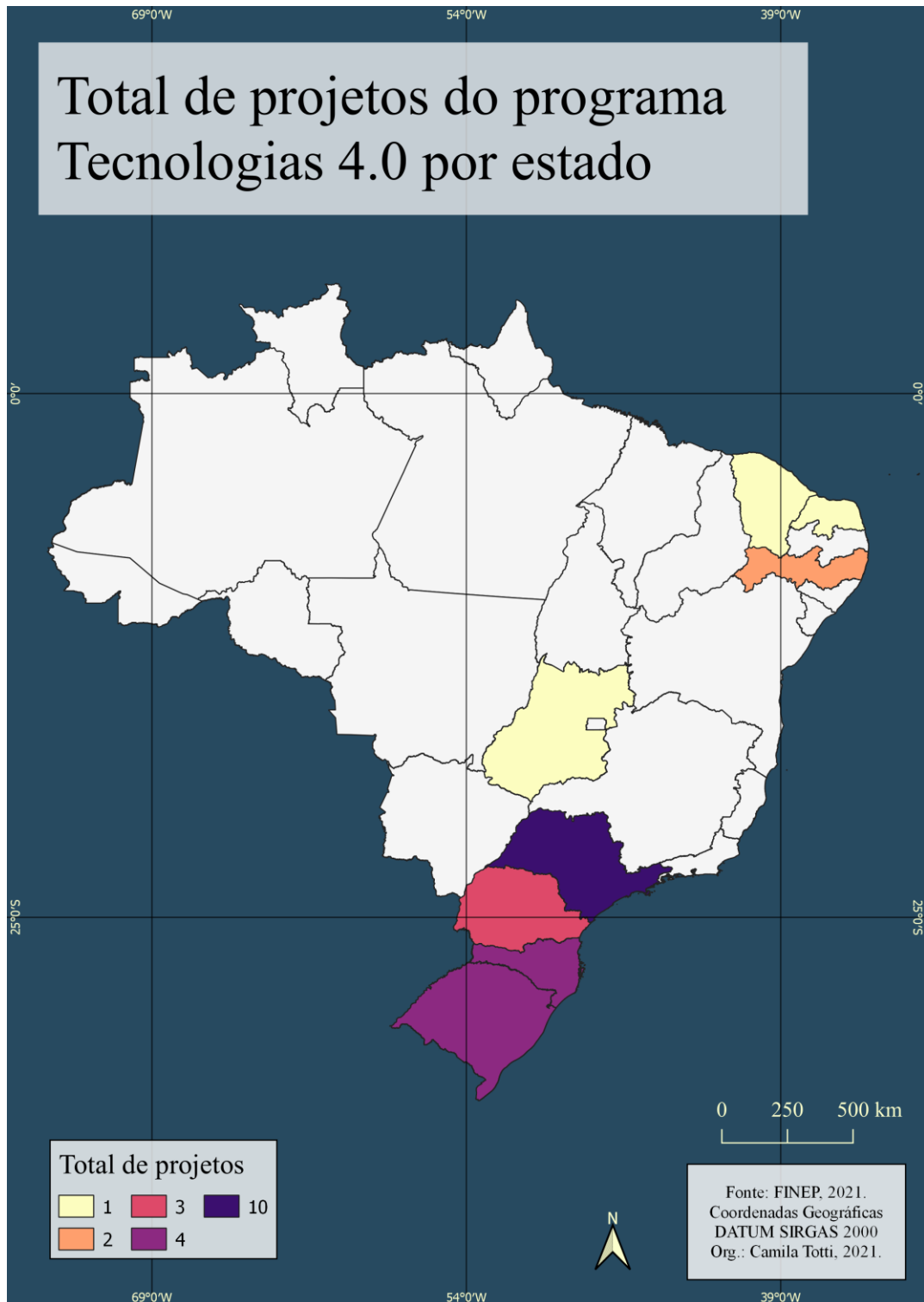
A maioria dos projetos da linha INOVA foram destinados para o Estado de São Paulo (58 projetos), seguido do Rio de Janeiro (19), Rio Grande do Sul (15), Santa Catarina (14) e Minas Gerais (9). Os estados com menor quantidade de projetos foram Rio Grande do Norte, Paraíba, Goiás, Amazonas e Alagoas, cada um com apenas um. No mapa 4, observamos os dados referentes à distribuição quantitativo-espacial dos projetos da linha INOVA da FINEP.

Mapa 4 - Total de projetos INOVA da Finep



O programa Tecnologias 4.0 da FINEP, até por não ser subdividido em diversas linhas como o projeto INOVA, apresenta uma quantidade menor de projetos em comparação; ele visa fomentar projetos de inovação nas temáticas Agro 4.0, Cidades Inteligentes, Indústria 4.0 e Saúde 4.0. De um total de 28 projetos, 10 foram destinados para o estado de São Paulo, seguido por Rio Grande do Sul (4) e Santa Catarina (4). No mapa 5 é possível observar a distribuição dos projetos por estado.

Mapa 5 - Total de projetos do programa Tecnologias 4.0 por estado



Com relação aos valores desembolsados, a concentração por estado é ainda mais acentuada, o estado de São Paulo sozinho recebeu mais de 40% de todos os valores já desembolsados pela linha no país; os estados do Rio Grande do Sul (15%), Santa Catarina

(13%), Paraná (11%) e Pernambuco (9%) compõem, combinados, 48% dos desembolsos. A tabela C informa os valores totais absolutos por estado.

Tabela 2 - Desembolsos da linha Tecnologias 4.0, por estados da federação, em R\$

UF	TOTAL TEC4.0
SP	21.668.054,41
RS	7.556.231,47
SC	6.235.470,60
PR	5.174.711,58
PE	4.289.156,84
RN	2.544.752,80
GO	747.842,04
CE	551.200,00
TOTAL	48.767.419,74

Fonte: FINEP, 2021.

Os dados analisados das três instituições permitem afirmar que, apesar da centralidade delas na elaboração e implementação de políticas industriais e de inovação tecnológica no Brasil, os desembolsos destinados ao desenvolvimento e propagação das tendências da indústria 4.0 são esforços muito pequenos se considerarmos os valores totais desembolsados por essas instituições. As linhas destinadas especificamente à manufatura avançada ou indústria 4.0 são bastante recentes, algumas delas ainda em fase de implementação e sem desembolsos (por exemplo, BNDES Crédito Serviços 4.0).

Considerando que alguns fatores como força de trabalho, recursos, informação, infraestrutura etc. são fundamentais para absorver e recombinar o novo conhecimento tecnológico relacionado à indústria 4.0., entende-se que a hipótese de distribuição desigual das megatendências da quarta revolução industrial se confirma, concentrando-se nos grandes centros urbanos e nas áreas industriais com alta incorporação de Tecnologia da Informação (TI), na medida em que os desembolsos das instituições mostram uma nítida concentração nas regiões Sudeste e Sul, com grande importância de São Paulo.

Os resultados parecem confirmar também os achados na literatura europeia, especialmente os trabalhos de Balland e Boschma (2019) e Corradini, Santini e Veccioli (2021). No primeiro caso, os autores salientam que os espaços com alto PIB per capita e maiores populações são mais propensos a inserir as tecnologias da indústria 4.0, por conta da conectividade e diversificação tecnológica típica desses territórios, ao passo que Corradini, Santini e Veccioli (2021) mostram que robótica e impressão 3D permanecem altamente concentradas em espaços industrializados e com presença das tecnologias da 3ª. Revolução Industrial, enquanto IoT e Big Data são mais disseminados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A “Indústria 4.0”, também chamada de “Manufatura Avançada”, representa um novo paradigma produtivo, o qual vem acompanhado de “megatendências” que o caracterizam em relação às outras revoluções industriais. Os principais países promotores da Indústria 4.0, por patentes aprovadas, são os Estados Unidos, China, Japão, Coreia do Sul e Alemanha, respectivamente. Já no caso brasileiro, a preocupação com a estruturação de um sistema de inovação é mais recente, sendo possível citar: FNDCT, PITCE, INPI, FINEP, BNDES, PDP, PBM, EMBRAPPII, CNI.

Tendo como base os resultados e a pesquisa bibliográfica efetuada, pode-se afirmar que a Indústria 4.0 parte de um plano geopolítico de países ocidentais desenvolvidos, principalmente Estados Unidos e Alemanha, para retomada de protagonismo em determinados ramos para seus territórios. As tecnologias relacionadas à Indústria 4.0 estão presentes no território de forma desigual e os agentes responsáveis por sua manufatura e aplicação encontram-se ainda mais concentrados.

Os países periféricos encontram-se à margem dos processos inovadores mais recentes, sendo possível observar, no caso do Brasil, uma grande defasagem no que diz respeito à incorporação destas tecnologias, de modo que há uma prevalência de tendências da segunda revolução industrial e pouca ainda da terceira. A difusão da Indústria 4.0, portanto, no território brasileiro, tende a ser ainda mais seletiva, acompanhando a presença de universidades e centros de pesquisa, bem como de fornecedores de serviços intermediários (SPOSITO e SANTOS, 2020). Neste trabalho observou-se a dispersão da Indústria 4.0 no território brasileiro a partir das iniciativas governamentais de incentivo à essa indústria por meio da FINEP, do BNDES e da EMBRAPPII.

Os seis estados com maior quantidade de projetos (somados da EMBRAPPII, da FINEP e do BNDES) são os estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná, respectivamente. De acordo com uma matéria da Valor Econômico (2021), a partir de dados do IBGE referentes ao ano de 2019, apenas cinco Estados respondem por quase dois terços da economia brasileira: São Paulo (31,8%), Rio de Janeiro (10,6%), Minas Gerais (8,8%), Rio Grande do Sul (6,5%) e Paraná (6,3%); e a participação do produto interno bruto (PIB) do estado de Santa Catarina corresponde à 4,4%, como o sexto estado com maior participação. Observa-se, portanto, uma correspondência entre a concentração de projetos/políticas destinados à Indústria 4.0 e os estados brasileiros com maior participação no

PIB – um indicador de fluxo de novos bens e serviços finais produzidos durante determinado período.

Os estados com maior quantidade de projetos em Indústria 4.0 destinados pela EMBRAPPI são, respectivamente: São Paulo com 23,9% de todos os projetos da EMBRAPPI, Ceará (18,2%), Paraíba (16,4%), Minas Gerais (11,1%) e Bahia (5,8%). Os cinco estados com maior quantidade de desembolsos em Indústria 4.0 pela linha FUNTEC do BNDES são, respectivamente: São Paulo com 37,5% de todos os projetos da FUNTEC, Rio de Janeiro (17,5%), Minas Gerais (10,7%), Santa Catarina (9,7%) e Paraná (6,4%). A linha BK do BNDES por ser muito recente, apenas têm desembolsos em 5 estados, sendo estes: São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná, Minas Gerais e Santa Catarina. Os cinco estados com maior quantidade de desembolsos em Indústria 4.0 pela linha INOVA da FINEP são, respectivamente: São Paulo com 42,3% de todos os projetos da INOVA, Rio de Janeiro (13,9%), Rio Grande do Sul (10,9%), Santa Catarina (10,2%) e Minas Gerais (6,6%).

Os dados levantados e mapeados dos desembolsos e projetos apoiados por EMBRAPPI, BNDES e FINEP mostram a tendência de disseminação desigual e seletiva pelo território, com maior concentração das megatendências vinculadas à automação e robotização nas áreas densamente industriais, que conheceram a terceira revolução industrial (portanto, apresentam capacidades necessárias de codificação e recombinação necessárias para a transição à quarta revolução industrial), enquanto IoT, Big Data, Inteligência Artificial etc. se disseminam mais pelo território nacional, alcançando regiões mais periféricas, incluindo alguns estados da Região Nordeste.

Com relação a propostas baseadas na experiência internacional, Bailey e Propris (2019) abordam o caso da União Europeia com a abordagem da “*smart specialization*” ou, em português, “especialização inteligente”, esta é descrita como a capacidade de um sistema econômico (como de uma região, por exemplo) de gerar novas especialidades por meio da descoberta dos recursos e competências em seu território (BAILEY; PROPRIS, 2019). Nessa abordagem, alguns fatores são destacados, como: a) necessidade de mudanças estruturais, em que as regiões se aproveitasse, das vantagens competitivas a partir de setores já ativos; b) conceito de “*embeddedness*” ou, uma possível tradução, “inerência”, na qual para algumas regiões a necessidade não é estar no *front* da inovação, mas gerar inovações complementares à setores já existentes (diversificação especializada); c) a necessidade da presença de conhecimento empresarial na criação e desenvolvimento de políticas, e; d) necessidade de colaboração entre os atores regionais (governo, firmas, universidades, instituições de pesquisa, etc) e de reconhecer o estágio atual da região em termos de habilidades, tecnologias e

governança institucional e, a partir daí, construir em cima dessas capacidades ao invés de começar “do zero”.

Algumas das propostas apresentadas por outros autores para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil envolvem: integração internacional, como forma de suprir rapidamente a expertise que falta à indústria nacional, acelerando assim a disseminação da manufatura avançada no país; implantação de rede de *testbeds*, uma vez que estas potencializam as tecnologias em sua fase pré-competitiva e ajudam a formar mão de obra especializada e a gerar sinergias (ARBIX et al., 2017); reconstrução da política industrial e necessidade de definição de um plano nacional de desenvolvimento, com constituição de arranjos público-privados que englobem instituições públicas de suporte à ciência e à tecnologia, como a CAPES e o CNPq, e instituições públicas de fomento e financiamento, como o BNDES e FINEP, bem como empresas e outras instituições privadas (ARBIX et al., 2017; DINIZ, 2019).

Levando em consideração as propostas mencionadas, é possível afirmar que algumas delas estão sendo pondo em prática, ainda que os resultados ainda sejam tímidos. A EMBRAPII, juntamente com o SENAI, tem implantado estruturas equivalentes à *testbeds* de modo a contribuir para a formação de competências em manufatura avançada. O BNDES, em parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), em 2018 lançou um “Desenho do Modelo de governança do Plano Nacional de IoT” no contexto do estudo “Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil”, cujo objetivo é propor um plano de ação estratégico para o país em Internet das Coisas e está dividido em quatro grandes fases: i) Diagnóstico geral e aspiração para o Brasil; ii) Seleção de verticais e horizontais; iii) Aprofundamento e elaboração de plano de ação (2018-2022); iv) suporte à implementação.

Além disso, tanto a EMBRAPII, quanto a FINEP e o BNDES têm contribuído para a disseminação da Indústria 4.0 no território através do financiamento de projetos e associação com instituições ou universidades de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias. Combinados, os três já financiaram pelo menos um projeto em Indústria 4.0 para praticamente todos os estados do país, com exceção, apenas, do Acre, Amapá e Maranhão. Ainda assim, destaca-se a concentração destes projetos na região Sul e Sudeste, principalmente nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná.

Chama-se atenção também para a presença de instituições de pesquisa, bem como de infraestrutura e competência regional, como a presença de indústrias com tecnologias características da 3ª revolução. Como observado nos dados da CNI, há, todavia, uma grande defasagem da Indústria brasileira, com prevalência de tendências de segunda revolução e pouca disseminação da terceira; de modo que se faz relevante olhar para as experiências externas, mas

principalmente conhecer a organização e estrutura interna da indústria no país, para potencializar as tomadas de decisões.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. G. Alcance e lacunas da nova política industrial. **Textos para discussão IE/UNICAMP**, n. 196, p. 1-21, 2011.
- ARBIX, G. et al. O Brasil e a nova onda de manufatura avançada. O que aprender com Alemanha, China e Estados Unidos. **Novos Estudos Cebrap**, v. 36, n. 3, p. 29-49, Nov. 2017. aspectos da demanda e oferta no Brasil. Brasília: CNI, 2017.
- BALLAND, P. A.; BOSCHMA, R. Mapping the potential of EU regions to contribute to Industry 4.0. **Papers in Evolutionary Economic Geography (PEEG) 1925**, Utrecht University, Department of Human Geography and Spatial Planning, Group Economic Geography, Sep. 2019.
- BAYLEY, D; DE PROPRIIS, L. **Industry 4.0 and Regional Transformations**. In:_____. Industry 4.0 and transformative regional industrial policy. London and New York: Routledge, 2020. p. 238-252.
- BECKER, B.K.; EGLER, C. A. G. **Brasil, uma nova potência regional na Economia-Mundo**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1993.
- BRASIL. **Diretrizes de política industrial, tecnológica e de comércio exterior**. Brasília: MDIC, 2003. Brasília: CNI, 2016.
- CANO, W.; SILVA, A. L. G. Política industrial do governo Lula. **Textos para discussão CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Oportunidades para a indústria 4.0: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Sondagem especial Indústria 4.0**.
- CORRADINI, C.; SANTINI, E. & VECCIOLINI, C. The geography of Industry 4.0 technologies across European regions. **Regional Studies**, p. 1-14, 2021. DOI: [10.1080/00343404.2021.1884216](https://doi.org/10.1080/00343404.2021.1884216)
- DAUDT, G. M.; WILLCOX, L. D. Reflexões críticas a partir das experiências dos Estados
- DE TONI, J. **Uma contribuição ao debate sobre as políticas de desenvolvimento produtivo: DINIZ, C. C. Corrida científica e tecnológica mundial, impactos geoeconômicos e geopolíticos e a posição do Brasil**. In. OLIVEIRA, F. G. et al. (Org.). **Espaço e economia**. Geografia econômica e a economia política. Rio de Janeiro: Consequencia, 2019, p. 51-78.
- DINIZ, C. C.; GONÇALVES, E. Possibilidades e tendências locais da indústria do conhecimento no Brasil. In. XXVIII Encontro Nacional de Economia, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: ANPEC, 2000.
- HAESBAERT, R.; PORTO-GONÇALVES, C. W. **A nova des-ordem mundial**. São Paulo: UNESP, 2005.
- HARVEY, D. **A condição pós-moderna**. Uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural. São Paulo: Loyola, 2006.
- HARVEY, D. **O novo imperialismo**. São Paulo: Loyola, 2003.
- HOBSBAWM, E. J. **Da Revolução Inglesa ao imperialismo**. São Paulo: Forense Universitária, 2000.

IE/UNICAMP, n. 181, p. 1-27, 2010.

inovação e manufatura avançada. Brasília: ABDI, 2017.

KUPFER, D. Indústria 4.0. 2016. Disponível em <https://fernandonogueiracosta.wordpress.com/2016/09/23/industria-4-0-por-david-kupfer/>. Acesso em: 20 de set. 2020.

LUCENA, F. A.; ROSELINO, J. E.; DIEGUES, A. C. A indústria 4.0: uma análise comparativa entre as experiências da Alemanha, China, Coréia do Sul e Japão. **Geosul**, v. 35, n. 75, p. 113-138, Mai/Ago. 2020.

MAZZUCATO, M. **O Estado empreendedor**: desmascarando o mito do setor público x setor privado. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2014.

MOREIRA, R. Os períodos técnicos e os paradigmas do trabalho. **Ciência Geográfica**, n.16, p. 4-8, 2000.

OLIVEIRA, C. A. B. **Processo de industrialização**. Do capitalismo originário ao atrasado. São Paulo: Editora Unesp/Unicamp, 2003.

SANTOS, B. P. et al. Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, p. 111-124, 2018.

SANTOS, L. B. BNDES: internacionalização de empresas e o subimperialismo brasileiro. **GEOUSP: espaço e tempo**, v. 22, p. 115-137, 2018.

SANTOS, L. B. O retorno da política industrial na América Latina. Evidências e práticas da experiência brasileira. In: PÉREZ, M. I. A.; ZÁRATE, A. S.; HUERTA, I. A. (Org.). **Caleidoscopio de la ciudad contemporánea**. Economía, sociedad y medio ambiente. 1ed. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2016, v. 1, p. 17-44.

SANTOS, L. B.; SPOSITO, E. S. **O capitalismo industrial e as multinacionais brasileiras**. São Paulo: Expressão Popular, 2012.

SANTOS, Leandro Bruno; GUIMARAES, R. M. O BNDES e o desenvolvimento econômico brasileiro. In: X Semana de Geografia da UNESP de Ourinhos. Mobilizações e ativismos sociais no Brasil. Territorialidades e desterritorializações, hegemonias e resistências, 2014, Ourinhos. **Anais... X Semana de Geografia da UNESP de Ourinhos**. Ourinhos: UNESP, 2014.

SANTOS, M. **Espaço e método**. São Paulo: Nobel, 1985.

SCHWAB, K. **A quarta Revolução Industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SCHWAB, K.; DAVIS, N. **Aplicando a quarta Revolução Industrial**. São Paulo: Edipro, 2018.

SPOSITO, E. S. Desenvolvimento regional do Brasil: uma leitura pela ótica da quarta revolução industrial. In. OLIVEIRA, F. G. et al. (Org.). **Espaço e economia**. Geografia econômica e a economia política. Rio de Janeiro: Consequencia, 2019, p. 19-50.

SPOSITO, E. S.; SANTOS, L. B. Inovação tecnológica, manufatura avançada e os desafios às políticas industriais no Brasil. In. GOMES, M. T. S.; TUNES, R. H.; OLIVEIRA, F. G. (Org.). **Geografia da Inovação**: território, redes e finanças. Rio de Janeiro: Consequência, 2020, p. 325-412.

SUZIGAN, W.; FURTADO, J. Política industrial e desenvolvimento. **Revista de economia política**, v. 26, n. 2, p. 163-185, 2006

Unidos e da Alemanha em manufatura avançada. **BNDES Setorial**, n. 44, p. 5-45, 2016.