



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIOLOGIA

JOÃO RICARDO PENTEADO LOPES DA SILVA

**TENDÊNCIAS DAS POLÍTICAS DO ESTADO BRASILEIRO PARA O
DESENVOLVIMENTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: O CASO DOS CENTROS
DE PESQUISA APLICADA EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

FORTALEZA

2022

JOÃO RICARDO PENTEADO LOPES DA SILVA

TENDÊNCIAS DAS POLÍTICAS DO ESTADO BRASILEIRO PARA O
DESENVOLVIMENTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: O CASO DOS CENTROS DE
PESQUISA APLICADA EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sociologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Sociologia. Área de concentração: Processos de trabalho, Estado e Transformações Capitalistas

Orientador: Prof. Dr. Edemilson Cruz Santana Júnior

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S58t Silva, João Ricardo Penteadado Lopes da.
Tendências das políticas do estado brasileiro para o desenvolvimento da inteligência artificial : o caso dos Centros de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial / João Ricardo Penteadado Lopes da Silva. – 2022.
143 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Humanidades, Programa de Pós-Graduação em Sociologia, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Edemilson Cruz Santana Júnior.

1. inteligência artificial. 2. ciência e tecnologia. 3. inovação. 4. Brasil. I. Título.

CDD 301

JOÃO RICARDO PENTEADO LOPES DA SILVA

TENDÊNCIAS DAS POLÍTICAS DO ESTADO BRASILEIRO PARA O
DESENVOLVIMENTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: O CASO DOS CENTROS DE
PESQUISA APLICADA EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sociologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Sociologia. Área de concentração: Processos de trabalho, Estado e Transformações Capitalistas

Aprovada em: 12 /12 /22

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Edemilson Cruz Santana Júnior (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Jawdat Abu-El-Haj
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Eduardo da Motta e Albuquerque
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Para Antonia Aparecida, avó e melhor amiga

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi realizada durante os anos da pandemia da covid-19, período um tanto surrealista, conturbado e que demandou privações de toda a sorte. Foi nesse período, porém, que pude iniciar-me como pesquisador nas Ciências Humanas, algo que sempre busquei mesmo sem saber direito o que encontraria.

Enfim consegui compreender o sentido de teorias e a lógica por trás de conceitos. Aprimorei a capacidade de diferir essência da aparência. Captei o significado da “imaginação sociológica” e me condicionei a separar ideologia de ciência. Elaborei métodos próprios de “pesquisa como artesanato” e de “escrita como escultura”. Apropriei-me dos meandros da comunicação científica, visando a todo tempo a clareza expositiva, a solidez do argumento e o poder de síntese, e rejeitando a ambiguidade e o texto vago. Dominei o transe do ato de escrever e, principalmente, perdi o medo da solidão. Foi um processo penoso, imerso nos contratempos de sempre, mas que valeu a pena.

Por tudo isso, agradeço primeiramente à minha mãe, Miriam, pela paciência, apoio e carinho irrestrito.

Agradeço ao meu pai, Edival, que, mesmo de longe, sempre me ajudou no que pôde.

Agradeço à minha avó, Antonia, minha maior e melhor companhia nesse tempo todo, pelas caminhadas diárias, pelas estórias de antigamente e por me apresentar e ouvir comigo, durante os momentos de descanso, cantores como Carlos Galhardo, Inezita Barroso, Orlando Silva entre outros clássicos do cancionário caipira e nordestino.

Agradeço à minha tia Vera pela companhia e por todo o auxílio sempre que requisitada.

Agradeço ao meu orientador, Edemilson Paraná, por me conduzir ao universo da pesquisa, pela referência intelectual, pelos ensinamentos, acolhimento e paciência.

Agradeço ao meu colega Rodrigo Santaella, são-paulino sofredor como este que escreve, pela generosidade de me abrigar durante parte do meu pouco tempo de Fortaleza.

Agradeço, por fim, a todos os entrevistados que cooperaram com minha pesquisa, aos professores e colegas de turma pelas aulas e oportunidades de debate, aos colegas do NETS pelas frutíferas discussões sobre economia política e tecnologia, às funcionárias da secretaria do PPGS-UFC, prestativas e eficientes quando por mim solicitadas, e aos professores da banca examinadora pelas inestimáveis contribuições à minha jornada pessoal no mundo acadêmico.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

*“Lampião de gás / Lampião de gás /
Quanta saudade / Você me traz”*

(Inezita Barroso)

*“Devemos considerar a ciência e a
tecnologia como nossa principal força
produtiva, o talento como nosso principal
recurso e a inovação como nosso principal
motor de crescimento”*

(Xi Jinping)

*“Quando o Brasil der certo, vai dar
muito certo. Isso aqui vai ser a nova Roma”*

(Darcy Ribeiro)

RESUMO

Desde o surgimento de uma nova técnica de Aprendizado Profundo, em 2012, o interesse pela inteligência artificial (IA) tem aumentado sensivelmente na indústria, comunidade científica e mídia (LEE, 2018). Com o tempo, essa tecnologia tornou-se assunto de Estado a ponto de, nos fins dos anos 2010, diversos países terem publicado estratégias nacionais para o desenvolvimento da IA. Acompanhando essa tendência, o Brasil publicou em 2021 a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial. Curiosamente, porém, o país já havia colocado em prática três políticas para o desenvolvimento da IA, sendo uma delas o programa dos Centros de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial (CPAs em IA). Em nossa pesquisa, buscamos examinar o andamento desse programa em seus estágios iniciais, concebendo-o como uma política de Estado voltada para o fomento da inovação e desenvolvimento nacional. Para isso, analisamos dados levantados com base em entrevistas, seminários e documentos dos órgãos públicos financiadores e de cada um dos seis CPAs contemplados no programa, amparando-se ainda em produção teórica sobre o papel econômico da tecnologia, desenvolvimento e sistemas de inovação. Nosso trabalho aponta que, tomando o programa dos CPAs em IA como referência, a formulação, o planejamento e a execução de uma política para o desenvolvimento de inteligência artificial no Brasil possui limitações e contradições bastante visíveis, ainda que configure uma iniciativa de relevância.

Palavras-chave: inteligência artificial; ciência e tecnologia; inovação; Brasil

ABSTRACT

Since the emergence of a new Deep Learning technique in 2012, interest in artificial intelligence (AI) has increased significantly in industry, the scientific community and the media (LEE, 2018). Over time, technology became a state matter, to the point that, in the late 2010s, several countries published national strategies for the development of AI. Following this trend, Brazil published in 2021 the Brazilian Artificial Intelligence Strategy. Interestingly, however, the country had already put in place three policies to promote AI, one of them being the Centers for Applied Research in Artificial Intelligence program. In our research, we sought to examine the progress of this program in its initial stages, conceiving it as a State policy aimed at fostering innovation and national development. For this, we analyzed data collected on interviews, seminars and documents from organs funding bodies and from each of the six centers contemplated in the program, while supported by theoretical production on the economic role of technology, development and innovation systems. Our work points out that, taking the program as a reference, the formulation, planning and execution of a policy for the development of artificial intelligence in Brazil has very visible limitations and contradictions, even though it constitutes a relevant initiative.

Keywords: artificial intelligence; science and technology; innovation; Brazil

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Tipos e categorias de inteligência artificial	77
QUADRO 2 – Planos estratégicos de IA no mundo.....	90
QUADRO 3 – Relação dos entrevistados do programa CPAs em IA citados no texto.....	110

LISTA DE SIGLAS

BVIA	Boa e Velha Inteligência Artificial
Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CGI.br	Comitê Gestor da Internet no Brasil
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CPA	Centro de Pesquisa Aplicada
CPD	Centro de Processamento de Dados
CPqD	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações
CT&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
EBIA	Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial
EBT	Empresa de Base Tecnológica
E-Digital	Estratégia Brasileira para a Transformação Digital
Embrapii	Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial
Finep	Financiadora de Estudos e Projetos
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
IA	Inteligência Artificial
ICT	Instituto de Ciência e Tecnologia
IPT-SP	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
MCT	Ministério de Ciência e Tecnologia
MCTI	Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PBDCT	Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
PCT	Política de Ciência e Tecnologia
PND	Plano Nacional de Desenvolvimento
SBPC	Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência
SNI	Sistema Nacional de Inovação
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAIS TEÓRICOS	19
2.1	A tecnologia como fator de aumento da produtividade	19
2.2	Inovação tecnológica e ciclos econômicos	21
2.3	Sistema Nacional de Inovação.....	24
2.4	A questão do desenvolvimento	30
2.4.1	<i>Subdesenvolvimento e dependência</i>	30
2.4.2	<i>Tipos de desenvolvimento</i>	32
2.4.3	<i>O processo chinês de convergência</i>	34
2.4.4	<i>Quatro eixos de uma política industrial</i>	36
2.5	Colonialismo de dados e novo modelo extrativista	38
3	PANORAMA DA HISTÓRIA DAS POLÍTICAS DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO BRASIL	47
3.1	Os germes da PCT brasileira (pré-1951)	47
3.2	A institucionalização da PCT brasileira (1951-1985)	51
3.3	A PCT no pós-1985	55
4	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	60
4.1	Definição	60
4.2	Breve história	63
4.3	Tipos e categorias de IA	68
4.3.1	<i>IA por estrutura de código</i>	68
4.3.2	<i>IA por funcionalidades</i>	73
4.4	IA por fases comerciais e níveis de capacidade operacional	75
4.5	IA e trabalho	77
4.6	IA, legislação e ética	82
4.7	Disputa EUA-China	87
5	POLÍTICAS BRASILEIRAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	90
5.1	Planos estratégicos de inteligência artificial pelo mundo	90
5.2	Documentos brasileiros para o desenvolvimento digital	91
5.3	E-Digital e Plano Nacional de Internet das Coisas	91
5.4	Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial.....	93
5.5	Programas brasileiros para o desenvolvimento de inteligência artificial	96
5.6	Os Centros de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial	98
5.6.1	<i>O programa</i>	98
5.6.2	<i>Rede IARA</i>	103
5.6.3	<i>CHIA-Saúde</i>	105
5.6.4	<i>Plataforma IASmin</i>	106
5.6.5	<i>CPA CEREIA</i>	107
5.6.6	<i>BIOS</i>	108
5.6.7	<i>CPA Senai Cimatec</i>	109

6	ANÁLISE GERAL DO PROGRAMA	112
6.1	Aspectos burocráticos e financiamento	112
6.2	Empresas parceiras e arranjos organizacionais	115
6.3	Pesquisadores e elementos institucionais	117
7	CONCLUSÕES	121
7.1	Sobre o funcionamento do programa	121
7.2	Sobre os aspectos institucionais dos CPAs	123
7.3	Sobre as tendências da política do Estado brasileiro para a IA	127
	REFERÊNCIAS	130
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SEMIESTRUTURADO PARA AS ENTREVISTAS COM OS INTEGRANTES DOS CPAS EM IA	143

1 INTRODUÇÃO

Surgida em um seminário acadêmico na década de 1950, numa época em que a “cibernética” protagonizava os estudos relativos à interação homem-máquina (KAPLAN, 2016; MCCARTHY, 2000), a inteligência artificial (IA) só veio a se tornar uma tecnologia de claros contornos disruptivos a partir do início da década de 2010. Um torneio de reconhecimento de imagens voltado para sistemas computacionais baseados em IA, e vencido de forma acachapante por uma das equipes participantes, marcou o ponto de virada. Desde então, o interesse sobre o campo renovou-se, impactando indústria e comunidade de pesquisa, e atraindo maior cobertura midiática (LEE, 2018).

Esse novo interesse, junto à paulatina popularização de aplicações em IA, e a crescente percepção geral em torno de uma revolução tecnológica em curso, passou a suscitar diferentes debates acerca do tema. Um deles diz respeito aos reflexos da IA no mercado de trabalho. É no âmbito deste em que se aventa a possibilidade do desemprego em massa diante de uma eventual automação generalizada das atividades econômicas – hipótese ora reforçada, ora desacreditada por estudiosos (BENANAV, 2019; STEINHOFF, 2021). Outros tópicos bastante discutidos abarcam o controle disciplinar da força de trabalho e a precarização laboral (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019).

A perspectiva ética também mobiliza intensas discussões sobre a IA. Aqui, possivelmente o tópico mais comum seja o relativo a uma hipotética “Super Inteligência Artificial” capaz de suplantiar os seres humanos e, eventualmente, despojar nossa soberania sobre o mundo. Afinal, “deveria haver limites para o desenvolvimento da IA?” é a pergunta que alguns colocam (PRICE; VOLD, 2018). As discussões nessa seara também são feitas junto à IA “realmente existente”, isto é, aquela com a qual já interagimos na atualidade – como aplicações de reconhecimento facial, atendentes virtuais, jogos eletrônicos, entre outros. Em meio às questões endereçadas nesse âmbito estão algumas já tradicionais do contexto das tecnologias digitais, como “transparência” e “privacidade”, e outras novas, particulares da IA, como as questões de “não discriminação” e “não maleficência” (IENCA; JOBIN; VAYENA, 2019).

Conectado com o debate ético está o de ordem legal. As reflexões neste ponto se ancoram no fato de que a disseminação da inteligência artificial requer a constituição de um aparato jurídico-normativo que dê conta da nova realidade social que venha a surgir. De forma que seja preciso delimitar não só responsabilidades sobre circunstâncias inéditas – como, por exemplo, um atropelamento causado por um carro autônomo –, como também assimilar

questões éticas tais quais as mencionadas anteriormente. Não à toa, diversos países vêm travando discussões no sentido de avançar rumo à elaboração de um arcabouço legal que regulamente as atividades baseadas em IA (LEMOS, 2021a; TOWNSHEND, 2022).

Um quarto debate que destacamos sobre a IA, e que de certa forma se refere ao interesse central deste trabalho, é o econômico. Isso porque a inteligência artificial tem sido enquadrada por alguns estudiosos como uma possível *tecnologia de uso geral*, tal qual o foi o motor de combustão e a energia elétrica no passado (BRYNJOLFSSON; MCAFEE; 2014). Confirmado esse prognóstico, aqueles que conseguirem se destacar no desenvolvimento de técnicas em IA deverão então obter vantagens econômicas decisivas. Isso é válido para o âmbito das empresas, mas também o é para o âmbito das nações.

É natural, assim, que o debate se direcione para abranger as políticas de Estado que busquem fomentar a IA ao nível nacional. Para pensar estas, o quadro referencial do Sistema Nacional de Inovação (SNI) tem sido amplamente utilizado uma vez que nos permite conceber toda a complexidade por trás do processo de inovação tecnológica: dos fatores mais “batidos”, como as condições do aparato técnico-científico e dos mecanismos de financiamento de pesquisa, até outros menos óbvios, como as capacidades empreendedoras do ecossistema empresarial e a qualidade do sistema educacional (LUNDVALL, 1992).

Vistas sob um panorama mais amplo, as discussões sobre o SNI podem ser identificadas como pertencentes ao campo teórico do *desenvolvimento*. Ao longo do século XX, uma vasta bibliografia foi produzida a fim de compreender a natureza e as causas das particularidades verificadas nos países desenvolvidos e que contrastavam com o subdesenvolvimento de outras regiões do mundo (PAULA, 2017). Foi em meio a esse movimento intelectual que surgiram teses como as da “substituição de importações” e da “via da prioridade às satisfações básicas”, ambas de autoria de Celso Furtado, e as da “revolução democrático-burguesa” e da “via prussiana”, propostas, respectivamente, por Eric Hobsbawm¹ e Vladimir Lênin² (FURTADO, 1998, 2000). A experiência de convergência³ produtiva realizada pelos Tigres Asiáticos⁴ também motivaram novas elaborações, muitas das quais serviram de antecedentes para a ideia de SNI (FREEMAN, 1995). Mais tarde, a experiência da

¹ Um dos mais importantes historiadores britânicos do século XX.

² Líder dos bolcheviques na Revolução Russa.

³ Expressão que utilizamos para “*catch-up*”, termo em inglês mais empregado. Inclusive, convém mencionar que neste trabalho há uma predileção por termos em português no lugar de termos em inglês, ainda que estes, às vezes, sejam os mais comuns. Trata-se de uma escolha que pode causar algum estranhamento, mas que reflete um esforço de valorização da língua portuguesa.

⁴ Alcinha conferida ao grupo de nações composto por Coreia do Sul, Taiwan, Hong Kong e Singapura.

China acabou também se tornando um importante paradigma na área (GABRIELE; JABBOUR, 2021; MAJEROWICZ; PARANÁ; 2022; PRATES, 2022)

No caso do Brasil, os esforços para a promoção do desenvolvimento nacional datam da década de 1930, no primeiro Governo Getúlio Vargas (1930-45). Foi quando o processo brasileiro de industrialização, que já havia se iniciado durante a 1ª Guerra Mundial, ganhou força com o apoio incisivo do Estado. Entretanto, em razão do perfil pouco complexo da indústria brasileira da época, baseada majoritariamente em produtos de bens de consumo, a demanda por conhecimento científico-tecnológico era quase inexistente (MOTOYAMA, 2004).

Foi só a partir do Regime Militar (1964-85), com o país já contando com uma razoável massa crítica de cientistas, e com um parque industrial mais sofisticado, além do revigoramento da ideologia nacional-desenvolvimentista, que a Política de Ciência e Tecnologia (PCT) brasileira passou a ser concebida como um instrumento estratégico de desenvolvimento. Não à toa, foi nesse período que a maior parte do sistema técnico-científico da atualidade foi criado, como universidades públicas, programas de pós-graduação e mecanismos específicos de financiamento (DIAS, 2009; MOTOYAMA, 2004; SCHWARTZMAN, 1995).

Após 1985, com o início da transição para o neoliberalismo e o retorno da democracia liberal, além do estouro de uma longa e duradoura crise econômica, a PCT perdeu sua dimensão estratégica no Brasil. Os anos 1990 marcaram, assim, o fim das aspirações desenvolvimentistas nacionais, com a abertura comercial, a privatização das estatais e a reforma gerencial do Estado (BAUMGARTEN, 2003; DIAS, 2009; SCHWARTZMAN, 1995).

Mesmo nos anos 2000, com uma conjuntura internacional favorável em razão do “*boom das commodities*”⁵ – ocasionado, principalmente, pelo sucesso da política desenvolvimentista chinesa – a situação permaneceu basicamente a mesma. Algumas iniciativas até lembraram aspectos dos tempos do desenvolvimentismo, como foi o caso do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), lançado em 2007. Contudo, como assinala César Benjamin ([2008])⁶, este não constituiu nada que pudesse ser comparado com iniciativas da magnitude de um Plano de Metas, do Governo Kubitchesk (1955-60), ou do 2º Plano Nacional de Desenvolvimento, do Governo Geisel (1975-79).

⁵ Trata-se do período em que os preços no mercado mundial de produtos primários, como minério de ferro, carne e soja, aumentaram vertiginosamente.

⁶ O documento que serve de referência para essa informação se chama “Entrevista concedida a Zuenir Ventura em 1998 para o livro ‘1968: o que fizeram de nós’”, mas a entrevista, na verdade, foi concedida em 2008

Segundo Simon Schwartzman (1995), a partir da década de 1980 a comunidade científica brasileira teria se tornado um grupo de pressão como qualquer outro na luta por recursos. Por sua vez, Rafael Dias (2009) afirma que esse momento histórico marcou a transformação da PCT de uma *política-meio*, que se prestaria a servir de suporte ao desenvolvimento de outros setores, para uma espécie de *política-fim*, em que a finalidade se voltou para a geração da inovação tecnológica pura e simplesmente, independentemente de seus efeitos em outros campos.

Já para Benjamin (2018), em uma avaliação mais geral sob a perspectiva do desenvolvimento nacional, o Brasil teria se tornado um país de “vontade fraca”.

No século 20, o Brasil ocupou uma posição intermediária, mas vem perdendo posições nas últimas décadas, sofrendo processos de desindustrialização e reprimarização de sua pauta exportadora. Mais do que nunca, o país precisa voltar a ter um projeto nacional de desenvolvimento, que não poderá ser uma repetição da experiência anterior.

Desenvolvimento, no século 21, é diferente do que foi em períodos passados. Novas questões estão postas. Uma delas é o papel do conhecimento.

[...]

Não nos iludamos: nosso lugar natural no sistema-mundo é muito periférico. O mundo quer de nós soja e outros alimentos, minério de ferro e outros minérios e, talvez, petróleo bruto, não muito mais que isso. Tentamos alterar esse lugar no século 20, com razoável esforço endógeno, mas nas últimas décadas perdemos a capacidade de fazer esse esforço.

Tornamo-nos uma nação de vontade fraca, que aceita o lugar periférico que lhe foi designado. Esse é o pano de fundo da nossa infundável crise política e dos estéreis debates em macroeconomia. (BENJAMIN, 2018, não p.).

A despeito de todas as transformações mencionadas, é preciso dizer que o sistema científico brasileiro segue sendo relevante. Sinal disso é o fato de o Brasil se situar na 13^a posição mundial em número de artigos científicos publicados em periódicos internacionais (COSTA, 2021). Tal status é fruto do trabalho de pesquisadores de alto nível, quase todos oriundos das universidades públicas, e que têm nos órgãos de amparo à pesquisa uma fonte indispensável de recursos. Trata-se de uma constatação, aliás, que confirma o efeito de dependência de trajetória das realizações do período nacional-desenvolvimentista (MOTOYAMA, 2004; NORTH, 1990).

O programa dos Centros de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial (CPAs em IA), tema desta dissertação, é fruto direto do atual sistema científico brasileiro. Concebido pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br), ele é formado por Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs) e empresas. Seu propósito é o de criar centros de referência no desenvolvimento de pesquisas em tecnologias de inteligência artificial a fim de gerar avanços teóricos e, sobretudo, aplicações para que possam ser assimiladas no tecido

produtivo brasileiro. Trata-se de um arranjo institucional que caracteriza o processo contemporâneo de inovação tecnológica.

Em maio de 2021, foram anunciados os seis projetos, entre 19 concorrentes, a serem agraciados pelo programa e, assim, tornarem-se aptos a receber o financiamento público de R\$ 5 milhões, mais um valor igual ou maior a serem aportados pelas empresas participantes, para o desenvolvimento de pesquisas em IA em quatro áreas temáticas. A duração prevista do programa é de cinco anos, podendo ser renovada por outros cinco. A ideia é que, findo esse período, os centros continuem existindo de maneira autônoma.

Para a pesquisa aqui relatada, nos propusemos a examinar a concepção por trás dos seis projetos escolhidos pelo programa bem como seus estágios iniciais de trabalho. Com isso, nosso objetivo foi o de levantar elementos para responder à nossa problemática principal de pesquisa, a saber: **à luz do programa dos CPAs em IA, como o Estado brasileiro tem concebido a inovação tecnológica para a inteligência artificial, considerando que esta pode vir a ser uma nova tecnologia de uso geral?**

Para a produção de dados, conjugamos a realização de entrevistas com a análise de documentos oficiais, sítios eletrônicos e legislação. Serviram de fontes de pesquisa os sítios eletrônicos da Fapesp e do MCTI, além dos sítios e páginas de redes sociais de quatro dos seis CPAs analisados. As entrevistas foram realizadas com 17 especialistas⁷, sendo três deles integrantes do MCTI, um da Fapesp, um do CGI.br, um do Center for Artificial Intelligence, além do responsável pela elaboração da Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA). Os demais 10 entrevistados eram todos integrantes de algum dos CPAs em IA. O período da realização das entrevistas abrangeu de novembro de 2021 a julho de 2022.

Na seção 2, após esta introdução, nos dedicamos a discorrer sobre os referenciais teóricos que utilizamos na análise do programa bem como nas conclusões a que chegamos. Com esse objetivo em mente, apresentamos uma literatura que abarca a discussão sobre o papel econômico da tecnologia, apoiando-nos nas bases teóricas de Karl Marx e Joseph Schumpeter. Posteriormente, estendemos nossa discussão aos chamados “estudos de inovação”, de matriz schumpeteriana, e que têm como principal marco referencial o conceito de Sistema Nacional de Inovação, já apresentado brevemente aqui.

Ainda na mesma seção, realizamos alguns apontamentos acerca do debate teórico sobre “desenvolvimento”, tendo como eixo a tipologia proposta por João Antônio de Paula

⁷ Entretanto, nesta dissertação, fazemos a referência a 14 deles, os quais, vale dizer, são apontados no texto sempre no gênero neutro (“masculino genérico”), não fazendo distinção do sexo dos entrevistados com o intuito de preservar o anonimato. A tabela com a relação dos entrevistados citados no texto pode ser vista na página 110.

(2017). Abordamos também, de maneira breve, algumas das principais elaborações acerca da problemática do subdesenvolvimento e oferecemos uma discussão sobre estratégias de convergência tecnológica, tomando o caso da China como paradigma e destacando uma proposta tipológica dos principais elementos de uma política industrial (PRATES, 2022; SUZIGAN; 2017). Concluimos a seção tratando do conceito de “colonialismo de dados”⁸ proposto por Nick Couldry e Ulises Mejias (2019), discutindo desde sua dinâmica material concreta até sua expressão no plano discursivo. Também nesse tópico apresentamos reflexões sobre um novo modelo extrativista vigente nos países periféricos, no qual os dados desempenhariam função similar ao de certos recursos naturais no mercado mundial (COULDRY; MEJIAS, 2019; GIL; HIRSCHFELD, 2021).

A seção 3 é dedicada à apresentação de um panorama sobre a história da PCT brasileira. Ela se divide em três partes. A primeira vai da chegada da Família Real Portuguesa, em 1808, fato histórico que possibilitou o surgimento dos primeiros institutos científicos no país, e culmina em 1951, quando a PCT é institucionalizada no Brasil por meio da criação do então Conselho Nacional de Pesquisas⁹ (CNPq) e da então Campanha Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior¹⁰ (Capes). A segunda parte abrange o período de 1951 a 1985, época em que a PCT brasileira desfrutou de maior relevância política e apelo estratégico. E, finalmente, a terceira parte engloba os anos entre 1985 e 2018, quando a PCT brasileira entrou em sua fase de declínio.

Na seção 4, adentramos o universo da inteligência artificial. Em um primeiro momento, tratamos do debate acerca de sua natureza e definição conceitual. Exploramos a controvérsia em torno da ideia de mecanismo “inteligente” que o nome carrega consigo e buscamos descortinar as compreensões duvidosas que emanam desse fato. Mais adiante, passamos a narrar sua trajetória histórica, destacando o seminário acadêmico que serviu como seu marco fundacional e suas diferentes fases ao longo do tempo até a ruptura paradigmática de 2012, que consagrou de vez a IA como uma tecnologia disruptiva promissora. Buscamos ainda descrever, brevemente, as diferentes categorias nas quais a inteligência artificial pode ser enquadrada, que neste trabalho dividimos em “estrutura de código”, “fases comerciais”, “funcionalidades” e “capacidade operacional”. Os debates sobre as relações da IA com o mercado de trabalho, ética e legislação também são alvo de subseções específicas. Para finalizar

⁸ Como explicamos mais adiante, por “dados” nos referimos às informações relativas a determinados procedimentos que são codificadas e processadas visando um uso futuro qualquer, como, por exemplo, informações relativas a atos de compra e venda, visitas a sítios eletrônicos, troca de mensagens etc. Versões mais avançadas de inteligência artificial necessitam de um extenso uso de dados para funcionarem.

⁹ Atual “Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico”.

¹⁰ Atual “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior”.

a seção, pincelamos as questões geopolíticas envolvendo as duas superpotências que despontam como a vanguarda nessa tecnologia (KAPLAN, 2016; LEE, 2018; STEINHOFF, 2021).

Concluídas as seções relativas ao referencial teórico e à contextualização de nosso objeto de pesquisa, passamos à análise mais detida do programa dos CPAs em IA. Primeiramente, na seção 5, discorremos sobre as políticas brasileiras existentes para o desenvolvimento da IA, apresentando os pormenores por trás do processo de elaboração da EBIA e informações básicas sobre outras iniciativas na área tocadas pelo MCTI. Na sequência, nos colocamos a descrever em detalhes o programa propriamente dito, explicando seu processo de formulação e expondo os principais dados de cada um dos seis CPAs escolhidos para a primeira fase.

Já na seção 6, concedemos nossa análise a respeito do programa, na qual detalhamos os principais pontos que consideramos relevantes, agrupando elementos comuns e destacando aspectos críticos. E, finalmente, na seção 7, oferecemos nossas conclusões, que se dividem em três subseções: sobre o funcionamento do programa dos CPAs em IA, sobre seus aspectos institucionais e sobre a política do Estado brasileiro em face do objeto estudado.

2 REFERENCIAIS TEÓRICOS

2.1 A tecnologia como fator de aumento da produtividade

“O homem ‘atécnico’ é tão impensável quanto a técnica inumana”, diz o filósofo brasileiro Álvaro Vieira Pinto (2005, p. 290) em suas reflexões acerca da natureza da tecnologia. Ainda que assim o seja, é certo que o advento da Revolução Industrial e a consolidação do modo de produção capitalista transformaram radicalmente aquilo que entendemos por “ciência da técnica”. É com base nessa compreensão que nos dedicamos a examinar a tecnologia a partir de teorias que integrem em si variáveis de ordem econômica.

Uma das tradições teóricas mais profícuas dessa perspectiva advém das reflexões de Karl Marx (2011) sobre a implementação da maquinaria na fábrica enquanto um desdobramento da divisão do trabalho – isto é, como uma prática que visa *o aumento da produtividade*. Em sua análise sobre as transformações produtivas de meados do século XIX na Europa, o autor dá significativa ênfase à crescente relação entre ciência e grande indústria, identificando a subsunção da produção científica às necessidades do capital. A “invenção”, diz, torna-se “um negócio” e “a aplicação da ciência à própria produção imediata” passa a ser um critério que não só determina a produção como também dela depende (MARX, 2011, p. 940).

Como bem observa Albuquerque (2012), a visão de Marx sobre o progresso técnico e o estado geral da ciência é permeada pela contradição que esta gera em um modo de produção baseado no valor-trabalho, caso do sistema capitalista. Tal contradição reside no fato de que o aumento constante da produtividade da indústria mediante a introdução de novas tecnologias ocasiona, de forma correspondente e proporcional, na redução do tempo e da quantidade de trabalho humano necessário à produção de mercadorias, tornando-os, assim, menos determinantes no processo produtivo. Conforme elabora Marx (2011),

à medida que a grande indústria se desenvolve, a criação da riqueza efetiva passa a depender menos do tempo de trabalho e do *quantum* de trabalho empregado que do poder dos agentes postos em movimento durante o tempo de trabalho, poder que [...], por sua vez, não tem nenhuma relação com o tempo de trabalho imediato que custa sua produção, mas que depende, ao contrário, do nível geral da ciência e do progresso da tecnologia, ou da aplicação dessa ciência à produção. (MARX, 2011, p. 941, grifo nosso).

Amparado no referencial teórico marxiano, Theotonio dos Santos (1983) também oferece uma visão igualmente relevante acerca da questão. Em seu livro “Revolução Científico-Técnica e Capitalismo Contemporâneo”, Santos nos mostra como o modo de produção

capitalista, à medida que se estabelece e se expande por meio da grande indústria, passa a absorver de “maneira revolucionária” todo o conhecimento técnico à sua disposição e a “impulsionar com intensidade desconhecida o desenvolvimento das forças produtivas e da ciência”. A explicação para esse fenômeno reside no próprio “caráter da acumulação do capital”, que, como se sabe, vê na busca pela maximização das taxas de lucro sua razão de existência (SANTOS, 1983, p. 14-15).

Tal raciocínio pode ser igualmente apresentado pelo seguinte silogismo. Lembremos que, na fábrica, tanto o trabalho (realizado pelo trabalhador mediante a venda de sua força de trabalho) quanto os meios de produção (representados, em parte, pelas máquinas) constituem formas de capital¹¹, as quais, por sua vez, são investidas na produção para torná-la viável. Lembremos ainda que a taxa de lucro varia proporcionalmente ao montante necessário de capital investido na produção. Com base nesses postulados, é razoável esperar que o capitalista dono da fábrica se veja pressionado economicamente a, entre outras coisas¹², reduzir o valor da força de trabalho, reduzir o valor dos meios de produção e incrementar a produtividade da fábrica. Como bem expõe Theotonio dos Santos (1983), é assim que

o capital se vê impelido historicamente a recorrer àqueles meios que permitem rebaixar livremente seus custos e tornam possível aumentar a produtividade do trabalho com recursos tecnológicos superiores. Dessa forma o capital aplica os conhecimentos científicos à produção para, com isso, reduzir massivamente o tempo de trabalho socialmente necessário incorporado nos produtos. Poupar tempo de trabalho é o lema que dá sentido *revolucionário* ao capitalismo. O capitalismo, porém, não poupa tempo de trabalho para diminuir a carga horária dos trabalhadores; poupa para cobrir o mais rápido possível o tempo de trabalho necessário para reproduzir a força de trabalho e apropriar-se do tempo excedente, fonte de mais-valia. (SANTOS, 1983, p. 16, grifo nosso).

Notamos então que a tendência natural do capital faz com que, a partir da Revolução Industrial, o processo de produção ganhe aspectos cada vez mais científicos e técnicos. A atividade de pesquisa, voltada à tecnologia, e a atividade produtiva se estreitam gradualmente. Com o tempo, o processo de acumulação capitalista se vê dependente das modificações tecnológicas de maneira irreversível a ponto das lógicas de produção e de geração de tecnologia se fundirem, tornando-se inseparáveis. Nesse momento, “a ciência se converte definitivamente em força produtiva”, fato que marca a “Revolução Científico-Técnica” (SANTOS, 1983, p. 48).

É justamente essa dinâmica promovida pela imbricação entre ciência e produção de mercadorias, que se jacta da aplicação de novas tecnologias para aumentar a produtividade, e

¹¹ “Capital variável” e “capital fixo”, respectivamente.

¹² Segundo Santos (1983), as pressões econômicas com as quais o capitalista convive também o levam a buscar a redução da rotatividade do capital fixo, a diminuição dos custos de circulação das mercadorias e o aumento da jornada de trabalho.

que revela o desejo dos capitalistas de se emancipar da força de trabalho da classe trabalhadora, que faz Marx (2011, p. 942) a classificar o capital como “a contradição em processo” e a apontar a tendência a crises do modo de produção capitalista. Tal vaticínio advém do seguinte raciocínio lógico: se, conforme preconiza a tese marxiana do valor-trabalho, é o trabalho humano que determina o valor das mercadorias, não restaria muito futuro para um sistema econômico que persegue, de maneira permanente e obsessiva, a automação de suas forças produtivas.

A tendência, a considerar as premissas expostas anteriormente, seria o aumento da produção acompanhado da redução proporcional da massa salarial; seguida da gradativa redução proporcional da capacidade social de consumo em face de uma produção sempre crescente; que redundaria na produção supérflua de mercadorias¹³ e, conseqüentemente, na incapacidade do capital de seguir-se reproduzindo. Novamente Marx (2011):

Tão logo o trabalho na sua forma imediata deixa de ser a grande fonte da riqueza, o tempo de trabalho deixa, e tem de deixar, de ser a sua medida e, em consequência, o valor de troca deixa de ser [a medida] do valor de uso. O trabalho excedente da massa deixa de ser condição para o desenvolvimento da riqueza geral, assim como o não trabalho dos poucos deixa de ser condição do desenvolvimento das forças gerais do cérebro humano. Com isso, *desmorona a produção baseada no valor de troca*, e o próprio processo de produção material imediato é despido da forma da precariedade e contradição. (MARX, 2011, p. 942, grifo nosso).

2.2 Inovação tecnológica e ciclos econômicos

Outra tradição teórica bastante fértil para a análise do papel econômico da tecnologia tem raízes nas elaborações do economista austríaco Joseph Schumpeter. Para ele, são as *inovações tecnológicas* as responsáveis pela ocorrência do fenômeno que ficou conhecido como “Ciclos de Kondratiev”¹⁴. Na sequência, explicamos resumidamente os principais fundamentos dessa teoria.

Na década de 1920, o economista russo Nicolai Kondratiev afirmou ter identificado um padrão no desenvolvimento econômico dos países industrializados que teria se iniciado com a Revolução Industrial e passado a se reproduzir sob a forma de ciclos de crescimento e retração econômica de duração de algumas décadas (KONDRATIEV, 2018). Amparados em farta pesquisa de dados estatísticos, seus argumentos causaram frisson entre os principais economistas europeus da época, entre os quais, Schumpeter. É o economista austríaco quem, posteriormente, criou e difundiu a expressão “Ciclos de Kondratiev”, acrescentando ainda um novo componente teórico à tese (FREEMAN; LOUÇÃ, 2001).

¹³ Também chamada de “crise de superprodução”.

¹⁴ Também chamado de “Ondas de Kondratiev” ou ainda “Kondratieff” ou mesmo “Kondratyev”.

Para Schumpeter (1939), os ciclos propostos por Kondratiev são reais e acontecem por conta de um conjunto de inovações tecnológicas. Estas, por sua vez, consistem na assimilação no sistema produtivo de uma tecnologia recém “inventada”, em um processo para o qual as firmas e, mais especificamente, os empresários desempenham um papel-chave.

A liderança econômica em particular deve pois ser distinguida da “invenção”. Enquanto não forem levadas à prática, as invenções são economicamente irrelevantes. E levar a efeito qualquer melhoramento é uma tarefa inteiramente diferente da sua invenção, e uma tarefa, ademais, que requer tipos de aptidão inteiramente diferentes. Embora os empresários possam naturalmente ser inventores exatamente como podem ser capitalistas, não são inventores pela natureza de sua função, mas por coincidência e vice-versa. Além disso, as inovações, cuja realização é a função dos empresários, não precisam necessariamente ser invenções. Não é aconselhável, portanto, e pode ser completamente enganador, enfatizar o elemento invenção como fazem tantos autores. (SCHUMPETER, 1997, p. 95).

À medida que essas inovações tecnológicas surgem e começam a se espalhar entre as empresas, o crescimento econômico decola, dando lugar à desaceleração e, em seguida, à retração econômica, assim que essas inovações se generalizam completamente. Um novo ciclo de crescimento tem então início somente com a introdução de um novo conjunto de inovações tecnológicas e assim sucessivamente.

É em face dessa percepção sobre a lógica por trás das transformações do sistema produtivo que Schumpeter (1961) cunha a expressão “destruição criadora”, apontando-a como uma das características mais notórias do modo de produção capitalista. Afinal, como destaca o economista, o quadro de intensa concorrência entre os capitais estimula o surgimento constante de “novas mercadorias, novas técnicas, novas fontes de suprimento, novo tipo de organização”, o que acaba por ferir “não a margem de lucros e a produção de firmas existentes, mas seus alicerces e a própria existência” (SCHUMPETER, 1961, p. 112). Em outras palavras, a dinâmica da inovação tecnológica, de tempos em tempos¹⁵, acaba por *destruir* empresas, produtos e mercados ao passo em que *cria* outros inteiramente inéditos.

A contribuição intelectual de Schumpeter foi de tamanha originalidade para o pensamento econômico que acabou gerando um ramo acadêmico novo, denominado de *economia evolucionária*¹⁶. Ao longo dos anos, inúmeros autores se destacaram por produções nessa matriz teórica com o intuito de captar os pormenores dos Ciclos de Kondratiev. Dois

¹⁵ Como observa Schumpeter, “essas revoluções não são permanentes, num sentido estrito; ocorrem em explosões discretas, separadas por períodos de calma relativa. O processo, como um todo, no entanto, jamais para, no sentido de que há sempre uma revolução ou absorção dos resultados da revolução, ambos formando o que é conhecido como ciclos econômicos” (SCHUMPETER, 1939, p. 112, tradução nossa).

¹⁶ Também chamada de “economia neoschumpeteriana”.

deles são Christopher Freeman e Francisco Louçã, cuja obra publicada em conjunto abordamos a seguir.

Valendo-se da tese central de Schumpeter, a dupla identifica e busca descrever cinco ciclos econômicos que teriam ocorrido desde a Revolução Industrial. Para os autores, o primeiro ciclo teria se iniciado com a “mecanização da indústria pela energia hidráulica”, no final do século XVII; o segundo ciclo, com a “mecanização da indústria e do transporte pela energia a vapor” a partir da metade do século XIX; o terceiro ciclo, com a “eletrificação da indústria, do transporte e das casas” no final do século XIX; o quarto ciclo, com a “motorização do transporte, da economia civil e da guerra” a partir da 2ª Guerra Mundial; e o quinto ciclo, com a “computadorização de toda a economia” (FREEMAN; LOUÇÃ, 2001, p. 141, tradução nossa). É neste ciclo, aliás, que estaríamos vivendo agora.

Um aspecto importante de sublinhar, e que já mencionamos *en passant* em trechos anteriores, é que o início e o fim dos ciclos econômicos nunca se dão em razão de uma única inovação tecnológica, mas sim de uma *constelação* delas. Essa observação é pertinente visto que nos força a pensar o desenvolvimento tecnológico sob o enfoque da sua lógica sistêmica e sobredeterminada. Sobre isso, recorreremos novamente a Freeman e Louçã (2001), que esclarecem de forma didática a questão:

A maioria dos historiadores da tecnologia reconheceu e enfatizou a importância das características sistêmicas da tecnologia [...]. A inovação e a difusão de novos produtos e novos processos não são eventos isolados, mas estão sempre e necessariamente relacionados à disponibilidade de materiais, fornecimento de energia, componentes, habilidades, infraestrutura e assim por diante. Frequentemente, e, de novo, como Schumpeter já observou, as inovações aparecem em grupos e raramente, ou nunca, são distribuídas uniformemente no tempo ou no espaço. Existem razões óbvias para que isso aconteça, como as descobertas científicas que abrem as portas para famílias inteiras de novos produtos, como, por exemplo, a biotecnologia ou a química macromolecular. (FREEMAN; LOUÇÃ, 2001, p. 142, tradução nossa).

Carlota Perez (2002), uma das autoras neoschumpeterianas de maior prestígio, classifica as inovações tecnológicas capazes de abrir novos ciclos econômicos pelo termo de *revoluções tecnológicas*. A economista ainda relaciona o surgimento destas com a conformação de *paradigmas tecnoeconômicos*, conceito que visa designar os novos modos de organização econômica que se estabelecem para melhor se adequar às potencialidades de uma revolução tecnológica em curso.

Para a autora, a dinâmica de uma revolução tecnológica e de seu paradigma tecnoeconômico transcorre em duas fases, as quais chama de *instalação* e *difusão*. A primeira seria marcada pelo surgimento das novas tecnologias disruptivas, percebidas pelo capital como extremamente promissoras, momento que Perez chama de *irrupção*, e que seria seguido pelo

momento de *frenesi*, no qual o capital passaria a investir fortemente em negócios relativos às novas tecnologias, gerando bolhas financeiras. Haveria então um *ponto de virada*, caracterizado por uma recessão causada pelo estouro da bolha e pela aplicação de medidas governamentais para estabilizar a economia (PEREZ, 2002, p. 47, tradução nossa).

Só então a fase de difusão teria início: primeiro com o momento da *sinergia*, em que o novo paradigma tecnoeconômico se consolida, firmando as condições para a difusão das novas tecnologias; depois, com o momento da *maturidade*, quando as oportunidades de investimentos ligados à revolução tecnológica começam a dar sinais de esgotamento (PEREZ, 2002, p. 47, tradução nossa)¹⁷.

Para concluir as discussões desta seção, convém abordar um último conceito o qual julgamos de grande utilidade para os fins desta pesquisa: o de *tecnologia de uso geral*. Considerados os criadores do termo, Timothy Bresnahan e Manuel Trajtenberg (1992) classificam essa classe de tecnologia como aquela dotada de três características fundamentais. Seriam elas 1) a possibilidade de uso em diversos setores da economia; 2) um grande dinamismo que permite um alto número de possibilidades de aprimoramento; e 3) uma forte complementaridade com outras tecnologias (ALBUQUERQUE, 2017; BRESNAHAN; TRAJTENBERG, 1992, p. 4-5, tradução nossa).

Conforme aponta Nathan Rosenberg (2000), outro renomado neoschumpeteriano, seriam exemplos desse tipo de tecnologia o motor a vapor, a eletricidade, os transistores e os computadores. Todos os quais se notabilizam por prover “blocos de apoio em cima dos quais numerosas outras inovações puderam, em algum momento, ser construídas” (ROSEMBERG, 2000, p. 80, tradução nossa).

Dessa forma, tal qual ratificam Giovanni Dosi e Richard Nelson (2010), as revoluções tecnológicas – que estabelecem novos paradigmas tecnoeconômicos, abrem novos ciclos de crescimento de longa duração e “destroem” uma série de empresas, produtos e mercados ligados ao paradigma anterior – nada mais seriam que o desenvolvimento e a difusão das tecnologias de uso geral no tecido produtivo.

2.3 Sistema Nacional de Inovação

¹⁷ Um aspecto interessante ressaltado por Perez são as implicações dessas transformações para as relações sociais em termos políticos e afetivos. Nas palavras da autora, as revoluções tecnológicas implicam “mudanças profundas que perturbam a vida e a visão de mundo das pessoas e motivam alguns a se envolverem profundamente no aproveitamento das oportunidades, enquanto outros, que se sentem afetados negativamente, resistirão fortemente às mudanças. Isso condicionará o tom político de cada fase e definirá um clima ou um ‘sentimento’ do tempo” (PEREZ, 2002, p. 47, tradução nossa).

Já vimos que Schumpeter e sua tese dos Ciclos de Kondratiev revolucionaram o pensamento econômico ao explicar os períodos de crescimento e retração a partir da variável da inovação tecnológica. Vimos ainda que sua contribuição intelectual firmou as bases para o aparecimento do campo da economia evolucionária, o qual se mostrou fonte de férteis produções teóricas subscritas por autores neoschumpeterianos.

Mas como exatamente se dá a inovação tecnológica no modo de produção capitalista? Expusemos previamente que ela é motivada pela busca incessante da maximização dos lucros e pela lógica concorrencial existentes entre os capitais, mas como ela transcorre em seus níveis mais elementares?

É inspirada por essa problemática que outra frente de pesquisa se estabeleceu no meio neoschumpeteriano: a dos *estudos das inovações tecnológicas*.

Segundo Benoît Godin (2017), quem primeiro propõe um modelo teórico que busca detalhar as engrenagens do processo de inovação tecnológica é um ex-aluno de Schumpeter, o estadunidense William R. Maclaurin. É ele quem concebe o que Godin chama de “modelo linear de inovação”. Nessa proposição, a inovação tecnológica começaria sempre com uma invenção feita em um laboratório, sendo na sequência assimilada por uma empresa para só então se espalhar junto ao resto do tecido produtivo.

A partir do último quarto do século XX, porém, outro modelo teórico sobre a inovação tecnológica passou a ganhar terreno entre os estudiosos: *o modelo sistêmico* (GODIN, 2017). Nessa perspectiva, a inovação ocorreria dentro, mas também *fora* das fronteiras do ambiente formal dos laboratórios, sendo gestada por meio de uma complexa rede de interações entre empresas e outras instituições. Um dos conceitos que emanaram desse novo modelo teórico foi o do Sistema Nacional de Inovação (SNI) o qual, doravante, abordaremos mais de perto.

Ainda que o ferramental analítico por trás da ideia de SNI já norteasse estudos realizados desde meados da década de 1970 – os quais se inspiravam, principalmente, pelo processo de convergência produtiva empreendido por Japão e “Tigres Asiáticos” – quem primeiro se notabilizou pelo emprego do conceito foi Bengt-Åke Lundvall (FREEMAN, 1995). É do autor a obra canônica “*National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*”, publicada em 1992 e composta por textos de renomados pesquisadores.

Logo em sua introdução, assinada pelo próprio Lundvall, o livro traz uma primeira definição de SNI:

um sistema de inovação é constituído por elementos e relações que interagem na produção, difusão e utilização de novos conhecimentos economicamente úteis e que um sistema nacional engloba elementos e relações, localizados ou enraizados dentro das fronteiras de um Estado-nação. (LUNDVALL, 1992, p. 2, tradução nossa).

Tal definição parte de duas premissas básicas. A primeira delas é a de que, na economia moderna, o recurso mais valioso para uma sociedade é o *conhecimento* (e não a posição geográfica ou a disponibilidade de recursos naturais, a título de exemplo) de forma que o processo mais importante vem a ser o *aprendizado*. A segunda é a de que o aprendizado é um processo essencialmente *interativo* e, portanto, intimamente vinculado às relações sociais, de maneira que para melhor compreendermos sua dinâmica e estimularmos seu desenvolvimento precisamos nos atentar para os contextos *cultural* e, sobretudo, *institucional* nos quais ele é pensado (LUNDVALL, 1992).

É a partir desse postulado que Lundvall (1992) apresenta os elementos-chave que constituem os pilares de um SNI. Nesse rol estão aspectos relativos à 1) organização interna das empresas (como as capacidades gerenciais e empreendedoras); 2) à inter-relação entre elas (como o nível e natureza da competição e cooperação); 3) ao papel exercido pelo setor público (por meio da regulamentação, do financiamento e da condição de principal usuário de inovações); 4) à disposição institucional das finanças; 5) à estrutura do sistema de pesquisa e desenvolvimento; e 6) à ordenação do sistema educacional e de capacitação profissional.

À luz desse quadro, um aspecto importante de se destacar é a tendência inescapável de o Estado exercer o “papel único e insubstituível” de ser o principal financiador da produção científica em um SNI (ALBUQUERQUE, 1996, p. 238). Verificada de maneira empírica no desenvolvimento de países desenvolvidos (MAZZUCATO, 2014), essa tendência também é reforçada teoricamente pela formulação de Kenneth Arrow¹⁸ (1971) acerca da função da “informação” na economia moderna. Para o economista, seu caráter de “mercadoria especial”, fruto de sua intangibilidade e propensão a se tornar de domínio público, desestimularia firmas a investirem em sua produção. Daí que, dada a natureza informacional do conhecimento científico, restaria ao Estado tomar para si a incumbência de aportar recursos em um setor cujo retorno é difuso e incerto, ainda que fundamental para um SNI (ALBUQUERQUE, 1996; ARROW, 1971).

¹⁸ Um fato curioso é que Arrow é um economista de abordagem neoclássica, que se vale de uma série de premissas conflitantes com as da economia evolucionária, de onde o conceito de SNI emana. Assim, como pondera Albuquerque, a elaboração de Arrow acerca do significado da “informação” para a economia, e as deduções lógicas subsequentes, acaba, na verdade, por expor “de forma aguda algumas limitações do quadro teórico” dentro do qual o autor se notabilizou (ALBUQUERQUE, 1996, p. 240).

Em outras palavras, e avançando assunto adentro, ao Estado cabe gestar a *Política de Ciência e Tecnologia* (PCT). O termo abarca práticas que vão da gestão de programas de pesquisa e mecanismos de financiamento à criação de leis, universidades e diversas outras iniciativas que visam promover conhecimento científico e tecnológico. Uma das particularidades da PCT, como bem observa Rafael Dias (2009), é que ela quase sempre é tratada em conjunto com as políticas industrial e de inovação. Tal constatação revela assim seu pressuposto de ser uma *política-meio* no sentido de servir de suporte para a execução de políticas relativas a outras áreas, como, por exemplo, agricultura, educação, defesa e, claro, indústria.

Outro aspecto peculiar da PCT relaciona-se à *Comunidade de Pesquisa*. Esta pode ser definida pelo conjunto de profissionais envolvidos com as atividades científicas, tecnológicas e acadêmicas, que, em geral, compartilham valores, interesses, ideologias e práticas profissionais (DIAS, 2009, p. 36). Trata-se, ainda, de um ator social que exerce grande influência na elaboração e aplicação das PCTs.

Com o desenvolvimento teórico em torno da ideia de SNI ganhando corpo a partir da década de 1990, não demorou muito para que a PCT também incorporasse o conceito de *inovação* em seu escopo, conforme demonstram Pablo Bittencourt e Silvio Cário (2021). O primeiro organismo internacional a adotar a novidade em seus documentos foi a OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), em 1992, fato que inspirou outros países a fazerem o mesmo nos anos seguintes (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 1992). No caso brasileiro, o grande marco dessa mudança se deu em 2011 com a alteração do nome do “Ministério de Ciência e Tecnologia” para “Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação” (MCT..., 2011).

Ainda que tenha rapidamente se popularizado, o paradigma do SNI também passou a sofrer questionamentos em razão da natureza crescentemente transnacional dos processos de inovação tecnológica que já chamavam a atenção na década de 1990. À época, grandes conglomerados de atuação global, e com vínculos cada vez menores com seus países de origem, se notabilizaram pelo protagonismo desempenhado nessa seara. Se por um lado, como reconhece Lundvall (1992), essa observação não pode ser ignorada, por outro é igualmente verdade que práticas institucionais voltadas para a inovação tecnológica, como o financiamento público, políticas educacionais e legislação tributária, todas centrais para a perspectiva do SNI, seguiam, e ainda seguem, sujeitas aos ditames de um Estado-nação.

Já na década de 2000, na esteira do debate sobre o SNI, a ideia de *inovação aberta* foi lançada e rapidamente ganhou vida em meio à comunidade de pesquisa voltada aos

negócios. Proposto como um novo paradigma pelo estadunidense Henry Chesbrough (2003), o conceito busca se contrapor ao paradigma de “inovação fechada”, em um gesto que remete à oposição entre “modelo linear” e “modelo sistêmico” mencionada anteriormente. A grande diferença, porém, é que o contexto contemporâneo para a inovação se distingue pelo fato de que o conhecimento se encontra disseminado por todos os lugares. E isso, graças aos avanços das TIC, em especial, da internet.

Hoje, existe uma abundância de conhecimento em virtualmente todos os campos em torno de você. A proliferação de base de dados científicas públicas, periódicos e artigos virtuais, combinada com o acesso à internet e taxas de alta transmissão a baixo custo, pode conceder a você uma riqueza de conhecimento que era muito mais caro e dispendioso de tempo para alcançar tão recente quanto o início dos anos 1990. (CHESBROUGH, 2003, p. 44, tradução nossa).

Com a ubiquidade do conhecimento, as oportunidades de inovação também se proliferaram, de forma que os departamentos tradicionais de pesquisa e desenvolvimento perderam relevância (ainda que sigam sendo bastante relevantes). Nesse cenário, empresas menores passaram a despontar como importantes agentes inovadores, instando grandes empresas a lançar uso de processos de fusão, aquisição e licenciamento como práticas de inovação tecnológica. Outras iniciativas que se sucedem a partir desse novo paradigma foram a dos polos de inovação, que buscam instigar parcerias entre grandes empresas, empresas de bases tecnológica (EBTs¹⁹) e pesquisadores para o desenvolvimento de novas tecnologias, além de aceleradoras, incubadoras e plataformas virtuais de interação com o público externo (CHESBROUGH, 2003; ENKEL; GASSMANN, 2004).

Apesar de o debate teórico em torno de sistemas de inovação ter ganhado força somente a partir da década de 1990, é interessante constatar que algumas de suas ideias mais básicas já eram discutidas muitíssimo tempo antes. Freeman (1995) informa que os germes da concepção de SNI podem ser identificados em 1841, ano da publicação de “O Sistema Nacional da Economia Política”, do economista alemão Friedrich List.

Em sua discussão sobre as possibilidades da então Confederação Germânica²⁰ realizar a convergência produtiva com a Inglaterra, List (1909) argumenta que somente a introdução de medidas protecionistas para o setor fabril não bastavam. Para o alemão, era ainda necessária a criação de um sistema robusto de educação e de ensino técnico nacionais como forma de estimular o aprendizado coletivo e o desenvolvimento de novas tecnologias. Tal proposta advinha da importância que List dava às “faculdades mentais” para o sistema

¹⁹ Termo em português para “startup”, que é o termo em inglês mais empregado.

²⁰ Tratava-se dos 39 estados germânicos confederados e que se unificaram na Alemanha em 1871.

produtivo, em uma reflexão que vai além da centralidade habitualmente conferida ao capital físico e que culmina inclusive no conceito de “capital mental”.

As ideias de List e dos demais pensadores da chamada Escola Histórica Alemã tiveram grande influência sobre os estados germânicos (MAXIMO, 2010). Não à toa, Freeman (1995) atribui a essa vertente teórica o fato de a Alemanha, já após a unificação, ter desenvolvido um dos melhores sistemas de educação técnica do planeta, soerguido não apenas pelo que se entende genericamente por “investimentos em educação”, mas a partir também de uma combinação de políticas de importação de tecnologias e de investimentos em ramos estratégicos da indústria. Tendo ultrapassado a Inglaterra ainda no século XIX em termos de desenvolvimento econômico, a Alemanha se sustenta ainda hoje como uma potência industrial muito graças ao pioneirismo de seu Sistema Nacional de Inovação de base listiana.

Essa constatação nos suscita a discutir como determinadas políticas de Estado geram para a posteridade um efeito de *dependência de trajetória*, o derradeiro conceito que iremos abordar nesta subseção. Oriunda do campo historiográfico, a concepção nos possibilita refletir sobre os impactos de longo e longuíssimo prazo que certas decisões tomadas no âmbito institucional podem ocasionar.

Douglas North, um dos pensadores mais notórios do “neoinstitucionalismo”, tem na dependência de trajetória uma chave de análise essencial de sua teoria sobre a dinâmica institucional e desenvolvimento econômico (GALA, 2003, p. 11). Segundo Costa (2019), North vê o conceito como produto da interação entre instituições e organizações, possibilitando ainda compreender a relação existente entre passado, presente e futuro no conjunto de instituições de uma sociedade.

A dependência de trajetória é uma forma de restringir conceitualmente o conjunto de escolhas e vincular a tomada de decisões ao longo do tempo. Não é uma história de inevitabilidade em que o passado prediz nitidamente o futuro. [...] Uma vez que um caminho de desenvolvimento é definido em um determinado curso, as externalidades da rede, o processo de aprendizagem das organizações e a modelação subjetiva historicamente derivada das questões reforçam o curso. (NORTH, 1990, p. 98-99, tradução nossa).

Ainda que não concordemos integralmente com a tese northiana de que “estudar o desenvolvimento econômico significa, portanto, estudar o desenvolvimento institucional” (GALA, 2003, p. 11), acreditamos que esse viés de análise pode ser útil na compreensão de certos processos de debacles econômicos²¹ e, sobretudo, nos processos de convergência

²¹ Do qual o colapso da União Soviética, na esteira da *glasnost* e *perestroika*, talvez seja o grande exemplo, sobretudo se comparado aos resultados das reformas adotadas pela China a partir de 1978.

produtiva, tais quais os vistos na Alemanha do século XIX, e na Coreia do Sul e China no século XX.

2.4 A questão do desenvolvimento

2.4.1 *Subdesenvolvimento e dependência*

Ao longo do século XX, com processos de industrialização florescendo em múltiplas regiões do planeta, a literatura teórica sobre o tema do desenvolvimento cresceu e se diversificou. Pelo lado do “pensamento dominante”, conforme coloca João Antônio de Paula (2017), destacaram-se autores como Walt Rostow, Simon Kuznets e Ragnar Nurkse, os quais, de maneira geral, desconsideraram o desenvolvimento como uma problemática específica, chegando a tratá-lo como “uma etapa que todos os países estão credenciados a alcançar, desde que atendidos certos pré-requisitos” (PAULA, 2017, p. 18).

Já na América Latina surgiram inovações teóricas. Uma delas foi o pensamento cepalino²², do qual Celso Furtado e Raul Prebisch são os maiores expoentes. Nessa matriz de ideias, o “subdesenvolvimento” é conceitualizado como um produto do desenvolvimento dos países avançados, em uma dinâmica atrelada a uma estrutura de *centro-periferia*. Isto é, as contradições típicas dos países subdesenvolvidos (periféricos no mercado mundial), nas quais estruturas produtivas modernas convivem com arcaicas, estariam condicionadas pelas transformações econômicas e tecnológicas ocorridas nos países desenvolvidos (centrais no mercado mundial).

Em crítica destinada à premissa ricardiana²³ a respeito do papel de cada país no mercado mundial, Prebisch (2000, p. 71-72) ilustra bem um dos aspectos centrais da tese cepalina ao discorrer sobre as consequências da distribuição espacial desigual do progresso técnico pelo mundo:

Segundo essa premissa, o fruto do progresso técnico tende a se distribuir de maneira equitativa por toda a coletividade, seja através da queda dos preços, seja através do aumento correspondente da renda. Mediante o intercâmbio internacional, os países de produção primária conseguem sua parte desse fruto. Sendo assim, não precisam industrializar-se. Ao contrário, sua menor eficiência os faria perderem irremediavelmente os benefícios clássicos do intercâmbio. [...] A falha dessa premissa

²² Referência à CEPAL (Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe), criada em 1948 como um dos braços da ONU.

²³ Referência à teoria das vantagens comparativas de David Ricardo, economista britânico que advogava que os países deveriam concentrar suas atividades econômicas em setores nos quais possuíam mais vantagens em comparação aos mesmos setores de outros países. A teoria foi (e continua sendo) muito empregada para desincentivar a industrialização em países que se destacam pela exportação de produtos primários.

consiste em ela atribuir um caráter geral àquilo que, em si mesmo, é muito circunscrito. Se por coletividade entende-se tão-somente o conjunto dos grandes países industrializados, é verdade que o fruto do progresso técnico distribui-se gradativamente entre todos os grupos e classes sociais. Todavia, se o conceito de coletividade também é estendido à periferia da economia mundial, essa generalização passa a carregar em si um grave erro. Os imensos benefícios do desenvolvimento da produtividade não chegaram à periferia numa medida comparável àquela de que logrou desfrutar a população desses grandes países. Daí as acentuadíssimas diferenças nos padrões de vida das massas destes e daquela, assim como as notórias discrepâncias entre as suas respectivas forças de capitalização, uma vez que a massa de poupança depende primordialmente do aumento da produtividade.

Mais tarde, Enzo Faletto e Fernando Henrique Cardoso (1975) propuseram aquela que ficou conhecida como a *Teoria da Dependência*. Partindo do marco teórico cepalino, ambos argumentam que a relação estrutural entre “centro-periferia” é real, mas não pode ser analisada apenas como uma “variável externa”. Isso porque ela também se expressa na “ação dos grupos sociais que, em seu comportamento real, ligam de fato a esfera econômica à política” (CARDOSO; FALETTO, 1975, p. 31). Em outras palavras, os autores chamam a atenção para o surgimento, no âmbito dos países dependentes, de classes dominantes que se beneficiam econômica e politicamente do *status quo*, visando assim perpetuá-lo²⁴.

A crescente vinculação entre as economias dos países desenvolvidos e subdesenvolvidos – que também pode ser compreendida como a globalização do ciclo de realização do capital – merece ainda ser examinada sob o prisma do conceito de *Cadeia Global de Valor* (CARDOSO, 2021). Este busca abranger a distribuição integrada pelas diferentes regiões do mundo de todas as etapas relativas à produção e venda de mercadorias (como a extração de matéria-prima, a fabricação e o comércio), incluindo aí etapas mais modernas de agregação de valor (como atividades de pesquisa, desenvolvimento e *marketing*). Tal processo, bastante característico do século XX – e que no Brasil tem seu grande marco no governo Juscelino Kubitschek a partir do Plano de Metas – se intensificou durante os anos 1970, quando da transição do modo de produção fordista para o que David Harvey (1989) intitula “modo de acumulação flexível”²⁵.

Os mais notórios agentes operacionais das Cadeias Globais de Valor são as *multinacionais*²⁶. Trata-se de empresas monopolistas sediadas nos países centrais e que têm no chamado *investimento estrangeiro direto* seu meio convencional de inserção econômica em

²⁴ Posteriormente, a Teoria da Dependência vai ser retrabalhada por um grupo de pensadores marxistas do qual Theotônio dos Santos, Vania Bambirra e Ruy Mauro Marini são os mais notórios (ROSSO; SEABRA, 2016).

²⁵ Trata-se da fase do sistema capitalista que se notabiliza pela flexibilização do mercado de trabalho, da produção de mercadoria, dos padrões de consumo, entre outros (HARVEY, 1989).

²⁶ Alguns autores as consideram como *transnacionais*, dada sua capacidade de interconectar as populações no planeta ao mesmo tempo em que as fronteiras entre as nações vão se esvaindo. Para mais sobre essa ideia, ver Hardt e Negri (2001), e Arrighi (2000).

outros países (CARDOSO, 2021). Um dos objetivos, com isso, é o de usufruir menores custos unitários de trabalho, naquilo que Ruy Mauro Marini (2017) chama de *superexploração do trabalho*.

Todo esse arranjo, porém, carrega consigo contradições importantes. Se por um lado, as multinacionais podem ser vistas como vetores de disseminação de tecnologias de ponta nos locais em que atuam, proporcionando, assim, o aumento da produtividade do trabalho em regiões atrasadas, por outro, elas também servem de canais de transferência de valor dos países periféricos para os centrais. O que significa, na prática, colaborar para a reprodução das condições desiguais relativas ao progresso técnico, estrutura produtiva e distribuição de riquezas.

2.4.2 Tipos de desenvolvimento

Expostas as ideias básicas acerca das teses sobre o subdesenvolvimento e da dependência, podemos retornar às elaborações de João Antônio de Paula (2017). É do autor a proposta de classificar os processos de desenvolvimento nacional ocorridas no decorrer dos séculos XIX e XX²⁷ em seis tipos. A seguir, nos dedicaremos a apresentá-los e discutir alguns de seus pontos.

O primeiro tipo de desenvolvimento proposto por Paula é o das “revoluções democrático-burguesas”, expressão que empresta de Eric Hobsbawm para designar os processos de desenvolvimento de França e Estados Unidos. A proposição se ampara na constatação de que o sucesso dos movimentos revolucionários de ambos os países, ainda no século XVIII, permitiu o enraizamento dos princípios liberais em seus ecossistemas institucionais, criando assim as condições para o desabrochar das relações capitalistas e a consequente expansão das forças produtivas no século XIX.

O segundo tipo é o da “via prussiana”, termo tomado a Vladimir Lênin para classificar o desenvolvimento visto na Alemanha após sua unificação, em 1871, em processo conduzido pela Prússia. Neste caso, um Estado forte e centralizador atua decisivamente na criação de uma série de conglomerados empresariais que passam a exercer um papel de liderança do desenvolvimento econômico nacional. Outro país que se enquadra nessa tipificação é o Japão do período da Restauração Meiji (1868-1912).

²⁷ O autor toma como marco inicial desses processos a Revolução Industrial ocorrida na Inglaterra e assim não considera o caso deste país em sua tipologia.

O terceiro tipo de desenvolvimento citado por Paula é o da “revolução passiva”, que representaria o caso da Itália, ocorrido também no século XIX. O termo, de autoria de Antonio Gramsci, refere-se ao caráter peculiar do processo italiano de unificação, que eliminou instituições feudais de seu território ao mesmo tempo em que conservou os privilégios das antigas classes dominantes²⁸. Essa aparente contradição, entretanto, não impediu que o país se tornasse um dos mais desenvolvidos do mundo.

Um aspecto essencial que pode ser verificado em todos esses processos de desenvolvimento – e que muitas vezes acaba relegado a segundo plano nas discussões sobre o tema – é o papel central desempenhado pela *cultura* enquanto substrato a ser empreendido em um discurso público unificador. Referimo-nos, no caso, à capacidade de grupos dirigentes desses processos de estabelecer uma narrativa que explore a “dimensão político-cultural como elemento imantador, mobilizador das energias coletivas”, a fim de credenciarem-se como “intérpretes do interesse geral” e, assim, conduzirem a sociedade nacional nas transformações almejadas (PAULA, 2017, p. 24).

Gramsci trata da questão em seu conhecido ensaio sobre o papel dos *intelectuais orgânicos*. Um dos casos paradigmáticos que examina de perto é o da Revolução Francesa, em que vê na ação intelectual da burguesia uma espécie de tipo ideal do fenômeno (GRAMSCI, 1982). Para Paula (2017), a análise do autor italiano sobre os processos de desenvolvimento das nações nos convida a identificar

os sujeitos efetivos dos processos históricos-sociais, as classes sociais e seus representantes políticos e culturais, seus intelectuais orgânicos, capazes de vocalizar as aspirações coletivas, mediante a constituição de *identidades coletivas decisivas* tanto para a construção de programas, que sintetizam as visões de mundo e os interesses imediatos das classes sociais, quanto são decisivas, as identidades coletivas, para a mobilização, para a ação coletiva capaz de redefinir a organização política, econômica e social das nações. (PAULA, 2017, p. 26, grifo nosso).

Em estreita ligação com a ideia de uma identidade coletiva, é possível identificar também uma “ideologia do desenvolvimento”. Falamos aqui da disseminação de ideias e valores que fortalecem os vínculos sentimentais entre indivíduos e instituições dentro dos arranjos necessários para se forjar a estrutura produtiva a qual se busca. Um bom exemplo apontado por Paula (2017) foi o uso adaptado do *bushido*²⁹ pelos grupos dirigentes no Japão para consolidar as variadas relações hierárquicas existentes na sociedade japonesa tanto no

²⁸ A ideia de revolução passiva é empregada para se opor à ideia de revolução ativa, na qual a classe dominante é destronada em um processo de intensa participação popular, tal qual o visto no caso francês.

²⁹ Código de honra dos samurais.

meio civil quanto militar. Isso permitiu otimizar os esforços coletivos que alçaram o país ao posto de um dos mais poderosos do mundo, econômica e militarmente, já na década de 1910.

Quanto ao século XX, Paula (2017) diz poder identificar mais três modelos distintos de desenvolvimento nacional, fiando-se dessa vez em categorização proposta por Celso Furtado (1998, 2000). Um deles é o da União Soviética, transcorrido nas décadas de 1920 e 1930 e denominado de “coletivização dos meios de produção”. O processo se notabilizou pelos grandes investimentos públicos em infraestrutura e indústria pesada enquanto a produção no campo era coletivizada. Em termos industriais, os planos foram bem-sucedidos, mas às expensas do campesinato soviético, que foi submetido a um quadro de grande atraso e de extrema exploração.

O segundo modelo de desenvolvimento nacional relativo ao século XX é o que Furtado (1998) chama de “via da prioridade às satisfações básicas”. Trata-se de um modelo que prevê a adoção de medidas que busquem alterar o perfil da distribuição de renda em determinado país de maneira a sanar as demandas sociais relativas a alimentação, saúde, moradia, educação etc. Para Paula, o Brasil seguia a trilha desse modelo, que em certo momento teria culminado na proposta das Reformas de Base, até ser interrompido pela derrubada do governo de João Goulart pelos militares.

Por fim, o terceiro e último modelo de desenvolvimento do século XX destacado por Paula é o que Furtado (1998) chama de “ganho de autonomia externa”. Essa via se notabiliza pela implementação de medidas institucionais que visam tornar empresas nacionais competitivas no mercado mundial, em especial, no setor de alta tecnologia, de maneira ainda a contribuir para o robustecimento de um mercado interno. Para se atingir tais objetivos, lança-se uso de subsídios, políticas de inovação e mecanismos de controles de desempenho empresarial.

A adoção desse modelo tende a requerer também regimes políticos centralizados por contrariar interesses tanto de classes dominantes tradicionais, quanto de estratos sociais médios, que já dispõem de acesso a bens de última geração, e mesmo de potências estrangeiras beneficiárias da divisão internacional do trabalho estabelecida. Exemplos ilustres de países que trilham esse modelo, alcançando a convergência já nas décadas de 1970 e 1980, são Taiwan e Coreia do Sul. Mais recentemente, outro país configurou um caso ainda mais paradigmático: a China. É sobre seu processo de convergência que discutiremos brevemente nas próximas linhas.

2.4.3 O processo chinês de convergência

Utilizando-se da terminologia proposta por Keun Lee (2019), Bruno Prates (2022) assinala que o processo de convergência chinês se deu pela via do *salto tecnológico*³⁰. Esta consiste no salto de etapas tecnológicas históricas, que chegaram a ser seguidas por outras nações, de forma a aterrissar diretamente na fronteira da inovação. Para alcançar esse feito, foi decisiva a implementação da estratégia conhecida como “*mercado por tecnologia*”³¹, possibilitada a partir das reformas estruturais de 1978. A iniciativa proporcionou a grandes empresas estrangeiras obterem acesso ao mercado chinês em troca da transferência de tecnologias a empresas chinesas. Estas, por sua vez, passaram a contar desde então com forte apoio estatal sob a forma de políticas industriais agressivas.

Um marco desse salto tecnológico se deu em 1991, quando uma fabricante estatal chinesa de equipamentos de telecomunicações produziu o primeiro comutador digital³² do país sem nunca ter produzido comutadores analógicos. Esse caso caracteriza um dos subtipos de salto tecnológico categorizados por Lee (2019) que traduzimos como *superação-de-etapas*³³ (PRATES, 2022).

Já o caso da Huawei ilustra outro subtipo. Fundada em 1987, a empresa se tornou a maior do ramo das telecomunicações no país já na década de 1990, beneficiada pela estratégia industrializante chinesa. A partir desse momento, passou ela mesma a desenvolver tecnologias até então inexistentes, tornando-se em poucos anos líder global em celulares e equipamentos 5G. Lee (2019) também oferece um nome para essa via, a qual traduzimos como *caminho-próprio*³⁴.

Em 2006, sempre sob a estrita direção do Partido Comunista, a China inaugurou uma fase de desenvolvimento baseada não mais na absorção de tecnologia estrangeira, mas na “*inovação autóctone*” (PRATES, 2022). Uma série de planos, programas e projetos³⁵ foram concebidos e colocados em prática com o intuito de apoiar empresas chinesas a prosperar em

³⁰ Nossa tradução para “*leapfrogging*”.

³¹ Nossa tradução para “*Trading Market for Technology*”.

³² Trata-se de um dispositivo que gerencia sinais digitais gerados ou transmitidos por uma central telefônica.

³³ “*Stage-skipping*”, na tipologia empregada por Lee (2019).

³⁴ “*Path-creating*”, na tipologia empregada por Lee (2019).

³⁵ Alguns deles são o Plano Estratégico Nacional de Médio e Longo Prazo para o Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia 2006-2020; os programas *Strategic Emerging Industries*, *Made in China 2025* e *Internet Plus Program*; além ainda dos mais conhecidos Planos Quinquenais. Vale também mencionar os chamados Grandes Conglomerados Empresariais Estatais, que cumprem um papel central na execução de todos os planos e programas (PRATES, 2022).

setores da fronteira tecnológica³⁶. As medidas são amparadas por um amplo sistema de financiamento formado por bancos estatais e por fundos institucionais mistos, além da atuação de grandes conglomerados estatais, que desempenham o papel de coordenação do mercado. Todos, vale enfatizar, são orientados ao cumprimento de metas de desenvolvimento nacional e não à maximização do lucro de suas atividades.

Já na década de 2010, relata Prates (2022), o Estado chinês desenvolveu a percepção de que havia uma revolução tecnológica no horizonte, que se daria, basicamente, pela assunção de uma constelação de inovações tecnológicas em torno da inteligência artificial. Isso criou um senso de urgência entre os governantes chineses que os fizeram ser ainda mais intervencionistas na política industrial (NAUGHTON, 2021; PRATES, 2022).

Esse movimento se encontra em consonância com o que prescreve Carlota Perez sobre as “janelas de oportunidade” que as revoluções tecnológicas apresentam a países que buscam realizar a convergência produtiva. Conforme observa Hertton Lopes (2014, p. 42), com base na autora:

As chances de desenvolvimento abertas em cada revolução recebem o tratamento de janelas de oportunidade. Segundo Perez (2001), [trata-se de] um “alvo móvel” a ser atingido pelos países mais atrasados, que devem modificar suas técnicas exatamente quando se abrem as potencialidades do novo paradigma. A melhor ocasião acontece quando são desenvolvidos novos produtos, novas indústrias e novas tecnologias, porém, sendo necessárias pessoas qualificadas para colocar em curso as inovações tecnológicas que emergem a cada nova revolução. Se os países tardarem em implantar as novas técnicas produtivas, os produtos e as tecnologias entrarão em fase de maturação, podendo sua contribuição para o desenvolvimento ser reduzida.

2.4.4 Quatro eixos de uma política industrial

A impressionante experiência chinesa de desenvolvimento nos motiva ainda a fazer considerações relativas ao que se entende por “política industrial”. Nesse âmbito, recorreremos às elaborações de Wilson Suzigan (2017), que destaca quatro eixos críticos desse tipo de política.

O primeiro eixo Suzigan intitula de “economia política da política industrial”. Nele, o autor joga luz sobre os interesses corporativos existentes em torno da política industrial – no caso, o capital privado e integrantes da burocracia governamental – que ameaçam capturá-la de forma a obter benefícios próprios, em detrimento do interesse nacional.

³⁶ Por exemplo, os Megaprojetos devem se dar em 20 setores agrupados em sete grandes grupos: 1) conservação energética e proteção ambiental; 2) tecnologia da informação de nova geração; 3) biotecnologia; 4) maquinário de precisão de ponta; 5) novas energias; 6) novos materiais; e 7) veículos de novas energias (PRATES, 2022, p. 7-8).

O segundo eixo trata da “coordenação da política industrial”. Aqui, os primeiros desafios residem na necessidade de haver uma ação alinhada em diversas esferas de governo – como as que envolvem políticas de crédito, tributação, juros e câmbio – para que a política industrial seja aplicada com sucesso.

Outros desafios desse eixo se encontram na formulação, implementação e monitoramento da política industrial. Em relação a estes, cremos ser interessante apresentar a comparação que Suzigan faz entre exemplos vindos do Brasil e da China, que, ao nosso olhar, revela de maneira irrepreensível o abismo existente entre os dois casos em termos de eficiência institucional:

Como se viu, a ampla dispersão de instrumentos de política industrial por instituições que nem sempre têm essa política entre suas missões, e cuja coordenação política é bastante custosa, faz com que a gestão da política industrial como um todo seja uma tarefa ainda mais difícil. Essa tarefa não é facilitada pela organização institucional específica da política industrial, como se evidencia pelo sistema de gestão do Plano Brasil Maior (2011-2014). Herdado da Política de Desenvolvimento Produtivo (2008-2010), esse sistema tem cinco níveis, desde a linha de base com seus Conselhos de Competitividade Setorial e Comitês Executivos, passando por Coordenações Setoriais e Sistêmicas, um Grupo Executivo, um Comitê Gestor até a instância superior do Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial. Embora tenha a virtude de criar os necessários canais de interações entre setor público e setor privado, é um sistema que apresenta vários problemas: 1) é muito vulnerável à ação de grupos de interesse; 2) é operacionalmente complexo; 3) demanda muito tempo para tramitação de ações entre a linha de base e o topo; 4) dilui responsabilidades; 5) dificulta o monitoramento e a cobrança de resultados. Apenas para efeito de comparação, na China a execução da política industrial é feita por meio de políticas específicas atribuídas nominalmente a ministros, vice-ministros e funcionários seniores, com metas e prazos. (SUZIGAN, 2017, p. 262).

O terceiro eixo é o da “orientação estratégica”. A referência nesse caso é à escolha dos parâmetros que orientarão a política industrial. Alguns dos mais básicos, segundo Suzigan, englobam a concepção do papel da indústria para o desenvolvimento, o entendimento sobre as competências nacionais que podem ser aproveitadas e a visão sobre as tendências tecnológicas mundiais do momento. Nesse sentido, uma política industrial pode pecar tanto por privilegiar ramos produtivos arcaicos, quanto por possuir metas genéricas demais.

O quarto e último eixo proposto por Suzigan trata das “instituições”. Estas são importantes sob dois aspectos. O primeiro são as “capacidades organizacionais”, que envolvem órgãos públicos, leis, regulamentos, normas, costumes e comportamentos, todos os quais determinantes para a vida econômica e social do país. O segundo é a “dinâmica institucional”, que reflete a capacidade de um país de adaptar suas instituições segundo mudanças estruturais, como, por exemplo, a emergência de um novo paradigma tecnoeconômico. Esse aspecto revela-se o mais desafiador, sobretudo em países como o Brasil, no qual os poderes de Estado estão em constante conflito (SUZIGAN, 2017, p. 265).

2.5 Colonialismo de dados e novo modelo extrativista

A expansão da economia digital (PFEIFFER, 2022) tem feito com que aquilo que chamamos de *dados* estejam se tornando cada vez mais valiosos enquanto insumos para atividades econômicas as mais diversas, fazendo com que alguns autores já os apontem como a mercadoria mais importante da atualidade. Esse é o caso de Steven Weber (2017), para quem “a economia mundial está passando de uma fase de transporte de contêineres para uma de comutação de pacotes [de dados]” na qual “os maiores e mais importantes fluxos transfronteiriços são dados e não mercadorias físicas” (WEBER, 2017, p. 1-2, tradução nossa). Para Nick Couldry e Andreas Hepp (2017), que se colocam a pensar as relações sociais a partir das transformações dos aparatos midiáticos, estaríamos vivendo o início de uma quarta onda de “mídiatização”³⁷, que seria a “onda da dataficação” (COULDRY; HEPP, 2017, p. 81, tradução nossa).

“Dados”, à luz da nossa compreensão, seriam todas as informações relativas a determinados procedimentos que são codificadas e processadas visando um uso futuro qualquer. Quase sempre, trata-se de informações relativas a interações sociais – como atos de compra e venda, visitas a sítios eletrônicos, troca de mensagens etc. –, podendo também abranger informações de origem não social, como aquelas relativas ao clima, à fisiologia humana ou a ecossistemas ambientais. Considerando o contexto desta dissertação, nos cabe observar que estaremos sempre nos referindo a dados em sua forma *digital*, uma vez que a codificação e processamento de informações também pode se dar em suporte analógico.

Com base em Evgeny Morozov (2018), é possível afirmar que a crescente valorização dos dados enquanto insumo econômico tem a ver, basicamente, com dois tipos de usos. O primeiro deles é o uso para o *perfilamento do consumidor*, que consiste na identificação de preferências e comportamentos-padrão de uma pessoa a fim de possibilitar, através dos meios de comunicação pertinentes, uma oferta personalizada de conteúdos midiáticos ou anúncios publicitários. Já o segundo uso diz respeito ao desenvolvimento de ferramentas de *inteligência artificial*, posto que estas, em suas versões mais disruptivas, necessitam de gigantescas bases de dados para modelar seus algoritmos³⁸. Com a IA despontando como uma

³⁷ As outras ondas seriam a da “mecanização”, da “eletrificação” e da “digitalização” (COULDRY; HEPP, 2017, tradução nossa).

³⁸ Explicamos a relação entre dados e IA em mais detalhes na seção 4.

possível tecnologia de uso geral, esse uso tem se tornado crescentemente crítico para toda sorte de aspiração econômica (MOROZOV, 2018, p. 165).

Diante desse quadro, não é à toa que os dados venham sendo tratados de maneira similar a recursos naturais estratégicos, cuja extração representa uma etapa-chave na cadeia produtiva global. É justamente essa percepção, aliás, que fez com que a frase “os dados são o novo petróleo”³⁹ tenha se tornado tão popular, especialmente a partir do início dos anos 2010, quando passou a ser usada a esmo por executivos de multinacionais e integrantes de organismos multilaterais (COULDRY; MEJIAS, 2019, p. 89).

Porém, diferentemente dos recursos naturais, os dados são um *bem não rival*, isto é, podem ser reproduzidos *ad infinitum* e transferidos de um local a outro a um custo marginal quase zero, graças à sua intangibilidade. Seguindo essa lógica, talvez poderíamos classificá-los como um *recurso artificial extraível*, caso busquemos conceituá-los mediante um paralelo com hidrocarbonetos, metais preciosos e minérios de ferro. Ou, ainda, poderíamos enquadrá-los como um novo tipo de *força produtiva*, se optarmos por uma conceituação de perspectiva marxiana mais geral.

O fato é que, nessa reconfiguração produtiva em torno dos dados, um conjunto de novos agentes tem ocupado a posição de centros dinâmicos de acumulação capitalista: as *plataformas digitais*. Por estas, compreendemos os sistemas tecnológicos que comandam a infraestrutura física por meio da qual medeiam toda espécie de interação social na internet, permitindo, assim, a coleta massiva de dados para posterior processamento (VALENTE, 2019, p. 170). É nessa categoria que se encontram as *Big Techs*, ou os *Gigantes Digitais*, que, não por acaso, se tornaram as empresas mais valiosas da atualidade⁴⁰.

Uma questão curiosa é que essa nova lógica de obtenção de valor econômico nos permite especular que talvez estejamos caminhando para um novo modo de produção, que não se restrinja mais somente à produção de mercadorias baseada na extração de mais-valia do trabalho humano. Inclusive, esta é a hipótese de Nick Couldry e Ulisses Mejias (2018, p. 86), para quem também estaríamos assistindo a um inédito fenômeno de dominação econômica que batizam de *colonialismo de dados*. Segundo os autores, a expressão refere-se à tendência do sistema econômico de abarcar potencialmente todos os aspectos da vida humana com a finalidade de “dataficá-los” e, num segundo momento, auferir lucro.

³⁹ Pelo que se pode depreender de Palmer (2006), que constatamos ser a fonte mais referenciada sobre essa informação, a autoria da frase seria de Clive Humby, que teria usado a expressão como título de sua palestra em encontro de profissionais de *marketing* na Escola de Negócios Kellogg, localizada na cidade de Evanston, EUA. No entanto, cabe-nos dizer que, a nós, essa informação não ficou totalmente esclarecida.

⁴⁰ Seus principais representantes são as estadunidenses Alphabet, Meta, Apple e Amazon, e as chinesas Tencent, AliBaba e Baidu.

Nosso argumento é que o colonialismo de dados expande o domínio da produção em nossa sociedade capitalista de forma mais fundamental, dando lugar a uma nova ordem emergente, uma nova estruturação das relações sociais. Os indivíduos continuam a trabalhar e vender seu trabalho pela dinâmica tradicional das relações de trabalho, mas agora estão implicados no capitalismo de outras maneiras que nem mesmo são exigidos que trabalhem para ninguém. Eles simplesmente precisam participar da vida social, como fariam normalmente, para gerar valor para o capitalista. A dataficação atende assim às condições necessárias e suficientes para a ideia de exploração de Lawrence Crocker: “que haja um produto excedente [dados] que esteja sob o controle de um grupo [o setor de quantificação social] que não inclua todos os produtores desse excedente [o público]”. Os capitalistas também continuam a explorar os trabalhadores da maneira tradicional (coletando mais lucros do que pagam em salários), mas agora podem explorar indivíduos que nem trabalham para eles e a quem não pagam nada. Assim, embora as definições marxistas originais de exploração devam ser respeitadas, o ponto importante é que a ausência de exploração direta (ou seja, por meio de um emprego regular) não significa que a exploração não esteja acontecendo indiretamente (com trabalhadores sendo “excluídos dos meios de produção e de seus benefícios”, como observa Raymond Murphy). (COULDRY; MEJIAS, 2018, p. 102, tradução nossa).

O fenômeno da “dataficação de tudo” também é objeto das reflexões de Shoshana Zuboff (2021), que concebe a nova ordem econômica em formação como um “capitalismo de vigilância”. Para a autora, estaríamos testemunhando o soerguimento de uma arquitetura física pretensamente ubíqua que almeja registrar – ou “vigiar” – o máximo possível de nossas atividades de maneira a transformá-las em dados e monetizá-los. Enveredando para o aspecto político da crítica, Zuboff sugere que essa nova arquitetura representa um “novo poder instrumentário” sobre a sociedade sem precedentes na história, o que implicaria na “destituição da soberania dos indivíduos” (ZUBOFF, 2021, p. 13).

É por conta de tudo isso que até mesmo iniciativas de inclusão digital supostamente filantrópicas e desinteressadas, como o projeto Internet.org⁴¹, constituiriam ações voltadas para a captura de valor econômico. Afinal, como bem colocam Gabriel de Siqueira Gil e María Hirschfeld (2021), neste novo paradigma tecnoeconômico que vem se firmando, “a inclusão digital [...] significa conectar aqueles que ainda não estão fora do escopo do sistema de extração de dados”, de maneira que “o desconectado representa um mercado potencial que precisa ser alcançado” (GIL; HIRSCHFELD, 2021, p. 182).

Naturalmente, todas essas transformações narradas no âmbito da economia política também trazem impactos para o campo das relações internacionais. A estrutura centro-periferia do mercado mundial ganha novos contornos. Os países periféricos, relegados historicamente ao papel de fornecedor de produtos primários e de consumidor de produtos de alta tecnologia, incorporam também o papel de fornecedor de dados. Em paralelo, aos países centrais cabem

⁴¹ Trata-se de projeto do então Facebook (atual Meta) para prover internet gratuita a populações pobres (CONSTINE, 2016).

não só disponibilizar os principais mecanismos de coleta e processamento de dados como continuar como *locus* da etapa de agregação de valor da cadeia produtiva, traduzida em produtos tecnológicos voltados à exportação. É nesta última, por exemplo, que estão as firmas de desenvolvimento de aplicações de ponta em inteligência artificial.

A reprodução da estrutura econômica mundial sob uma nova roupagem tem feito com que um número crescente de autores venha trabalhando com a ideia de que há um novo modelo econômico extrativista em voga – o modelo do *extrativismo de dados*⁴² (GIL; HIRSCHFELD, 2021). A expressão se ancora no conceito de “modelo extrativista” empregado para caracterizar a inserção econômica dos países periféricos ao longo do século XX, que teve ainda uma nova fase a partir do “boom das *commodities*” nos anos 2000. Conforme aponta Eduardo Gudynas (2009), por mais que historicamente esse modelo tenha sido importante para o desenvolvimento dos países latino-americanos, com o tempo ele se tornou objeto de críticas dos pensadores da região, que passaram a questionar “a dependência exportadora, o papel das economias de enclave, as condições laborais, o enorme poder das empresas estrangeiras, a mínima presença estatal ou a frágil tributação” (GUDYNAS, 2009, p. 188-189, tradução nossa). Como veremos a seguir, boa parte dessas críticas poderia se estender à reconfiguração extrativista em curso, que tem nos dados digitais uma fonte importante de extração de valor econômico.

A gradual digitalização da economia mundial em torno da estrutura centro-periferia e de um novo modelo extrativista também nos permite observar a reprodução de velhos epifenômenos já mapeados pela teoria do campo. Esse processo engloba desde a formação de monopólios globais nos países centrais (vide Alphabet, Meta e Amazon) à cooptação, nos países periféricos, de mão de obra especializada (como cientistas de dados e engenheiros da computação)⁴³. Além disso, à medida que um ou poucos países conseguem concentrar a maioria absoluta dos dados produzidos no mundo, as relações de dependência se aprofundam drasticamente. Esse cenário fica ainda mais claro quando recordamos que o procedimento de extração de dados não transcorre apenas em plataformas de redes sociais ou de comércio eletrônico, mas, virtualmente, em *todas as atividades engendradas por um programa computacional*, o qual, no fim das contas, possui a capacidade de extrair dados e transferi-los automaticamente a um Centro de Processamento de Dados (CPD) localizado no exterior. Essas

⁴² Gil e Hirschfeld propõem também o conceito de “Extrativismo Hi-Tech”, que tipificaria “o processo de exploração das dimensões históricas do capitalismo combinando com diferentes níveis de aplicação de tecnologias e dados de informação que retroalimentam o extrativismo convencional e neoextrativismo” (GIL; HIRSCHFELD, 2021, p. 188).

⁴³ Com o agravante de que hoje o trabalho pode se dar à distância, permitindo com que esses trabalhadores sigam vivendo em seus países, o que facilita a cooptação.

atividades, frise-se, podem se dar na saúde, na indústria, na agricultura, na gestão pública ou em qualquer outra área relevante econômica e administrativamente para uma sociedade.

Desse modo, caso de fato a inteligência artificial se torne uma tecnologia de uso geral, estaremos diante de uma situação em que o uso de qualquer Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) de última geração significará colaborar, em algum nível, para o aumento da dependência tecnológica entre as nações. Pois, como já vimos, tal uso redundará em insumos, sob a forma de dados, para o constante aperfeiçoamento de aplicações tecnológicas de firmas dos países centrais. Temos, assim, uma inédita e singular contradição emanada do sistema econômico em sua fase hodierna.

Michael Kwet (2019) é um dos autores que chamam a atenção para esse grande domínio dos países centrais sobre as tecnologias basilares da economia digital. A esse quadro ampliado de dependência e dominação tecnológica o autor dá o nome de *colonialismo digital*. Este, segundo Kwet, se assenta no controle exclusivo de três nichos-chave: o dos programas computacionais, o do *hardware* e o da conectividade de rede⁴⁴ (KWET, 2019, p. 6). Essa dominação evidente do ponto vista econômico também se materializa no âmbito político com reflexos ainda mais graves para a soberania dos países periféricos se comparados a outros tempos. Tudo graças ao fato de que agora, com o complexo tecnológico digital erguido em torno do extrativismo de dados, as agências de inteligência dos países centrais podem empregar práticas massivas de espionagem, vigilância e operações psicológicas sobre alvos estratégicos de outros países – de órgãos de governo e empresas a populações inteiras⁴⁵. O meio crucial que viabiliza essa nova forma de poder é o acesso irrestrito àquilo conhecido por *Megadados*⁴⁶.

Até aqui destacamos a “dinâmica material”, por assim dizer, das relações de dependência tecnológica estabelecidas no modelo extrativista de dados. Mas há também outra dimensão do fenômeno que merece ser por nós examinada: a *discursiva*.

Tal qual observa Kwet (2019, p. 15), atualmente, há uma espécie de “Destino Manifesto⁴⁷ para a Era Digital” sendo promovido energicamente pelas grandes corporações da tecnologia com a intenção de glorificar adventos como a automação generalizada, os Megadados e as cidades inteligentes. Talvez a narrativa mais famosa dessa corrente ufanista

⁴⁴ Conectividade de rede é o conjunto de protocolos e padrões que permitem a computadores se comunicarem uns com os outros, e as conexões que eles fazem entre si (KWET, 2019, p.6).

⁴⁵ Apesar de se tratar de algo bastante plausível desde sempre, o conhecimento sobre esse tipo de prática acabou referendado pelas revelações do ex-agente da inteligência estadunidense Edward Snowden.

⁴⁶ Termo em português para “*Big Data*”.

⁴⁷ Alusão à doutrina do “Destino Manifesto”, que serviu de narrativa geral para impulsionar a expansão dos EUA pela América do Norte no século XIX.

seja a da Quarta Revolução Industrial⁴⁸, que tem no presidente do Fórum Econômico Mundial, Klaus Schwab, seu propagador mais célebre⁴⁹. Enquanto isso, eventuais críticas a essas transformações tendem a sempre serem sublimadas pelo discurso da *inevitabilidade e superioridade do progresso* – um subterfúgio retórico nascido no alvorecer do Iluminismo e que, mesmo desde então, tem atraído severas críticas⁵⁰.

No contexto latino-americano, a crítica ao discurso da inovação tecnológica que embala o modelo extrativista existe desde há muito, conforme apontam Gil e Hirschfeld (2021). Pegando carona nessa tradição, os autores argumentam que as novas relações sociais surgidas com o modelo extrativista de dados também estariam forjando novas *estruturas mentais* nos agentes partícipes desse processo histórico, em uma síntese possível apenas, segundo nossa leitura, pelo discurso da inovação tecnológica. Assim sendo, e sob uma perspectiva mais ampla, Gil e Hirschfeld sugerem que estaríamos diante da mais pura expressão da *colonialidade do poder*, conceito que designa a imposição de “modos de ser, pensar e sentir” junto ao lado subjugado de uma relação colonial⁵¹ (GIL; HIRSCHFELD, 2021, p. 180; QUIJANO, 2005).

Podemos ainda examinar essa questão em níveis bem mais elementares. Para isso, voltemos à obra de Couldry e Mejias (2019). É dos autores a ideia de que existem ao menos cinco “racionalidades” que, não raro, são evocadas no discurso por trás do modelo extrativista de dados. Elas seriam de ordem *econômica, jurídica, desenvolvimentista, cultural e técnica*. Ainda segundo a dupla, se essas racionalidades não podem ser consideradas uma “ideologia” num sentido geral, na prática elas contribuiriam para tornar senso comum toda decisão que, de um jeito ou de outro, endossa a preservação desse modelo.

Nós podemos ser mais específicos sobre como esse processo [o extrativismo de dados] se desenrola por meio de uma série de racionalidades extrativistas que auxiliam a justificar a exploração [econômica], as quais incluem:

- racionalidades *econômicas* que concebem os dados que produzimos e o trabalho que realizamos como ausentes de valor, porque são gerados por meio da socialização e não do trabalho remunerado, e, portanto, estão disponíveis para capitalização por outros agentes;
- racionalidades *jurídicas* que, como defende Julie Cohen, concebem os dados como sem donos, redefinindo noções de privacidade e propriedade para estabelecer uma nova ordem moral que justifique a apropriação dos dados;

⁴⁸ Também chamada de Indústria 4.0. Ambos os conceitos são usados para descrever a automação industrial integrada a tecnologias como a inteligência artificial, robótica, internet das coisas e computação em nuvem.

⁴⁹ Schwab é autor do livro “A Quarta Revolução Industrial” (SCHWAB, 2016, tradução nossa).

⁵⁰ Como provam alguns dos escritos de Jean-Jacques Rousseau (SANTOS, 2014).

⁵¹ Por mais que achemos que este conceito seja útil para apreender certo fenômeno de “colonização mental” existente nos fluxos entre países desenvolvidos e subdesenvolvidos, acreditamos que ele acabou sendo mal apropriado por determinados segmentos políticos, de maneira a ensejar um desprezo e até mesmo uma “militância” contra todo e qualquer conhecimento que venha da Europa – comportamento este do qual somos bastante críticos. Por isso, utilizamos esse conceito em nossa análise com as devidas ressalvas.

- racionalidades *desenvolvimentistas* que apresentam o colonialismo de dados como um projeto civilizatório, realizado em nome de sujeitos subdesenvolvidos em nome do progresso e da segurança;
- racionalidades *culturais* que promovem o “compartilhamento” enquanto reduzem o valor da privacidade e aumentam o valor de uma postura competitiva; e
- racionalidades *técnicas* que concebem a apropriação de dados como um legítimo objetivo da ciência, empreendedorismo e criatividade humana. (COULDRY; MEJIAS, 2019, p. 91, tradução nossa).

A exposição do quadro de dependência tecnológica nos marcos do modelo extrativista de dados, feita tanto em sua dimensão material quanto discursiva, nos enseja também a discutir as reflexões sobre as possibilidades de sua superação. Novamente, recorremos a Weber (2017), que se coloca a investigar as realidades em torno desse tópico, afirmando haver três abordagens possíveis em termos de uma política nacional para dados.

A primeira delas o autor chama de “ganhos absolutos” e consiste basicamente na adoção do princípio clássico do *laissez-faire* (WEBER, 2017, p. 7, tradução nossa). Entusiastas dessa abordagem, diz Weber, argumentam que quanto mais fluxos de dados um país experimenta, maior o impacto positivo para sua produtividade interna – e isso independentemente da direção do fluxo dos dados.

A segunda é a do “quanto mais aberto melhor” (WEBER, 2017, p. 7, tradução nossa). O raciocínio aqui é ligeiramente diferente daquele que subjaz a abordagem anterior, mas a política defendida é a mesma. Se por um lado, seus defensores reconhecem que o desequilíbrio do fluxo de dados configura um problema, por outro veem a imposição de qualquer tipo de restrição ao livre fluxo de dados como prejudicial ao ecossistema de inovação nacional. Logo, o melhor mesmo seria estimular a competição entre todas as firmas, domésticas e estrangeiras, abertamente.

Como contraponto, a abordagem do “nacionalismo de dados” (WEBER, 2017, p. 7, tradução nossa), tal qual sugere seu nome, defende que o ideal para o desenvolvimento de um país é a adoção de uma política protecionista em relação aos dados produzidos em território nacional. Tal decisão significaria restringir a extração e transferência de dados para o exterior, visando justamente canalizá-los para o desenvolvimento de um ecossistema tecnológico autóctone.

Entretanto, a escolha por uma abordagem nacionalista em relação aos dados implica, forçosamente, uma série de externalidades que podem torná-la pouco ou mesmo nada desejável. Afinal, como toda política protecionista, na medida em que visa criar limitações a produtos estrangeiros com o objetivo de desenvolver a matriz produtiva nacional, ela acaba privando certos estratos sociais, particularmente os de maior renda, do acesso a bens de última

geração, como já mencionamos na seção 2.4. Isso, via de regra, redundaria em pressões políticas internas significativas.

Para ficarmos numa amostra simples, mas ilustrativa, desse tipo de projeção na seara dos dados, pensemos sobre a decisão de alguém que resolve trocar o Google por outros buscadores. Quem já teve essa experiência certamente pôde notar a diferença abissal de eficiência entre estes e aquele. Mais do que o algoritmo utilizado, o aspecto crucial por trás dessa disparidade reside no volume de dados pessoais sob posse do buscador da Alphabet, fator que permite a oferta de um serviço extremamente otimizado. Essa mesma lógica podemos estender a uma série de outros aplicativos de ramos os mais variados. Consideremos, por exemplo, aplicativos de transporte, de diagnóstico médico e de gestão de lavouras. Todos dependem do uso de dados para, respectivamente, realizar corridas mais rápidas, prever com antecedência doenças em um perfil populacional e recomendar a administração dos insumos agrícolas segundo determinadas variáveis. Uma política nacionalista de dados poderia, assim, prejudicar, ao menos temporariamente, a qualidade desses e outros tipos de serviços da economia digital, impactando a satisfação de consumidores.

É por isso que Weber (2017) assevera, com uma certa dose de realismo, que caso não haja de imediato uma estratégia ativa para o desenvolvimento de firmas nacionais com a finalidade de competir com firmas estrangeiras da vanguarda tecnológica, talvez o melhor mesmo seja simplesmente manter as coisas como estão.

Uma espécie de meio-termo em relação a uma abordagem integralmente protecionista seria a adoção de legislação que obrigue que os dados coletados por firmas estrangeiras sejam armazenados em território nacional. Weber (2017) pondera que isso obrigaria a construção de CPDs domésticos, o que poderia fomentar partes de um ecossistema de inovação local. De acordo com Couldry e Mejias (2019), alguns dos países que possuem leis desse gênero são Nigéria, Rússia, Vietnã, os membros da União Europeia e China. No caso do Brasil, a Lei Geral de Proteção de Dados, que vem a ser a principal norma jurídica sobre o tema, não prevê esse tipo de obrigação (BRASIL, 2018a)

De todo modo, e caminhando para o fim desta subseção, acreditamos ser relevante meditarmos sobre as estratégias propostas por Weber (2017, p. 19) que poderiam levar um país *que seja desenvolvido* a superar a relação de dependência tecnológica nos marcos do modelo extrativista de dados. Elas somam quatro no total.

A primeira delas seria isolar-se das cadeias tecnológicas existentes com o intuito de criar uma cadeia nacional própria ou, eventualmente, uma cadeia regional (que poderia ser na

União Europeia ou, considerando o Brasil, na América do Sul). Uma iniciativa como essa implicaria os contratemos já mencionados na abordagem do nacionalismo de dados.

A segunda estratégia seria a de permanecer na cadeia tecnológica dos EUA (que é a hegemônica no mundo) enquanto se busca realizar a convergência tecnológica por meios próprios. A terceira estratégia seria similar e consistiria em se conectar com a cadeia tecnológica rival, no caso, a da China, em que a convergência poderia encontrar menos obstáculos.

Por fim, a quarta e última estratégia consistiria em diversificar a inserção entre as cadeias tecnológicas dos EUA e da China, visando maximizar as oportunidades para o desenvolvimento do ecossistema tecnológico nacional. Como se nota, trata-se da estratégia que soa como a mais hábil politicamente.

Concluimos esse imprescindível debate com a pergunta: “o desequilíbrio dos dados faz diferença para a trajetória nacional de desenvolvimento?”. Weber (2017) diz que a resposta escolhida pode significar uma das decisões mais importantes a serem tomadas na atualidade. O autor, no entanto, se diz cético quanto à possibilidade de um país realizar a convergência apenas inserido em uma cadeia tecnológica externa. E isso graças à dinâmica já descrita anteriormente, em que os dados coletados servem de insumos para a confecção de aplicações computacionais de alto valor agregado, o que faz com que a distância tecnológica entre os países avançados e os atrasados tenda apenas a aumentar.

De qualquer maneira, trata-se de uma pergunta a qual cada país deverá oferecer uma resposta contundente em algum momento e em consonância com seu próprio projeto nacional.

3 PANORAMA DA HISTÓRIA DAS POLÍTICAS DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO BRASIL

Nesta seção, buscamos apresentar, de maneira sintética, um histórico das políticas e iniciativas institucionais relativas à ciência e tecnologia⁵² no Brasil, começando por 1808, quando da vinda da Família Real portuguesa, até o Governo Temer (2016-18). A ideia, com isso, é a de proporcionar um panorama histórico referencial a partir do qual podemos conceber as políticas examinadas neste trabalho e, dessa forma, compreender melhor seu significado.

Para balizar nossa exposição historiográfica, tomamos como referência a periodização proposta por Rafael Dias (2009, p. 54), que estabelece 1951 como o ano da institucionalização da política de ciência e tecnologia (PCT) em nosso país. Essa escolha se deve ao fato de ser este o ano da criação do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico⁵³ (CNPq) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior⁵⁴ (Capes), os primeiros órgãos brasileiros de Estado voltados ao fomento sistemático da pesquisa científica.

É também com base no trabalho de Dias (2009) que concebemos a história da PCT brasileira em três fases: uma anterior a 1951, que abrange desde o período próximo da Independência, quando surgem os germes da PCT brasileira, até as primeiras décadas do período moderno, em que ela começa a ser estruturada de fato; outra que vai de 1951 até 1985, quando o Brasil vive o auge de seu período nacional-desenvolvimentista e na qual a PCT é tratada como um instrumento de desenvolvimento; e outra que vai de 1985 a 2018, quando a racionalidade neoliberal penetra a malha institucional do país e a PCT deixa de ser encarada como estratégica (DIAS, 2009; MOTOYAMA, 2004)

É essa periodização, inclusive, que motiva a divisão desta seção em três subseções atreladas a cada uma das fases apresentadas.

3.1 Os germes da PCT brasileira (pré-1951)

A chegada da Família Real portuguesa, em 1808, foi um acontecimento que acarretou o surgimento de uma série de instituições e práticas modernas no Brasil que

⁵² Utilizaremos a expressão “políticas de ciência e tecnologia” e não “políticas de ciência, tecnologia e inovação” pelo fato de o conceito de “inovação” ter sido assimilado de maneira oficial no Brasil apenas recentemente. Como já dissemos, consideramos 2011 como o marco dessa mudança, pois foi quando o “Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação” incorporou o termo em sua nomenclatura.

⁵³ Quando da sua criação, chamava-se Conselho Nacional de Pesquisas.

⁵⁴ Quando da sua criação, chamava-se Campanha Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

inexistiam à época. Entre elas, manufaturas (até então restringidas por lei), instituições monetárias (como o Banco do Brasil) e instituições de ensino – tripé este que possibilitou o surgimento dos primeiros germes do aparato técnico-científico brasileiro⁵⁵ (ALBUQUERQUE; SUZIGAN, 2008).

Logo em 1808 foram criadas a Escola de Cirurgia da Bahia, a Escola de Anatomia e Cirurgia do Rio de Janeiro e a Academia dos Guardas-Marinhas. Nos anos seguintes, foram inaugurados a Academia Militar (1810), o Laboratório Químico Prático do Rio de Janeiro (1812), o Museu Real⁵⁶ (1818) e o Laboratório de Física e Química (1824). Para Albuquerque e Suzigan (2008, p. 15), essa “primeira onda” de instituições de ensino e pesquisa no Brasil configuram um “início tardio do processo de acumulação científica”, que seria agravado por um quadro ideológico defasado de nossas elites dirigentes e pelas influências da Escravidão. Esse fato, somado ainda à nossa industrialização tardia, seria determinante para as limitações do futuro Sistema Nacional de Inovação brasileiro (ALBUQUERQUE; SUZIGAN, 2008; MOTOYAMA, 2004).

Posteriormente, a partir do terço final do século XIX, com o Brasil já tendo passado pela Independência, houve uma “segunda onda” na criação de instituições de ensino e pesquisa (ALBUQUERQUE; SUZIGAN, 2008). Algumas das mais importantes desse período foram a Escola de Minas de Ouro Preto (1875), a Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo (1886), a Escola Politécnica de São Paulo (1894), os Institutos Vacinogênico (1892), Bacteriológico (1893), Butantã (1899) e Manguinhos (1900), o Gabinete de Resistência de Materiais da Escola Politécnica de São Paulo⁵⁷ (1889) e a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (1901) (ALBUQUERQUE; SUZIGAN, 2008; MOTOYAMA, 2004).

Como já mencionado antes, a Escravidão teria influenciado o ritmo histórico no qual se deu a criação das instituições brasileiras de ensino e pesquisa. A grande abundância de força de trabalho escrava teria sido um fator de desestímulo à busca pelo progresso técnico voltado ao incremento da produtividade. Conforme assinalam Albuquerque e Suzigan (2008), citando Gilberto Freyre (2000), enquanto no Brasil vigorava a tração humana, na Europa e nos Estados Unidos já se verificava a transição da tração animal para a máquina a vapor. Assim, no pós-13 de Maio, mais incentivos teriam emergido para a promoção da inovação tecnológica,

⁵⁵ Até então, conforme assinala Schwartzman (1995), toda a pesquisa ocorrida em solo brasileiro era realizada por “naturalistas e exploradores europeus”. Inexistiam instituições voltadas à formação técnica ou à pesquisa. A pouca tecnologia existente era importada para ser incorporada nos setores dinâmicos da economia colonial como, por exemplo, o engenho de açúcar.

⁵⁶ Atual Museu Nacional.

⁵⁷ Que posteriormente culminou no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT-SP), fundado em 1934 (MOTOYAMA, 2004).

em um processo que também foi estimulado pelo esgotamento de depósitos minerais de fácil extração.

Na mineração, a escassez de mão de obra, agravada pela abolição da Escravatura em 1889, combinada com o esgotamento das jazidas superficiais, exigia uma melhor tecnologia de mineração, um maior grau de mecanização e uma melhor compreensão da química e da mineralogia. Da mesma forma, baixos rendimentos e escassez de mão de obra criaram a necessidade de aumentar a produtividade na agricultura e levaram ao estabelecimento de várias faculdades agrícolas e institutos de pesquisa. A Estação de Pesquisa Agropecuária de Campinas e a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ambas no estado de São Paulo), em particular, contribuíram de forma importante para melhorar a produtividade agrícola, especialmente de culturas de exportação como café, cana-de-açúcar e algodão. (DAHLMAN; FRISCHTAK, 1993, p. 416, tradução nossa).

Apesar do aparecimento de novas instituições, algumas das quais importantes até os dias atuais, o sistema de ciência e tecnologia no Brasil do começo do século XX ainda se encontrava em estágio rudimentar, além de desvinculado da noção de Ensino Superior (ALBUQUERQUE; SUZIGAN, 2008, p. 12). Boa parte das iniciativas tinham objetivos iniciais bastante pragmáticos, que se orientavam, basicamente, para o suporte à agricultura (como no controle de pragas e a melhoria de espécies vegetais) e à saúde pública (como no saneamento dos portos do Rio de Janeiro e de Santos) (SCHWARTZMAN, 1995).

Já na década de 1920⁵⁸, refletindo o clima mundial da Revolução Técnico-Científica, surgiram associações importantes, como a Academia Brasileira de Ciência (1922) e a Associação Brasileira de Educação (1924), além do Instituto Nacional de Tecnologia (INT) (1921). O Brasil também passou a assistir à sua “terceira onda” de instituições e pesquisa, que foi marcada pelo advento das universidades (ALBUQUERQUE; SUZIGAN, 2008; MOTOYAMA, 2004).

Em 1920, foi criada a Universidade do Rio de Janeiro, que, se não foi efetivamente a primeira universidade brasileira⁵⁹, foi ao menos a primeira mais duradoura. Ela surgiu com a incorporação das faculdades federais de Medicina e de Engenharia, e de uma faculdade de Direito – um expediente que acabou servindo de paradigma para a criação das universidades seguintes (CUNHA, 2000).

Uma delas foi a Universidade de São Paulo (USP), fundada em 1934 com a incorporação de diversas faculdades e institutos de pesquisa estaduais. O cerne de seu projeto,

⁵⁸ É também desta época (1919) a famosa visita de Albert Einstein ao Brasil para discutir sua Teoria da Relatividade junto à nascente comunidade científica local e para observar um eclipse solar na cidade de Sobral (CE) (MOTOYAMA, 2004).

⁵⁹ Conforme aponta Cunha (2000), as três primeiras universidades de fato no Brasil foram a Universidade de Manaus (1909), a “Universidade de São Paulo” (1911) – que não deve ser confundida com a atual Universidade de São Paulo – e a Universidade do Paraná (1912). A primeira e a segunda foram iniciativas particulares, enquanto a terceira foi fruto de ação estadual. Todas encerraram as atividades até meados da década de 1920.

no entanto, girava em torno da recém-criada Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras⁶⁰ (FFCL), que buscava refletir as aspirações liberais da elite paulista, preconizando a pesquisa básica e o saber integrado. Tratava-se ainda de um meio para disputar a hegemonia após a derrota de São Paulo na Revolução Constitucionalista de 1932 (CUNHA, 2000; MOTOYAMA, 2004).

Gradativamente, a ciência passava a adentrar o discurso político nacional. Com a Revolução de 1930 liderada por Getúlio Vargas e o início da configuração do Estado moderno no Brasil, uma série de órgãos estatais foram criados sob a inspiração de experiência de planificação estrangeiras, formando assim uma importante base para a posterior institucionalização da PCT brasileira. Paralelamente, o país também se industrializava, em processo iniciado durante o período da 1ª Guerra Mundial mediante um esforço de substituição de importações (DAHLMAN; FRISCHTAK, 1993; DIAS, 2009; MOTOYAMA, 2004).

Uma das instituições que mais simbolizaram a expansão da indústria no Brasil foi o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai), criado em 1942 para atender as demandas do setor. Ainda assim, conforme pondera Dias (2009), o processo brasileiro de industrialização não foi acompanhado por uma intensificação da demanda da PCT, sobretudo porque a indústria que por aqui grassava era baseada em bens de consumo, e não em bens de capital, cuja produção confere às atividades de pesquisa uma importância maior. Entretanto, o autor argumenta que, mesmo após a indústria de bens de capital ter fincado raízes no país, ainda assim a PCT continuou exercendo um papel marginal. Para ele, isso teria a ver com a racionalidade do empresariado brasileiro, que sempre preferiu a importação de novas tecnologias a desenvolvê-las por si próprio⁶¹.

Convém ainda mencionar uma experiência interessante de financiamento tecnocientífico ocorrida *ad hoc* no Brasil, que foram os chamados Fundos Universitários de Pesquisa para a Defesa Nacional (FUPs). Estes foram criados mediante campanha liderada pela USP para auxiliar as Forças Armadas brasileiras depois que embarcações nacionais foram torpedeadas por submarinos alemães, precipitando a entrada do Brasil na 2ª Guerra Mundial. Formados por aportes particulares e estatais, e contando com a colaboração técnica da FFCL, do IPT-SP e do INT, os FUPs financiaram o desenvolvimento de diversas tecnologias bélicas, sendo a mais notória delas um sonar para navios (MOTOYAMA, 2004).

⁶⁰ Atual Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH).

⁶¹ Tal afirmação, aliás, coaduna com a ideia de que no Brasil se formou uma classe dominante que busca perpetuar a relação de dependência do país no mercado mundial, conforme destacamos na subseção 2.4.

O crescente sentimento de autoconfiança da comunidade científica paulista durante o esforço de guerra acabou culminando em reivindicações por mecanismos próprios de fomento à pesquisa. Foi assim que, em 1947, durante a formação da nova Constituição estadual de São Paulo, conseguiu-se a aprovação de um artigo que obrigava o Estado a contemplar essa demanda. Apesar da vitória momentânea, a comunidade científica só foi ver a nova instituição se materializar em 1962, com a criação da Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo (Fapesp).

3.2 A institucionalização da PCT brasileira (1951-1985)

A década de 1950 foi um momento-chave para a modernização do Brasil. A expansão industrial, que já vinha ocorrendo ao menos desde a década de 1920, ganhou novo fôlego e se diversificou. Com o Plano de Metas, lançado no Governo Kubitschek (1955-61), grandes multinacionais chegaram ao país, ao mesmo tempo em que firmas industriais locais foram beneficiadas por políticas protecionistas. O setor de bens de capital passou a ter maior proeminência. De 1947 a 1964, enquanto a agricultura cresceu 47%, a indústria mais do que dobrou: 262%. Essa rápida transformação gerou novas demandas institucionais, do qual a criação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico⁶² (BNDE), em 1952, foi um dos grandes símbolos (DIAS, 2009; DAHLMAN; FRISCHTAK, 1993; MOTOYAMA, 2004).

Ao mesmo tempo, a ciência, enquanto força produtiva, vivenciava um momento de grande prestígio. Conforme observa Schwartz (1995, não p.), havia no Brasil uma ideia de que “o país se modernizava a passos largos” e que “a pesquisa científica, se suficientemente apoiada, seria decisiva para resolver os problemas de desenvolvimento”⁶³. Para isso, a comunidade científica brasileira, referenciada na Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), criada em 1948, desempenhava uma função bastante ativa⁶⁴. Tudo isso se dava em um clima em que a ciência gozava de grande prestígio político e social em razão da 2ª Guerra Mundial, na qual a tecnologia teve papel decisivo. Também causou grande impacto a

⁶² Atual Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

⁶³ Esse sentimento otimista em relação à ciência também se refletia na Sociologia. É dessa época a ocorrência de um famoso debate entre Florestan Fernandes e Guerreiro Ramos sobre os rumos que a disciplina deveria tomar no Brasil. Enquanto o primeiro, entre outras coisas, defendia dar prioridade às boas práticas acadêmicas, o segundo advogava abertamente que a pesquisa sociológica deveria ser voltada para auxiliar a superação do subdesenvolvimento brasileiro (BARIANI, 2006).

⁶⁴ Para saber mais sobre a trajetória da SBPC desde a época do seu surgimento, passando pelo Regime Militar até o período da redemocratização, ver Fernandes (1990).

publicação do relatório *Science: The Endless Frontier*, nos Estados Unidos, que se tornou uma referência para a concepção da ciência no âmbito das políticas de Estado (DIAS, 2009).

Foi nessa conjuntura que surgiram, em 1951, o Conselho Nacional de Pesquisas⁶⁵ (CNPq) e a Campanha de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior⁶⁶ (Capes). O primeiro foi criado “para promover e estimular o desenvolvimento da investigação científica e tecnológica em qualquer domínio do conhecimento” (BRASIL, 1951b, não p.), e sempre se notabilizou pela autonomia financeira e administrativa. Seu surgimento também esteve ligado à aspiração dos militares por acessar o domínio da produção da energia atômica, intento este que posteriormente acabou arrefecendo (DIAS, 2009; MOTOYAMA, 2004).

Já a Capes nasceu com o objetivo de “assegurar a existência de pessoal especializado em quantidade e qualidade suficientes para atender às necessidades dos empreendimentos públicos e privados que visam ao desenvolvimento do país” (BRASIL, 1951a, não p.). Historicamente, o órgão se notabilizou pela avaliação dos programas de pós-graduação *stricto sensu*, pelo acesso e divulgação da produção científica, pelos investimentos na formação de recursos de alto nível e pela promoção da cooperação científica internacional (DIAS, 2009, p. 57).

Também na mesma época foram criadas no Brasil diversas outras instituições importantes ligadas à ciência e tecnologia. Entre elas se destacaram o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (1949), o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA) (1950) e o Centro Tecnológico da Aeronáutica (1950). Trata-se da “quarta onda” do surgimento de instituições de ensino e pesquisa na classificação de Albuquerque e Suzigan (2008).

Com a chegada da década de 1960, o estado de São Paulo finalmente viu seu instrumento de fomento à pesquisa se materializar com a aprovação da Lei nº 5.918 de 1960, que regulamentou o artigo 123 da Constituição Paulista (SÃO PAULO, 1960). Com isso era criada a Fapesp, que só iria funcionar efetivamente a partir de 1962, tendo à sua disposição recursos equivalentes a 0,5% de todo o orçamento estadual (e os quais seriam elevados a 1% em 1989). Mais ou menos na mesma época, mas no âmbito federal, o Governo Goulart se movimentava para criar outro órgão que representaria um marco da área: o Ministério de Ciência e Tecnologia. Em 1964, um anteprojeto de lei com a proposta chegou a tramitar no Congresso Nacional, mas acabou não prosperando após a derrubada do governo em março do mesmo ano (MOTOYAMA, 2004).

⁶⁵ Atual Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

⁶⁶ Atual Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

O Brasil adentrou então o período do Regime Militar (1964-85), o resultado do acirramento das tensões político-sociais brasileiras, agravadas pelo clima de Guerra Fria, e que marcou uma ruptura política com o trabalhismo varguista. Foram nesses anos, contudo, que a maior parte do sistema de ciência e tecnologia do Brasil foi edificado, tornando-se o maior da América Latina (MOTOYAMA, 2004; SCHWARTZMAN, 1995). Foi também nesse período que ocorreu a quinta e última onda da criação de instituições científicas na tipologia proposta por Albuquerque e Suzigan (2008).

No Governo Castelo Branco (1964-67), a prioridade governamental foi dada à estabilização dos indicadores macroeconômicos, com a adoção de medidas para o controle da inflação e de cortes de investimentos. Mesmo assim, houve espaço para a criação, no seio do BNDE, do Fundo de Desenvolvimento Científico Tecnológico (Funtec), que tinha a missão de financiar pesquisadores e profissionais de alto nível e, assim, fortalecer os setores de pesquisa e desenvolvimento das empresas nacionais (DIAS, 2009; MOTOYAMA, 2004).

Com a economia estabilizada, o Governo Costa e Silva (1967-69) pôde alavancar o processo de institucionalização da PCT brasileira, passando inclusive a incorporá-la no discurso. Um dos sinais dos novos tempos foi o destaque que a Ciência e Tecnologia (C&T) ganhou na Constituição Federal promulgada em 1967. Ainda neste ano, o governo pôs em prática a “Operação Retorno” com o propósito de repatriar pesquisadores ao Brasil, no que acabou sendo bem-sucedido (DIAS, 2009; MOTOYAMA, 2004).

Outra iniciativa de relevância do Governo Costa e Silva foi a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), uma empresa pública criada também em 1967. Seu objetivo era o de fomentar o desenvolvimento tecnológico e a inovação entre empresas e centros de pesquisa, além de implantar cursos de pós-graduação em universidades, sinalizando assim o início do processo de articulação entre PCT e o sistema produtivo nacional (ALBUQUERQUE; SUZIGAN, 2008). Para Dias (2009), a diversidade das fontes de receita e o contínuo apoio estatal fez do órgão um dos mais importantes atores do sistema brasileiro de C&T.

Logo no ano seguinte, ratificando a prioridade que o governo dava à área científica e tecnológica, foi lançado o Programa Estratégico de Desenvolvimento, pensado para o biênio 1968-69. Foi no bojo do programa que se deu a criação de outro instrumento institucional de importância vital: o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT). Colocado sob a administração da Finep, o fundo foi estruturado em torno de receitas oriundas de diversas fontes (como orçamento oficial, incentivos fiscais e doações), o que garantia sua estabilidade (MOTOYAMA, 2004).

O Governo Médici (1969-1974) não trouxe tantas novidades para a C&T como no governo anterior, mesmo que tenha havido iniciativas importantes. Uma delas foi a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), logo em 1973, que passou a ser instrumento relevante para o desenvolvimento do agronegócio brasileiro. Foi ainda nessa época que houve uma ampla expansão universitária, com a criação de universidades federais e estaduais em todas as regiões do país (MOTOYAMA, 2004).

Outro marco significativo do Governo Médici foi o início dos Planos Nacionais de Desenvolvimento (PND), iniciativa que refletia a mentalidade nacional-desenvolvimentista dos militares. O 1º PND, de 1972, trazia consigo o Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCT), o que, mais uma vez, reforçava a visão estratégica do regime em relação à C&T. Voltado para os anos de 1973 e 1974, o 1º PBDCT buscava fortalecer a competição brasileira em setores prioritários, com atenção maior à indústria de alta intensidade tecnológica, além de sanar lacunas existentes em áreas já estabelecidas. Nesse período, o FNDCT foi fortalecido e o volume de recursos para a PCT aumentou expressivos 548% em relação a 1968 (DIAS, 2009).

Outro aspecto crucial é que o plano almejou implementar a ideia de “inovação”, buscando estreitar os laços entre empresas e universidades, e, assim, fortalecer a capacidade de absorção e criação de tecnologia por firmas nacionais. Tratava-se, assim, da primeira vez que o Estado brasileiro visava incentivar os grandes empresários do país a investir em pesquisa (DIAS, 2009; SALLES FILHO, 2002)

Já o Governo Geisel (1974-79) levou o Brasil ao auge do período nacional-desenvolvimentista. Sua política científica se notabilizou pelo lançamento do 2º PBDCT, projetado com um orçamento duas vezes maior em relação ao primeiro, e que fazia parte do 2º PND. Uma novidade do plano é que pela primeira vez preocupações sociais e ambientais eram conjugadas com políticas de ciência e tecnologia. Além disso, o 2º PBDCT também traduzia o forte ímpeto nacionalista do regime, com as firmas nacionais sendo tratadas como prioritárias, enquanto as multinacionais eram encaradas como um obstáculo (DAHLMAN; FRISCHTAK, 1993; DIAS, 2009).

Diversas outras iniciativas de monta relativas à C&T foram efetuadas durante o Governo Geisel. Algumas delas foram a criação de centros de pesquisa vinculadas às grandes estatais, entre as quais, a Petrobras, a Telecomunicações S.A. (Telebrás), a Empresa Brasileira de Aeronáutica (Embraer), as Empresas Nucleares Brasileiras (Nuclebrás), as Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobras), a Siderurgia Brasileira (Siderbrás) e a Companhia Vale do Rio Doce (MOTOYAMA, 2004, p. 341). Outro programa de grande importância foi o Programa Nacional

do Álcool (Proálcool), lançado em 1975 para contornar os choques do preço do petróleo e possibilitar combustível extraído do álcool da cana-de-açúcar a automóveis. Ainda nessa seara, cabe citar o Plano Nacional de Pós-Graduação, que visava criar 16.800 mestres e 1.400 doutores no país, e a parceria firmada com a Alemanha para a construção das usinas nucleares de Angra, ambos ocorridos também em 1975 (DIAS, 2009; MOTOYAMA, 2004; SCHWARTZMAN, 1995).

Finalmente, o Governo Figueiredo (1979-1985), o último do Regime Militar, foi marcado pela crise econômica, fruto do estouro da dívida externa. Assim como no Governo Castelo Branco, a prioridade foi dada para medidas de estabilização de indicadores macroeconômicos, o que culminou na restrição a investimentos. Inevitavelmente, a área de C&T acabou afetada negativamente (DIAS, 2009).

No período, também foi lançado o 3º PBDCT, como parte do 3º PND, o último dos planos nacionais de desenvolvimento. A grande novidade dessa vez foi a predominância de diretrizes gerais ao invés de ações concretas. O plano ainda destacava a necessidade de medidas para a formação de recursos humanos, sem se preocupar, porém, com a expansão da demanda. Era “ciência mais que tecnologia, e tecnologia mais que inovação”, conforme assinala Sergio Salles Filho (2003, p. 408). Até por isso, Dias (2009) aponta que esse momento histórico marcou a volta da Comunidade de Pesquisa brasileira ao comando da PCT do país, que até então se situava sob o controle do corpo de técnicos do governo.

Para Schwartzman (1995), a PCT brasileira durante o Regime Militar pode ser caracterizada por quatro fatores: abundância de recursos, flexibilidade institucional, tensão entre os vieses nacionalista da área de C&T e cosmopolita da área econômica, e critérios frouxos na avaliação e acompanhamento das pesquisas.

Já Shozo Motoyama (2004) aponta que algumas das questões mais críticas do período foram o desenvolvimento baseado no alto endividamento externo, a ausência de articulação entre PCT e área econômica, e a falta de valorização da C&T por parte da sociedade brasileira.

Dias (2009), por seu turno, destaca o espírito nacionalista dos militares que os inspiraram a conceber um projeto de autonomia tecnológica, além de uma afinidade eletiva existente entre as racionalidades da comunidade científica e dos militares, fato que facilitou a parceria entre ambos.

3.3 A PCT no pós-1985

Os anos posteriores ao fim do Regime Militar podem ser considerados como a transição do nacional-desenvolvimentismo para o neoliberalismo no Brasil. O período também foi marcado pelo início da espiral inflacionária e pela crise da dívida externa, dois fatores que causaram prejuízos econômicos de longa duração ao país⁶⁷. Mesmo assim, houve importantes inovações no âmbito institucional para a PCT brasileira.

A primeira delas foi a criação do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), em janeiro de 1985, no Governo Sarney (1985-1990). A nova pasta buscou fazer um redirecionamento de ações e recursos no âmbito da PCT com o intuito de aproveitar janelas de oportunidade tecnológicas em setores como o da química fina, novos materiais, microeletrônica, entre outros. Porém, tal qual aponta Maria Baumgarten (2003), a nova política não foi acompanhada de instrumentos financeiros que tornassem possível sua efetivação. Além disso, o MCT passou por um período intenso de instabilidade: em 1989, quatro anos após ser criado, acabou fundido ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio, mas dois meses depois, foi separado e tornou-se uma secretaria especial. Ainda em 1989, retomou o status de ministério, mas logo voltou a ser uma secretaria. Foi só em 1992, já com Itamar Franco na Presidência, que a condição de ministério foi restituída uma vez mais, permanecendo dessa forma até os dias atuais. Durante todo esse tempo, coube ao CNPq – que, como a Finep, já havia sido incorporado ao MCT – gerir, de fato, a PCT brasileira (BAUMGARTEN, 2003; DIAS, 2009).

Outra novidade da segunda metade da década de 1980 foi a ratificação do artigo 218 na Constituição Federal de 1988, que conferiu à PCT um caráter constitucional⁶⁸. Além do mais, a nova carta magna também proporcionou o surgimento de secretarias de C&T e de fundações de amparo à pesquisa (FAP) por quase todos os estados do país, em um processo que contou com participação efusiva da sociedade civil e da SBPC em particular. Entretanto, no que diz respeito às FAPs, apesar de as Constituições Estaduais previrem repasses entre 0,5% e 2% do orçamento ou da receita líquida dos Estados, foram raras as vezes em que isso ocorreu nos anos seguintes. Em muitos casos, os artigos constitucionais sequer foram regulamentados em leis orgânicas (BAUMGARTEN, 2003).

Uma terceira inovação institucional dessa época que merece ser citada foi a aprovação do 1º Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT). Gestado ao longo de 1984 junto ao Banco Mundial, e abrangendo o sextênio 1985-90, o programa teve como escopo central o estímulo aos gastos privados em C&T e ao estreitamento

⁶⁷ Não à toa, a década de 1980 é conhecida como “a década perdida” (SCHWARTZ, 1995).

⁶⁸ Posteriormente, em 2015, o conceito de “inovação” foi assimilado no artigo.

entre universidades e empresas, uma tendência que seria seguida pelos 2º e 3º PADCT (1990-95 e 1997-2002, respectivamente) (DIAS, 2009).

Com o Governo Collor (1990-92), tem-se início o neoliberalismo no Brasil, cujo grande marco foi a abertura comercial. Todo o arcabouço institucional econômico foi redesenhado de maneira a priorizar os investimentos estrangeiros, sob um forte discurso de modernização e de enxugamento de gastos públicos. Somado à persistência da crise econômica, esse cenário levou à secundarização das políticas de C&T. Como já dito antes, foi nessa época que o MCT foi extinto, tornando-se secretaria. Entretanto, essa mudança seria desfeita logo no Governo Itamar (1992-94). Outro importante feito dessa época foi a Lei nº 8.661/93, que retomou os mecanismos de incentivo fiscal para as atividades de pesquisa e desenvolvimento, consistindo em uma precursora de futuros instrumentos jurídicos consagrados da área, como a Lei da Inovação e a Lei do Bem (BRASIL, 1993, 2004, 2005)

Já no Governo Fernando Henrique Cardoso (FHC) (1995-2002), o receituário neoliberal foi aplicado com vigor ainda maior, com a realização de uma série de reformas administrativas e privatizações, o que acabou restringindo as atividades de atores importantes para a C&T nacional, como estatais, universidades e institutos públicos de pesquisa (DAGNINO; SERAFIM, 2011). O período ainda se notabilizou pela aplicação com maior ênfase do Programa de Apoio à Capacitação Tecnológica da Indústria (PACTI), criado em 1992, e que tinha como mote institucional a cooperação universidade-empresa. Além disso, também foi nessa época que o discurso da “inovação” começou a ganhar força significativa, com termos como “empreendedorismo”, “incubadoras” e “parques tecnológicos” tornando-se cada vez mais comuns (DIAS, 2009).

Possivelmente, a iniciativa da época de maior impacto para a C&T brasileira foi a criação dos Fundos Setoriais em 1999. Alocados no âmbito do FNDCT, e gerenciados pela Finep, eles representaram uma inovação considerável ao fomentar a C&T em setores específicos⁶⁹ e sempre com forte estímulo à inovação junto a empresas. Além disso, suas receitas independem de repasses do orçamento da União, sendo compostas por *royalties* de atividades de extração de recursos naturais e parcelas do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE) (BAUMGARTEN, 2003; DIAS, 2009; FINEP, [202-]).

⁶⁹ Atualmente há 16 fundos setoriais: CT-Inovar-Auto, CT-Aeronáutico, CT-Agronegócio, CT-Amazônia, CT-Aquaviário, CT-Biotecnologia, CT-Energia, CT-Espacial, CT-Hidro, CT-Info/Cati, CT-Infra, CT-Mineral, CT-Saúde, CT-Petro, CT-Transporte e CT-Verde Amarelo (FINEP, [202-]).

Outros marcos do setor durante o Governo FHC foram a instituição do Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia, em 1996, a criação do programa Institutos do Milênio, em 1998, e a realização da 2ª Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia em 2001⁷⁰ (BAUMGARTEN; 2003, DIAS, 2009).

Por sua vez, o Governo Lula (2003-2010) logo em seu primeiro ano introduziu a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior sob a justificativa de conferir competitividade à indústria brasileira no mercado mundial. Um dos diferenciais da iniciativa foi a ênfase dada aos setores de alta tecnologia (como o de programas de informática, semicondutores e fármacos) e às exportações. De acordo com Dias (2009), alguns dos elementos dessa política também puderam ser identificados no Plano de Ação do MCT para o período de 2004-2007. Entre outros pontos, o plano buscava orientar a geração de ciência, tecnologia e inovação não só para o desenvolvimento econômico, mas também para a redução das mazelas sociais do país.

A aprovação da Lei da Inovação em 2004 representou outra medida expressiva. Foi a partir dela que universidades passaram a criar os Núcleos de Inovação Tecnológica, permitindo o estabelecimento de parcerias junto a empresas na realização de pesquisas, com direito ao compartilhamento de instalações, equipamentos e pessoal. Um aspecto salientado por Dias (2009) é que a lei não apresenta uma definição clara entre empresa nacional e estrangeira, de forma que qualquer empresa instalada no Brasil – mesmo uma multinacional com sede no exterior – é considerada “nacional” e, portanto, apta a gozar dos benefícios previstos legalmente. Já em 2005, foi aprovada a Lei do Bem, que trouxe novos mecanismos de incentivo fiscal à inovação tecnológica nas empresas, podendo ser considerada como um complemento à Lei de Inovação (DIAS, 2009).

O período que abarca o Governo Dilma Rousseff (2011-2016) teve como um dos destaques a criação da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, que deu continuidade ao PACTI. Criado no âmbito do Plano Brasil Maior, a estratégia apontou como prioritários os setores das TICs, dos fármacos, do complexo industrial da saúde, petróleo e gás, do complexo industrial da defesa e aeroespacial, além da economia verde e energia limpa (LEMONS; CÁRIO, 2013; MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 2012)

Foi também no Governo Dilma que o MCT passou a se chamar “Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação”, simbolizando a incorporação do conceito de inovação

⁷⁰ A primeira edição foi realizada em 1985.

enquanto política de Estado. Mais iniciativas da área de C&T de destaque no período foram o lançamento do programa Ciências sem Fronteiras, em 2011, e a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii), em 2013 (SANTANA; SILVA, 2019).

Por fim, o Governo Temer (2016-18) foi marcado por cortes drásticos no orçamento da União, com a área de C&T não ficando de fora. Um dos principais responsáveis pelo cenário foi a aprovação logo em 2016 da Emenda Constitucional 55/2020, apelidada na mídia de “PEC do Teto de Gastos”, que limitou por 20 anos os investimentos do Governo Federal (MACÁRIO; REIS, 2020).

Para Dias (2009, p. 41), a partir da década de 1990, a Comunidade de Pesquisa se tornou o ator dominante na concepção da PCT brasileira, até porque a utilização desta enquanto política-meio “parece ter sido abandonada” no país. Trocando em miúdos, é possível dizer, ecoando mais uma vez Dias (2009), que a política de ciência e tecnologia brasileira teria se tornado uma política-fim, ou, no máximo, se restringido à geração da inovação tecnológica, sem se fiar aos impactos concretos que poderia gerar em outros indicadores nacionais. Tal fato, assim, a colocaria em contradição com um de seus pressupostos mais fundamentais: a de servir de *política-meio* para o desenvolvimento de outros setores da sociedade, conforme já afirmamos previamente.

4 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

4.1 Definição

O século XX havia apenas começado, em junho de 2001, quando chegava aos cinemas “I.A. – Inteligência Artificial”, filme dirigido pelo consagrado diretor estadunidense Steven Spielberg. No posto de personagem principal da trama está David, um menino-robô projetado pela empresa Cybertronics que é vendido a uma mãe desalentada por ver-se com seu único filho desenganado. Todas as características humanas eram possíveis de ser encontradas em David: de feições e trejeitos a comportamentos aparentemente racionais e emocionais. Conforme o título do filme enseja, David só foi possível de existir por ser dotado de uma *inteligência artificial* (SPIELBERG, 2001).

Estamos no início da década de 2020 e os avanços técnicos alcançados já nos possibilitam interagir de forma rotineira com diversas interfaces que operam com base em inteligência artificial (IA) – ainda que, ao menos por ora, nenhuma delas se assemelhe a David. Tais interações se dão quando falamos por telefone com atendentes virtuais para tratar de nosso plano de celular, solicitamos um táxi por aplicativo que nos direcionará o carro mais próximo, cruzamos com propaganda na internet de um curso sobre um assunto que nos interessa ou mesmo quando perdemos uma partida de xadrez para uma máquina ao estilo Garry Kasparov⁷¹.

A partir dessas amostras, já nos é possível ter uma ideia mínima sobre ao que nos referimos quando falamos de IA hoje. Basicamente, trata-se de programas de computador que realizam tarefas tradicionalmente executadas por seres humanos. Como veremos a seguir, boa parte das definições acadêmicas giram em torno dessa ideia.

Um dos pais dos estudos sobre inteligência artificial, o cientista estadunidense John McCarthy, afirmou, em 1955, que o “problema” do campo de pesquisa que ele e seus colegas haviam recém-criado era o de fazer “uma máquina se comportar de formas que poderiam ser consideradas inteligentes caso um ser humano se comportasse de maneira igual” (MCCARTHY *et al.*, 1955, não p., tradução nossa). No início da década de 1990, Elaine Rich e Kevin Knight, autores de um dos livros canônicos da área (COZMAN; NERI, 2021), não ofereceram uma definição tão diferente assim. Para eles, a inteligência artificial seria simplesmente o “estudo de como fazer os computadores realizarem coisas que, no momento, são mais bem feitas por pessoas” (KNIGHT; NAIR; RICH, 2010, p. 1, tradução nossa).

⁷¹ Referência à primeira vez que um campeão mundial de xadrez perdeu para um programa de computador, na partida entre Garry Kasparov e o programa desenvolvido pela IBM *Deep Blue*, em 1995.

Ajay Agrawal, Joshua Gans e Avi Goldfarb (2019) também seguem a mesma linha e conceituam a IA como “a teoria e o desenvolvimento de sistemas computacionais capazes de realizar tarefas que normalmente requerem a inteligência humana” (AGRAWAL; GANS; GOLDFARB, p. 140-141, tradução nossa). Já Jerry Kaplan (2016) propõe uma definição de caráter mais técnico. Segundo o autor, a essência da IA é “a habilidade em fazer generalizações apropriadas em tempo hábil com base em uma quantidade limitada de dados” (KAPLAN, 2016, p. 5, tradução nossa).

A definição de Kaplan, aliás, é a que acreditamos ser a mais precisa entre as mencionadas. Isso porque ela declina de tomar a natureza humana como parâmetro, o que, em tese, contribui para inibir certas elucubrações fantasiosas – como aquelas que especulam o surgimento de máquinas sencientes como um subproduto do desenvolvimento da IA. O episódio envolvendo o robô conversacional LaMDA⁷², da Google, é um ilustre exemplo desse ponto de vista.

Essa exótica questão em torno da natureza da IA nos permite expor uma primeira problematização acerca do tema: a objeção à ideia de que a inteligência artificial seja, de fato, uma inteligência. Desfazer essa espécie de “mal-entendido” é um dos atos mais comuns entre os autores que se colocam a escrever sobre esse campo e conosco não é diferente.

As raízes desse debate parecem estar no filósofo francês René Descartes. Segundo o cânone do pensamento ocidental, foi o autor de “Discurso do Método” o primeiro a promover um corte metodológico no processo cognitivo humano, separando “sujeito” (a pessoa que pensa) de “objeto” (pensamento). Assim, sua elaboração filosófica, sintetizada na célebre frase “*cogito ergo sum*”, acabou abrindo espaço para que a ciência pudesse enveredar sobre as áreas cognitivas e, entre outras coisas, passasse a conceber a “inteligência” como uma espécie de “dimensão única” (CAVALCANTE; MOSCATO, 2021). Para Kate Crawford (2021), é essa “ideologia cartesiana” a responsável pelas mistificações que tratam os sistemas baseados em IA como “cérebros desencarnados que absorvem e produzem conhecimento de forma independente” (CRAWFORD, 2021, p. 215, tradução nossa).

Da nossa parte, acreditamos que o raciocínio de Veridiana Cordeiro (2021) nos parece didático e coeso o suficiente para endereçar a questão. “Se”, diz a autora, “a ‘inteligência’ é a capacidade de tomar ações corretas no momento correto, compreendendo contextos para a ação e dispendo de capacidade para agir”, logo “a principal característica da

⁷² No dia 11 de junho de 2022, o Washington Post publicou entrevista de grande repercussão com o engenheiro da Google Blake Lemoine na qual este afirma que o robô conversacional LaMDA (sigla em inglês para “Modelo de Linguagem para Aplicações de Diálogo”), criado pela empresa em que trabalhava, seria senciente. Lemoine acabou demitido semanas depois (ARBULU, 2022; TIKU, 2022).

inteligência é associar esses contextos à ação” (CORDEIRO, 2021, p. 210). Definitivamente, não é assim que a IA funciona. Como informa a própria Cordeiro (2021, p. 210), esta não seria outra coisa que apenas “um *software* programado para, ao ser executado, tomar as decisões corretas”. E, no caso da IA hegemônica dos dias atuais⁷³, essas decisões são tomadas de forma automatizada a partir da interação com uma quantidade enorme de dados, visando, conforme nos lembram Claudia Rebechi, Rafael Grohmann e Roseli Figaro (2021, p. 3, no prelo), “a predição para o controle das funcionalidades” – isto é, a execução otimizada de tarefas previamente programadas.

O grande responsável por ativar toda essa cadeia de operações por trás da inteligência artificial é o *algoritmo*, certamente o elemento técnico mais famoso e, possivelmente, o mais crucial para o funcionamento dessa tecnologia. Cordeiro (2021, p. 210) apresenta duas definições para este: 1) “códigos de comando que instruem como o computador deve proceder de uma maneira ótima”; e 2) “procedimentos que solucionam problemas a partir de um número de passos sem mobilizar quaisquer tipos de ambiguidade”. Já Jaime Sichman (2021, p. 38), a partir de uma elaboração mais simples, define algoritmo como uma “sequência finita de ações que resolve um certo problema”. De maneira que tanto uma receita culinária quanto o conjunto de cálculos para se chegar ao melhor lance em uma partida de xadrez seriam exemplos de algoritmo.

Ou seja, a inteligência artificial “não é um autômato pensante, mas um algoritmo que realiza reconhecimento de padrões” (JOLER; PASQUINELLI, [2020], não p., tradução nossa). Ou, como coloca Dan McQuillan (2018), que enfatiza o modelo estatístico por trás de um comportamento da máquina percebido como inteligente: “trata-se simplesmente de minimização matemática” (MCQUILLAN, 2018, não p., tradução nossa).

Desse modo, podemos afirmar categoricamente que, em termos de *natureza*, um robô conversacional de última geração não difere em nada de uma televisão com controle remoto dos anos 1990. A diferença, evidentemente, está na capacidade do primeiro de imitar a inteligência humana, o que, como bem lembram Elizabeth Cavalcante e Lucas Moscato (2021), em interessante texto que medita sobre as implicações jurídicas de dispositivos baseados em IA, é bem diferente de desenvolver um raciocínio, isto é, operacionalizar uma inteligência real. Os autores vão inclusive mais longe. Evocando o pensamento aristotélico, trazem à baila o conceito de *autonomia* para debater a noção de inteligência. Assim, para ambos,

⁷³ Durante toda esta subseção, as menções à IA se referirão àquela baseada na técnica de Aprendizado de Máquina, sobre a qual trataremos em detalhes mais adiante.

em uma análise comparativa entre a autonomia humana e a autonomia robótica atual, as escolhas humanas seriam a expressão máxima da autonomia do sujeito, enquanto as escolhas feitas por meio da IA ocorreriam de forma algorítmica, ou seja, *sem a interferência de elementos como desejo, emoção, introspecção ou empatia*. (CAVALCANTE; MOSCATO, 2021, p. 317, grifo nosso).

É claro que a discussão em torno da natureza da IA e, mais precisamente, em torno do conceito de “inteligência” poderia ser estendida a uma série de outros autores, que exploram novos argumentos e diferentes pontos de vista. Ao nosso ver, porém, a compreensão de que um comportamento “inteligente” emana, necessariamente, de fatores como “desejo, emoção, introspecção ou empatia”, além de ser fruto de uma racionalidade que associa “contextos à ação”, já é o suficiente para demarcarmos nossa posição quanto a essa suposta controvérsia.

4.2 Breve história

Mais do que Descartes, talvez o grande responsável por proporcionar o debate sobre a natureza inteligente de máquinas tenha sido quem, de fato, cunhou o termo “inteligência artificial”; no caso, o já mencionado John McCarthy. Tivesse o cientista optado por um nome mais fidedigno aos aspectos técnicos da tecnologia – como “Processamento Simbólico” ou “Computação Analítica”, conforme sugere Kaplan (2016, p. 17) – é possível que a percepção pública sobre a IA fosse diferente⁷⁴.

Atribui-se a um seminário realizado ao longo de oito semanas em 1956, na Faculdade de Dartmouth, nos Estados Unidos, sob o título “Projeto de Pesquisa de Verão em Inteligência Artificial de Dartmouth”, o marco inaugural desse ramo da computação. A atividade reuniu diversos pesquisadores que vieram a se tornar consagrados na área, como Marvin Minsky, Alan Newell e Herbet Simon, além do próprio John McCarthy (SICHMAN, 2021). Segundo consta no documento com a proposta de realização do evento,

o estudo deve prosseguir com base na conjectura de que cada aspecto do aprendizado ou qualquer outra característica da inteligência pode, em princípio, ser descrito com tanta precisão que uma máquina pode ser feita para simulá-lo. Será feita uma tentativa de descobrir como fazer as máquinas usarem a linguagem, formar abstrações e conceitos, resolver tipos de problemas agora reservados aos humanos e melhorar a si mesmas. Achamos que um avanço significativo pode ser feito em um ou mais desses problemas se um grupo cuidadosamente selecionado de cientistas trabalharem juntos durante um verão. (MCCARTHY *et al.*, 1955, tradução nossa).

⁷⁴ Ao justificar a escolha por esse nome, McCarthy diz que buscava diferenciar-se da área conhecida como “cibernética”, bastante em voga à época. Esta pode ser definida como “o estudo científico do controle e comunicação no animal e na máquina” (MCCARTHY, 2000, não p., tradução nossa).

Nos anos seguintes ao seminário, o interesse pelo novo campo de estudos cresceu rapidamente entre a comunidade acadêmica estadunidense. A ponto de, em meados dos anos 1960, as pesquisas em inteligência artificial passarem a ser amplamente financiadas pelo Departamento de Defesa dos EUA, em um arranjo institucional que reflete bem o papel histórico dos militares para o desenvolvimento tecnológico (MAZZUCATO, 2014; STEINHOFF, 2021).

Nesse primeiro período de pesquisas em IA, diversos progressos foram obtidos na esfera teórica e em áreas como visão computacional e robótica. Todos eles, no entanto, se restringiam a experimentos de pouca complexidade e não podiam ser generalizados para o mundo real nem serem usados para fins comerciais. Foi assim que logo veio aquilo que é chamado de “Primeiro Inverno da IA”: em meio à desaceleração econômica que acometeu os países capitalistas centrais e a uma certa frustração com os resultados obtidos, o financiamento nos EUA para o desenvolvimento da inteligência artificial minguou. Isso ocasionou um esvaziamento no campo de pesquisas que durou mais de uma década (STEINHOFF, 2021).

James Steinhoff (2021), com base em Daniel Crevier (1993), aponta que um dos golpes mais duros para o prestígio dos estudos em IA ocorreu em 1966. Foi nesse ano que um relatório encomendado pelo Conselho Nacional de Pesquisa dos EUA constatou que as pesquisas financiadas pelo governo para a criação de máquinas de tradução automática – a serem empregadas, prioritariamente, em documentos russos – eram demasiadamente caras, avançavam muito lentamente e geravam dispositivos pouco precisos se comparados ao trabalho humano. Outros episódios de âmbito governamental ocorridos na mesma época⁷⁵ também contribuíram para arrefecer o “entusiasmo tecnológico” e gerar o “Primeiro Inverno da IA” (STEINHOFF, 2021).

Embora o financiamento governamental houvesse diminuído nos anos 1970, as pesquisas em IA continuaram, ainda que em escala menor. Paralelamente, o campo da programação ia de vento em popa, fruto das demandas pela automação industrial e da indústria da computação, que começava a se consolidar. Foi nessa década que se viu a proliferação de laboratórios privados de pesquisa e das primeiras empresas de base tecnológica⁷⁶ (EBTs), o que atraiu muitos acadêmicos para o mercado (STEINHOFF, 2021, p. 108).

⁷⁵ Entre os quais estão a aprovação pelo Congresso dos EUA da Emenda Mansfield, em 1969, que limitou o escopo de pesquisas que poderiam receber financiamento governamental, e a publicação em 1973 do “Relatório Lighthill”, elaborado a pedido do Parlamento britânico e que sustentava que a IA só poderia funcionar em ambiente de testes, mas não no mundo real (STEINHOFF, 2021, p. 110, tradução nossa).

⁷⁶ Como já dissemos anteriormente, trata-se do termo em português que empregamos para “startup”, que é o termo em inglês mais utilizado.

Todo esse novo ambiente tecnológico, produtivo e institucional acabou proporcionando, de forma dialética, o surgimento da indústria da IA. Finalmente, essa tecnologia deixava o âmbito acadêmico para ser empregada no mercado. O grande protagonista da transição do “inverno” para a “primavera” foi uma aplicação chamada “Sistema Especialista”. É sobre ela que falaremos nas próximas linhas.

Em sua profícua análise da inteligência artificial à luz da dinâmica do capital, Steinhoff (2021) afirma que a busca pela automação do trabalho “não manufatureiro” (em outras palavras, “trabalho intelectual”) se intensificou significativamente nos anos 1980. Com a economia dos países desenvolvidos tornando-se “pós-industriais”, e complexificando-se cada vez mais com a incorporação da informática no seio da matriz produtiva, informação e conhecimento se tornavam recursos crescentemente cruciais e, portanto, mais valiosos.

O Sistema Especialista se disseminou justamente por automatizar a transmissão de informação e conhecimento. Basicamente, tratava-se de computadores que forneciam respostas em uma tela para dúvidas submetidas por um usuário via teclado acerca de algum procedimento. Como podemos depreender, tal sistema era dotado de uma “inteligência artificial” justamente por imitar um ser humano que oferece orientações especializadas para determinada área.

Steinhoff (2021) resume bem como esse sistema operava:

Os sistemas especialistas são compostos de dois componentes principais: a base de conhecimento e o mecanismo de inferência. A base de conhecimento consiste em conhecimento factual e heurístico, representado em uma linguagem simbólica. Ele é criado por meio de um processo chamado “engenharia do conhecimento”, no qual engenheiros entrevistam especialistas em um determinado campo e codificam seu conhecimento como um conjunto de regras condicionais (Feigenbaum *et al.*, 1988). O mecanismo de inferência define as etapas tomadas para aplicar o conhecimento armazenado a fim de resolver problemas específicos. Os usuários podem consultar o sistema especialista para obter sua opinião “especialista”. (STEINHOFF, 2021, p. 111, tradução nossa).

O primeiro Sistema Especialista foi criado na década de 1960 na Universidade de Stanford, nos EUA, e visava auxiliar químicos na identificação de moléculas. Já o primeiro Sistema Especialista para fins comerciais surgiu em 1980 para dar apoio na configuração de sistemas computacionais. Ao longo da década, a demanda das empresas por esses sistemas explodiu, atraindo investimentos privados e reativando o financiamento governamental (STEINHOFF, 2021).

Com o tempo, porém, surgiram limitações que se mostraram insuperáveis. Como lembram Anna Helena Costa *et al.* (2021, p. 32), os Sistemas Especialistas eram “muito dispendiosos para manter, difíceis de atualizar, incapazes de aprender, e cometiam erros grosseiros ao receber consultas incomuns”. Para compreendermos melhor a situação, basta

imaginarmos o trabalho hercúleo necessário para atualizar esses sistemas sempre que houvesse uma inovação no setor no qual ele era empregado – e isso em um período em que os processos de inovação só aceleravam. Mais que hercúleo, era um trabalho virtualmente inviável.

Com o declínio dos Sistemas Especialistas, a década de 1990 marcou o início do “Segundo Inverno de IA”. Novamente, os financiamentos governamental e privado estancaram, e o entusiasmo com a inteligência artificial esmoreceu.

Mas as pesquisas em âmbito acadêmico continuavam. Fábio Cozman e Hugo Neri (2021) explicam que, apesar do “inverno”, uma série de avanços conceituais eram registrados. Entre eles, estavam o “uso de probabilidades e lógica para representar conhecimento, bem como estatística para aprendizado e teoria de utilidade e de controle para tomada de decisão” (COZMAN; NERI, 2021, p. 23-24). No âmbito prático, porém, poucas técnicas funcionavam de forma razoável.

Se a IA patinava na busca pelo protagonismo na inovação tecnológica, outro ramo da informática surgia para transformar o mundo: a *internet*. Ao longo dos anos 1990, essa nova tecnologia mobilizou esforços de toda a ordem além de vultosos investimentos financeiros na formação de seu ecossistema empresarial. Curiosamente, nesse ínterim, e de forma não intencional, ia-se constituindo as, digamos, “jazidas da matéria-prima”⁷⁷ que, em breve, proporcionariam uma revolução no campo da inteligência artificial.

Os anos 2000 trouxeram grandes progressos para a IA nos experimentos laboratoriais, preparando o terreno para o que veríamos na década subsequente. Um dos principais avanços ocorriam na área do “Aprendizado de Máquina”, nome que designa um conjunto de técnicas baseadas em um paradigma de programação na qual a interação com uma *robusta base de dados* cumpre papel fundamental⁷⁸ (COZMAN, 2021). Foi ele o responsável por romper as fronteiras da IA rumo a uma nova e próspera era.

Segundo Kai-fu Lee (2018), o momento que marcou essa ruptura aconteceu em 2012. Nesse ano, o cientista anglo-canadense Geoffrey Hinton liderou uma equipe responsável pelo desenvolvimento de um programa que arrasou adversários em um importante torneio de reconhecimento de imagens voltado para sistemas computacionais. A técnica empregada pelos pesquisadores foi a do Aprendizado Profundo, um tipo de Aprendizado de Máquina que se utiliza de uma arquitetura algorítmica específica, conhecida como Redes Neurais Artificiais.

Desde então, o feito de Hinton e colegas se tornaram referência para as pesquisas em IA, proporcionando uma nova leva de avanços tecnológicos no campo e impactando toda a

⁷⁷ Falamos aqui dos dados digitais.

⁷⁸ Descreveremos seu funcionamento na próxima subseção.

indústria do setor. Um aspecto curioso é que, segundo Lee (2018), o modelo das Redes Neurais Artificiais (doravante “Redes Neurais”), cujas primeiras versões datam dos anos 1950, permaneceu no ostracismo durante boa parte da história do desenvolvimento da inteligência artificial. A razão era bastante simples: no contexto tecnológico em que se inseria, ele era incapaz de proporcionar resultados confiáveis e expressivos. Mas ao longo dos anos 2000 essa situação começou a mudar, basicamente por duas inovações tecnológicas.

A primeira delas foi o novo *poder computacional* à disposição. Foi graças ao aumento constante da capacidade de processamento de dados por computadores, seguindo quase que à risca a previsão feita por Gordon Moore em 1965⁷⁹, que os modelos baseados em Redes Neurais, como o Aprendizado Profundo, puderam realizar associações entre milhões de informações de forma suficientemente rápida, executando tarefas que antes eram inviáveis.

A segunda inovação foi a possibilidade de acesso a um volume colossal de dados reunidos a partir do registro das interações humanas e máquinas de todo o planeta na internet. Esse volume de dados, oriundo dos registros da troca de e-mails, compras por aplicativo, movimentação de cargas, monitoramento de plantações, entre inúmeros outros, ficou conhecido como *Megadados*⁸⁰. Assim, as aplicações de Aprendizado Profundo já dispunham dos insumos necessários para a realização das tarefas complexas para as quais eram designadas.

Lee (2018) afirma que o modelo baseado no Aprendizado Profundo desenvolvido por Hinton e sua equipe representou o mais recente salto técnico na seara da inteligência artificial nos últimos 50 anos. O autor opina que o período atual (fins da década de 2010 e início dos anos 2020) será o de consolidação e desenvolvimento de aplicações baseadas nessa tecnologia e que dificilmente um novo salto tecnológico da mesma escala acontecerá tão cedo.

À luz da visão de constelações tecnológicas que transformam as bases produtivas da economia mundial e, por consequência, todo o tecido social, muitos autores colocam a inteligência artificial, em sua modalidade de Aprendizado de Máquina, como a mais disruptiva entre todas. Para Erik Brynjolfsson e Andrew McAfee (2014), ela seria uma tecnologia de uso geral, tal qual a eletricidade e o motor a combustão, com a possibilidade de aplicação em virtualmente todos os ramos da economia. Enquanto para Steinhoff (2021), ela deve ser aquela que mais transformará nossas relações sociais após os celulares.

⁷⁹ Falamos aqui da previsão feita em abril de 1965 pelo então presidente da Intel, Gordon Earle Moore, que afirmou que a cada 18 meses a capacidade de processamento de um chip dobraria sem aumento de custo de fabricação.

⁸⁰ Como já informamos previamente, trata-se do termo em português para “*Big Data*”.

4.3 Tipos e categorias de IA

Do seminário organizado por John McCarthy aos dias atuais, o campo da inteligência artificial desenvolveu-se amplamente, arregimentou pesquisadores, internacionalizou-se, sobreviveu a dois “invernos” e transformou-se em uma possível tecnologia de uso geral, capaz de causar disrupções profundas na economia e nas relações sociais. A expansão ininterrupta desse universo fez com que a IA pudesse ser especificada em subcampos os mais diversos que distinguem, por exemplo, suas estruturas de código, funcionalidades, fases comerciais e níveis de capacidade operacional.

Nesta seção, trataremos desses quatro exemplos de subcampos a partir de propostas feitas por estudiosos do assunto. Nossa abordagem, no entanto, é panorâmica, e não exaustiva, uma vez que, para fins deste trabalho, acreditamos ser suficiente prover uma compreensão apenas básica da realidade fática dessa tecnologia. Passemos, pois, a eles.

4.3.1 IA por estrutura de código

Começamos pela divisão sugerida por Nick Dyer-Witheford, Atle Kjøsen e James Steinhoff (2019) sobre as “três escolas de pensamento” da IA realmente existente. Estas são a Boa e Velha Inteligência Artificial (BVIA), a IA baseada no paradigma da Cognição Incorporada e Situada (CIS), e o já mencionado Aprendizado de Máquina.

Primeira a surgir, a BVIA é um tipo de IA cuja codificação se calca numa lógica de representação simbólica, obedecendo a uma série de regras claras e minuciosamente estruturadas. Lee (2018, p. 19), em uma explicação bem sintética, diz que programas desse tipo realizam “B” toda vez que se deparam com “A” e assim sucessivamente⁸¹. Os Sistemas Especialistas, diga-se, funcionavam por meio dessa técnica.

Kaplan (2016) informa que, apesar de em desuso, como o próprio nome sugere, a BVIA ainda é empregada atualmente, em especial, na subárea conhecida como “planejamento” ou “sistemas de planejamento”. Alguns exemplos destes são aplicações que ditam o trajeto a motoristas de carro, jogam jogos, analisam contratos, cozinham, operam na linha de produção e até mesmo controlam o tráfego aéreo.

Normalmente, prossegue o autor, o algoritmo desses programas atua a partir de quatro elementos norteadores: 1) uma situação inicial conhecida; 2) uma ou mais situações

⁸¹ Em seu livro, Lee (2018) chama a BVIA de “IA baseada em regras”.

finais desejadas; 3) um conjunto específico de operações disponíveis para se proceder da situação inicial a uma ou mais situações finais; e 4) alguma “medida de valor de uma solução”, como, por exemplo, “reduzir o número de etapas requisitadas” (KAPLAN, 2016, p. 25). Para encurtar o tempo de cálculo e otimizar a performance, os sistemas de planejamento costumam valer-se de uma técnica chamada “heurística”, empregada com vistas a diminuir a quantidade de opções consideradas para se chegar a uma solução.

Já o paradigma da CIS foi uma espécie de “reação” à BVIA no contexto da robótica, um campo de pesquisa marcado pelo chamado “Paradoxo de Moravec”⁸². Um dos pioneiros da área foi o cientista Rodney Brooks, que, em seus experimentos na década de 1980, rejeitou a representação simbólica e as limitações que esta apresentava – no caso, a necessidade de enormes quantidades de regras para endereçar uma infinidade de possíveis interações, o que, por sua vez, requeria um imenso poder computacional –, adotando no lugar um paradigma que considerava apenas as informações que interagem diretamente com os sensores de seu robô.

Os primeiros resultados dos experimentos de Brooks eram robôs bastante simples (chamados de “robôs insetos”), mas muito mais ágeis, práticos e adaptáveis a ambientes os mais diversos do que os robôs baseados na BVIA (COPELAND, 2000). Dyer-Witthford, Kjøsen e Steinhoff (2019) informam que alguns robôs industriais da atualidade já operam com base na CIS e dizem acreditar que esse paradigma pode, em breve, se tornar hegemônico no mundo da IA.

Por fim, o Aprendizado de Máquina. Conforme já explicamos brevemente, essa “escola de pensamento” consiste na programação de um algoritmo a partir da interação com uma base de dados. O processo funciona mais ou menos da seguinte forma: um algoritmo é desenhado por um programador e aplicado junto a uma base de dados qualquer com o intuito de extrair padrões. Após esse processo, o resultado é um novo algoritmo, comumente chamado de “modelo”, por meio do qual um programa funcionará.

Para ilustrar a explicação, Ethem Alpaydin (2010) dá o exemplo dos programas que detectam *spam* nos e-mails. Esses programas funcionam via um algoritmo “modelado” a partir da interação com uma base de dados formada por um volume enorme de e-mails de todo tipo. O resultado é um algoritmo que “aprendeu” a distinguir o que é *spam* e o que são e-mails úteis.

Outro bom exemplo é o algoritmo de uma rede social. Em seu processo de modelagem, um algoritmo interage com uma base de dados formada por registros acerca de

⁸² A expressão alude ao pesquisador Hans Moravec, que afirmou em um artigo de 1988 ser “comparativamente fácil fazer os computadores exibirem desempenho de nível adulto em testes de inteligência ou jogos de damas, e difícil ou impossível dar a eles as habilidades de uma criança de um ano no que diz respeito à percepção e mobilidade” (MORAVEC, 1988, p. 15, tradução nossa).

nosso consumo de conteúdo digital – aquilo que Alpaydin chama de “experiência prévia” (ALPAYDIN, 2010, p. 3, tradução nossa) –, “aprendendo” assim sobre nossas preferências. O resultado é um algoritmo que passa a nos direcionar somente conteúdo que provavelmente nos despertará interesse.

É importante mencionar que, para uma boa modelagem de um algoritmo, a forma como a base de dados está estruturada é determinante. Ou seja, não basta apenas coletar dados referentes a um âmbito específico em torno do qual almejamos desenvolver uma aplicação; é preciso *estruturá-los*. E é nesse estágio que é gasta boa parte da força de trabalho necessária para se produzir inteligência artificial: conforme sondagem feita sobre a questão, os cientistas de dados dispendem 19% de seu tempo coletando dados, 60% estruturando-os e apenas 7% na modelagem (CROWDFLOWER, 2016; STEINHOFF, 2021).

Steinhoff (2021) subdivide o processo de estruturação de dados em três etapas. A primeira delas é a de *seleção*, que consiste no trabalho de identificar os dados verdadeiramente relevantes e, eventualmente, excluir aqueles supérfluos ou ainda simular aqueles cuja presença seja fundamental para a modelagem.

A segunda etapa o autor chama de *pré-processamento*, em que o cientista de dados “formata, rotula e limpa” (STEINHOFF, 2021, p. 173) a base de dados a fim de torná-los legíveis para programas. Trata-se de um trabalho de fundamental importância para o processo de modelagem, porém extremamente repetitivo e tedioso – e que, até por isso, tem sido terceirizado a trabalhadores fantasmas por meio de plataformas como a Amazon Mechanical Turk⁸³.

Finalmente, a terceira etapa pode ser chamada de *engenharia de realce*⁸⁴, na qual os dados são manipulados de forma a realçar aspectos importantes e assim melhor representar o problema norteador a modelos preditivos, aprimorando a precisão desses modelos. Isso implica, muitas vezes, recorrer a conhecimentos específicos de um determinado domínio de maneira a indicar quais aspectos são úteis. Em alguns casos, trata-se de algo feito por meio do apoio de especialistas de outras áreas, como um médico ou um músico, por exemplo.

Tomando a estruturação da base de dados como variável, Dyer-Witthford, Kjosen e Steinhoff (2019) falam em três tipos de Aprendizado de Máquina. O primeiro é o “Aprendizado de Máquina Supervisionado”, que designa a abordagem mais bem-sucedida até agora. Nela, “etiquetas” são atribuídas por pessoas a uma base de dados qualquer, otimizando assim a extração de padrões no processo de geração de um modelo. É justamente isso o que

⁸³ Trataremos desse tema na próxima subseção.

⁸⁴ Nossa tradução para a expressão “*feature engineering*” usada por Steinhoff (2021).

fazemos quando assinalamos um “semáforo” ou um “ônibus” no mosaico de imagens que às vezes aparece antes de acessarmos um sítio eletrônico⁸⁵.

Entretanto, como já podemos imaginar, essa prática é bastante dispendiosa em termos de trabalho humano. Isso fez com que empresas buscassem desenvolver um modelo “Não Supervisionado”, sendo este um segundo tipo de Aprendizado de Máquina. Nele, o algoritmo realiza a extração de padrões de uma base de dados inteiramente por conta própria, em um processo bastante complexo e sofisticado. Citando alguns dos principais especialistas do campo, Dyer-Witheford, Kjösen e Steinhoff (2019) afirmam que essa técnica deve se tornar a hegemônica em algum momento no futuro próximo.

Por fim, há o “Aprendizado de Máquina por Reforço”, que seria um tipo intermediário entre os dois anteriores. Em uma explicação bem resumida, essa técnica consiste em desenhar um algoritmo que, diante de uma gama de possíveis ações, escolhe aquela que prover a maior “recompensa” em forma de sinal numérico. AlphaGo, o programa que chocou a China em 2016 ao derrotar o campeão mundial de Go, baseava-se num algoritmo que combinava o Aprendizado de Máquina por Reforço com o Não-Supervisionado.

Outra característica digna de nota do mundo do Aprendizado de Máquina diz respeito ao seu processo de escrita do código. Conforme Steinhoff pontua, simplesmente não há uma maneira lógica e estruturada de se “codar”⁸⁶ esse tipo de IA. Na verdade, trata-se de um trabalho feito, basicamente, de forma intuitiva, numa dinâmica de tentativa e erro, típico de uma “arte” (STEINHOFF, 2021, p. 192). Essa característica, aliás, é um dos temas que Cozman (2021) explora em um perspicaz artigo sobre os estilos “empertigado” e “desgrenhado” da programação em inteligência artificial⁸⁷.

O curioso é que mesmo sendo feita com base na “intuição” e de uma maneira avessa a regras bem definidas, a própria programação do Aprendizado de Máquina já vem sendo alvo de processos de automação. O conjunto de técnicas que se prestam a essa tarefa é chamado de “AutoML”⁸⁸, termo cunhado pela primeira vez em 2014 e que desde então vem ganhando cada vez mais projeção (STEINHOFF, 2021).

Steinhoff (2021) relata que nos últimos anos foram criadas diversas aplicações de AutoML que abrangem as três etapas do Aprendizado de Máquina: estruturação dos dados,

⁸⁵ Esse processo também é feito mediante o pagamento dos chamados “trabalhadores fantasmas”. Falaremos sobre a questão mais adiante.

⁸⁶ “Codar” é um neologismo bastante usado no meio dos programadores que quer dizer “escrever o código”.

⁸⁷ Cozman (2021) chama de “empertigado” o estilo de programação baseado em regras e estruturas harmônicas de código, típico da BVIA, e de “desgrenhado” o estilo de programação mais pragmático e um tanto caótico, improvisado, típico do Aprendizado de Máquina.

⁸⁸ Termo que significa “*Automated Machine Learning*”.

modelagem de algoritmo e customização da interface para a aplicação do modelo. Esses avanços, inclusive, têm proporcionado especulações sobre a criação de aplicativos de fácil uso, feitos para leigos, e que tragam essas funcionalidades, numa inovação que ameaçaria o emprego de um bom número de cientistas de dados e programadores. Não obstante essa cena de “destruição criadora” no horizonte, Steinhoff (2021) lembra que, *ao menos por ora*, o domínio do Aprendizado de Máquina apresenta complexidades que só seres humanos conseguem lidar.

Se as técnicas de AutoML ainda são uma promessa, aquelas que compõem o chamado Aprendizado Profundo já são mais que uma realidade. Seu nome advém de sua arquitetura algorítmica constituída por milhares de camadas de código, tornando o “aprendizado” algo “profundo”. Tal arquitetura chamamos de Redes Neurais.

Como já falamos na subseção anterior, as Redes Neurais foram criadas logo no início da IA, mas acabaram deixadas de lado por lacunas tecnológicas supridas apenas na década de 2010 (poder computacional e Megadados). Elas são assim chamadas justamente por emular as conexões entre os neurônios de um cérebro. Para entendermos melhor seu funcionamento, vejamos a explicação provida por Dyer-Witthford, Kjösen e Steinhoff (2019):

Os neurônios artificiais são organizados em uma série de camadas e cada camada é conectada às camadas acima e abaixo. O nível mais baixo recebe entradas – por exemplo: imagens, texto ou fala – na forma de dados vetorizados (convertidos em longas sequências de números). Níveis mais altos – chamados de “camadas ocultas” – processam dados que são enviados das camadas abaixo deles. As primeiras redes tinham apenas uma camada oculta, mas as redes de hoje têm muito mais. Em geral, quanto mais camadas a arquitetura de RNN [Redes Neurais Artificiais] subjacente do sistema de AM [Aprendizado de Máquina] tiver, mais padrões complexos ela poderá encontrar. (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019, p. 13, tradução nossa).

O caráter “conexionista” das Redes Neurais nos remete à última tipologia que apresentaremos nesta subseção. No caso, trataremos dos quatro principais paradigmas de programação em IA, em uma seleção proposta por Sichman (2021) em artigo introdutório, mas bastante elucidativo sobre o tema.

O primeiro paradigma que o autor apresenta é o *paradigma simbólico*. Trata-se, fundamentalmente, da Boa e Velha Inteligência Artificial, sobre a qual já falamos.

O segundo é o *paradigma connexionista*. Como já insinuamos anteriormente, é neste paradigma que se situam as Redes Neurais, provavelmente seu exemplo mais bem-acabado.

O terceiro é o *paradigma evolutivo*, que se vale do emprego de técnicas inspiradas na teoria da evolução – “como hereditariedade, mutação, seleção natural e recombinação” (SICHMAN, 2021, p. 39) – a fim de selecionar as soluções mais aptas para resolver determinado problema da forma mais eficiente.

Finalmente, o quarto é o *paradigma probabilístico*. Segundo Stuart Russel e Peter Norvig (2021), as técnicas inspiradas nesse paradigma visam “construir modelos de rede eficientes para raciocinar sob incerteza de acordo com as leis da teoria da probabilidade, e como distinguir correlação de causalidade” (RUSSEL; NORVIG, 2021, p. 412, tradução nossa). Uma dessas técnicas, bastante conhecida, são as chamadas *redes bayesianas*.

4.3.2 IA por funcionalidades

Em seu livro introdutório sobre o tema, Kaplan (2016) distingue quatro subcampos da inteligência artificial que se destacam pelo grande interesse de pesquisa. Esses quatro subcampos – que aqui nos referimos como “funcionalidades” – são a *robótica*, a *visão computacional*, o *reconhecimento de voz* e o *processamento de linguagem natural*.

A IA aplicada à robótica é, essencialmente, o emprego da IA para realizar tarefas físicas por meio de “robôs”, que nada mais são que máquinas capazes de performar múltiplas funções em um âmbito mais generalizado. Virtualmente, isso significa que “robôs inteligentes” poderão substituir seres humanos em uma variedade enorme de tarefas, algo que, não à toa, tem suscitado um acalorado debate sobre “desemprego tecnológico”.

Para um futuro mais imediato, porém, Kaplan (2016) vislumbra o uso de “robôs inteligentes” em áreas mais específicas. Cita como exemplos as atividades de risco (exploração espacial, mineração no fundo do mar), voltadas ao cuidado (assistentes para idosos), domésticas (o famoso aspirador em formato de disco), de entretenimento (brinquedos), e militares (drones que identificam e destroem alvos).

O autor também lembra que a IA deve ser usada na nanorrobótica, um domínio que poderá oferecer aplicações menos óbvias (como a criação de nanorrobôs que, inseridos no organismo de seres humanos, atuem como um sistema imunológico artificial contra doenças). Naturalmente, a ideia de robôs inteligentes oferece riscos inomináveis à humanidade, como alguns filmes de ficção científica nos fazem imaginar.

Já a visão computacional é uma funcionalidade da inteligência artificial que busca compreender, com base em imagens reais, as características e o cenário em torno de um determinado objeto (SAGERER; VINCZE; WACHSMUTH, 2014). Assim como as demais funcionalidades da IA, ela pode ser empregada de diversas formas. Quando pensada à luz da engenharia e da robótica, Kaplan pontua que a visão computacional é de mais fácil aplicação em atividades nas quais os objetos de interação se situam em posições fixas e pré-definidas, como em fábricas. Entretanto, com o contínuo desenvolvimento tecnológico, o leque de

aplicações tende a se expandir também para ambientes mais instáveis e menos previsíveis. Possivelmente, o ramo mais evidente dessa funcionalidade seja o dos carros autônomos.

Gerhard Sagerer, Markus Vincze e Sven Wachsmuth (2014) falam de quatro conjuntos de técnicas que seriam chave para o funcionamento da visão computacional. O primeiro seria a capacidade de “reconhecimento e categorização de um objeto” pelos sensores de luz. O segundo é o chamado “controle servo visual”, empregado para acompanhar objetos que se movimentam de forma errática. O terceiro é o da “compreensão do comportamento humano”, essencial para permitir comandos gestuais na interação com máquinas (como no ato de mostrar a palma da mão para que o celular tire uma foto). Finalmente, o quarto conjunto de técnicas é o da “compreensão da cena”, que almeja processar e categorizar as informações do entorno de onde um ou mais objetos se situam.

Vale ainda mencionar que, para além de máquinas e robôs, a visão computacional também oferece boas perspectivas para sistemas computacionais que operem com um escopo mais “informativo”. Um grande exemplo são as aplicações de reconhecimento facial cuja popularidade tem aumentado de maneira incessante nos últimos anos. Outro exemplo é o de diagnósticos em exames médicos de imagem.

O reconhecimento de voz é a terceira funcionalidade preconizada por Kaplan (2016) como uma das mais prósperas do mundo da IA. Falamos aqui de sistemas computacionais capazes de compreender a fala de seres humanos e, com isso, realizar operações específicas. Provavelmente, as aplicações mais populares que se baseiam nessa funcionalidade sejam os chamados “assistentes pessoais”, como a Siri, da Apple, e o Echo⁸⁹, da Amazon. Mecanismos de buscas como o Google também se utilizam amplamente do reconhecimento de voz na interação com usuários.

É importante mencionar que há uma série de desafios complexos embutidos no processo de decodificação computacional da fala que, à primeira vista, podem não ser considerados por um leigo. Basta pensarmos que, diferentemente de um texto escrito seguindo regras formais, a fala traz consigo uma gama muito maior de variáveis tais quais a entonação, homônimos, contexto, fonemas e palavras não ditas, ausência de divisão clara entre as palavras, entre várias outras. Não é à toa que Kaplan (2016) afirma ser mais fácil desenvolver programas de reconhecimento de imagens do que de reconhecimento de voz.

O primeiro sistema de reconhecimento de voz de uso comercial data da década de 1970: trata-se do chamado “Sistema Dragão”, desenvolvido pelo estadunidense James Baker,

⁸⁹ Mais conhecido por “Alexa”.

em 1975, e que surgiu no bojo do florescimento da primeira fase da indústria de IA. Tal sistema, assim como os demais que se seguiram, se utilizava da linguagem de programação baseada em lógica – a *Boa e Velha Inteligência Artificial* – e também se notabilizou por empregar um modelo estatístico de organização de entrada e saídas em voga até os dias de hoje: os Modelos Ocultos de Markov (ALPAYDIN, 2010).

Como em outras áreas da inteligência artificial, os sistemas de reconhecimento de voz evoluíram rapidamente a partir do avanço das técnicas de Aprendizado de Máquina. O próprio Geoffrey Hinton, tido como o grande protagonista na transição para a nova fase da IA, se destacou pelo desenvolvimento de algumas técnicas nesse campo.

A quarta e última funcionalidade apontada por Kaplan é a do processamento de linguagem natural (PLN), que consiste na capacidade de sistemas computacionais compreender a linguagem empregada por humanos no dia a dia. Como podemos ver, trata-se de uma funcionalidade que está intimamente ligada à do reconhecimento de voz, mas que possui particularidades próprias.

Norvig e Russel (2021) argumentam que avanços nesse campo possuem três principais finalidades. Em primeiro lugar, a comunicação com seres humanos, como já vemos com os assistentes pessoais. Em segundo lugar, a possibilidade de fazer com que a vasta gama de textos produzidos por humanos possa servir como entradas para sistemas computacionais. Por fim, a possibilidade de proporcionar avanços no entendimento científico das linguagens.

O grande campo de aplicações da PLN é o da tradução automática, que já permeia largamente o nosso cotidiano. Outra seara de amplo emprego dessa funcionalidade é a dos sistemas de filtragem de *spam*. Mas as possibilidades de aplicações são imensas: de programas que monitoram julgamentos e auxiliam o trabalho juízes, como os produzidos pela chinesa iFlyTek (LEE, 2018), a outros que possam proporcionar tradução de voz instantânea, o que certamente causaria profundos impactos no mundo do turismo e dos negócios.

4.4 IA por fases comerciais e níveis de capacidade operacional

Para além de uma tipologia de ordem técnica, podemos também categorizar a IA sob a ótica temporal de sua aplicação comercial. Aqui, Lee (2018) propõe quatro divisões.

A primeira delas é a “IA de Internet”, que teria começado no início dos anos 2000 e se tornado hegemônica em torno de 2012. Trata-se, basicamente, da popularização de algoritmos de IA voltados para a recomendação de conteúdo a usuários, bastante comum em redes sociais e plataformas de compras.

A segunda onda seria a “IA de Negócios” e diz respeito à popularização dos algoritmos que operam junto a bases de dados de grandes corporações com o objetivo de possibilitar variados serviços no ramo empresarial, em especial, os que abrangem empresas de seguros, de cartão de crédito, de financiamento imobiliário e do setor financeiro. Lee (2018) argumenta que tanto a IA de Internet quanto a IA de Negócios já são uma realidade consolidada.

A terceira onda seria a da “IA de Percepção” e ainda está em vias de se firmar. Nesse caso, falamos de soluções como as que se baseiam em tecnologias de reconhecimento facial ou de interação por meio de comandos de voz.

Já a quarta onda é a da “IA Autônoma”, que deverá se consolidar por último. A expressão refere-se a programas computacionais que possibilitarão adventos como carros autônomos e robôs inteligentes que operem em fábricas, fazendas e em empreendimentos do setor de serviços.

Finalmente, em nossa última tipologia que apresentaremos, aquela que diz respeito às capacidades operacionais da IA, também podemos oferecer uma categorização em três tipos: a Inteligência Artificial Limitada, a Inteligência Artificial Geral e a Super Inteligência Artificial (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019).

A Inteligência Artificial Limitada é a que existe nos dias atuais. Como o próprio nome enseja, os programas computacionais baseados nela realizam tarefas específicas, como reconhecer pessoas numa foto ou traduzir um texto de uma língua a outra, mas nunca as duas coisas – daí o nome “limitada”.

Já a Inteligência Artificial Geral diz respeito a um programa baseado em IA que tem o potencial de operar em diversos domínios ao invés de apenas um (como reconhecer pessoas numa foto e traduzir um texto). Esse tipo de IA se assemelharia à capacidade operacional de um ser humano e, ao menos por ora, não existe (apesar de haver pesquisas promissoras sendo realizadas com essa finalidade).

Por sua vez, a Super Inteligência Artificial (SIA) – às vezes chamada também de “Singularidade” – não só não existe como, no atual estágio, é puramente especulativa. Falamos aqui de um tipo de inteligência artificial que seria capaz de realizar tarefas humanamente inalcançáveis e mesmo imprevisíveis. Até o momento, porém, trata-se de uma IA discutida apenas pela comunidade de ficção científica e por futuristas⁹⁰.

É possível ainda encontrar as categorias “IA forte” e “IA fraca” também para se referir às capacidades operacionais da inteligência artificial (DYER-WITHEFORD;

⁹⁰ Entre estes, vale citar, há ainda uma subdivisão: os utópicos e os distópicos, cada um dos quais compartilhando visões que exaltam ora as benesses que a SIA poderia oferecer à humanidade, ora os riscos (LEE, 2018).

KJØSEN; STEINHOFF, 2019). Mas aqui falamos apenas de terminologias distintas para se referir basicamente às mesmas ideias expostas anteriormente. No caso, IA forte é o termo empregado para designar aplicações que realizam tarefas como se tivessem uma “consciência” (tal qual a Inteligência Artificial Geral ou a SIA) enquanto IA fraca é o termo utilizado para aquelas aplicações que apenas simulam uma inteligência humana (que é o caso da Inteligência Artificial Limitada). Como é possível deduzir de explicações anteriores, a IA forte pertence ao terreno das pesquisas e da especulação enquanto a IA fraca é a existente nos dias atuais.

QUADRO 1 – Tipos e categorias de inteligência artificial

IA por estrutura de código	IA por funcionalidade	IA por fase comercial	IA por nível de capacidade operacional
Boa e Velha Inteligência Artificial IA baseada no paradigma da Cognição Incorporada (CIS) Aprendizado de Máquina (Supervisionado, Não Supervisionado, Por Reforço, AutoML, Aprendizado Profundo) 4 Paradigmas (Simbólico, Conexionalista, Evolutivo, Probabilístico)	Robótica Visão Computacional Reconhecimento de Voz Processamento de Linguagem Natural	IA da Internet IA de Negócios IA de Percepção IA Autônoma	IA fraca (IA Limitada) IA forte (IA Geral e Super Inteligência Artificial)

FONTE: Kaplan (2016); Kai-Fu Lee (2018); Dyer-Witthoford, Kjøsen e Steinhoff (2019); Sichman (2021).

4.5 IA e trabalho

A experiência de revisar a literatura da área nos permite afirmar que o cenário de desemprego em massa é um dos dois principais “medos”⁹¹ existentes em torno das discussões sobre a generalização da inteligência artificial. Conforme mostra Aaron Benanav (2019), reflexões sobre a questão são encontradas em obras de autores ocidentais desde pelo menos a metade do século XIX. Ao longo dos anos, elas ora desapareciam, ora ressurgiam com força na esfera pública de debate.

⁹¹ O outro é o da subjugação e possível aniquilação da humanidade por máquinas inteligentes.

Benanav (2019) conta que o “discurso da automação”, nome pelo qual chama o fenômeno, teve proeminência nas décadas de 1930, 1950, 1980 e, por fim, 2010. Em todas as vezes sempre foi possível identificar um traço discursivo em comum: a atribuição da culpa dos altos índices de desemprego a avanços tecnológicos.

O último reavivamento do discurso da automação é resultado da revolução causada no mundo da IA pelo surgimento do Aprendizado Profundo. O estudo que serviu de estopim para essa nova onda de interesse sobre o tema foi publicado por Carl Frey e Michael Osborne (2013), dois pesquisadores da Universidade de Oxford, que apontaram que 47% dos empregos nos Estados Unidos corriam risco de desaparecer em breve. Tal previsão apocalíptica está longe de ser um consenso, porém. É o que mostra, por exemplo, um estudo de mesma natureza da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) que indicou que a porcentagem das atividades laborais sob risco de extinção era muito menor: 9% (ARNTZ; GREGORY; ZIERAHN, 2016).

O que é certo, contudo, é que são os trabalhos compostos por tarefas rotineiras aqueles que possuem as maiores chances de serem automatizados pela IA. Por outro lado, conforme colocam Frey e Osborne (2013), um trabalho está menos suscetível à automação caso requisite um alto grau de uma ou mais das três habilidades a seguir: percepção e manipulação de objetos, criatividade e inteligência social.

De acordo com Kaplan (2016), alguns exemplos de trabalhos que estariam sob ameaça, considerando as tendências colocadas para a IA, são os de motorista, caixa de supermercado, condutor de trem, analista de crédito, bibliotecário e revisor de texto. Já profissões como a de terapeuta ocupacional, dentista, farmacêutico, fotógrafo, compositor musical e controlador de tráfego aéreo estariam com a existência assegurada ao menos no médio prazo. Kaplan cita ainda profissões na qual o elemento afetivo desempenha um papel central como igualmente difíceis de serem automatizadas. Estão nesse rol os trabalhos de policial, professor, enfermeira e até mesmo o de garçom.

Se a eliminação de empregos é certamente o primeiro efeito que vislumbramos quando especulamos sobre as transformações laborais a serem causadas pela IA, vale mencionar que há outras abordagens menos óbvias. Uma delas é feita por Dyer-Witthford, Kjosen e Steinhoff (2019), que propõem tratar desse tópico à luz de quatro perspectivas diferentes.

A IA como um *panóptico* é a primeira delas. Esta perspectiva visa jogar luz sobre a proliferação de uma série de novas ferramentas “inteligentes” criadas para gerir a disciplina e a produtividade da força de trabalho. Algumas delas são programas de escaneamento de e-

mails e de mensuração do ritmo de digitação em teclados, mecanismos de reconhecimento facial que detectam alterações de humor e crachás sociométricos que registram o tom de voz, a movimentação geográfica e mesmo as conversas entre funcionários – tudo isso com o objetivo de auferir métricas que indiquem a performance laboral. Trata-se de um cenário orwelliano que, segundo os autores, já é a realidade de muitas firmas do mundo.

Uma segunda perspectiva diz respeito ao uso da IA para a *precarização* do trabalho. Seguramente, as grandes vedetes desse fenômeno são as plataformas que conformam a chamada “economia de bico”⁹², cujo grande expoente é o Uber. Nelas, algoritmos baseados em Aprendizado de Máquina realizam uma série de funções gerenciais que não só substituem um volume colossal de trabalho humano como ainda conferem às plataformas uma aparência de intermediário neutro entre cliente e prestador de serviço. Esse aspecto *fetichizado* da tecnologia, bem como a garantia de serviço a qualquer pessoa que queira acessá-la (mesmo que sob uma remuneração esdrúxula), são alguns dos principais motivos que permitem a generalização dessas plataformas sem que se estabeleça uma relação formal de trabalho entre seus proprietários e os trabalhadores que nelas operam. Estes últimos, por sua vez, têm de viver sem garantias de férias, estabilidade laboral, jornada limitada de trabalho, aposentadoria e seguro contra doenças.

A terceira perspectiva discutida por Dyer-Witheford, Kjosen e Steinhoff (2019) consiste no aumento da *polarização* entre as profissões em consonância com a generalização da inteligência artificial. No caso, os autores vislumbram a possibilidade de que profissionais ligados à programação de IA monopolizem o topo da pirâmide salarial enquanto todos os outros que sobreviverem à automação tendam a se localizar junto à base da pirâmide.

Finalmente, a quarta perspectiva diz respeito à *formação educacional* como fator que deve se tornar ainda mais preponderante. Em um mercado de trabalho cada vez mais orientado pela IA, o domínio de técnicas de programação tenderá a se tornar um imperativo, o que deve fazer com que a demanda por cursos de qualificação cresça expressivamente. Naturalmente, as pessoas das faixas etárias mais velhas – justamente as que tendem a ter seus trabalhos automatizados – provavelmente serão as mais prejudicadas em razão dos obstáculos naturais ao aprendizado relativos a tecnologias disruptivas.

Outra forma de endereçar a introdução da IA na matriz produtiva para além da chave do desemprego tecnológico consiste em pensar o papel do trabalho humano por trás da automação. Diversos autores visam problematizar a inteligência artificial a partir dessa

⁹² “*Gig economy*”, na expressão em inglês.

perspectiva, sob o argumento de que ela mascara relações de trabalho que acontecem “nas sombras”.

Para Hamid Ekbia, iraniano radicado nos Estados Unidos, ao invés de automação, o que a IA estaria promovendo seria uma “heteromação do trabalho”. O conceito, segundo o autor, busca destacar o fato de que boa parte do trabalho tido como automatizado conta com trabalho humano em níveis relevantes. No caso da inteligência artificial, Ekbia considera certas atividades digitais cotidianas, como pesquisas no Google ou publicações no Facebook, como “trabalho não pago” na medida em que estas fornecem subsídios (“dados”) para a produção de modelo algorítmicos (HETEROMAÇÃO..., 2022). Essa concepção, no entanto, está longe de ser consensual entre estudiosos do campo.

Talvez o elemento mais evidente da dependência da IA em relação ao trabalho humano seja as “plataformas de microtarefas”. Falamos aqui de plataformas conhecidas por oferecer remunerações ínfimas para a execução de tarefas triviais e repetitivas, mas fundamentais para o bom funcionamento de diversas soluções digitais. Um dos tipos de tarefas mais comuns realizadas nessas plataformas é a de rotulação de imagens⁹³. A prática, feita por seres humanos a troco de centavos a cada imagem rotulada, visa auxiliar no processo de modelagem de algoritmos de visão computacional.

Estudiosos classificam as pessoas que executam esses tipos de tarefas como “trabalhadores-de-multidão”⁹⁴. Outros designam a execução da tarefa em si como “trabalho fantasma” (GRAY; SURI, 2019). Para Lilly Irani (2016), a inteligência artificial oriunda desse tipo de trabalho poderia ser chamada de “automação movida a humanos”⁹⁵, enquanto Astra Taylor (2018) a classifica de “falsa-automação”⁹⁶.

Utilizando-se deste último termo, Kate Crawford (2021) aponta que o emprego de trabalho humano nas plataformas de microtarefas esconde uma lógica brutal de alienação dos trabalhadores. Assim, ele cumpriria uma função “ideológica” no processo de maximização da exploração da mais-valia. Em suas palavras,

a falsa-automação não substitui diretamente o trabalho humano; ao invés disso, ela o realoca e o dispersa no espaço e no tempo. Ao fazê-lo, aumenta a desconexão entre trabalho e valor e, assim, desempenha uma função ideológica. Os trabalhadores, alienados dos resultados de seu trabalho e desconectados de outros trabalhadores que realizam o mesmo trabalho, estão sujeitos a serem mais facilmente explorados por seus empregadores. Isso é evidente pelas taxas extremamente baixas de remuneração

⁹³ Outras tarefas comuns nessas plataformas são a de moderação de conteúdo e a de realização de curtidas e comentários em publicações, naquilo que ficou conhecido como “fazenda de cliques” (FIGARO; REBECHI; GROHMANN, 2021, no prelo).

⁹⁴ Nossa tradução para “*crowdworker*”, que é o termo no inglês.

⁹⁵ Nossa tradução para “*human-fueled automation*”, que é o termo no inglês.

⁹⁶ Nossa tradução para “*fauxtimation*”, é o termo no inglês.

que os trabalhadores-de-multidão recebem em todo o mundo. Eles e outros tipos de trabalhadores da falsa-automatização enfrentam o fato muito real de que seu trabalho é intercambiável por qualquer um dos milhares de outros trabalhadores que competem com eles por trabalho em plataformas. A qualquer momento eles podem ser substituídos por outro trabalhador-de-multidão, ou possivelmente por um sistema mais automatizado. (CRAWFORD, 2021, p. 67, tradução nossa).

Um dos desdobramentos dessa configuração específica da indústria da IA se dá nos marcos da divisão internacional do trabalho. Conforme mostram Figaro, Rebecchi e Grohmann (2021, no prelo), enquanto essas plataformas têm sede em países de economias avançadas do Ocidente, boa parte da massa que compõe os trabalhadores-de-multidão reside na América Latina, África e Índia. Os autores ainda apontam que essa estrutura produtiva absolutamente contemporânea acaba por forjar um imaginário *sui generis* nesses trabalhadores, que muitas vezes se consideram “profissionais da tecnologia” e de “classe mundial”, ainda que em condições de extrema precarização e de má remuneração.

Mas não só de trabalhadores-de-multidão é composto o “operariado” da indústria da IA. O processo produtivo dessa tecnologia, como bem sabemos, também requisita mão de obra altamente especializada e, portanto, mais bem remunerada. Para além dos trabalhadores-de-multidão e dos funcionários de atividades-meio⁹⁷, Steinhoff (2021) fala de outras três categorias laborais que se destacam no setor.

A primeira, e mais valorizada delas, é a do *cientista de dados*. Normalmente formado em matemática, estatística ou física, e com conhecimento em programação, esse profissional é o responsável por criar e aplicar modelos algorítmicos de IA. Segundo um levantamento de 2019, o salário médio de alguém nessa função nos Estados Unidos era de US\$ 120 mil anuais, cifra que pode aumentar significativamente no caso de um funcionário de uma gigante da tecnologia.

Já um *engenheiro de dados* costuma ter a mesma formação de um cientista de dados, mas com uma especialização maior em programação. Sua principal função é prover soluções computacionais projetadas a partir de um conjunto de dados para que, na sequência, os cientistas de dados entrem em ação. Seu salário também costuma estar entre os mais altos da indústria de IA.

A terceira categoria é a do *analista de dados*, cuja função é a de processar dados por intermédio de programas já existentes. É ele o responsável pela estruturação dos dados, o que envolve a coleta, a limpeza e a interpretação de uma determinada base de dados. Trata-se

⁹⁷ Seriam estes motoristas, secretários, faxineiros e seguranças, todos os quais são comuns em diversas empresas. Steinhoff os classifica de “trabalhadores de serviço”.

de um ofício que requer uma menor especialização, o que se traduz em uma remuneração de cerca da metade do valor da que recebem cientistas e engenheiros de dados.

Como pudemos demonstrar, a generalização da inteligência artificial deverá causar transformações laborais profundas em diferentes níveis. Seja eliminando empregos e criando outros, seja condicionando nossos comportamentos nos locais de trabalho, ou mesmo alterando a grade curricular de escolas e universidades, o certo é que poucas profissões não deverão ser impactadas em algum grau por essa nova tecnologia.

4.6 IA, legislação e ética

O potencial de desenvolvimento do campo da inteligência artificial, cuja realização deve redundar na proliferação de uma enorme variedade de artefatos “inteligentes” na sociedade, já suscita intensos debates de ordem ética e jurídica. Em meio a esse torvelinho argumentativo, verificamos desde dilemas mais evidentes a impasses não tão óbvios assim.

A ideia de um carro autônomo nos confronta com cenários que ilustram bem o ponto. Afinal, quem deverá ser responsabilizado caso um pedestre seja atropelado: proprietário, montadora ou empresa responsável pelo programa de IA? Do âmbito jurídico para o da ética, tomemos uma situação em que um atropelamento seja iminente – neste caso, quem o carro autônomo deverá proteger: passageiro ou pedestre? Como se nota, podemos vislumbrar situações similares em uma quantidade tão vasta quanto a vida social e a imaginação permitirem.

Começemos por abordar questões relativas ao debate ético sob um viés mais “existencial”. Como já tratado anteriormente, os alertas sobre os perigos de um mundo dominado por máquinas autônomas que fujam ao controle de seus programadores já são feitos há décadas por acadêmicos e escritores de ficção científica. Não é necessário citarmos exemplos a respeito – nosso imaginário coletivo já é repleto deles.

Em um interessante artigo que endereça o problema, os filósofos Huw Price e Karina Vold (2018) afirmam que eventuais máquinas superinteligentes deverão, para o nosso próprio bem, ser também “superéticas”. Em outras palavras, essas máquinas deverão ser dotadas de um conjunto de parâmetros que respeite os padrões éticos da humanidade. Há, contudo, dois obstáculos. O primeiro é que, na medida em que confiarmos nosso bem-estar a máquinas superinteligentes mais poderosas, ainda que “éticas”, nós já estaríamos de qualquer forma abdicando de nossa autonomia sobre elas. Isso basicamente colocaria fim a milhares de

anos de *excepcionalismo humano* sobre o planeta, uma mudança cujas implicações não seriam tão simples de se assimilar.

O segundo obstáculo diz respeito à ausência de um consenso entre os inúmeros povos e culturas existentes em torno do que deva ser um padrão ético universal. Desse modo, ser governado por máquinas programadas por parâmetros éticos de um povo diferente do seu pode representar um problema para os que estiverem na posição de governados.

Ainda nessa linha de raciocínio, Price e Vold (2018) remontam às reflexões de Bertrand Russell (1983) sobre o advento da bomba nuclear para sugerir qual deva ser nossa abordagem em relação a máquinas superinteligentes. Se, por um lado, não restam dúvidas de que o desenvolvimento dessa arma de guerra representou uma conquista tecnocientífica notável, por outro é igualmente incontestável que pela primeira vez na História a humanidade se colocou sob risco de extinção por conta de um artefato produzido por si mesma. Diante disso, Russell (1983) dizia ser fundamental que os humanos deixassem instintos tribais de lado e se esforçassem para se verem pertencentes a um mesmo grande grupo, no caso, a uma mesma espécie, “cujo desaparecimento nenhum de nós desejaria” (RUSSELL, 1983 p. 86, tradução nossa). Certamente, um raciocínio semelhante deve ser adotado para o caso da inteligência artificial.

Mas nem só de alarmistas é feita a comunidade que especula sobre o nosso futuro à luz da IA. Há também um grupo de pensadores que se destacam pelo entusiasmo diante do advento da Singularidade⁹⁸ – e isso independentemente das implicações para os seres humanos. Dois dos mais famosos deles são Raymond Kurzweil e Nick Land.

O primeiro, além de ser um famoso defensor do transumanismo, encara a Singularidade como um “destino manifesto”, para o qual a humanidade rumará invariavelmente. Kurzweil também se notabiliza por diversas iniciativas de promoção de ideias dessa vertente, como a Universidade da Singularidade, da qual é um dos criadores (KAPLAN, 2016).

Já Nick Land é considerado um dos pais do “aceleracionismo”, corrente filosófica que defende a eliminação deliberada de todas as barreiras para o desenvolvimento tecnológico. O filósofo, porém, adota uma posição considerada distópica ao vislumbrar um futuro em que o ser humano se torne redundante em face ao protagonismo a ser desempenhado por máquinas “superinteligentes”. Não à toa, suas ideias são consideradas como parte de uma doutrina

⁹⁸ Como já mencionamos antes, trata-se do outro nome para a Super Inteligência Artificial.

conhecida como “Iluminismo das Trevas” (DYER-WITHEFORD; KJØSEN; STEINHOFF, 2019).

Para tranquilizar as mentes mais inquietas com a ideia de uma “obsolescência humana”, Kaplan (2016) informa que, apesar dos pesares, a maioria dos especialistas não vê a Singularidade aparecer no horizonte. Isso não impede, porém, que tenhamos que realizar deliberações de ordem ética acerca da inteligência artificial já para agora. A diferença é que elas devem se dar sobre a IA Limitada, que é a IA realmente existente para hoje e para o futuro próximo. Até por isso, as discussões sobre essa temática já se encontram em estágio relativamente maduro.

Em 2019, os pesquisadores Marcello Ienca, Anna Jobin e Effy Vayena (2019) publicaram um levantamento com 84 documentos contendo “princípios ou diretrizes éticas” para nortear o desenvolvimento da inteligência artificial. A autoria desses documentos variava entre grandes corporações, associações empresariais, ONGs, organismos intergovernamentais e governos⁹⁹. De acordo com o trabalho, foi possível identificar a predominância de cinco princípios éticos mais gerais que visam dispor sobre a IA: *transparência*, *justiça*, *não maleficência*, *responsabilidade* e *privacidade*. A seguir, explicaremos brevemente o que se trata cada um deles, sempre segundo a pesquisa feita pelos autores.

Por *transparência*, entende-se que a inteligência artificial deve possibilitar o acesso público a informações-chave relativas ao seu modo de funcionamento tal qual, por exemplo, a forma como os dados são utilizados pelo algoritmo e a maneira pela qual as decisões automatizadas operam. Tratar-se-ia, em outras palavras, de tornar a IA *explicável*, outro conceito bastante utilizado no debate do campo. Defensores dessas medidas argumentam que sua adoção diminuiria eventuais riscos oferecidos pela IA e até mesmo aumentariam a fé pública na tecnologia (IENCA; JOBIN; VAYENA, 2019).

Por *justiça*, compreende-se que a IA não deve incorrer em ações que promovam preconceitos e discriminações contra grupos sociais. Assim, a observância desse princípio consistiria em assegurar que as bases de dados usadas para o processo de modelagem algorítmica representem a maior diversidade possível. Algumas interpretações defendem ainda que mesmo o código da IA possa ser questionado e, ocasionalmente, alterado, enquanto outras alegam que a IA deve minimizar impactos no mercado de trabalho e estar alinhada a valores democráticos e a questões sociais (IENCA; JOBIN; VAYENA, 2019).

⁹⁹ Vale pontuar que praticamente todas essas entidades tinham origem em países ocidentais.

Por *não maleficência*, depreende-se que a IA deve proteger a segurança de todos aqueles que estiverem sujeitos aos seus impactos, garantindo que não haja danos não previstos ou não intencionais. Considera-se “danos” desde os físicos a discriminatórios e mesmo violações de privacidade. Outras interpretações menos comuns também abrangem impactos econômicos, psicológicos e para o bem-estar social. À luz desse princípio, algumas recomendações sugerem a adoção de medidas no âmbito da pesquisa em IA e no desenvolvimento de artefatos autônomos, além ainda da instituição de padrões industriais de qualidade, de legislação regulatória e da criação de processos de supervisão de desenvolvimento da IA a serem conduzidos pelas próprias empresas, usuários e/ou governos (IENCA; JOBIN; VAYENA, 2019).

Por *responsabilidade*, infere-se que os desenvolvedores da IA devem estar sujeitos a prestar contas e serem responsabilizados na ocorrência de algum dano, com a possibilidade inclusive de se implementar medidas de reparação se for a ocasião. Algumas recomendações apontam a importância de agentes privados realizarem denúncias caso identifiquem a possibilidade de a IA causar danos, enquanto outras sugerem a introdução da disciplina de ética em cursos voltados à formação de profissionais do setor (IENCA; JOBIN; VAYENA, 2019).

Finalmente, por *privacidade* preconiza-se a proteção dos dados utilizados pela IA. Isso deve ser encarado tanto como um valor ético quanto como um direito a ser efetivado pelo Estado. Para a aplicação do princípio, propõe-se medidas na esfera técnica (como práticas voltadas para a “privacidade de concepção”, “privacidade diferencial”, minimização de dados e restrição de acesso a dados), regulatória (criação de leis, certificações e mecanismos autorregulatórios) e de conscientização (IENCA; JOBIN; VAYENA, 2019).

Para concluir esta subseção, convém fazermos breves apontamentos sobre algumas discussões relativas à IA sob a perspectiva jurídica. Isso porque é ponto pacífico que, mesmo que ainda estejamos muito distantes da IA Geral e, principalmente, da Singularidade, o advento de artefatos “inteligentes” demandará regulamentações inteiramente inéditas, que deverão equilibrar princípios éticos e interesses político-econômicos. Algumas das decisões mais complexas a serem tomadas serão sobre se esses artefatos terão ou não direitos, deveres e responsabilidades aos olhos da lei. Não à toa, diversos acadêmicos já dedicam esforços para pensar essa contingência.

Dois deles são Cavalcante e Moscato (2021), que discutem a atribuição de um status jurídico a sistemas computacionais inteligentes a partir da noção de “autonomia” e “aprendizado”. Com o intuito de fundamentar um raciocínio que auxilie a tomada de decisões em questões relativas ao tópico, a dupla propõe um roteiro com oito perguntas:

(i) Existe de fato uma autonomia robótica? (ii) Em caso positivo, quais os graus de autonomia robótica? (iii) Se existe uma autonomia robótica qual a sua relação com a autonomia jurídica? (iv) Na hipótese de uma autonomia robótica ou tecnológica, quais as suas características e como identificá-la? (v) Na clivagem autonomia/aprendizado, pode-se afirmar que aprender define a autonomia? (vi) Mensurar a autonomia dos robôs, conforme o seu nível de aprendizagem e, de acordo com o grau de autonomia, atribuir-lhes um status jurídico, não implicaria diretamente conferir direitos e deveres às máquinas? (vii) Na ocorrência de serem passíveis de status jurídico, ao adquirirem direitos e deveres, os sistemas inteligentes não estariam aptos a exercer atos da vida civil como votar e eleger-se, ter direito ao nome, à honra ou assinar contratos e contrair obrigações? (viii) É possível traçar um paralelo entre a pessoa jurídica e a pessoa eletrônica (ou artificial, ou tecnológica) portadora de um status jurídico? (CAVALCANTE; MOSCATO, 2021).

Em sua reflexão sobre o tema, Kaplan (2016) sugere pensarmos a questão a partir de mecanismos jurídicos já existentes, destacando a legislação referente a “sociedades de responsabilidade limitada”. É graças a essas leis que empresas são consideradas pessoas jurídicas depositárias de certas garantias e obrigações tal qual uma pessoa biológica, ao passo que seus proprietários, como o próprio nome infere, possuem “responsabilidades limitadas”. O autor lembra que essas empresas, enquanto pessoas jurídicas, “podem participar de contratos, possuir ativos” e, em países como os EUA, gozar de “direitos limitados à liberdade expressão” (KAPLAN, 2016, p. 102). Com esse precedente, por que não estender um entendimento jurídico similar a robôs autônomos quando, e se, estes se proliferarem?

Atualmente, alguns países já se movimentam para edificar aparatos regulatórios voltados para a inteligência artificial, tendo, naturalmente, a IA Limitada como referência. Entre as potências tecnológicas, verificamos que os parlamentos de Reino Unido, Estados Unidos e União Europeia já debatem versões preliminares da legislação sobre o tema. Situação similar é encontrada no Brasil, cujo Congresso Nacional tem realizado audiências públicas visando a elaboração de um projeto de lei substitutivo para a criação do Marco Regulatório da Inteligência Artificial (CHAVES; PARANÁ, 2022; COMISSÃO..., 2022; TOWNSHED, 2022).

Até o momento, a única potência tecnológica a ter aprovado uma regulamentação sobre a IA foi a China. A abrangência, porém, se limita aos algoritmos de recomendação de conteúdo. Concebida pelo órgão responsável pela administração do ciberespaço chinês, a norma visa regular o funcionamento de algoritmos de recomendação que operem em mecanismos de busca, filtros, ranqueamento, tomadas de decisão, personalização, entre outros. Ademais, os algoritmos devem respeitar uma série de princípios éticos, proteger usuários de discriminação comercial, observar parâmetros relativos a atividades laborais, além de evitar a promoção de

vício e compulsão entre usuários (CREEMERS; TONER; WEBSTER, 2022; LEMOS, 2021a; TOWNSHEND, 2022).

4.7 Disputa EUA-China

Para encerrar esta seção, acreditamos ainda ser relevante abordarmos, também de uma forma breve, aspectos da dinâmica geopolítica que envolve o mundo da inteligência artificial e que, por razões lógicas, constitui um dos motivos para que governos invistam no desenvolvimento dessa tecnologia. Necessariamente, tal abordagem deve ter como escopo a disputa entre as duas principais potências mundiais do setor: Estados Unidos e China.

Como já dito antes, a IA nasceu nos Estados Unidos nos anos 1950 e é nesse país que se desenvolveu amplamente, capitaneando ondas de inovação nas áreas de internet e de negócios as quais rendem frutos até os dias atuais. Não à toa, as corporações estadunidenses são, atualmente, as que detêm o maior número de patentes de inteligência artificial em setores como agricultura, cartografia, educação, segurança, telecomunicações, entre outros (CASTRO; CHIVOT; MCLAUGHLIN, 2019).

A grande quantidade de EBTs em IA também sinaliza que os Estados Unidos seguirão tendo papel preponderante no avanço das fronteiras da inteligência artificial nos anos por virem. Em 2017, o país registrava um total de 1.393 firmas dessa natureza contra 383 da China. Outro dado que corrobora esse cenário diz respeito ao número de aquisições de EBTs de IA feitas nas últimas duas décadas no mundo: todas as dez corporações que lideram esse quesito são estadunidenses, sendo as principais delas a Alphabet (controladora da Google), a Apple, a Microsoft e a Amazon (CASTRO; CHIVOT; MCLAUGHLIN, 2019).

Os estadunidenses também suplantam os chineses no número de pesquisadores em IA, um dos recursos cruciais mais valiosos para o desenvolvimento da tecnologia. Também em 2017, foram registrados 28.536 pesquisadores em inteligência artificial nos Estados Unidos contra 18.232 na China. Essa vantagem se preserva quando desdobramos a análise para a qualidade da pesquisa produzida. De acordo com outro levantamento de 2017, o número de pesquisadores estadunidenses situados entre os 10% mais influentes do ramo da IA era de 5.158 contra 977 chineses (CASTRO; CHIVOT; MCLAUGHLIN, 2019).

Cabe ainda mencionar a liderança dos EUA em termos de *hardware*, uma das áreas centrais e mais estratégicas para o desenvolvimento de IA. Nesse âmbito, o país lidera com folga a produção, vendas e investimentos nos ramos de semicondutores e concepção de chips, bem como no total de investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Algumas das empresas

estadunidenses conhecidas do meio são a Qualcomm, a Intel e a Nvidia. Mas, ultimamente, mesmo corporações não ligadas ao setor, como Apple, Alphabet e Amazon¹⁰⁰, passaram a desenvolver projetos de produção própria de chips para a inteligência artificial (CASTRO; CHIVOT; MCLAUGHLIN, 2019).

Apesar desse notório e inegável domínio estadunidense, nos últimos anos a China tem realizado a convergência tecnológica de maneira voraz, dando sinais de que será a vanguarda da inteligência artificial no futuro próximo. Alguns dos indícios da viabilidade desse prognóstico estão nas metas que o governo chinês estabeleceu já para 2030, quando se espera que o país seja o centro de inovação global em IA, liderando os subcampos de teoria, tecnologia e aplicações. Outros indícios estão na capacidade de financiamento da potência asiática: já em 2017, os investimentos chineses em IA respondiam por um total de 48% de todo o financiamento global para o setor, ficando à frente dos investimentos estadunidenses pela primeira vez na história (LEE, 2018).

Para Lee (2018), há quatro fatores-chave para um país poder desenvolver inteligência artificial de ponta: dados em abundância; cultura empreendedora vibrante; pesquisadores em número e nível suficientes; e ambiente regulatório favorável. O autor afirma que a China possui vantagem em relação aos EUA em todos os fatores, com exceção do número de pesquisadores, como já pontuamos anteriormente. Mas, evidentemente, trata-se de uma lacuna que os chineses estão tratando de preencher, como sinaliza um estudo feito pela Sinovation Ventures¹⁰¹. Nele, consta a informação de que, entre 2006 e 2015, a porcentagem de artigos acadêmicos citados nas 100 principais revistas e conferências de IA que tinham autores com nomes chineses saltou de 23,2% para 42,8%.

Ainda que soe contraintuitivo, uma vez que falamos de um país outrora comunista, a grande força da China está em sua comunidade empreendedora tecnológica, que demonstra, de acordo com Lee (2018), uma cultura de dedicação laboral e pragmatismo superior à sua correlata estadunidense. Na questão da abundância de dados também reside outra vantagem comparativa. Diferentemente do que ocorre nos países ocidentais, no caso da China não há um engajamento social significativo em relação à proteção de dados pessoais. Isso faz com que seus habitantes aceitem com alguma tranquilidade que seus rostos e vozes sejam registrados pelo vasto sistema de vigilância característico de diversas cidades chinesas, para,

¹⁰⁰ Conjunto de empresas também conhecida pela sigla midiática GAFAM (Google, Apple, Facebook, Amazon, Microsoft). Por vezes, também se vê GAFAMI, quando considerada a IBM.

¹⁰¹ A empresa é do próprio autor, Kai-Fu Lee.

posteriormente, serem digitalizados e transformados em dados que irão treinar algoritmos de inteligência artificial (LEE, 2018).

Ainda no quesito dados, vale citar também outros dois diferenciais a favor da China. O primeiro é o fato de o número de usuários chineses de internet ser maior que o equivalente estadunidense e europeu somado, o que, por tabela, resulta em uma quantidade maior de dados disponíveis. O segundo diferencial atende pelo nome de “WeChat”, um aplicativo que centralizou diversos serviços de internet em si mesmo – como compras, bate-papo, pagamento de contas e desbloqueio de bicicletas compartilhadas –, fazendo de sua proprietária, a gigante chinesa da tecnologia Tencent, possivelmente a empresa possuidora do banco de dados mais rico de todo o planeta, e, por consequência, um enorme potencial para o desenvolvimento de aplicações em IA (LEE, 2018).

No âmbito do *hardware*, o governo chinês também tem reunido esforços para diminuir a desvantagem em relação ao seu competidor ocidental, com o aporte de quantias vultosas para projetos de desenvolvimento de chips de última geração e com o investimento maciço em EBTs nativas, entre as quais estão Horizon Robotics, Bitmain e Cambricon Technologies. É nesse contexto que a cidade de Shenzhen, localizada próximo a Hong Kong, se tornou o ecossistema considerado o mais pujante da atualidade para a produção de equipamentos de alta tecnologia.

O avançado desenvolvimento em IA atingido por Estados Unidos e China faz, naturalmente, com que suas corporações nacionais abarquem os mercados de outros países. Nessa questão, porém, Lee (2018) argumenta que há uma abordagem substancialmente distinta entre uma e outra. Enquanto as gigantes estadunidenses da tecnologia buscam introduzir seus produtos diretamente nesses mercados, as empresas chinesas adotam uma lógica de investimento e mesmo de aquisição de EBTs locais em um “modelo baseado mais na cooperação do que na conquista” (LEE, 2018, p. 141, tradução nossa).

Tudo considerado, é bastante provável que a disputa entre Estados Unidos e China nessa seara tenda apenas a se intensificar cada vez mais nos anos vindouros.

5 POLÍTICAS BRASILEIRAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

5.1 Planos estratégicos de inteligência artificial pelo mundo

A partir do fim dos anos 2010, diversos países passaram a publicar planos estratégicos voltados para o desenvolvimento nacional da inteligência artificial. Esse movimento refletiu a crescente percepção geral de que a IA estaria se tornando um elemento central para a transição tecnológica na matriz produtiva do planeta, com implicações não apenas econômicas e sociais, mas também políticas e militares.

Tal percepção foi muito bem sintetizada pelo presidente russo, Vladimir Putin, em aula aberta transmitida pela internet para marcar o início do ano letivo na Rússia em 2017. Na oportunidade, Putin afirmou que “a inteligência artificial é o futuro, não só para a Rússia, mas para toda a humanidade. Ela vem com oportunidades colossais, mas também ameaças difíceis de prever. Quem se tornar o líder nesta esfera se tornará o governante do mundo” (PUTIN..., 2017).

Em março de 2020, o Instituto Tecnologia e Sociedade do Rio (ITS-Rio) publicou um resumo dos planos estratégicos nacionais para o desenvolvimento da IA elaborados por 19 países¹⁰². O levantamento traz comentários sobre os objetivos principais de cada plano, além de uma análise baseada em quatro eixos temáticos: *indústria, pesquisa, futuro do trabalho e ética* (ITS-RIO, 2020).

A título de ilustração, o quadro a seguir expõe os objetivos principais de quatro dos 19 planos estratégicos analisados:

QUADRO 2 – Planos estratégicos de IA no mundo

(continua)

País	Nome do Plano	Objetivo Principal
China	Um Plano de Desenvolvimento de Inteligência Artificial da Próxima Geração	O plano é pensado para ocorrer em três fases: 1) alinhar-se com os concorrentes até 2020; 2) alcançar a liderança em alguns campos da IA até 2025; 3) tornar-se o centro de inovação em IA até 2030.

¹⁰² São eles Finlândia, Dinamarca, França, Reino Unido, Suécia, Alemanha, Portugal e Itália (Europa); Taiwan, Japão, Singapura, China, Emirados Árabes Unidos, Coreia do Sul e Índia (Ásia); Estados Unidos, Canadá e México (América); Austrália (Oceania). A publicação analisa também a estratégia elaborada pela Comissão Europeia (ITS-RIO, 2020).

QUADRO 2 – Planos estratégicos de IA no mundo

(conclusão)

País	Nome do Plano	Objetivo Principal
Emirados Árabes Unidos (EAU)	Estratégia para Inteligência Artificial dos Emirados Árabes Unidos	Melhorar o desempenho e a eficiência do governo, cortando custos em todo setor público, diversificando a economia e colocando os EAU como líder global em IA.
Índia	Estratégia Nacional para Inteligência Artificial #IAPARATODOS	O documento aponta como a Índia pode alavancar tecnologias em IA garantindo o desenvolvimento social e inclusivo, visando tornar-se um dos líderes globais em IA, ao mesmo tempo em que busca replicar as soluções desenvolvidas em outros países subdesenvolvidos
México	Estratégia de IA no México: Aproveitando a Revolução de IA	Elaborada pela Oxford Insights e pela C-Minds, sob encomenda da Embaixada Britânica no México, o documento aponta diversas recomendações divididas em cinco categorias, com vistas a fazer do país um líder global em IA

FONTE: Planos Estratégicos de Desenvolvimento de Inteligência Artificial (ITS-RIO, 2020).

5.2 Documentos brasileiros para o desenvolvimento digital

Diante do cenário mundial, o Estado brasileiro também se movimentou. Desde 2018, o Governo Federal tem publicado uma série de documentos oficiais que, ora de forma mais geral, ora de forma mais específica, trazem diretrizes para o desenvolvimento da inteligência artificial em solo nacional. Dentre eles, destacamos a Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-digital), o Plano Nacional de Internet das Coisas e a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA).

5.3 E-Digital e Plano Nacional de Internet das Coisas

A E-digital foi lançada em 2018 por meio do Decreto Presidencial nº 9.319/2018, que regulamentou, entre outros dispositivos, a Lei nº 13.243/2016 e a Lei nº 10.973/2004. O documento estabelece um total de 100 ações para alavancar a digitalização em diversos ramos da economia brasileira, como a agricultura, o comércio, a educação, as finanças, a indústria e os serviços (BRASIL, 2004, 2016, 2018c). Segundo consta em seu texto,

as ações estratégicas definidas têm foco no papel do governo como habilitador e facilitador dessa transformação digital no setor produtivo do país, na capacitação da sociedade para essa nova realidade, e na atuação do Estado como prestador de serviços e garantidor de direitos (BRASIL, 2018c, p. 5).

A elaboração da E-digital foi coordenada pelo então Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTI)¹⁰³ mediante um grupo de trabalho interministerial que reuniu mais de 30 entidades da administração pública federal, além de representantes do setor produtivo, da comunidade científica e acadêmica, e de outros estratos da sociedade civil. Previamente à redação da estratégia, foi realizada uma consulta pública entre agosto e setembro de 2017 para a qual foram submetidas mais de 700 contribuições (BRASIL, 2018c).

A E-digital está dividida em nove eixos temáticos. Cinco deles são chamados de *habilitadores*: “Infraestrutura de Redes e Acesso à Internet”, “Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação”, “Confiança no Ambiente Digital”, “Educação e Capacitação Profissional” e “Dimensão Internacional”. Os outros quatro eixos são classificados como *eixos de transformação digital*: “Economia Baseada em Dados”, “IoT¹⁰⁴ – Mundo de Dispositivos Conectados”, “Novos Modelos de Negócios” e “Transformação Digital da Cidadania e do Governo”.

Por sua vez, o Plano Nacional de Internet das Coisas ganhou vida com o Decreto Presidencial nº 9854/2019 e é um desdobramento do estudo intitulado “Internet das Coisas: um Plano de Ação para o Brasil”, elaborado por um consórcio formado pela empresa estadunidense McKinsey & Company, pela Fundação CPQD¹⁰⁵ e pelo escritório de advocacia Pereira Neto Macedo, sob a coordenação do BNDES e do MCTI (BRASIL, 2019).

O plano aponta cinco objetivos¹⁰⁶ para o desenvolvimento da internet das coisas (IdC) no Brasil, definindo quatro ambientes prioritários para o fomento de aplicações dessa

¹⁰³ Em maio de 2016, o então Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação passou a englobar o Ministério das Comunicações, o que fez com que sua sigla oficial passasse a ser “MCTIC”. Porém, esse arranjo permaneceu somente até junho de 2020, quando a pasta das Comunicações voltou a ser um ministério independente. Para efeito de simplificação, utilizaremos a sigla “MCTI” ao nos referenciarmos às ações do ministério a partir de 2011 (ano em que o termo “inovação” foi incorporado ao seu nome) independentemente do seu arranjo no período ao qual fizermos referência.

¹⁰⁴ “IoT” é a sigla em inglês para “Internet of Things”. Neste trabalho, porém, por optarmos sempre que possível pelas expressões em português, utilizamos a sigla “IdC”, que se refere a “Internet das Coisas”.

¹⁰⁵ Sigla para “Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações”. O órgão, um dos maiores centros de pesquisa e desenvolvimento da América Latina, foi criado em 1976 como “Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Telebras”. Desde 1998, quando se tornou uma fundação de direito privado sem fins lucrativos, adotou o novo nome (CPQD, 2022).

¹⁰⁶ “Art. 3º São objetivos do Plano Nacional de Internet das Coisas: I – melhorar a qualidade de vida das pessoas e promover ganhos de eficiência nos serviços, por meio da implementação de soluções de IoT; II – promover a capacitação profissional relacionada ao desenvolvimento de aplicações de IoT e a geração de empregos na economia digital; III – incrementar a produtividade e fomentar a competitividade das empresas brasileiras

tecnologia: “saúde”, “cidades”, “indústria” e “rural”. Além disso, também determina a criação de um órgão consultivo composto por representantes de diversos ministérios para monitorar sua implementação. O documento ressalta ainda que as ações de promoção da IdC devem “estar alinhadas com as ações estratégicas definidas na Estratégia Brasileira para a Transformação Digital” (BRASIL, 2019, não p.).

Outros documentos oficiais brasileiros relativos a assuntos digitais publicados recentemente foram a Política Nacional de Segurança da Informação, de 2018, a Estratégia Nacional de Segurança Cibernética, de 2020, e a Estratégia de Governo Digital, também de 2020.

5.4 Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial

Já em abril de 2021 foi oficializada, por meio da portaria nº 4.617/2021, do MCTI, a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial, coloquialmente chamada de EBIA. O documento representa o grande marco referencial para as políticas do Brasil voltadas para o fomento da IA. Segundo o texto da portaria, a finalidade principal da estratégia é a de

I - nortear as ações do Estado brasileiro em prol do fortalecimento da pesquisa, desenvolvimento e inovações de soluções em Inteligência Artificial, bem como seu uso consciente, ético para um futuro melhor; e II - garantir a inovação no ambiente produtivo e social na área de Inteligência Artificial, capaz de enfrentar os desafios associados ao desenvolvimento do País (BRASIL, 2021b, não p.).

Ao longo de 55 páginas, a EBIA oferece diretrizes agrupadas em nove eixos temáticos, sendo três eixos transversais (“Legislação, Regulação e Uso Ético”, “Governança de IA” e “Aspectos Internacionais”) e seis eixos verticais (“Educação”, “Força de Trabalho e Capacitação”, “Pesquisa, Desenvolvimento, Inovação e Empreendedorismo”, “Aplicação nos Setores Produtivos”, “Aplicação no Poder Público” e “Segurança Pública”). No total, a estratégia traz 73 ações estratégicas, sendo 31 relativas aos eixos transversais e as demais 42, aos eixos verticais (BRASIL, 2021a).

O processo de construção da estratégia teve início em abril de 2019 com a publicação de um edital elaborado no âmbito de uma cooperação técnica firmada entre o MCTI

desenvolvedoras de IoT, por meio da promoção de um ecossistema de inovação neste setor; IV – buscar parcerias com os setores público e privado para a implementação da IoT; e V – aumentar a integração do País no cenário internacional, por meio da participação em fóruns de padronização, da cooperação internacional em pesquisa, desenvolvimento e inovação e da internacionalização de soluções de IoT desenvolvidas no País” (BRASIL, 2019).

e Unesco¹⁰⁷ para a contratação de um consultor responsável pela tarefa, que deveria ser executada em 12 meses (JULIÃO, 2019). Segundo o Entrevistado A¹⁰⁸, o processo de contratação foi concluído em julho do mesmo ano e, um mês mais tarde, os trabalhos já haviam começado.

A primeira fase do processo consistiu em três etapas: 1) a realização de um comparativo junto às estratégias nacionais de outros países; 2) a análise de diretrizes produzidas por entidades de influência internacional¹⁰⁹; e 3) a produção de um diagnóstico do cenário brasileiro à luz do estado da arte da inteligência artificial no mundo. Para a realização desta última, um questionário foi aplicado junto aos principais pesquisadores brasileiros de IA – rastreados, principalmente, a partir da Comissão Especial de Inteligência Artificial da Sociedade Brasileira de Computação e dos grupos de pesquisa cadastrados no CNPq – e também junto a profissionais de multinacionais que operam no Brasil. Ao todo, foram obtidas mais de 80 respostas de especialistas de quase todas as unidades federativas¹¹⁰.

Posteriormente, foi aberto um processo de consulta pública na plataforma Participa.br em torno de nove tópicos (que depois viram ser os nove eixos temáticos da EBIA). Realizada entre dezembro de 2019 e março de 2020, a consulta registrou 908 contribuições feitas por instituições acadêmicas, empresas privadas, entidades do 3º setor, órgãos governamentais e indivíduos. Um aspecto curioso é que, apesar de a maioria das contribuições serem curtas e restritas a tópicos específicos, foi possível constatar contribuições exaustivas, feitas em formato de relatório e publicadas em destaque na página oficial da consulta pública. Quase todas eram de autoria de multinacionais de tecnologia¹¹¹ (CONSULTA..., [2019]; ITS-RIO, [2020]).

¹⁰⁷ Trata-se do projeto de cooperação técnica intitulado “Desenvolvimento de Capacidades Institucionais para a Ampliação e Modernização dos Processos de Formulação, Implantação e Avaliação das Políticas em Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações para o Brasil”, também chamado de “PRODOC 914BRZ2023”. O acordo foi firmado em maio de 2018 e previa o investimento de R\$ 12.450.900 ao longo de quatro anos para o desenvolvimento de uma série de ações no escopo para o qual foi proposto. Todos os recursos, porém, viriam do orçamento do MCTI, com a Unesco contribuindo apenas com a expertise técnica (BRASIL, 2018b).

¹⁰⁸ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 25/02/2022 por Entrevistado A, consultor contratado pelo MCTI para elaborar a EBIA.

¹⁰⁹ Como a Associação para o Avanço da Inteligência Artificial (“*Association for the Advancement of Artificial Intelligence*”) e o Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (“*Institute of Electrical and Electronics Engineers*”).

¹¹⁰ De acordo com o Entrevistado A, não foi possível obter respostas de especialistas apenas de quatro estados: Goiás, Acre, Rondônia e Amapá.

¹¹¹ Entre elas estavam Google, Microsoft, Intel, TIM, Qualcomm, Telefônica e Claro, além da BSA – Software Alliance, que é uma associação estadunidense de empresas. Ademais, estavam também em destaque na página da consulta contribuições extensas da Oi S/A, do Ministério da Fazenda, da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica, e da Câmara Brasileira da Economia Digital (CONSULTA..., 2022).

Por fim, veio a fase da seleção do conteúdo e da redação do texto final da estratégia. Segundo o Entrevistado A, todo o processo de elaboração do documento se deu de forma bastante colaborativa com os técnicos do MCTI. Em julho de 2020, a consultoria foi concluída.

Acreditamos ser ainda relevante mencionar dois importantes contratempos que afetaram o roteiro concebido inicialmente para o processo de elaboração da EBIA. O primeiro foi a pandemia da covid-19, decretada em março de 2020, e que alterou significativamente o plano original de levantamento de dados. Este incluía visitas presenciais a empresas multinacionais, impossibilitadas pelas medidas de isolamento social impostas pelas autoridades. O segundo contratempo foi o anúncio da recriação do Ministério das Comunicações, em junho de 2020, cindindo o então Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, e causando um rearranjo interno nos quadros técnicos do MCTI, fato que acabou impactando a fase final do trabalho.

Imediatamente após sua publicação, em abril de 2021, a EBIA foi alvo de fortes críticas feitas por especialistas. Em coluna publicada no jornal Folha de S. Paulo, Ronaldo Lemos chamou a estratégia de “patética” por, entre outros pontos, não estabelecer “nenhuma meta, orçamento, organização ou planejamento de implementação” (LEMOS, 2021b, não p.). Glauco Arbix, ex-presidente do Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA) e da Finep, classificou-a como um “documento genérico” em evento transmitido ao vivo no YouTube¹¹² (MESA..., 2021). Já Francisco Saboya, presidente da Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores, sugeriu revogar o decreto e escrever um novo (SABOYA, 2021).

Questionado a respeito das críticas, o Entrevistado A afirmou que a decisão de elaborar um documento com diretrizes mais genéricas, sem estipular metas, prazos e prioridades, teria sido uma decisão do próprio ministério. Já o Entrevistado B¹¹³, que era o responsável do MCTI pelo acompanhamento das políticas previstas na EBIA – e que informou que não participou de sua elaboração, mas que a “recebeu pronta” – concordou parcialmente com as críticas, sobretudo quanto à falta de definição de uma fonte orçamentária para a execução das ações estratégicas, e admitiu que “em algum momento próximo teremos que rever essa estratégia”.

Vale mencionar que a mesma portaria que oficializou a EBIA também determinou a criação de “instâncias e práticas de governança para priorizar, implantar, monitorar e atualizar

¹¹² Disponível em: <https://youtu.be/CTXA2C3BHko?t=2934>. Início da fala em 48'32" (MESA..., 2021).

¹¹³ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 15/02/2022 por Entrevistado B, diretor do MCTI.

as ações estratégicas estabelecidas” para as quais deveriam ser convidadas a participar “instituições do setor público, privado e da academia” (BRASIL, 2021b). Essa determinação se materializou com o “Comitê de Governança da EBIA”, que começou a se reunir já em maio de 2021.

Organizado em nove subcomitês, cada qual referente a um dos eixos temáticos da EBIA, o comitê tem a incumbência de discutir os meios de implementação das ações estratégicas previstas no documento. Até junho de 2022, seu sítio disponibilizava cinco atas de reuniões realizadas desde sua criação, além de um relatório com os resultados obtidos em 2021 (BRASIL, [2022]).

5.5 Programas brasileiros para o desenvolvimento de inteligência artificial

O biênio 2019-2020 representou um marco para as políticas nacionais de fomento à inovação em inteligência artificial no Brasil. O período registrou nada menos que três iniciativas de vulto concebidas pelo Governo Federal.

A primeira delas, de outubro de 2019, foi o programa “Centros de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial”, tema desta dissertação e o qual detalhamos com maior profundidade na subseção 5.6.

A segunda iniciativa foi o programa IA² (lê-se “IA dois”), fruto de uma parceria entre o MCTI e a Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro (Softex). Lançado em fevereiro de 2020, e com um orçamento previsto de R\$ 10 milhões (ASCOM, 2020), tinha o objetivo de fomentar EBTs brasileiras em inteligência artificial que operassem nas quatro áreas prioritárias do Plano Nacional de Internet das Coisas: agronegócio, saúde, cidades inteligentes e indústria 4.0¹¹⁴. Além das EBTs, o programa envolvia também aceleradoras¹¹⁵, Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs) e “empresas-âncora”, em um processo de inovação aberta que se dava em quatro fases.

Na primeira delas, foram definidas as EBTs, os ICTs e as aceleradoras aptas a participar do programa. Na segunda fase, 100 EBTs (de um total de 736) foram aprovadas para desenvolver seus projetos sob mentoria e suporte técnico das aceleradoras e ICTs. Na terceira fase, 31 projetos foram escolhidos para serem “acelerados”, isto é, para se converterem em protótipos. Nessa etapa, cada EBT recebeu um aporte de até R\$ 200 mil provido pelo MCTI e

¹¹⁴ No Plano Nacional de Internet das Coisas, os termos exatos são “saúde”, “cidades”, “indústria” e “rural”.

¹¹⁵ “Aceleradoras” são empresas que auxiliam EBTs com mentoria empresarial, compartilhamento de rede de contatos e “dinheiro de sobrevivência”. Em troca, obtém participação societária no empreendimento.

por uma aceleradora em um esquema de contrapartida de “um para um”¹¹⁶. Por fim, na quarta fase, 15 projetos foram selecionados para serem lançados no mercado em parceria com “empresas-âncora” – estas deveriam ser de médio ou grande porte¹¹⁷, atuar em uma das quatro áreas prioritárias do programa e ainda participar de um aporte de R\$ 300 mil em parceria com o MCTI no mesmo esquema de contrapartida (IA²..., c2021; SOBRE..., c2021).

A terceira iniciativa do Governo Federal para fomentar IA envolveu uma parceria entre o MCTI e a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii). Formada em outubro de 2020, a “Rede MCTI/Embrapii de Inovação em Inteligência Artificial” visava financiar a criação de aplicações em inteligência artificial a partir da demanda de firmas industriais nacionais e do envolvimento dos ICTs credenciados como “unidades Embrapii”¹¹⁸. Segundo seu sítio oficial, as competências tecnológicas que deveriam ser desenvolvidas prioritariamente eram Aprendizado de Máquina, Aprendizado Profundo, Análise de Megadados, Visão Computacional e Redes Neurais (MCTI..., 2020).

No programa, as indústrias deviam procurar os pesquisadores de um dos ICTs credenciados, pactuar a aplicação a ser desenvolvida e solicitar o financiamento governamental, que se dava em cinco modalidades: projetos de empresa única, projetos com mais de uma empresa, projetos de desenvolvimento de EBTs para o ciclo inicial, projetos de desenvolvimento de EBTs para o ciclo completo e projetos que envolvessem tecnologias estratégicas. O financiamento das pesquisas era compartilhado tanto com as empresas parceiras, que deviam aportar recursos monetários, como com os ICTs, responsáveis por aportar “recursos econômicos”, isto é, recursos humanos, logísticos e administrativos. O montante a ser aportado por cada ente variava de acordo com a modalidade escolhida (MCTI..., 2020).

Segundo o Entrevistado B, até outubro de 2021, a Rede MCTI/Embrapii de Inovação em Inteligência Artificial havia mobilizado mais de R\$ 250,8 milhões, sendo R\$ 83,2 milhões da Embrapii, R\$ 126,3 milhões das empresas e R\$ 41,3 milhões em recursos econômicos dos ICTs. Foram concluídos 129 projetos e realizados 120 pedidos de propriedade intelectual. Todos os recursos públicos eram provenientes da Lei de Informática e do Programa Rota 2030 (BRASIL, 1991, 2018d; MCTI..., 2020).

¹¹⁶ A cada um real investido pela aceleradora, o MCTI investia um real.

¹¹⁷ Segundo o BNDES, uma empresa de médio porte é aquela que possui Receita Operacional Bruta (ROB) anual de um valor entre R\$ 4,8 milhões e R\$ 300 milhões. Já as empresas de grande porte são as que possuem ROB anual maior que R\$ 300 milhões (PORTE..., [202-])

¹¹⁸ Até o momento em que concluímos nosso levantamento de dados, havia 19 unidades Embrapii: CEEI/UFMG, CEIA/UFMG, Fundação CERTI, CESAR, Senai Cimatec, CPqD, DCC/UFMG, EDGE/UFAL, Eldorado, IFCE, IFES, IFMG, IFSC, Inatel, ISI Embarcados, ISI Metalmeccânica, Institutos Lactec, Tecgraf/Puc-Rio, ITEC/FURG (EMBRAPII, 2022).

Alguns exemplos de projetos apoiados pelo programa foram um dispositivo que acompanha os estoques de oxigênio em cilindros de hospitais feito pela Salvus; um monitor vestível de sinais vitais de pacientes internados desenvolvido pela Integrare Health Technology; um mecanismo de gerenciamento de iluminação pública inteligente produzido pela Exati; e um sistema de auxílio logístico para a localização de contêineres de autoria da Migra (REDE..., c2022).

5.6 Os Centros de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial

5.6.1 O programa

Os Centros de Pesquisa Aplicada (CPA) são um modelo organizacional de produção científica, tecnológica e de inovação promovido e financiado pela Fapesp como parte do “Programa Fapesp Centros de Pesquisa em Engenharia”. Seu conceito é uma adaptação dos programas dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) e do Programa de Apoio à Pesquisa em Parceria para a Inovação Tecnológica (PITE), ambos da própria Fapesp.

Do Cepid, além da estrutura de centro, os CPAs emprestam as concepções de *inovação e difusão* para servir de norte para as pesquisas, enquanto do PITE advém a obrigatoriedade de envolver uma empresa parceira para cofinanciar os projetos, participar de sua elaboração e utilizar os resultados produzidos (CENTROS..., [202-]).

Desde que o programa surgiu, em 2012, até o momento em que esta dissertação era escrita, foram criados 11 CPAs – ou, a depender do tema da pesquisa, “CPEs”¹¹⁹ – nas mais variadas áreas: motores a biocombustíveis, gás natural, química sustentável, novos fármacos, bem-estar e comportamento humano, novas energias, genoma de plantas, produção de petróleo, primeira infância, plasticultura e inteligência artificial (CENTROS..., [202-]).

Entre as características que distinguem os CPA de outros projetos de pesquisa está a complexidade, a interdisciplinaridade e o caráter de longo prazo de suas atividades. Como informa o sítio oficial do programa, sua missão principal

é executar projetos de pesquisa complexos, na fronteira do conhecimento, orientados a problemas e à busca de resultados bem definidos, que colaborem para a formação de um centro de pesquisa de classe mundial durante sua existência. Adicionalmente, o plano do Centro deve desenvolver, a partir do núcleo de pesquisa

¹¹⁹ A sigla utilizada nos textos institucionais da Fapesp é CPE (Centro de Pesquisa de Engenharia) em razão do nome do programa no qual ele se insere (“Programa Fapesp Centros de Pesquisa em Engenharia”), mas, segundo o Entrevistado D, quando o tema de pesquisa for outro que não relativo às engenharias, a sigla para o centro costuma ser “CPA”.

internacionalmente competitiva, meios efetivos de transferência de tecnologia, educação e disseminação do conhecimento (CENTROS..., [202-], não p.).

Um desses CPAs é o Center for Artificial Intelligence (C4AI). Baseado na Universidade de São Paulo (USP), trata-se de iniciativa financiada pela Fapesp e pela IBM Research, tendo começado a funcionar em 2020. Até outubro de 2022, o centro já havia investido R\$ 5,4 milhões em pesquisas científicas e tecnológicas nas quais atuaram 139 cientistas (FONTES, 2022).

Entre as funcionalidades desenvolvidas com base em técnicas em IA pelo C4AI estão o processamento automático da língua portuguesa, a previsão de condições oceânicas em regiões portuárias e o aperfeiçoamento do diagnóstico e reabilitação de pessoas que tiveram AVC. Além disso, o centro também se notabiliza por realizar seminários virtuais para tratar de temas relativos ao universo da inteligência artificial (FONTES, 2022).

Em 2019, a Fapesp lançou uma chamada pública para receber propostas visando a criação de mais quatro CPAs¹²⁰ naquilo que viria a ser a primeira fase do programa dos **Centros de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial** (CPAs em IA), tema desta dissertação. Nesse caso, porém, a iniciativa foi gestada em um comitê do qual participavam a própria Fapesp, o MCTI e o Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br). A razão desse arranjo institucional específico tem a ver com a origem dos recursos empregados para o financiamento dos CPAs. Explicaremos a história logo a seguir.

De 1998 a 2005, a Fapesp foi o órgão brasileiro encarregado de administrar os registros dos domínios IPs no país (o “.br” dos sítios eletrônicos), sendo também responsável pelo entesouramento das receitas obtidas com o procedimento, que era pago. Essa situação perdurou até a tarefa ser transferida ao Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR¹²¹ (NIC.br) (FAPESP..., 2021).

Os recursos obtidos nesse período permaneceram sob curadoria da Fapesp durante anos sem serem utilizados. Até que, em dezembro de 2013, Fapesp, MCTI e CGI.br firmaram um convênio que criou um comitê entre os três entes para gerenciar tais recursos – na época, R\$ 98 milhões – a fim de que fossem usados para “estimular, selecionar e apoiar projetos de pesquisa científica e tecnológica [...] que contribuam para o desenvolvimento da Internet no Brasil” (CONVÊNIO..., 2013, não p.). O programa dos CPAs em IA foi considerado apto para ser um desses projetos.

¹²⁰ O programa foi concebido para se dar em duas fases, cada uma das quais selecionando quatro CPAs, num total de oito. Entretanto, conforme veremos a seguir, a primeira fase acabou selecionando seis CPAs.

¹²¹ Ao lado do CGI.br, é um dos órgãos que gerenciam questões relativas à internet no Brasil.

De acordo com o Entrevistado C¹²², a ideia da criação do programa teria sido do então ministro da pasta, Marcos Pontes. Essa informação, porém, não chegou a ser confirmada integralmente pelo Entrevistado D¹²³, que não soube precisar a fonte original da ideia, apenas que esta “deve ter surgido em alguma reunião que sempre ocorre entre Fapesp e MCTI”.

O programa dos CPAs em IA prevê financiar cada CPA com o aporte anual de R\$ 1 milhão originário dos recursos geridos pelo comitê MCTI-Fapesp-CGI.br mais um aporte de valor igual ou superior a ser feito por uma ou mais empresas parceiras que participem da iniciativa. O período do financiamento é de cinco anos, podendo ser renovado por mais cinco.

Para concorrer no programa, os interessados deveriam enviar propostas detalhando planos de pesquisas, defendendo sua relevância e apresentando as justificativas para a criação dos CPAs com base em cinco “razões” estipuladas na chamada pública. Estas eram:

- a) Melhorar a qualidade de vida das pessoas e promover ganhos de eficiência nos serviços, por meio da implementação de soluções de IA;
- b) Promover a capacitação profissional relacionada ao desenvolvimento de aplicações de IA e a geração de empregos na economia digital;
- c) Incrementar a produtividade e fomentar a competitividade das empresas brasileiras desenvolvedoras de IA, por meio da promoção de um ecossistema de inovação neste setor;
- d) Buscar parcerias com os setores público e privado para a implementação de IA;
- e) Aumentar a integração do Brasil no cenário internacional, por meio da participação em fóruns de padronização, da cooperação internacional em pesquisa, desenvolvimento e inovação e da internacionalização de soluções de IA desenvolvidas no País (CHAMADA..., 2019, não p.).

Ademais, as propostas deveriam ainda atender a uma série de pré-requisitos institucionais. O primeiro deles era o de que as pesquisas deveriam se dar em uma ou mais das seguintes áreas temáticas: *saúde, agricultura, indústria e cidades inteligentes*. Trata-se, como já vimos, dos quatro ambientes prioritários do Plano Nacional da Internet das Coisas¹²⁴. Segundo o Entrevistado N¹²⁵, essa decisão acerca das áreas temáticas teria ocorrido com base em uma sugestão feita por ele próprio durante uma reunião do MCTI.

Outro pré-requisito era o de que o CPA deveria envolver pesquisadores de um ou mais ICTs em suas atividades, sendo que um desses ICTs funcionaria como a sede do centro.

¹²² Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 15/02/2022 por Entrevistado C, diretor do MCTI.

¹²³ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 30/03/2022 por Entrevistado D, diretor da Fapesp.

¹²⁴ Como já informamos, os termos exatos contidos no Plano Nacional de Internet das Coisas são “saúde”, “cidades”, “indústrias” e “rural” (BRASIL, 2019).

¹²⁵ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 01/04/2022 por Entrevistado N, técnico do MCTI.

Isso implicava disponibilizar área física para a realização das pesquisas e armazenamento de equipamentos, além da cessão de pessoal destinado à administração e apoio técnico.

Como já mencionado anteriormente, a chamada pública também previa a participação de uma ou mais empresas parceiras no CPA, as quais deveriam cofinanciar as pesquisas, participar da definição de seus rumos e, ao fim, se apropriar dos resultados obtidos para empregá-los em atividade econômica.

Quanto à composição de seus integrantes, cada CPA deveria contar com “Pesquisadores Principais¹²⁶, Pesquisadores Associados¹²⁷, Pesquisadores Visitantes¹²⁸, Pós-doutores, engenheiros e técnicos, estudantes de pós-graduação e de graduação”, além ainda de “pessoal técnico de apoio e outros colaboradores como pessoas de notório saber e profissionais de mercado” (CHAMADA..., 2019, não p.).

Em termos de modelo de governança, o pré-requisito era o de haver um Comitê Executivo com quatro cargos: diretor, vice-diretor, coordenador de Educação e Difusão de Conhecimento e coordenador de Transferência de Tecnologia. O diretor tem o status de “Pesquisador Responsável”, cuja função é a de responder pelos trabalhos do centro junto à Fapesp e liderar o andamento das pesquisas. Já o vice-diretor deveria ser um pesquisador indicado por uma empresa parceira a fim de garantir uma boa interação entre as empresas (no caso de haver mais de uma) e os pesquisadores. Ambos precisariam possuir as credenciais de um “Pesquisador Principal”.

Ao coordenador de Educação e Difusão de Conhecimento estava atribuída a missão de organizar atividades de formação de recursos humanos em inteligência artificial nos mais variados níveis. Alguns exemplos de atividades citadas na chamada pública são projetos de iniciação científica e de pós-graduação, ações de extensão junto a alunos do ensino médio, realização de treinamento de professores, e organização de cursos de difusão científica e de programas de educação continuada.

Por sua vez, o coordenador de Transferência Tecnológica teria o compromisso de conceber maneiras de transferir o conhecimento produzido pelo centro para o setor produtivo e

¹²⁶ Segundo a chamada pública, seriam doutores de excelente histórico de trabalho, com capacidade demonstrada de formar grupos de pesquisa relevantes e cuja participação seja essencial para os objetivos do CPA (CHAMADA..., 2019).

¹²⁷ Trata-se de pesquisadores cujas atribuições fossem bem delimitadas nos trabalhos dos CPAs, com dedicação menor que os pesquisadores principais.

¹²⁸ A chamada pública não especifica o que seria Pesquisador Visitante, mas, segundo o sítio da Fapesp, trata-se de “pesquisador experiente, vinculado a Instituição de pesquisa no exterior ou em outros estados do Brasil, que virá a uma instituição de pesquisa no estado de São Paulo, por um período contínuo e não superior a um ano, para colaboração no desenvolvimento de projetos de pesquisa em andamento, ou a ponto de serem iniciados, na Instituição Sede”. Supomos, naturalmente, que a obrigatoriedade de se juntar a “uma instituição de pesquisa no estado de São Paulo” não se estende aos CPAs com sede em outros Estados (PESQUISADOR..., 2022, não p.).

órgãos de governo, buscando ainda fomentar o intercâmbio com outros ICTs. Essa tarefa se alinha a um dos objetivos estipulados pela chamada pública, o de gerar EBTs e empresas derivadas¹²⁹ que “incorporem resultados de pesquisas desenvolvidas pelo Centro em seus produtos ou serviços” (CHAMADA..., 2019, não p.).

Tanto o diretor quanto os coordenadores de Educação e Difusão de Conhecimento, e de Transferência de Tecnologia deveriam também contar com gestores a serem indicados pelo ICT-sede para cuidar das tarefas de cunho administrativo relativas a cada coordenadoria.

Finalmente, o CPA deveria também contar com um “Conselho Consultivo Internacional” composto por “destacados cientistas reconhecidos internacionalmente” e cuja função principal seria a de “orientar a equipe quanto às oportunidades de pesquisas, novas direções a tomar e o aumento da competitividade internacional criada pelo Centro”. A participação de cientistas estrangeiros era obrigatória (CHAMADA..., 2019, não p.).

Foram submetidas no total 19 propostas, que foram avaliadas entre outubro de 2020 e março de 2021. Segundo o Entrevistado C¹³⁰, todas elas foram traduzidas para o inglês e enviadas para a avaliação de especialistas estrangeiros contratados *ad hoc*, já que os principais pesquisadores de IA do Brasil – que eram quem, num primeiro momento, seriam requisitados para a tarefa – estavam concorrendo na seleção. Na sequência, os responsáveis pelas propostas mais bem ranqueadas foram ainda submetidos a uma entrevista pelos integrantes do comitê Fapesp-MCTI-CGI.br.

Ao fim do processo, seis propostas acabaram selecionadas para integrar o programa, ao invés das quatro previstas inicialmente. O motivo para esse acréscimo, segundo o Entrevistado D¹³¹, foi o de que “se tratava de propostas muito boas” e, se a regra original da chamada fosse seguida à risca,

iríamos perder duas propostas por conta de um processo administrativo, o que seria uma pena muito grande, porque é difícil montar um projeto bom desses, são muitos atores envolvidos, são muitas reuniões, e se você perde o momento daquilo, em que está todo mundo animado, talvez você não consiga mais viabilizá-lo.

Anunciadas em 4 de maio de 2021, as propostas selecionadas foram a Rede Inteligência Artificial Recriando Ambientes (Rede IARA), o Centro de Inovação em Inteligência Artificial para a Saúde (CIIA-Saúde), a Plataforma Inteligência Artificial, Soluções para Manufatura Inteligente (Plataforma IAsmin), o Centro de Referência em Inteligência

¹²⁹ Termo em português para a expressão em inglês “*spin-offs*”, mais comumente usada.

¹³⁰ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 15/02/2022 por Entrevistado C, diretor do MCTI.

¹³¹ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 30/03/2022 por Entrevistado D, diretor da Fapesp.

Artificial (CEREIA), o Brazilian Institute of Data Science (BIOS) e o CPA Senai Cimatec (FAPESP..., 2021).

A seguir, apresentaremos, de forma breve, cada um dos Centros de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial. As informações destacadas são, basicamente, relativas à história por trás das iniciativas, aos objetivos do projeto, aos eixos de pesquisa, aos ICTs participantes e à relação com as empresas parceiras. Como veremos, dos seis CPAs existentes, apenas dois (BIOS e IAsmin) foram projetados do “zero”. Os demais (Rede IARA, CEREIA, Senai Cimatec e CIIA-Saúde) já estavam em funcionamento em uma estrutura similar ao do CPA antes do programa ter início.

É importante mencionar que até a finalização das entrevistas, em julho de 2022, apenas o BIOS havia formalizado o termo de outorga com a Fapesp. Falamos aqui do contrato que sacraliza a passagem da fase de contratação para a fase de execução do projeto. O termo detalha as obrigações entre os pesquisadores responsáveis, o ICT-sede e a Fapesp, e é somente após sua assinatura que os recursos financeiros são disponibilizados em uma conta, um cartão de banco é emitido ao CPA e este pode, enfim, empregar o dinheiro na realização das pesquisas. Ou seja, sem a assinatura do termo de outorga não é possível publicar editais de seleção de pesquisadores nem dar início a processos de aquisição de equipamentos.

Todas as informações descritas a seguir correspondem à época das entrevistas feitas com integrantes dos CPAs (novembro de 2021 a julho de 2022), de forma que é possível que eventuais alterações tenham ocorrido posteriormente.

5.6.2 Rede IARA

A Rede “Inteligência Artificial Recriando Ambientes”, ou simplesmente “Rede IARA”, como foi batizada, atua nas áreas temáticas de *idades inteligentes* e *saúde*. Com sede no Instituto de Ciências Matemáticas e Computação (ICMC), do campus de São Carlos (SP) da USP, o projeto é o único, entre todos os CPAs, que se organiza na forma de rede nacional. Seu nome é inspirado em uma das lendas mais famosas do folclore brasileiro¹³².

A Rede IARA é um desdobramento de uma iniciativa anterior idealizada em 2019 e intitulada *Smart City Canaã dos Carajás*. De acordo com os Entrevistado E¹³³ e Entrevistado

¹³² Segundo lenda da região amazônica, Iara é um ser feminino que vive no rio e que busca seduzir moços e moças para o fundo das águas (CASCUDO, 2012).

¹³³ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 16/11/2021 por Entrevistado E, um dos coordenadores da Rede IARA.

F¹³⁴, o projeto fora concebido por pesquisadores da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará e da USP junto a representantes da prefeitura de Canaã dos Carajás (PA) para desenvolver aplicações tecnológicas a fim de tornar o município a “primeira cidade inteligente do Brasil”.

Segundo o Entrevistado F, a ideia da empreitada partiu da própria prefeitura canaãense com o objetivo de diversificar, no médio prazo, a matriz econômica local, que na época era centrada na exploração da maior jazida de minério de ferro do mundo¹³⁵. Os recursos para financiar o projeto advinham de um fundo composto pelos royalties pagos pela empresa responsável pela exploração da jazida, a Vale.

Com a publicação da chamada pública do programa dos CPAs em IA, os pesquisadores decidiram ampliar a estrutura operacional para o formato de uma rede nacional, com o projeto de Canaã dos Carajás servindo de paradigma. Para a constituição dessa rede, a estratégia adotada foi a de definir “polos” em ICTs específicos de cada uma das cinco regiões do Brasil com a função de coordenar as pesquisas regionalmente junto a prefeituras, empresas e outros ICTs. Esses polos são a USP (que responde pelo Sudeste e atua como base da coordenação nacional), a Universidade Federal do Pará (Norte), a Universidade Federal do Pernambuco (Nordeste)¹³⁶, a Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (Centro-Oeste) e a Universidade Federal do Paraná (Sul).

Segundo a apresentação de um dos coordenadores do CPA durante seminário virtual, a Rede IARA integrava 202 pesquisadores doutores de diversas disciplinas¹³⁷ e oriundos de 41 ICTs (MESA..., 2021). Contava ainda com parcerias firmadas com 17 empresas e duas prefeituras, números estes que já estavam para aumentar: de acordo com o Entrevistado F, havia “outras 15 prefeituras e 20 empresas que demonstraram interesse em se somar à iniciativa”. Já no âmbito do Conselho Consultivo Internacional, havia pesquisadores de 22 universidades¹³⁸,

¹³⁴ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 18/11/2021 por Entrevistado F, um dos coordenadores da Rede IARA.

¹³⁵ Trata-se do Projeto Ferro Carajás S11D (COMPLEXO..., c2016).

¹³⁶ De acordo com o Entrevistado F, a criação do polo do Nordeste se deu pela incorporação da Rede Nordeste de Inteligência Artificial (IANE), criada em 2020 e que reunia mais de 60 pesquisadores de 18 ICTs de estados da região (INSTITUIÇÕES..., c2022).

¹³⁷ Segundo esse coordenador, havia pesquisadores de arquitetura, biologia, engenharia elétrica, ciências sociais, além, é claro, de ciências da computação.

¹³⁸ Eram elas a Universidade de Tecnologia de Chalmers, o Instituto Real de Tecnologia e a Universidade de Uppsala, da Suécia; a Universidade de Aveiro e a Universidade de Porto, de Portugal; a Escola Superior Sant’Anna e a Universidade de Milão, da Itália; o Laboratório Nacional de Física, a Universidade de Londres e a Universidade de Bath, do Reino Unido; a Universidade de Bordeaux, a Universidade de La Rochelle e a Universidade de Poitiers, da França; a Universidade Estadual da Carolina do Norte, a Universidade de Nova Iorque e a Universidade de Maryland, dos Estados Unidos; a Universidade de Guelph e a Universidade de Laval, do Canadá; a Universidade de Cork, da Irlanda; a Universidade de Walkato, da Nova Zelândia; a Universidade de Nova Gales do Sul, da Austrália; e a Universidade de Twente, da Holanda.

distribuídas entre 11 países, e com as quais havia planos não só de firmar parcerias em pesquisas como realizar intercâmbio de alunos e pesquisadores.

Entre as empresas parceiras da rede, estavam multinacionais como Ericsson, TIM, Intel, Samsung e Stellantis¹³⁹, que participariam do cofinanciamento com valores diferentes a depender da empresa, totalizando R\$ 5 milhões em cinco anos. Além dos aportes financeiros, elas também “auxiliariam com a parte logística”, algo que podemos considerar como “aportes econômicos”. Por exemplo: em Canaã dos Carajás, Ericsson e TIM se responsabilizariam por prover uma conexão 5G, enquanto a Stellantis forneceria um jipe com sensores para rodar a cidade e captar informações sobre o pavimento.

Algumas das pesquisas previstas na Rede IARA tinham como escopo soluções em IA voltadas para o monitoramento da qualidade de asfalto, a identificação de terrenos baldios, o acompanhamento de dados epidemiológicos, a detecção de vazamentos e desperdício de água, e a instalação de “iluminação pública inteligente”. Em Guarapuava (PR), que era a outra cidade que já desenvolvia trabalhos com a rede, pesquisadores buscavam mapear a diversidade genômica da população visando prevenir doenças como diabetes, AVCs e problemas cardíacos.

A Rede IARA também tinha como objetivo auxiliar na construção de indicadores de desempenho para cidades inteligentes concebidos para realidades sociais como a brasileira. Isso porque, segundo o Entrevistado F, “todos os indicadores existentes foram feitos por organizações dos países do primeiro mundo e que não fariam sentido para um país como o Brasil”. Esse trabalho se dava no âmbito da Câmara Cidades 4.0 da qual participava um dos integrantes do CPA.

5.6.3 CIIA-Saúde

O CIIA-Saúde é sediado na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e, como o próprio nome sugere, desenvolve pesquisas na área temática da *saúde*. Segundo seu sítio, faziam parte do CPA quatro empresas parceiras e 186 pesquisadores de oito ICTs¹⁴⁰ (CENTRO..., [202-]).

A principal empresa parceira era a cooperativa de planos de saúde Unimed Belo Horizonte. De acordo com o Entrevistado G¹⁴¹, dos R\$ 2 milhões anuais previstos do

¹³⁹ As outras empresas parceiras eram a Vale, Grupo Splice, Cidades dos Lagos, Jacto, Axxonsoft, NESSHealth, Compesa, Instituto Eldorado, Inatel, Instituto Inova, FITec, CRIE e ATI.

¹⁴⁰ Os ICTs se distribuíam por Rio Grande do Sul (UFGRS, PUC-RS, UFPel e Unisinos), Amazonas (UFAM e Instituto Medicinal Tropical da Amazônia), São Paulo (Facens) e Minas Gerais (UFMG).

¹⁴¹ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 11/11/2021 por Entrevistado G, um dos coordenadores do CIIA-Saúde.

financiamento empresarial, R\$ 1 milhão viria dela. Ademais, a cooperativa também forneceria um dos ativos mais valiosos para o desenvolvimento das pesquisas: os dados. Outra contribuição relevante da empresa seria a apresentação dos problemas que norteariam os rumos das pesquisas.

Além da Unimed Belo Horizonte, participavam também como empresas parceiras a Intel, o Grupo Splice (dono da Facens, um ICT privado que, segundo o Entrevistado G, tinha “interesses em criar uma faculdade de medicina tecnológica”) e a Kunumi (uma EBT de inteligência artificial sediada em Belo Horizonte). Conforme revelou o Entrevistado H¹⁴², outras empresas já demonstravam desejo de integrar o CPA, entre as quais, a Amazon e alguns hospitais particulares.

Os trabalhos do CIIA-Saúde estavam planejados para se dar em quatro linhas de pesquisa¹⁴³, que abrangiam cinco áreas temáticas¹⁴⁴. Segundo alguns exemplos citados por um integrante do CPA durante uma mesa redonda virtual, essas soluções poderiam auxiliar na antecipação do surgimento de doenças como o Alzheimer, no diagnóstico de doenças mediante o exame de eletrocardiogramas, na detecção do vírus da covid-19 por meio de um hemograma e na predição de eventuais complicações em pacientes de UTI (SEMANA... 2021).

Assim como em outros casos analisados, pesquisadores da UFMG que integravam o CIIA-Saúde já desenvolviam pesquisas em IA com empresas parceiras do centro por meio de um instrumento jurídico chamado “Aliança Estratégica”, que é proporcionado pela Lei de Inovação. Até por esse fato, tanto o Entrevistado G quanto o Entrevistado H informaram não haver necessidade de aquisição de nenhum equipamento adicional, já que poderiam dispor daqueles herdados de projetos anteriores realizados no âmbito da universidade. Assim, a expectativa era a de que todos os recursos financeiros previstos pelo programa fossem para bolsas acadêmicas e custeios (passagens, diárias de viagem etc.).

5.6.4 Plataforma IAsmin

A Plataforma IAsmin é outro CPA que também faz um jogo de palavras entre um nome feminino e a sigla “IA”¹⁴⁵. Sua sede fica no Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São

¹⁴² Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 09/02/2022 por Entrevistado H, um dos integrantes do CIIA-Saúde.

¹⁴³ “Modelos e Algoritmos”, “Gerenciamento e Engenharia de Dados”, “Sistemas Computacionais” e “Ética e Valores Humanos”.

¹⁴⁴ “Prevenção e Qualidade de Vida”, “Diagnóstico, Prognóstico e Rastreamento”, “Medicina Terapêutica e Personalizada”, “Sistemas de Saúde e Gestão”, e “Epidemias e Desastres”.

¹⁴⁵ Como já visto, o outro é a Rede IARA.

Paulo (IPT-SP), que é um dos principais institutos de inovação tecnológica do Brasil, e sua área temática é a *indústria*.

Fundado em 1899¹⁴⁶, o IPT-SP é o maior centro de pesquisa aplicada no Brasil e tem como missão executar projetos de pesquisa e oferecer serviços tecnológicos para empresas e o setor público. Com sede no campus de São Paulo da USP, possui 39 laboratórios e unidades em Franca (SP) e São José dos Campos (SP) (SÃO PAULO, [202-]).

À época do nosso trabalho de campo, a Plataforma IAsmin contava com seis empresas parceiras e 11 ICTs nacionais¹⁴⁷. No total, 80 pesquisadores estavam escalados para atuar em seis linhas de pesquisa¹⁴⁸, tendo como foco o desenvolvimento de aplicações voltadas para máquinas de ferramenta e para o ambiente de produção fabril. No Conselho Consultivo Internacional, havia pesquisadores de seis universidades estrangeiras¹⁴⁹.

As empresas parceiras eram a Siemens, a Siemens Energy¹⁵⁰, a Bosch, a Klabin, a Chrysler e a Braskem. Segundo o Entrevistado I¹⁵¹, algumas delas já possuíam relações com o IPT-SP em razão de projetos anteriores enquanto outras negociavam a participação no IPT-Open Experience¹⁵², fato que facilitou o fechamento das parcerias para o CPA. No acordo estabelecido, as empresas previam aportar, conjuntamente, R\$ 2 milhões anuais pelo período de cinco anos.

5.6.5 CPA CEREIA

Desde o final de 2020, a Universidade Federal Ceará possui um centro de pesquisa em inteligência artificial conhecido pela sigla CRIA, que quer dizer “Centro de Referência em Inteligência Artificial”. Para a chamada pública dos CPAs em IA, seus coordenadores resolveram submeter uma proposta com o nome de CEREIA, sigla que corresponde a

¹⁴⁶ Quando da sua fundação, chamava-se Gabinete de Resistência de Materiais da Escola Politécnica de São Paulo, conforme já vimos na subseção 3.1.

¹⁴⁷ Associação Parque Tecnológico de São José dos Campos, a Facens, a USP, a Fundação Parque Tecnológico Itaipu-Brasil, a Unesp, o ITA, a UTFPR, a Unifesp, a UFABC e a Unicamp.

¹⁴⁸ “Monitoramento e Controle em Tempo Real”, “Sistemas Autônomos, Robótica e Máquinas-Ferramentas”, “Manutenção Prescritiva e Operação Inteligente”, “Interoperabilidade e Integração da Cadeia”, “Segurança Cibernética” e “*Digital Twins*”.

¹⁴⁹ Inesc Tec, de Portugal; Instituto Fraunhofer Heinrich Hertz, da Alemanha; Instituto Industrial de Pesquisa Tecnológica, de Taiwan; Universidade do Sul da Dinamarca; Universidade Politécnica da Catalunha, da Espanha; e Universidade de Sherbrooke, do Canadá.

¹⁵⁰ A Siemens Energy, fundada em 2020, foi desmembrada da empresa original para poder atuar exclusivamente no setor de energia.

¹⁵¹ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 02/12/2021 por Entrevistado I, um dos coordenadores da Plataforma IAsmin.

¹⁵² Trata-se de um projeto interno do IPT-SP criado em 2019 e voltado diretamente para a inovação aberta (IPT, [202-]).

exatamente o mesmo nome ao qual a sigla CRIA refere. Na prática, porém, o CEREIA é um projeto dentro do CRIA.

Assim como o CIIA-Saúde, o CEREIA atua na área temática da *saúde*. É, porém, o único CPA que conta com apenas uma empresa parceira: a operadora de saúde Hapvida, que, de acordo com o Entrevistado J¹⁵³, ficou responsável por aportar R\$ 5 milhões durante o período inicial de cinco anos.

O CEREIA contava com 36 pesquisadores de quatro ICTs¹⁵⁴ e se organizava em seis linhas de pesquisa¹⁵⁵. Em seu Conselho Consultivo Internacional, havia pesquisadores de cinco universidades estrangeiras¹⁵⁶. Além da estrutura formal de governança, também havia sido criada uma coordenação de “pesquisa e inovação” (MESA..., 2021).

Entre as aplicações em IA que o centro pretendia desenvolver estavam assistentes virtuais inteligentes para apoiar o atendimento e monitoramento de pacientes; algoritmos que se utilizam de sinais vitais e de monitoramento remoto para detectar anomalias em pessoas internadas; uma metodologia em aprendizado de máquina para a realização de diagnósticos em exames radiológicos; e uma ferramenta de recomendação de protocolos de tratamento com base em anamnese (MESA..., 2021).

5.6.6 BIOS

O Brazilian Institute of Data Science, resumido na sigla BIOS, é um CPA em IA sediado na Unicamp e que atua em duas áreas temáticas: *saúde* e *agricultura*. Segundo o Entrevistado K¹⁵⁷ e informações do sítio do CPA, compunham o centro um total de nove empresas parceiras, seis ICTs nacionais¹⁵⁸ e cerca de 130 pesquisadores (BIOS, c2022).

As empresas parceiras podem ser divididas em dois grupos. No primeiro deles estavam as empresas que oferecem aportes “financeiros”, isto é, em dinheiro. Formavam esse grupo o Hospital Albert Einstein, a Fundação CPqD, e a Fundação para Inovações Tecnológicas

¹⁵³ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 21/02/2022 por Entrevistado J, um dos coordenadores do CEREIA.

¹⁵⁴ Universidade Federal do Ceará, Universidade de Fortaleza (Unifor), Universidade Federal do Piauí e PUC-Rio.

¹⁵⁵ “Predição de Doenças Crônicas”, “Apoio à Avaliação de Exames Radiológicos”, “Engajamento de Pacientes em Programas de Prevenção de Doenças”, “Monitoramento de Pacientes a Baixo Custo”, “Anamnese Assistida por IA” e “Interfaces para Ciência de Dados em Saúde”.

¹⁵⁶ Universidade de Nova Iorque, Universidade da Flórida e Universidade de Houston, dos Estados Unidos; Universidade de Nankai, da China; e Universidade do Minho, de Portugal.

¹⁵⁷ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 04/04/2022 por Entrevistado K, um dos coordenadores do BIOS.

¹⁵⁸ Unicamp, ITA, UFAM, UFABC, USP e Fiocruz.

(FITec), que juntas se comprometeram a aportar R\$ 10 milhões em dez anos¹⁵⁹. Já no segundo grupo estavam as empresas que se dispuseram a realizar aportes “econômicos”, que se traduziriam na forma de cessão de bens e serviços. Essas empresas eram a Templo, a IBM, a Vera Cruz, a Motorola, o Polo Digital de Manaus e a Binder. De acordo com o Entrevistado K, calcula-se que essa modalidade de aporte seja de R\$ 19 milhões, o que totalizaria R\$ 29 milhões de recursos investidos por empresas parceiras no CPA em dez anos.

As pesquisas do CPA estavam programadas para se dar em três eixos. O primeiro deles era o eixo *saúde*, no qual o CPA pretendia desenvolver aplicações voltadas para o cuidado nos níveis individual, comunitário e populacional. Já no eixo *agro*, o foco era desenvolver aplicações voltadas para o processo de tomada de decisão relativas às atividades agropecuárias em um espectro local, regional e global. Havia ainda um terceiro eixo chamado *método*, que buscava desenvolver a inteligência artificial no âmbito teórico e também contribuir para o debate sobre tópicos relativos à ética.

Além disso, o CPA pretendia deixar como legado o “reBIOS”, que vem a ser um “lago de dados”¹⁶⁰ público e que ficaria sob a gestão da Unicamp com o intuito de possibilitar o treinamento de modelos de IA por quem quer que fosse. Almejava também criar um “Sistema Integrado de Monitoramento de Gestantes” voltado para atender pacientes do Sistema Único de Saúde (SUS).

Tal qual já relatamos, até a realização da entrevista com o Entrevistado K, o BIOS havia sido o único, entre todos os seis CPAs, a assinar o termo de outorga junto à Fapesp.

5.6.7 CPA Senai Cimatec

O Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia (Cimatec) é uma unidade da rede Senai localizada em Salvador que realiza pesquisas de ponta no setor industrial em parceria com grandes empresas. É nas suas dependências que se localiza o Centro de Supercomputação para a Inovação Industrial, uma referência nacional no meio. Aproveitando-se desse arranjo institucional prévio, integrantes da instituição resolveram criar um CPA com foco na área temática da *indústria*.

O centro havia firmado parceria com quatro empresas – Machinica HW, Intel, HP e Atos Bull –, todas as quais já possuíam relação com o Senai Cimatec em razão de projetos

¹⁵⁹ Como se pode depreender, os valores já consideravam que o período inicial de cinco anos para o financiamento do CPA seria renovado por outros cinco.

¹⁶⁰ “*Datalake*” na expressão em inglês, mais utilizada.

prévios. De acordo com o Entrevistado L¹⁶¹, no compromisso firmado, elas deveriam aportar, no total, R\$ 6 milhões para os cinco primeiros anos dos trabalhos.

Já os ICTs que compunham o CPA totalizavam dez¹⁶², sendo que boa parte deles advinha dos Institutos Senai de Inovação (ISI). Os trabalhos do CPA estavam previstos para se dar em seis linhas de pesquisa¹⁶³, tendo como base o quadro referencial da Indústria 4.0. Compunham o Conselho Consultivo Internacional pesquisadores de cinco universidades estrangeiras¹⁶⁴ (MESA..., 2021).

Algumas das aplicações que deveriam resultar das pesquisas do centro eram robôs autônomos de inspeção para áreas de difícil acesso, mecanismos de comando de voz para a automatização de atividades sensíveis ou relevantes, e dispositivos para a predição do tempo de vida útil de maquinários industriais (SENAI..., 2021).

Além disso, o CPA Senai Cimatec também pretendia construir uma plataforma digital para a Indústria 4.0 a fim de ser acessada por firmas nacionais que desejem desenvolver modelos algorítmicos para IA mediante uma abordagem sem código ou de pouco código¹⁶⁵. A ideia, segundo o Entrevistado L, é que o governo brasileiro se aproprie dessa plataforma quando ela estiver pronta com a finalidade de servir de política de desenvolvimento da indústria nacional.

QUADRO 3 – Relação dos entrevistados do programa CPAs em IA citados no texto

(continua)

Entrevistado	Cargo	Data da Entrevista
Entrevistado A	Consultor para a EBIA	25/02/2022
Entrevistado B	Diretor do MCTI	15/02/2022
Entrevistado C	Diretor do MCTI	15/02/2022
Entrevistado D	Diretor da Fapesp	30/03/2022
Entrevistado E	Coordenador da Rede IARA	16/11/2021
Entrevistado F	Coordenador da Rede IARA	18/11/2021

¹⁶¹ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 11/05/2022 por Entrevistado L, um dos coordenadores do Senai Cimatec.

¹⁶² Senai Cimatec, ISI em Sistemas Virtuais de Produção do Rio de Janeiro, ISI em Soluções Integradas em Metalmeccânica do Rio Grande do Sul, ISI em Sistemas Embarcados de Santa Catarina, ISI em Sistemas de Manufatura e Processamento a Laser de Santa Catarina, ICMC-USP, ITA, IPRJ-UERJ, IFBA e UFBA.

¹⁶³ “Dados”, “Modelos de Inteligência Artificial”, “Interface Humana e IA”, “IAdevops”, “Aplicações Industriais, Segurança e Privacidade” e Desenvolvimento Sustentável”.

¹⁶⁴ Universidade de Harvard, nos EUA; Universidade de Coventry, no Reino Unido; Universidade de Montreal, no Canadá; Universidade de Granada, na Espanha; e Universidade de Ghangzhou, na China.

¹⁶⁵ “No-code” ou “low-code”, nas expressões em inglês. Trata-se de metodologias que utilizam pouco ou nenhum código de programação no desenvolvimento de aplicações digitais, fato que as torna acessíveis a leigos.

QUADRO 3 – Relação dos entrevistados do programa CPAs em IA citados no texto

(conclusão)

Entrevistado G	Coordenador do CIIA-Saúde	11/11/2021
Entrevistado H	Integrante do CIIA-Saúde	9/02/2022
Entrevistado I	Coordenador da Plataforma IAsmin	2/12/2021
Entrevistado J	Coordenador do CEREIA	21/02/2022
Entrevistado K	Coordenador do BIOS	4/4/2022 e 22/7/2022
Entrevistado L	Coordenador do Senai Cimatec	11/05/2022
Entrevistado M	Coordenador da Plataforma IAsmin	30/11/2021
Entrevistado N	Técnico do MCTI	1/4/2022

FONTE: Autor (2022).

6 ANÁLISE GERAL DO PROGRAMA

6.1 Aspectos burocráticos e financiamento

Do ponto de vista burocrático, um dos primeiros aspectos que chamam a atenção no programa dos Centros de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial diz respeito ao tempo levado para a expedição do chamado “termo de outorga” pela Fapesp, sem o qual os recursos para as atividades de pesquisa não são liberados. Isso porque, como vimos, o anúncio dos seis CPAs que fariam parte do programa se deu em 4 de maio de 2021 e, mais de um ano depois, apenas um deles (BIOS) havia concluído o processo.

Durante as entrevistas, não ficaram claros os motivos específicos para essa demora. Quase todas as justificativas dadas faziam menção a “questões burocráticas” sem que se entrasse em mais detalhes. Nossa hipótese, porém, é que os principais obstáculos giravam em torno das definições sobre a propriedade intelectual de eventuais aplicações tecnológicas obtidas com os resultados das pesquisas. Alguns dos relatos que ouvimos apontam para isso.

Por exemplo, um entrevistado revelou que “a Fapesp tem uma série de exigências burocráticas que não conseguimos cumprir”, emendando que seriam “exigências que algumas empresas têm dificuldades em aceitar principalmente no que refere a propriedade intelectual”¹⁶⁶. Outro entrevistado indicou que havia entraves também no âmbito da burocracia interna das empresas parceiras, sobretudo no que diz respeito à propriedade intelectual.

Dois entrevistados insinuaram que a demora para a expedição do termo de outorga oferecia riscos para o desenrolar do projeto. Um deles, inclusive, afirmou que se cogitava continuar as pesquisas sem a participação da Fapesp – o que, em nosso entendimento, significaria desistir de participar do programa. Outro entrevistado apontou que as empresas parceiras poderiam se sentir impelidas a desistir da iniciativa, pois o “planejamento das empresas mudam rápido, a cada dois anos”.

De qualquer maneira, a ausência da expedição do termo de outorga não impediu que os pesquisadores seguissem ou dessem início aos trabalhos em seus projetos. Isso porque em quatro dos CPAs as pesquisas já se davam em algum nível nos ICTs e o formato do CPA só implicaria na transposição das pesquisas já em curso para um arranjo institucional diferente. Apenas a Plataforma IAsmin e o BIOS começariam a executar planos de pesquisa “do zero” e,

¹⁶⁶ Naturalmente, trata-se de uma questão sensível e que iremos abordar mais adiante.

mesmo nestes, algumas atividades já estavam ocorrendo antes da conclusão dos trâmites contratuais.

Outro aspecto burocrático que merece destaque tem a ver com o aporte de valores que as empresas parceiras devem realizar para integrar um CPA. O texto da chamada pública do programa não dá alternativa para que esses aportes ocorram de outra forma que não a monetária, impossibilitando que a cessão de bens e a prestação de serviços – naquilo que chamamos de “aportes econômicos” – sejam contabilizados nessa rubrica. Trata-se, aliás, de uma queixa feita pelo Entrevistado K¹⁶⁷, cujo CPA do qual é integrante possui seis empresas parceiras que ofereceriam aportes econômicos como contrapartida. Calcula-se, inclusive, que esses aportes configurariam quase o dobro do valor dos aportes monetários que seriam realizados pelas outras três empresas parceiras (R\$ 19 milhões contra R\$ 10 milhões).

Um entrevistado também alertou para outro “entrave” burocrático com o qual teve que lidar. Alguns dos indicados por seu CPA para ocupar a posição de “Pesquisadores Principais” não foram aceitos pela Fapesp por, na visão da fundação, não possuírem as credenciais necessárias. Isso os impediu de receberem as bolsas previstas para a função, fazendo com que outros pesquisadores, que teriam uma participação menor no projeto, fossem indicados no lugar. Para contornar essa situação, o entrevistado revelou que um “jeitinho” seria dado de forma a redistribuir benefícios complementares entre os pesquisadores para garantir que aqueles que fossem, de fato, desempenhar as funções de “Pesquisador Principal” obtivessem uma remuneração adequada.

Ao conduzirmos nossa análise à esfera institucional do programa, a primeira questão que imediatamente aparece é a do financiamento disponibilizado para as atividades de pesquisa. Todos os entrevistados foram praticamente unânimes em classificá-lo como insuficiente para a produção de pesquisa de ponta em inteligência artificial, ainda que o considerassem bastante importante para o desenvolvimento da área. Mesmo o Entrevistado D¹⁶⁸ chegou a classificar como “troco” o volume de recursos investido “se pensarmos o que está sendo investido nisso em qualquer lugar decente do mundo”.

À luz dessa limitação, é importante salientar que, segundo os entrevistados, a ampla maioria dos recursos dos CPAs seria destinada para o pagamento de bolsas, seja de iniciação

¹⁶⁷ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 04/04/2022 por Entrevistado K, um dos coordenadores do BIOS.

¹⁶⁸ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 30/03/2022 por Entrevistado D, diretor da Fapesp.

científica, de mestrado, doutorado ou pós-doutorado¹⁶⁹. Não se previa empregar quantias vultosas para a aquisição de equipamentos ou contratação de serviços, até porque muitos desses já se encontravam à disposição na infraestrutura dos ICTs onde os CPAs se situavam. Esse dado, aliás, reforça o discurso sobre a centralidade da figura do pesquisador – ao lado da disponibilidade de dados – para o desenvolvimento científico-tecnológico do campo da IA, com o maquinário desempenhando um papel menor.

O único CPA que demonstrou destoar em termos de alocação de recursos foi a Plataforma IAsmin. O Entrevistado I¹⁷⁰, ao responder à pergunta sobre qual seria a proporção de gastos entre pesquisadores e aquisição de equipamentos, informou, em uma estimativa rápida, que seria em torno de “70% e 30%” respectivamente. A razão desses números é que o CPA considerava contratar um serviço de nuvem para armazenar os dados necessários para as pesquisas. Como já dissemos anteriormente, o desenvolvimento de modelos algorítmicos em inteligência artificial requer quantidades estrondosas de dados, o que, por sua vez, enseja a necessidade de servidores com grande capacidade de armazenamento e processamento. E esse tipo de equipamento não é trivial tampouco barato.

Algumas das grandes empresas conhecidas que fornecem esse tipo de serviço são Amazon, Oracle, Google e IBM. Os valores para contratá-lo, porém, são exorbitantes, como informou o Entrevistado I, segundo quem um orçamento feito junto a essas empresas constatou valores “na casa de 250 mil dólares”¹⁷¹. O mesmo entrevistado revelou também que, em face dessa situação, seu CPA considerava firmar parceria com alguma empresa que pudesse oferecer o serviço de nuvem como contrapartida econômica. Não à toa, o Entrevistado I disse se preocupar com uma questão não comentada por nenhum outro entrevistado: a questão da inflação. Isso porque a alta inflação em que o Brasil se encontrava¹⁷² tenderia a fazer com que os recursos do CPA se tornassem crescentemente insuficientes ao longo dos anos.

Para contornar as dificuldades impostas pelo financiamento limitado, alguns entrevistados relataram que buscariam recursos alternativos junto a outros instrumentos jurídicos e órgãos públicos. Foram citados o programa Rota 2030, a Lei de Inovação, além de linhas de financiamento providas por Embrapii, Finep, BNDES e fundações de amparo à pesquisa de outros estados.

¹⁶⁹ Segundo o sítio da Fapesp, esses valores eram de R\$ 800,10 para Iniciação Científica, R\$ 2.349,60 para o primeiro ano de Mestrado, R\$ 3.462,60 para o primeiro ano de Doutorado e R\$ 8.479,20 para Pós-Doutorado (FAPESP, 2022)

¹⁷⁰ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 02/12/2021 por Entrevistado I, um dos coordenadores da Plataforma IAsmin.

¹⁷¹ O Entrevistado I não informou a quanto tempo de serviço prestado esse valor se referia.

¹⁷² Em maio de 2022, o IPCA acumulado de 12 meses era de 11,73% (IBGE, 202-).

6.2 Empresas parceiras e arranjos organizacionais

De todas as 41 empresas parceiras que integravam os seis CPAs até o fim do nosso levantamento (julho de 2022), 24 (58,5%) eram brasileiras e 17 (41,5%), estrangeiras. Destas, várias eram multinacionais da vanguarda das tecnologias de informação e comunicação (como Ericsson, TIM, Intel, HP, Samsung, IBM e Motorola) e da indústria automotiva e de bens de capital (Siemens, Bosch, Chrysler, Stellantis). Praticamente todas, brasileiras e estrangeiras, já possuíam algum histórico de participação em projetos de inovação junto a ICTs nacionais mediante financiamento público. Na maior parte das vezes, esse vínculo pré-existente com a comunidade acadêmica facilitou a aproximação das empresas para que fizessem parte do programa.

Como já imaginávamos no início, a questão mais sensível nessa relação é a propriedade intelectual. Segundo os entrevistados, trata-se do item que mais demandou negociações antes do estabelecimento de um acordo, já que há diversas situações que precisam ser consideradas a priori. Por exemplo, de quem será a propriedade intelectual de uma inovação produzida em um CPA que contou com o aporte financeiro de cinco empresas de ramos diferentes? E no caso de empresas que aderirem ao CPA com as pesquisas em andamento, qual será a resolução? E quanto aos pesquisadores, a propriedade intelectual será de todos ou de apenas aqueles envolvidos diretamente na linha de pesquisa que produziu a aplicação tecnológica em questão? Como se vê, não se trata de algo tão simples de ser superado num primeiro momento e cada CPA encontrou uma forma própria para lidar com tais questões.

O Entrevistado M¹⁷³, por exemplo, disse ter chegado a um acordo interno com pesquisadores e empresas que previa duas classificações de tecnologias que eventualmente fossem geradas. Para as “tecnologias primárias” não se faria nenhuma requisição de propriedade intelectual, algo que aconteceria somente com as “tecnologias avançadas”, isto é, as tecnologias de uma aplicação prática mais nítida.

Ainda nesse assunto, é importante pontuar que a Fapesp resolveu abrir mão de seu direito de partilhar da propriedade intelectual de eventuais resultados de pesquisa, algo que não costuma ocorrer em outros de seus programas. A decisão, segundo o Entrevistado D, foi tomada justamente para facilitar as negociações entre ICTs e empresas em torno desse tópico.

¹⁷³ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 30/11/2021 por Entrevistado M, um dos coordenadores da Plataforma IAsmin.

No caso do BIOS, ao menos três empresas deverão contar com contrapartidas “não convencionais” em troca do aporte econômico que fariam. Uma delas é a IBM, que ofereceu seu serviço de nuvem para armazenar os dados a serem usados para a modelagem de algoritmos durante as pesquisas do CPA. Para o Entrevistado K, o interesse nesse gesto residia na intenção de formar pesquisadores especializados no serviço de nuvem da empresa para que, no futuro, esses pesquisadores seguissem contratando ou recomendando esse mesmo serviço nos locais onde estiverem trabalhando. Trata-se de um retorno difícil de ser mensurado, mas cuja lógica faz sentido.

A despeito das dificuldades em face das definições sobre propriedade intelectual, todos os CPAs, com exceção do CEREIA, manifestaram intenção de agregar novas empresas ao longo do tempo. O BIOS inclusive criou uma coordenação interna apenas para incorporar novas linhas de pesquisa considerando essa finalidade. Uma das primeiras incorporações que pretendiam fazer era a das linhas de pesquisa elaboradas pela Embrapa Informática, que também está localizada na Unicamp, e cuja proposta enviada para a seleção do programa dos CPAs em IA acabou não sendo aprovada. Naturalmente, para além das linhas de pesquisa, o BIOS pretendia também incorporar os pesquisadores da entidade e as empresas parceiras que haviam se comprometido em participar do projeto, aproveitando assim todas as relações e planejamento já construídos previamente.

Ainda no tema “arranjos organizacionais”, convém mencionar que outros CPAs também chegaram a criar coordenações para além das exigidas pela chamada pública do programa. Certamente, a configuração mais “exótica” de todas é a da Rede IARA, cuja abrangência nacional requer uma estrutura organizada em torno de polos regionais. Já a Plataforma IASmin criou uma coordenação de Segurança de Dados para cuidar da segurança de toda a informação trabalhada no CPA e a qual também conduziria uma linha de pesquisa própria.

Novamente, mencionamos o BIOS, que estabeleceu uma coordenação de negócios, voltada especificamente para a criação de empresas a partir das aplicações tecnológicas que vierem a ser desenvolvidas. Além disso, o CPA também criou uma linha de pesquisa em conjunto com o Centro de Inovação em Produção de Energia (EPIC), um CPE financiado pela Fapesp e que também é sediado na Unicamp. Essa interessante sinergia, facilitada pela aproximação física dos centros, é resumida da seguinte forma nas palavras do Entrevistado K: “para eles é uma linha de pesquisa em IA e para nós é a linha de pesquisa de energia”.

6.3 Pesquisadores e elementos institucionais

Um elemento não tão aparente, mas sobre o qual é interessante refletir na análise de projetos de inovação tecnológica diz respeito ao ambiente institucional dentro do qual se estabelecem os vínculos entre os agentes envolvidos. Trata-se de algo já sistematizado no conceito de Sistema Nacional de Inovação e cuja relevância pudemos verificar em nossa pesquisa.

O relato mais ilustrativo nesse sentido veio do entrevistado do CEREIA, que fez questão de afirmar que os vínculos criados entre os pesquisadores a partir do Programa Cientista Chefe¹⁷⁴ foram vitais para a construção da proposta do CPA. O entrevistado citou também um almoço mensal promovido pelo Conselho de Inovação da Federação das Indústrias do Estado do Ceará, que reúne membros da academia, representantes da indústria e funcionários do governo estadual, como tendo sido um espaço importante de aproximação entre os integrantes do centro.

Outro relato que podemos destacar é o da Rede IARA. Segundo um dos entrevistados do CPA, boa parte das relações existentes entre os pesquisadores foi construída a partir da convivência em um dos programas de pós-graduação do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da USP (ICMC-USP). Posteriormente, esses pesquisadores ocuparam cargos em universidades em diferentes regiões do Brasil, o que acabou servindo de alicerce prévio para a estrutura nacional do centro.

Podemos citar ainda a proximidade física como um elemento institucional importante para o estabelecimento de projetos de inovação em razão da facilidade para a criação de vínculos entre pesquisadores. Apesar de soar relativamente tautológico, esse elemento é algo que deve ser levado em consideração em políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), justificando, por exemplo, a criação de parques tecnológicos que reúnam num mesmo local de trabalho pesquisadores e representantes de empresas. Como vimos anteriormente, foi graças à proximidade física que o BIOS pôde incorporar pesquisadores do EPIC e da Embrapa Informática (uma vez que todos tinham sedes na Unicamp) e a Plataforma IAsmin logrou firmar parcerias com empresas que ocupavam espaços do IPT-Open Experience.

Também chamou atenção em nossa investigação o fato de que vários pesquisadores possuíam uma “mentalidade” bastante orientada pelas premissas do Sistema Nacional de

¹⁷⁴ Trata-se de programa criado em 2020, por meio de uma parceria entre a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap) e o Governo do Ceará, para alocar pesquisadores em secretarias e órgãos estaduais estratégicos com a finalidade de implantar soluções de ciência, tecnologia e inovação para a melhoria de serviços públicos (CEARÁ, c2022).

Inovação (SNI). Essa constatação pôde ser feita junto aos entrevistados não só enquanto apresentavam os planos para os CPAs, mas também em certo vocabulário característico empregado durante as entrevistas. Aqui, podemos destacar termos como “triple hélice”¹⁷⁵ e “Estado Empreendedor”, o que, possivelmente, reflete uma certa maturidade da penetração do quadro referencial do SNI para as políticas de inovação no ambiente acadêmico brasileiro.

Outra particularidade relativa à mentalidade dos pesquisadores que podemos sublinhar refere-se ao que chamamos de “motivações ideológicas nacionais” ou “motivações ideológicas coletivas”. Falamos aqui das motivações responsáveis por direcionar as pesquisas para determinado rumo, não para atender requisitos burocráticos ou interesses particulares específicos, mas sim para proporcionar ganhos difusos para o Brasil.

Pudemos constatar esse fenômeno junto a três entrevistados: 1) o Entrevistado K, ao justificar a criação do reBIOS, que é um lago de dados voltado para o desenvolvimento de aplicações em IA na área de saúde, e o qual seria administrado pela Unicamp, preservando assim seu caráter público ao antecipar-se a uma eventual iniciativa similar pelo setor privado; 2) o Entrevistado F¹⁷⁶, ao revelar que a ideia de construir um CPA como uma rede nacional visava desenvolver o campo da inteligência artificial por mais regiões brasileiras e assim “contribuir mais com o país”; 3) o Entrevistado L¹⁷⁷, que disse esperar que a plataforma para Indústria 4.0 a ser criada para o desenvolvimento de algoritmos para aplicações em IA no ramo industrial fosse apropriada pelo Governo Federal e utilizada para fortalecer a indústria nacional.

O caráter eminentemente interdisciplinar das pesquisas em inteligência artificial foi mais uma constatação de nosso trabalho de campo, coadunando com o que já havíamos encontrado na literatura sobre essa tecnologia. Isso porque o desenvolvimento de aplicações tecnológicas em IA requer quase sempre a expertise de no mínimo duas ciências completamente distintas: a da computação e a da área para qual a solução é voltada, seja ela engenharia, medicina ou agronomia, por exemplo.

Observamos essa questão em uma fala do Entrevistado G¹⁷⁸, que enfatizou a importância do processo de “aculturação” dos pesquisadores para o desenvolvimento dos trabalhos, isto é, a necessidade de que todos os pesquisadores absorvam conhecimento técnico

¹⁷⁵ O termo se refere à interação envolvendo academia, setor privado e governo para a promoção da inovação tecnológica.

¹⁷⁶ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 18/11/2021 por Entrevistado F, um dos coordenadores da Rede IARA.

¹⁷⁷ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 11/05/2022 por Entrevistado L, um dos coordenadores do Senai Cimatec.

¹⁷⁸ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 11/11/2021 por Entrevistado G, um dos coordenadores do CIIA-Saúde.

da ciência de dados. Segundo o entrevistado, tal processo consistiria em um esforço de “convencimento e demonstração, que é longo”. Um relato da mesma natureza foi feito pelo Entrevistado K, que informou ter sido criado uma estrutura de pesquisa de forma a harmonizar as características das diferentes ciências envolvidas, fato que representaria “um marco da nossa transdisciplinaridade”.

Também pudemos observar alguns dados relevantes durante a análise da composição do Conselho Consultivo Internacional (CCI) de cada CPA. Foram identificadas 59 universidades, sendo que 56% (33) eram europeias, 22% (13) dos Estados Unidos e 22% (13) de outros países. Um fato curioso é que apenas duas universidades eram chinesas (ou três, se considerarmos a universidade de Taiwan), a despeito de o país ser uma das principais potências nesse campo científico. Também chama atenção o fato de apenas um dos CPAs (BIOS) possuir uma universidade da América Latina em seu CCI.

Por fim, deixamos alguns apontamentos sobre a visão dos pesquisadores acerca de alguns componentes relativos ao cenário da inteligência artificial no Brasil e às políticas do Estado brasileiro para o setor. Cabe pontuar que todas as respostas se deram dentro do que esperávamos de início.

Quase a totalidade dos entrevistados reconheceram que o apoio do Estado brasileiro para o setor é insuficiente e problemático. O Entrevistado E¹⁷⁹, por exemplo, afirmou que os frequentes cortes orçamentários no MCTI acabam criando um cenário de instabilidade que leva muitos pesquisadores a não seguirem carreira. O Entrevistado G, ao comentar sobre a questão, relatou que havia poucos dias um colega de renome da área teórica de IA estava trocando a UFMG por uma universidade da Noruega. Acrescentou ainda que muitos de seus alunos não ingressavam na área acadêmica pelo “desânimo com os cortes em CT&I”.

Ainda assim, a totalidade dos entrevistados reconheceu a importância das políticas existentes para IA, em especial, o programa dos Centros de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial. Muitos disseram ver nos CPAs um lugar de formação técnica especializada, não só com os pesquisadores diretamente envolvidos nos trabalhos, mas também com os públicos-alvo das atividades de difusão, em especial, estudantes do ensino médio. Outros, como é o caso do Entrevistado G, indicou que o CPA deve formar pessoal capacitado em outras áreas que não só a computação.

Todos os entrevistados também foram enfáticos em destacar o alto nível dos pesquisadores brasileiros em inteligência artificial, que não deixariam a desejar em nada em

¹⁷⁹ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 16/11/2021 por Entrevistado E, um dos coordenadores da Rede IARA.

relação aos pesquisadores de países mais ricos. O diferencial, uma vez mais, estaria no volume de recursos disponível para os investimentos no setor.

7 CONCLUSÕES

Nesta seção, oferecemos as conclusões de nossa pesquisa sobre o programa dos Centros de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial. Para essa tarefa, nos apoiaremos em conceitos e premissas do quadro referencial teórico que expusemos na seção 2, bem como nas informações apresentadas nas demais seções, cujas quais têm a função de contextualizar nosso objeto de investigação e servir de parâmetro comparativo para nossa análise.

As conclusões se dividem em três blocos. Um primeiro reúne aquelas que abrangem questões de ordem burocrática do programa, possuindo um cunho mais prescritivo. Um segundo bloco traz as conclusões cujo foco se dá nos atores envolvidos nos CPAs e em alguns de seus aspectos institucionais mais críticos. Por fim, um terceiro bloco engloba as conclusões sobre a atuação do Estado brasileiro para promover ciência, tecnologia e inovação no Brasil tendo o programa dos CPAs em IA como referência.

7.1 Sobre o funcionamento do programa

Começamos pela primeira, e talvez mais explícita, conclusão, que diz respeito ao tempo levado para a validação dos termos de outorga entre a Fapesp e os CPAs. Mesmo considerando todos os obstáculos naturais existentes nesse processo – em especial, o desafio de se chegar a um acordo sobre propriedade intelectual que seja fruto de um consenso entre organizações de burocracias decisórias complexas, como é o caso de universidades e grandes empresas –, o fato de apenas um termo de outorga ter sido validado após um ano do anúncio dos CPAs aprovados no programa representa um problema significativo. Afinal, quando falamos do desenvolvimento de tecnologias com um potencial disruptivo, e cuja lógica se dá nos termos de uma competição mundial, celeridade é algo precioso. Por isso, é fundamental que as possíveis causas dessa situação sejam investigadas atentamente de modo a proporcionar mecanismos que as eliminem ou, ao menos, as mitiguem em futuros programas de natureza similar. Falamos aqui, naturalmente, da importância de um “aprendizado institucional” por parte do órgão de apoio à pesquisa.

Também sob essa mesma égide, é desejável que a Fapesp e o MCTI estabeleçam algum rito institucional que possibilite que o aprendizado institucional de um CPA possa ser compartilhado com os demais, o que promoveria sinergia laboral e otimizaria recursos valiosos. Essa conclusão se dá com base no relato do Entrevistado K, que disse ter desenvolvido um arranjo organizativo eficaz que desejava compartilhar com outros CPAs. Esse rito poderia ser

algo tão simples quanto uma reunião periódica (trimestral, quadrimestral ou semestral) entre coordenadores dos CPAs a fim de compartilhar experiências de trabalho, ou mesmo encontros de formação mais amplos. É bem possível que essas reuniões já estivessem programadas para acontecer, mas, de qualquer forma, nos soa apropriado fazer esse apontamento.

Cabe-nos, ainda, oferecer conclusões acerca de alguns itens do edital do programa, cujos quais, acreditamos, poderiam ser repensados a fim de eliminar barreiras burocráticas indesejáveis e proporcionar respostas a adversidades que não puderam ser previstas de início, incrementando, dessa forma, a produtividade dos CPAs.

Um desses itens diz respeito à natureza do aporte de recursos das empresas parceiras no CPA, que, conforme afirma o texto da chamada pública, devem ser “de valores pelo menos iguais aos solicitados à FAPESP” (CHAMADA..., 2019, não p.). A chamada não especifica, porém, se esses valores devem, obrigatoriamente, se dar na forma monetária (isto é, dinheiro depositado numa conta) ou se poderiam ser considerados na forma de cessão de algum bem ou de prestação de serviço, o que temos chamado de “aportes econômicos”.

Compreendemos, com base nos dados levantados no trabalho de campo, que a Fapesp só estaria aceitando que as empresas aportassem recursos monetários. Mas no caso do BIOS, conforme relatamos anteriormente, parte das empresas parceiras se comprometeram em aportar recursos econômicos importantíssimos para o bom funcionamento das pesquisas. Isso nos leva a concluir que seria desejável que o programa dos CPAs em IA fizesse esse “ajuste” sobre a natureza da contrapartida das empresas parceiras, uma vez que, na prática, as implicações para o trabalho de pesquisa seriam basicamente as mesmas – e, em alguns casos, poderia até significar celeridade processual na medida que tornaria desnecessários eventuais processos de aquisição de bens e serviços.

Outra conclusão importante vinculada ao funcionamento do programa dos CPAs em IA relaciona-se com os projetos que participaram de seu processo seletivo, mas que acabaram não sendo aprovados. Nesses casos, a não aprovação provavelmente significou que foram desperdiçados todos os esforços empreendidos para montar uma proposta competitiva – e isso envolve semanas e até mesmo meses de negociações com representantes de empresas e pesquisadores de diferentes ICTs, além do trabalho nada trivial de concepção intelectual e redação da proposta do CPA.

Percebemos essa questão em duas entrevistas: a primeira delas, com o Entrevistado I¹⁸⁰, que relatou em detalhes o processo extremamente complexo e exaustivo de articulações

¹⁸⁰ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 02/12/2021 por Entrevistado I, um dos coordenadores da Plataforma IAsmin.

para a montagem da proposta; a segunda, com o Entrevistado K, que revelou as intenções de incorporar a proposta da Embrapa Informática junto a seus pesquisadores e empresas parceiras para, entre outras coisas, aproveitar as articulações já realizadas.

Considerando que, das 19 propostas que foram inscritas no programa dos CPAs em IA, 13 não foram aprovadas, concluímos que seria razoável que alguma medida pudesse ser adotada a fim de endereçar essa questão. Afinal, estamos falando do desperdício de recursos valiosos para a produção de ciência, tecnologia e inovação no Brasil – no caso, o tempo e a energia de pesquisadores de altíssima qualificação. Uma possível recomendação seria a Fapesp adotar como praxe institucional a aproximação de pesquisadores de uma proposta não aprovada junto a um dos CPAs consolidados, com o intuito de incorporá-los em uma nova linha de pesquisa. Basicamente, tratar-se-ia de replicar a solução aventada pelo BIOS junto à Embrapa Informática.

Finalmente, deixamos uma observação sobre um aspecto relativo ao modelo de financiamento do programa, que se dá com base na preocupação manifestada por um dos entrevistados sobre os impactos futuros da inflação nos recursos monetários do CPA. Essa preocupação nos parece não apenas legítima como também bastante relevante, uma vez que joga luz sobre um fator que influi na capacidade de planejamento de médio prazo para o andamento das pesquisas. Desse modo, seria razoável que a Fapesp considerasse algum tipo de mecanismo contratual que previsse uma correção monetária no valor do financiamento dos centros para casos de surto inflacionário. Esse mecanismo, acreditamos, poderia até mesmo motivar um aditamento nos contratos dos atuais CPAs.

7.2 Sobre os aspectos institucionais dos CPAs

Concluído nosso trabalho investigativo, é possível dizer que nos sentimos confiantes o suficiente para confirmar a tese de Dias (2009) que mencionamos na subseção 3.3 acerca do atual papel da comunidade de pesquisa para o desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação no Brasil. Constatamos que, no que tange à elaboração e execução de uma estratégia mínima para o desenvolvimento de inteligência artificial no Brasil, é *a Comunidade de Pesquisa quem detém o papel protagonista* e não o Governo Federal. Um papel cumprido de forma espontânea, autônoma e descentralizada, mas ainda assim de suma importância para o país. Esse dado é bastante significativo à medida que revela as debilidades do Estado brasileiro em buscar cumprir de forma satisfatória a missão prevista no artigo 218 da Constituição

Federal¹⁸¹, além de contrastar significativamente com os anos dos Planos Básicos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCT) do período do Regime Militar quando o Brasil buscava, de fato, a autonomia no campo da tecnologia (DIAS, 2009).

Duas constatações nos permitem fazer essa afirmação acerca do protagonismo da comunidade de pesquisa brasileira.

A primeira delas é a de que, na maioria dos casos, os CPAs em IA foram estruturados em torno de grupos e redes de pesquisadores pré-existentes que já detinham uma agenda de pesquisa própria e a qual acabou mais ou menos preservada na nova configuração institucional. Todos esses grupos e redes, convém frisarmos, foram concebidos por iniciativa espontânea da própria Comunidade de Pesquisa. Esses foram os casos do CIIA-Saúde, CEREIA, Senai Cimatec e Rede IARA. Apenas as pesquisas do BIOS e Plataforma IAsmin começaram a ser estruturadas a partir da iniciativa da chamada pública do programa dos CPAs em IA.

A segunda constatação é a de que todos os objetivos de pesquisa que, aos nossos olhos, constituirão um legado estratégico para o Brasil, se alcançados, não foram estabelecidos para atender a alguma demanda do Estado brasileiro. Eles são frutos, na verdade, daquilo que chamamos anteriormente de *motivações ideológicas nacionais* ou *motivações ideológicas coletivas* dos próprios pesquisadores envolvidos nos CPAs. Recapitulando, referimo-nos aqui à Rede IARA e sua abrangência nacional; ao BIOS e seu “lago de dados” na área da saúde; e ao Senai Cimatec e sua plataforma digital para o desenvolvimento de aplicações em IA voltada para a indústria nacional.

Ao nosso ver, a identificação da existência de motivações ideológicas entre os fatores que influenciam a agenda de pesquisa e o arranjo institucional dos CPAs corrobora a tese acerca da importância da “dimensão político-cultural¹⁸² como elemento imantador, mobilizador das energias coletivas” (PAULA, 2017, p. 24) para o desenvolvimento nacional, concebida por Antonio Gramsci, destacada por João Antonio de Paula e a qual evidenciamos na subseção 2.4.

Isso nos leva a endossar a visão de que, sob uma perspectiva nacional, os rumos do desenvolvimento da CT&I – inteligência artificial inclusa – depende não só de recursos financeiros e planejamento estratégico, mas também do nível de força e disseminação de uma

¹⁸¹ “Art. 218. O Estado promoverá e incentivará o desenvolvimento científico, a pesquisa, a capacitação científica e tecnológica e a inovação” (BRASIL, 1988, não p.).

¹⁸² Como se pode depreender, entendemos “dimensão político-cultural” como “dimensão ideológica”.

ideologia nacionalista junto à sociedade a fim de ativar fatores subjetivos que contribuam para um esforço coordenado de diversos agentes que esse tipo de tarefa requer.

Isso não significa, evidentemente, que ignoramos outros fatores que sirvam de incentivo para o engajamento de pesquisadores em atividades de CT&I, em especial, aquelas ligadas à informática. Entre esses fatores, podemos mencionar a possibilidade de adquirir conhecimento técnico, de robustecer o currículo e de estabelecer contatos profissionais que rendam oportunidades vantajosas de empregos no futuro, além do interesse natural pelo progresso científico-tecnológico e até mesmo um certo “fetiche” por tecnologia. Curiosamente, porém, acreditamos que incentivos ligados a retornos econômicos imediatos não sejam tão cruciais para esse público, haja vista os valores relativamente baixos das bolsas de pesquisa oferecidas em face da média dos salários pagos a programadores em grandes empresas privadas.

Também nos chamou bastante atenção a presença de diversas multinacionais estrangeiras integrando os CPAs – algo que, a nosso ver, também se conecta com parte do fenômeno mais amplo e estrutural do *colonialismo de dados* que tratamos na subseção 2.5. Entretanto, não acreditamos que fosse possível que esse traço do programa pudesse ter se dado de forma diferente. E isso basicamente por dois motivos. Em primeiro lugar, pela inexistência de grandes empresas brasileiras de tecnologia na maioria das áreas em que as pesquisas são realizadas. Em segundo, pela inexistência de uma política do Estado brasileiro que vise estruturar um ecossistema industrial que opere na fronteira tecnológica, algo já registrado no Brasil em décadas passadas e que foi marca dos países que conseguiram realizar a convergência produtiva.

No âmbito dos Conselhos Consultivos Internacionais, causou-nos certa reflexão a ínfima ausência de pesquisadores de universidades latino-americanas, no caso, apenas um. Ainda que o predomínio de universidades estadunidenses e europeias seja compreensível por se localizarem em países que atuam na vanguarda da IA, somado ao histórico robusto de intercâmbio cultural com o Brasil (algo não visto, por exemplo, com a China), a ausência de parceria com nossos vizinhos sinaliza uma falta de ambição da comunidade de pesquisa brasileira em IA em promover a integração desse campo em nossa região, integração esta que é preconizada no parágrafo único do artigo 4º de nossa Constituição Federal¹⁸³. No entanto, seria necessário realizar uma investigação mais ampla para confirmar ou não essa hipótese.

¹⁸³ “Parágrafo único. A República Federativa do Brasil buscará a integração econômica, política, social e cultural dos povos da América Latina, visando à formação de uma comunidade latino-americana de nações.” (BRASIL, 1988, não p.).

Outro elemento de relevância que pudemos constatar em nosso trabalho diz respeito ao aspecto interdisciplinar das pesquisas em IA e o qual ressaltamos ter aparecido nos relatos de alguns entrevistados. Considerando os prognósticos que aventamos acerca da tendência à automação pela inteligência artificial de um número crescente de setores da economia, seria razoável que o Estado brasileiro considerasse realizar mudanças nas grades curriculares de cursos de graduação do país de forma a fazer com que os estudantes saiam formados com algum conhecimento básico em programação e/ou ciência de dados. Isso, ao nosso ver, atenderia a essa demanda da interdisciplinaridade que promete ser cada vez mais requisitada com a generalização da inteligência artificial.

É necessário destacar ainda a centralidade da figura do pesquisador para os projetos de desenvolvimento em IA quando comparado à relevância do maquinário. Essa assertiva também foi corroborada em nosso trabalho de campo ao constatarmos que quase a totalidade dos recursos dos CPAs seriam destinados ao pagamento de bolsas e não na aquisição de equipamentos. Não é à toa que com o aumento dos investimentos globais em IA a disputa por talentos nas ciências da computação tenha se recrudescido, fazendo com o que o Brasil siga testemunhando o fenômeno da “fuga de cérebros” (CATANI; FARGONI; JÚNIOR, 2021). Naturalmente, isso nos remete ao imperativo de se incrementar a remuneração de pesquisadores brasileiros em IA como uma das várias medidas necessárias para nos fortalecer nesse campo.

Há, entretanto, um setor crucial em termos de maquinário que requer uma atenção diferenciada em termos de políticas públicas: os CPDs. Trata-se de uma infraestrutura básica para o desenvolvimento de pesquisas em IA, cujas quais, como já dissemos ao longo desta dissertação, requisita quantidades enormes de dados. As empresas que oferecem esse tipo de serviço situam-se principalmente nos Estados Unidos e cobram quantias astronômicas de seus clientes para tal. Essa constatação indica que seria desejável que o Estado brasileiro desenvolvesse mecanismos que enderece essa demanda a fim de assegurar não apenas a viabilidade de pesquisas nacionais em IA como afastar ameaças relativas à apropriação de resultados da produção científica brasileira que se encontrem armazenadas em solo estrangeiro.

Nossa última conclusão nesta subseção é a de que, apesar das limitações do financiamento, o arranjo institucional proporcionado pelos Centros de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial deve cumprir um papel significativo para o futuro da ciência, tecnologia e inovação do Brasil. Se hoje, em que o país carece de uma política de Estado de desenvolvimento estruturada, ele já é auspicioso, é certo que os CPAs devem ser ainda mais profícuos em um futuro no qual o Brasil adote uma nova orientação para seu campo de CT&I.

7.3 Sobre as tendências da política do Estado brasileiro para a IA

A partir das evidências que coletamos na investigação sobre os Centros de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial, e à luz da literatura que utilizamos para contextualizar nosso tema de pesquisa – em especial, os trechos que descrevem o cenário do avanço da inteligência artificial do mundo contemporâneo –, podemos afirmar, com certa segurança, que o Estado brasileiro não trata a inovação tecnológica em IA como uma questão estratégica. Os argumentos para sustentar essa tese não se resumem tão somente à constatação de que o financiamento do programa é limitado nem aos frequentes cortes que atingem o já restrito orçamento do MCTI (ESCOBAR, 2021). Eles se baseiam, principalmente, na análise que toma como referência a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial, que vem a ser o documento oficial para nortear as ações brasileiras no setor.

Lembremos, em primeiro lugar, que a EBIA foi publicada em maio de 2021, quando os três principais programas do Governo Federal para a promoção de inteligência artificial já tinham sido lançados. Foi esse, aliás, um dos motivos para que as quatro áreas temáticas em que os CPAs em IA deveriam atuar (saúde, agricultura, indústria e cidades inteligentes) tenham vindo das diretrizes do Plano Nacional de Internet das Coisas – em uma decisão tomada *ad hoc* durante reunião ordinária do MCTI, conforme nos relatou o Entrevistado N¹⁸⁴. Apesar de os campos da Internet das Coisas e Inteligência Artificial serem tangenciais e, muitas vezes, se sobrepõem, não nos parece razoável que as diretrizes concebidas para um campo sejam usadas para programas de outro, sobretudo quando essa decisão aparenta ter sido tomada com algum grau de improviso.

Há aí, ao nosso ver, uma clara falta de coordenação entre estratégia oficial para o setor e as políticas de Estado para executá-la, o que parece dar razão às críticas públicas de especialistas feitas à EBIA quando de seu lançamento. Seu teor genérico, a ausência de prazos, de vínculos orçamentários e da definição de prioridades, menos do que um eventual erro, reflete mais a falta de uma postura estratégica para o desenvolvimento nacional em IA.

No artigo “Elementos Essenciais da Política Industrial”, que citamos na subseção 2.4, Suzigan (2017) fala da importância da aplicação de medidas coordenadas em diversos âmbitos da gestão econômica para o desenvolvimento da indústria nacional, que é o *locus* por excelência da inovação tecnológica. Essas medidas são tão diversas quanto políticas de juros,

¹⁸⁴ Informação obtida em entrevista concedida ao pesquisador em 01/04/2022 por Entrevistado N, técnico do MCTI.

de câmbio, de crédito, de tarifas alfandegárias, entre outras, sem as quais o processo de *convergência tecnológica* em um país torna-se impossível.

No caso das políticas do Estado brasileiro para o desenvolvimento de IA, não verificamos nenhum desses elementos. O que vemos são apenas alguns instrumentos jurídicos de isenção fiscal e programas gestados no âmbito do MCTI e de alguns órgãos estaduais (como a Fapesp) que visam promover a inovação dessa tecnologia à luz do conceito da “tripla hélice”. Apesar de importantes, e de elevarem as capacidades do Brasil nesse campo, são claramente insuficientes se o propósito é fazer com que o país atinja outro patamar em termos de indústria, de geração renda e de bem-estar social, que é basicamente o que todos os países almejam com o desenvolvimento.

Diante dessas colocações, podemos confirmar outra hipótese que aventamos no início de nossa pesquisa: a de que o cenário das políticas públicas para o desenvolvimento de IA no Brasil reflete o conformismo dos grupos políticos que dirigem o Estado brasileiro em relação ao nosso caráter *dependente e subdesenvolvido*. Ecoamos assim as proposições teóricas de Furtado, Prebisch, Faletto e Cardoso apresentadas na subseção 2.4, e cujas quais, em sua maior parte, acreditamos serem válidas até os dias atuais.

Por outro lado, cabe-nos ressaltar o papel absolutamente vital que a Comunidade de Pesquisa, conceito que apresentamos na subseção 2.3, desempenha em termos de planejamento e realização de políticas para a promoção do desenvolvimento científico, tecnológico e da inovação no Brasil. Ainda que de forma descentralizada e espontânea, é isso o que constatamos quando vemos que diversos projetos que visam causar um impacto estrutural positivo para o Brasil – como a rede nacional da Rede IARA, o reBIOS e a plataforma para Indústria 4.0 – foram concebidos pelos próprios pesquisadores envolvidos nos CPAs e não por órgãos de planejamento estratégico do Estado brasileiro.

Essa constatação nos permite endossar duas teses. A primeira delas diz respeito ao papel absolutamente fundamental das universidades públicas para o desenvolvimento da CT&I no Brasil, não só como espaço de produção de conhecimento, mas também de formuladora não oficial de políticas públicas. A segunda, que está atrelada diretamente à primeira, diz respeito ao fato de o sistema técnico-científico brasileiro erigido durante o período nacional-desenvolvimentista do país configurar uma espécie de *dependência de trajetória positiva*, já que é nesse sistema que a Comunidade de Pesquisa que falamos atua.

Uma pergunta que surge inevitavelmente diante dessas afirmações é a seguinte: se os grupos políticos que compõem o Estado brasileiro seriam sócios, em maior ou menor escala de nossa dependência e subdesenvolvimento, perpetuando nossa situação de consumidores de

produtos e serviços de alta tecnologia produzidos pelos países avançados, por quais motivos então as políticas para a promoção de CT&I seguem existindo? Segundo nossa avaliação, esses motivos seriam dois.

Em primeiro lugar, pelo interesse dos grupos que se apresentam como partes interessadas na manutenção dessa política, no caso, a Comunidade de Pesquisa, a burocracia dos órgãos governamentais e as empresas participantes. Os dois primeiros estariam motivados, principalmente, pelo fato de que são essas políticas que justificam suas existências, enquanto o terceiro teria como motivação a possibilidade de economizar recursos no processo de desenvolvimento de novas tecnologias.

Em segundo lugar, acreditamos que a manutenção de políticas de CT&I são uma forma de preservar certa hegemonia moral na sociedade pelos grupos políticos que compõem e, sobretudo, dirigem o Estado brasileiro. Se, na prática, a promoção de CT&I lhes é indiferente, a inexistência dessas políticas poderia gerar contestações por diversos setores da sociedade, o que causaria ameaças do ponto de vista de governança. Assim, em um cálculo político – feito nem sempre de maneira maquiavélica e consciente, convém pontuar –, a existência de tais políticas, mesmo que débeis, seria mais vantajosa que sua completa extinção.

REFERÊNCIAS

- AGRAWAL, A; GANS, J; GOLDFARB, A. Economic policy for artificial intelligence. *In: Innovation policy and the economy*, v. 19, n. 1, p. 139-159, 2019.
- ALBUQUERQUE, E. M. **Agenda Rosdolsky**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2012.
- ALBUQUERQUE, E. M. Notas sobre a contribuição de Kenneth Arrow para a fundamentação teórica dos “sistemas nacionais de inovação”. *In: Revista Brasileira de Economia*, v. 50, n. 2, p. 227-42, abr./jun. 1996.
- ALBUQUERQUE, E. M. Nathan Rosenberg: historiador das revoluções tecnológicas e de suas interpretações econômicas. *In: Revista Brasileira de Inovação*, n. 16, p. 9-43, jan./jun. 2017.
- ALBUQUERQUE, E. M.; SUZIGAN, W. **A interação universidades e empresas em perspectiva histórica no Brasil**. Texto para discussão n. 329. UFMG/Cedeplar, 2008. Disponível em: <https://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/td/TD%20329.pdf>. Acesso em: 10 set. 2021.
- ALPAYDIN, E. **Introduction to machine learning**. 2. ed. Cambridge: The MIT Press, 2010.
- ARBULU, R. Blake Lemoine, engenheiro que identificou “sentimento” em IA do Google, é demitido. **Olhar Digital**, 23 jul. 2021. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2022/07/23/pro/blake-lemoine-demitido-do-google/>. Acesso em: 13 ago. 2022.
- ARNTZ, M.; GREGORY, T.; ZIERAHN, U. The risk of automation for jobs in OECD countries: a comparative analysis. *In: OECD Social, Employment, and Migration Working Papers*, n. 189, 14 mai. 2016.
- ARRIGHI, G. **O longo século XX**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2000.
- ARROW, K. Economic welfare and the allocation of resources for invention. *In: LAMBERTON, D. (org.). Economics of information and knowledge*. Harmondsworth: Penguin Books, 1971.
- ASCOM. Edital IA² MCTIC vai investir R\$ 10 milhões em soluções de Inteligência Artificial. **Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações**, 5 fev. 2020. Disponível em: https://web.archive.org/web/20200901000000*/http://www.mctic.gov.br:80/mctic/opencms/salaImprensa/noticias/arquivos/2020/02/Edital_IA_MCTIC_vai_investir_R_10_milhoes_em_solucoes_de_Inteligencia_Artificial.html. Acesso em 1 jul. 2022.
- BARIANI, E. Padrão e salvação: o debate Florestan Fernandes x Guerreiro Ramos. *In: Cronos*, v. 7, n. 1, p. 151-160, jan./jun. 2006.
- BAUGARTEM, M. **O Brasil na era do conhecimento: política de ciência e tecnologia e desenvolvimento sustentado**. Tese (Doutorado em Sociologia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- BENANAV, A. Automation and the future of work-1. *In: New Left Review*, n. 119, p. 5-38, set./out. 2019.

BENJAMIN, C. Brasil se transformou em uma nação de vontade fraca, diz César Benjamin. **Folha de S. Paulo**, 7 jan. 2018. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ilustrissima/2018/01/1948250-brasil-precisa-de-lider-com-projeto-de-desenvolvimento-diz-cesar-benjamin.shtml>. Acesso em: 21 nov. 2022.

BENJAMIN, C. **Entrevista concedida a Zuenir Ventura em 1998 para o livro “1968: o que fizeram de nós”**. [2008]. Disponível em: <https://www.contrapontoeditora.com.br/arquivos/artigos/201512211758120.EntrevistaparaZuenir.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2022.

BI0S. **Brazilian Institute of Data Science**. Campinas: Unicamp, c2022. Disponível em: <http://bi0s.org>. Acesso em: 1 jul. 2022.

BITTENCOURT, P. F.; CÁRIO, S. A. Sistemas de inovação: das raízes no século XIX à análise global contemporânea. *In: ALBUQUERQUE et al. Economia da ciência, tecnologia e inovação: fundamentos teóricos e a economia global*. Coleção População e Economia. Belo Horizonte: Cedeplar/UFMG, 2021.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 1 ago. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 9854**, de 25 de junho de 2019. Institui o Plano Nacional de Internet das Coisas e dispõe sobre a Câmara de Gestão e Acompanhamento do Desenvolvimento de Sistemas de Comunicação Máquina a Máquina e Internet das Coisas. Brasília, DF: Secretaria-Geral, 2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9854.htm. Acesso em: 20 set. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 9.319**, de 21 de março de 2018. Institui o Sistema Nacional para a Transformação Digital e estabelece a estrutura de governança para a implantação da Estratégia Brasileira para a Transformação Digital. Brasília, DF: Secretaria-Geral, 2018b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9319.htm. Acesso em: 20 set. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 29.741**, de 11 de julho de 1951. Institui uma Comissão para promover a Campanha Nacional de Aperfeiçoamento de pessoal de nível superior. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1950-1959/decreto-29741-11-julho-1951-336144-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 20 set. 2022.

BRASIL. **Lei nº 1.310**, de 15 de janeiro de 1951. Cria o Conselho Nacional de Pesquisas e dá outras providências. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1950-1959/lei-1310-15-janeiro-1951-361842-exposicaodemotivos-149295-pl.html>. Acesso em: 20 set. 2022.

BRASIL. **Lei nº 8.248**, de 23 outubro de 1991. Dispõe sobre a capacitação e competitividade do setor de informática e automação, e dá outras providências. Brasília, DF: Casa Civil, 1991. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18248.htm. Acesso em: 1 set. 2022.

BRASIL. **Lei nº 8.661**, de 2 de junho de 1993. Dispõe sobre os incentivos fiscais para a capacitação tecnológica da indústria e da agropecuária. Brasília, DF: Casa Civil, 1993. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8661.htm. Acesso em: 20 out. 2022.

BRASIL. **Lei nº 10.973**, de 2 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Brasília, DF: Secretaria-Geral, 2004. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.973.htm. Acesso em: 20 out. 2022.

BRASIL. **Lei nº 11.196**, de 21 de novembro de 2005. Institui o Regime Especial de Tributação para a Plataforma de Exportação de Serviços de Tecnologia de Informação entre outros. Brasília, DF: Casa Civil, 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111196.htm. Acesso em: 20 out. 2022.

BRASIL. **Lei nº 13.243**, de 11 de janeiro de 2016. Dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação e altera várias leis. Brasília, DF: Secretaria-Geral, 2016. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13243.htm. Acesso em: 20 out. 2022.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018a. **Lei geral de proteção de dados pessoais (LGPD)**. Brasília, DF: Secretaria-Geral, 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/113709.htm. Acesso em: 1 out. 2022.

BRASIL. **Lei nº 13.755**, de 10 de dezembro de 2018. Institui o Programa Rota 2030 - Mobilidade e Logística, entre outros. Brasília, DF: Secretaria-Geral, 2018d. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/L13755.htm. Acesso em: 1 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial**. Brasília, DF: MCTI, 2021a. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivos/inteligenciaartificial/ebia-diagramacao_4-979_2021.pdf. Acesso em: 1 out. 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Portaria nº 4.617**, de 6 de abril de 2021. Institui a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial e seus eixos temáticos. Brasília, DF: MCTI, 2021b. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/Portaria_MCTI_n_4617_de_06042021.html. Acesso em: 1 out. 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Publicações oficiais da Estratégia Brasileira para Inteligência Artificial**, [2022]. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/inteligencia-artificial-estrategia-repositorio>. Acesso em: 1 out. 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Desenvolvimento de capacidades institucionais para a ampliação e modernização dos processos de formulação, implantação e avaliação das políticas em ciência, tecnologia, inovação e comunicações para o Brasil**. Brasília, DF: MCTIC, 2018b. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/institucional/arquivos/914BRZ2023/Acordo-PRODOC_assinado.pdf. Acesso em: 1 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estratégia Brasileira para a Transformação Digital**. Brasília, DF: MCTIC, 2018c. Disponível em:

<https://www.gov.br/governodigital/pt-br/estrategia-de-governanca-digital/eDigital.pdf>. Acesso em: 1 out. 2022.

BRESNAHAN, T.; TRAJTENBERG, M. **General purpose technologies**: ‘engines of growth’? Artigo em andamento. Cambridge: NBER, 1992.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. **The second machine age**: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. Nova Iorque: W. W. Norton & Company, 2014.

CARDOSO, A. As cadeias de produção global e as novas formas do imperialismo hoje. *In: Revista Estudos do Sul Global*, v. 1, n. 1, 2021.

CARDOSO, F. H.; FALETTO, E. **Dependência e desenvolvimento na América Latina**: ensaio de interpretação sociológica. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1975.

CASCUDO, C. **Geografia dos mitos brasileiros**. São Paulo: Global Editora, 2012.

CASTRO, D; CHIVOT, E.; MCLAUGHLIN, M. **Who is winning the AI race**: China, the EU or the United States? Washington: Center for Data Innovation, 2019.

CATANI, A. M.; FARGONI, E. H.; JÚNIOR, J. A diáspora de cérebros. **A terra é redonda**, 31 out. 2021. Disponível em: <https://aterraeredonda.com.br/a-diaspora-de-cerebros/>. Acesso em: 15 out. 2022.

CAVALCANTE, E. N.; MOSCATO, L. A. Autonomia dos sistemas inteligentes artificiais. *In: COZMAN, F. G.; NERI, H; PLONSKI, G. A. (orgs.). Inteligência artificial* [livro eletrônico]: avanços e tendências. São Paulo: Instituto de Estudos Avanços, 2021.

CEARÁ. Secretaria da Ciência, Tecnologia e Educação Superior. **Funcap**, c2022. Disponível em: <https://www.funcap.ce.gov.br/programas-de-auxilio/cientista-chefe-geral/>. Acesso em: 1 set. 2022.

CENTRO de Inovação em Inteligência Artificial para a Saúde. CIIA-SAÚDE, [202-]. Disponível em: <https://ciia-saude.dcc.ufmg.br/>. Acesso em: 30 jul. 2022.

CENTROS de pesquisa em engenharia. **Fapesp**, [202-]. Disponível em: <https://www.fapesp.br/cpe/sobre>. Acesso em: 3 jul. 2022.

CHAMADA de propostas Fapesp-MCTIC-CGI.BR para centros de pesquisas aplicadas em inteligência artificial. **Fapesp**, 20 dez. 2019. Disponível em: <https://fapesp.br/13896/chamada-de-propostas-fapesp-mctic-cgibr-para-centros-de-pesquisas-aplicadas-em-inteligencia-artificial>. Acesso em: 23 jul. 2021.

CHAVES, O.; PARANÁ, E. **Um mapa da legislação sobre inteligência artificial no Brasil**: leis aprovadas e em discussão. Fortaleza: NETS, 2022.

CHESBROUGH, H. **Open innovation**: the new imperative for creating and profiting from technology. Massachusetts: Harvard Business School Press, 2003.

COMISSÃO de juristas inicia audiência públicas para discutir regulação da inteligência artificial. **Superior Tribunal de Justiça**, 28 abr. 2022. Disponível em: <https://www.stj.jus.br/sites/portalp/Paginas/Comunicacao/Noticias/28042022-Comissao-de-juristas-inicia-audiencias-publicas-para-discutir-regulacao-da-inteligencia-artificial-.aspx>. Acesso em: 10 set. 2022.

- COMPLEXO S11D Eliezer Batista. **Vale**, c2016. Disponível em: <http://www.vale.com/hotsite/PT/Paginas/Home.aspx>. Acesso em: 1 ago. 2022.
- CONSTINE, J. Facebook has connected 40M people with Internet.org. **TechCrunch**, 2 nov. 2016. Disponível em: <https://techcrunch.com/2016/11/02/omnipresent/?guccounter=1>. Acesso em: 1 out. 2022.
- CONSULTA pública da estratégia brasileira de inteligência artificial. **Participa.br**, [2019]. Disponível em: <http://participa.br/profile/estrategia-brasileira-de-inteligencia-artificial>. Acesso em: 1 set. 2022.
- CONVÊNIO de cooperação FAPESP-MCTI-MC. **Fapesp**, 18 de dez. 2013. Disponível em: <https://fapesp.br/8388/convenio-de-cooperacao-fapesp-mcti-mc>. Acesso em: 15 jul. 2022.
- COPELAND, J. **What is artificial intelligence?**, 2000. Disponível em: http://www.alanturing.net/turing_archive/pages/reference%20articles/what_is_AI/What%20is%20AI11.html. Acesso em: 23 set. 2022.
- CORDEIRO, V. D. Novas questões para sociologia contemporânea: os impactos da inteligência artificial e dos algoritmos nas relações sociais. *In*: COZMAN, F. G.; NERI, H; PLONSKI, G. A. (orgs.). **Inteligência artificial** [livro eletrônico]: avanços e tendências. São Paulo: Instituto de Estudos Avanços, 2021.
- COSTA, A. H. R. *et al.* Trajetória acadêmica da inteligência artificial no Brasil. *In*: COZMAN, F. G.; NERI, H; PLONSKI, G. A. (orgs.). **Inteligência artificial** [livro eletrônico]: avanços e tendências. São Paulo: Instituto de Estudos Avanços, 2021.
- COSTA, E. J. A cultura como chave para a dependência da trajetória na teoria institucionalista de Douglas North. *In*: **Nova Economia**, v. 29, n. especial, 2019.
- COSTA, V. Produção brasileira de artigos cresce 32% em 2020 em relação a 2015. **SBPC**, 21 jul. 2021. Disponível em: <http://portal.sbpcnet.org.br/noticias/producao-brasileira-de-artigos-cresce-32-em-2020-em-relacao-a-2015/>. Acesso em 21 nov. 2022.
- COULDRY, N; MEJIAS, U. **The costs of connection**: how data is colonizing human life and appropriating it for capitalism. Stanford: Stanford University Press, 2019.
- COULDRY, N.; HEPP, A. **The mediated construction of reality** [livro eletrônico]: society, culture, mediatization. Cambridge: Polity Press, 2017.
- COZMAN, F. G. No canal da inteligência artificial: nova temporada de desgrenhados e empertigados. *In*: **Estudos Avançados**, n. 101, v. 35, p. 37-49, 2021.
- COZMAN, F. G; NERI, H. O que, afinal, é inteligência artificial? *In*: COZMAN, F. G.; NERI, H; PLONSKI, G. A. (orgs.). **Inteligência artificial** [livro eletrônico]: avanços e tendências. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, 2021.
- CPQD. **Sobre**, c2022. Disponível em: <https://www.cpqd.com.br/sobre/>. Acesso em: 23 jul. 2022.
- CRAWFORD, K. **Atlas of AI**: power, politics and the planetary costs of artificial intelligence. New Haven: Yale University Press, 2021.

CREEMERS, R; TONER, H; WEBSTER, G. Translation: internet information service algorithmic recommendation management provisions - effective march 1, 2022.

Digichina, 10 jan. 2022. Disponível em:

<https://digichina.stanford.edu/work/translation-internet-information-service-algorithmic-recommendation-management-provisions-effective-march-1-2022/>.

Acesso em: 12 set. 2022.

CREVIER, D. **AI: the tumultuous history of the search for artificial intelligence**. Nova Iorque: BasicBooks, 1993.

CROWFLOWER. **2016 Data science report**, 2016. Disponível em:

[https://visit.figure-eight.com/rs/416-ZBE-](https://visit.figure-eight.com/rs/416-ZBE-142/images/CrowdFlower_DataScienceReport_2016.pdf)

[142/images/CrowdFlower_DataScienceReport_2016.pdf](https://visit.figure-eight.com/rs/416-ZBE-142/images/CrowdFlower_DataScienceReport_2016.pdf). Acesso em: 23 set. 2022.

CUNHA, L. A. Ensino superior e universidade no Brasil. *In*: LOPES, E.; FILHO, L.; VEIGA, C. (orgs.). **500 anos de educação no Brasil**. Belo Horizonte: Autêntica, 2000.

DAGNINO, R. P; SERAFIM, M. P. A política científica e tecnológica e as demandas da inclusão social no governo Lula (2003-2006). **Organização & Sociedade**, Salvador, v. 18, n. 58, p. 403-427, 2011.

DAHLMAN, C.J.; FRISCHTAK, C. R.; National systems supporting technical advance in industry: the Brazilian experience. *In*: NELSON, R. **National innovation systems: a comparative analysis**. Nova Iorque: Oxford University Press, 1993.

DIAS, R. B. **A trajetória da política científica e tecnológica brasileira: um olhar a partir da análise de política**. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

DOSI, G.; NELSON, R. Technical change and industrial dynamics as evolutionary processes. *In*: HALL, B.; ROSENBERG, N. (orgs.). **Handbook of the economics of innovation**. Vol. 1. Amsterdã: North Holland, 2010.

DYER-WITHEFORD, N; KJØSEN, A. M.; STEINHOFF, J. **Inhuman power: artificial intelligence and the future of capitalism**. Londres: Pluto Press, 2019.

ENKEL, E.; GASSMANN, O. **Towards a theory of open innovation: three core process archetypes**. R&D Management Conference. Lisboa, 2004.

ESCOBAR, H. Orçamento 2021 compromete o futuro da ciência brasileira. **Jornal da USP**, 9 abr. 2021. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/orcamento-2021-compromete-o-futuro-da-ciencia-brasileira>. Acesso em: 6 set. 2021.

FAPESP. **Tabela de Valores de Bolsas no País**, 2022. Disponível em:

<https://fapesp.br/valores/bolsasnopais>. Acesso em: 15 de jul. 2022.

FAPESP, MCTI e CGI.br anunciam a criação de seis centros de pesquisa em inteligência artificial. **Agência Fapesp**, 5 mai. 2021. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/fapesp-mcti-e-cgibr-anunciam-a-criacao-de-seis-centros-de-pesquisa-em-inteligencia-artificial/35787/>. Acesso em: 17 jul. 2022.

FERNANDES, A. M. **A construção da ciência no Brasil e a SBPC**. Brasília: UnB/Anpocs/CNPq, 1990.

FIGARO, R; GROHMANN, R; REBECHI, C. **O trabalho vivo humano dissimulado pela metáfora da “Inteligência Artificial”**. São Paulo, 2021. No prelo.

FINEP. **Quais são os Fundos Setoriais**. [202-]. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/afinep/66-fontes-de-recurso/fundos-setoriais/quais-sao-os-fundos-setoriais>. Acesso em: 1 nov. 2022.

FONTES, H. Centro de Inteligência Artificial da USP completa 2 anos com significativas contribuições. **C4AI**, 24 out. 2022. Disponível em: <https://c4ai.inova.usp.br/pt/centro-de-inteligencia-artificial-da-usp-completa-2-anos-com-significativas-contribuicoes/>. Acesso em: 25 out. 2022.

FREEMAN, C. The ‘National System of Innovation’ in historical perspective. *In: Cambridge Journal of Economics*, n. 19, p. 5-24, 1995.

FREEMAN, C.; LOUÇÃ, F. **As time goes by: from the industrial revolution to the information revolution**. Nova York: Oxford University Press, 2001.

FREY, C. B.; OSBORNE, M. A. The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation? *In: Technological Forecasting and Social Change*. v. 114, p. 254-280, 2013.

FREYRE, G. **Sobrados e mucambos**. 12a. edição. Rio de Janeiro: Record, 2000.

FURTADO, C. Desenvolvimento e subdesenvolvimento. *In: BIELSCHOWSKY, R. (org.). Cinquenta anos de pensamento na Cepal*. Rio de Janeiro: Record, 2000.

FURTADO, C. **O capitalismo global**. São Paulo: Paz e Terra, 1998

GABRIELE, E; JABBOUR, E. **China: o socialismo do século XXI**. São Paulo: Boitempo, 2021.

GALA, P. A teoria institucional de Douglass North. *In: Revista de Economia Política*, v. 23, n. 2, p. 276-292, abr.-jun. 2003.

GIL, G. S.; HIRSCHFELD, M. Extrativismo Hi-Tech e Expansão Capitalista no Século XXI: uma breve contribuição para crítica latino-americana na era do colonialismo de dados. *In: PARANÁ, E; KAMINSKI, R. (orgs.). Tecnologia e desenvolvimento nas Américas: novas fronteiras e dilemas do capitalismo contemporâneo*. Vol. 6. Curitiba: CRV, 2021.

GODIN, B. **Models of Innovation: the history of an idea**. Londres: The MIT Press, 2017.

GRAMSCI, A. **Os intelectuais e a organização da cultura**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1982.

GRAY, M. L.; SURI, S. **Ghost work: how to stop Silicon Valley from building a new global underclass**. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2019.

GUDYNAS, E. Diez tesis urgentes sobre el nuevo extrativismo: contextos y demandas bajo el progresismo sudamericano actual. *In: SCHULD, J. et al. Extractivismo, política y sociedad*. Quito: Centro Andino de Acción Popular e Centro Latinoamericano de Ecología Social, 2009.

HARDT, M; NEGRI, A. **Império**. Editora Record: Rio Janeiro, 2001.

HARVEY, D. **Condição pós-moderna**: uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural. São Paulo: Loyola, 1989.

HETEROMAÇÃO do trabalho: entrevista com Hamid Ekbia. **Digilabour**, 4 jul. 2019. Disponível em: <https://digilabour.com.br/hamid-ekbia-heteromacao-do-trabalho/>. Acesso em 1 set. 2022.

IA² MCTIC inteligência artificial, inovação aberta. **IA² MCTI inteligência artificial inovação aberta**, c2021. Disponível em: https://softex.br/wp-content/uploads/2020/02/IA2_MCTIC.pdf. Acesso em: 1 set 2022.

IBGE. **Inflação**, [202-]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/inflacao.php>. Acesso em: 15 jul. 2021.

IENCA, M; JOBIN, A; VAYENA, E. The global landscape of AI ethics guidelines. *In: Nature Machine Intelligence*, v. 1, n. 9, p. 389–399, 2019.

INSTITUIÇÕES associadas ao projeto IARA. **Rede Nordeste de Inteligência Artificial**, c2022. Disponível em: <http://fbln.me/ia-ne/instituicoes-associadas/>. Acesso em: 15 jul. 2022.

IPT. **IPT Open Experience**, [202-]. Disponível em: <https://www.ipt.br/openexperience/>. Acesso em: 16 jul. 2021.

IRANI, L. The hidden faces of automation. *In: The ACM Magazine for Students*, vol. 23, n. 2, p. 34-37, 2016.

ITS-RIO. **Resumo detalhado dos planos estratégicos de desenvolvimento de inteligência artificial**. Rio de Janeiro, 2020.

ITS-RIO. **Estratégia brasileira de inteligência artificial**: perfil da participação da sociedade na consulta pública, [2020]. Disponível em: <https://itsrio.org/pt/publicacoes/estrategia-brasileira-de-inteligencia-artificial/>. Acesso em: 23 ago. 2021.

JOLER, V.; PASQUINELLI, M. **The nooscope manifested**, [2020]. Disponível em: <https://nooscope.ai/>. Acesso em: 23 jul. 2021.

JULIÃO, H. MCTIC busca consultor para apoiar estratégia brasileira de inteligência artificial. **Teletime**, 24 abr. 2019. Disponível em: <https://teletime.com.br/24/04/2019/mctic-busca-consultor-para-apoiar-estrategia-brasileira-de-inteligencia-artificial/>. Acesso em: 23 jul. 2021.

KAPLAN, J. **Artificial intelligence**: what everyone needs to know. Nova Iorque: Oxford University Press, 2016.

KONDRATIEV, N. **As ondas longas da conjuntura**. São Paulo: Com-Arte/PPGHE, 2018.

KWET, M. Digital colonialism: US empire and the new imperialism in the Global South. *In: Race and class journal*, n. 4, v. 60, p. 1-24, 2019.

LEE, K. F. **AI superpowers**: China, Silicon Valley and the new world order. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2018.

LEE, K. **The art of economic catch-up**: barriers, detours and leapfrogging in innovation systems. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.

- LEMOS, D. C.; CARIO, S. A evolução das políticas de ciência e tecnologia no Brasil e a incorporação da inovação. *In: Conferência Internacional LALICS 2013*, 2013, Rio de Janeiro. **Anais da Conferência Internacional LALICS 2013**. Disponível em: http://s1.redesist.ie.ufrj.br/lalics/papers/20_A_Evolucao_das_Politicass_de_Ciencia_e_Tecnologia_no_Brasil_e_a_Incorporacao_da_Inovacao.pdf. Acesso em: 1 out. 2021.
- LEMOS, R. China cria a primeira regulação para algoritmos. **Folha de S. Paulo**, 5 set. 2021a. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/colunas/ronaldolemos/2021/09/china-cria-a-primeira-regulacao-para-algoritmos.shtml>. Acesso em: 10 set. 2022.
- LEMOS, R. Estratégia de IA brasileira é patética. **Folha de S. Paulo**, 11 abr. 2021b. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/colunas/ronaldolemos/2021/04/estrategia-de-ia-brasileira-e-patetica.shtml>. Acesso em: 23 jul. 2021
- LIST, F. **The national system of political economy**. Londres: Longmans, Green and Co., 1909.
- LOPES, H. Os determinantes do desenvolvimento (catching up) na abordagem neoschumpeteriana: integrando a teoria microeconômica evolucionária com conceito de revoluções tecnológicas. *In: Nexos Econômicos*, v. 1, n. 1, p. 33-57, jan-jun de 2014.
- LUNDVALL, B. (org.) **National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning**. Londres: Anthem Press, 1992.
- MACÁRIO, E.; REIS, L. F. Dívida pública e financiamento das universidades federais e da ciência e tecnologia no Brasil (2003-2020). *In: Revista Práxis Educacional*, v. 16, n. 41, pp 20-46, 2020.
- MAJEROWICZ, E; PARANÁ, E. (orgs.). **A China no capitalismo contemporâneo**. São Paulo: Expressão Popular, 2022.
- MARINI, R. M. **Subdesenvolvimento e revolução**. Florianópolis, Editora Insular, 2017.
- MARX, K. **Grundrisse: manuscritos econômicos de 1857-1858: esboços da crítica da economia política**. Rio de Janeiro. Boitempo, 2011.
- MAXIMO, M. A guerra dos métodos: a visão da escola histórica alemã. *In: ENCONTRO REGIONAL DA ANPUH-RIO*, 14., 2010, Rio de Janeiro, RJ. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: ANPUH, 2010. Disponível em: http://encontro2014.rj.anpuh.org/resources/anais/8/1274906263_ARQUIVO_AGuerradosMetodos,AvisaodaEscolaHistoricaAlema_MarioMaximo.pdf. Acesso em: 1 set. 2022.
- MAZZUCATO, M. **O estado empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs setor privado**. São Paulo: Editora Schwarcz, 2014.
- MCCARTHY *et al.* **A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence**. 31 ago. 1955. Disponível em: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>. Acesso em: 23 jul. 2021.
- MCCARTHY, J. **The question of artificial intelligence**. 13 jun. 2000. Disponível em: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/reviews/bloomfield/bloomfield.html>. Acesso em: 1 ago. 2021.

MCQUILLAN, D. **Manifesto on algorithmic humanitarianism**. 16 fev. 2018. Disponível em: <https://www.opendemocracy.net/en/manifesto-on-algorithmic-humanitarianism/>. Acesso em: 23 jul. 2021.

MCT inclui a palavra Inovação em sigla. **Fapeam**, 4 ago. 2011. Disponível em: <http://www.fapeam.am.gov.br/mct-inclui-a-palavra-inovacao-em-sigla/>. Acesso em: 1 set. 2022.

MCTI e Embrapii lançam a maior rede de inovação em inteligência artificial do país. **Embrapii**, 29 out. 2020. Disponível em: <https://embrapii.org.br/mcti-e-embrapii-lancam-a-maior-rede-de-inovacao-em-inteligencia-artificial-do-pais/>. Acesso: 1 set 2022.

MESA redonda C4AI - AI em foco: centros brasileiros de inteligência artificial. [S. l.: s. n.], 24 jun. 2021. 1 vídeo (153 min). Publicado pelo canal C4AI USP. Disponível em: <https://youtu.be/34sz3j1fQ6k>. Acesso em: 30 jun. 2021.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA e INOVAÇÃO. **Estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação 2012-2015 e balanço das atividades estruturantes 2011**. Brasília: MCTI, 2012

MORAVEC, H. **Mind children: the future of robot and human intelligence**. Nova Iorque: Harvard Press, 1988.

MOROZOV, E. **Big Tech: a ascensão dos dados e a morte da política**. São Paulo: Ubu Editora, 2018.

MOTOYAMA, S. (org.). **Prelúdio para uma história: ciência e tecnologia no Brasil**. São Paulo: EDUSP, 2004

NAIR, S. B.; KNIGHT, K.; RICH, E. **Artificial intelligence**. 3. ed. Nova Déli: McGraw-Hill, 2010.

NAUGHTON, B. **The rise of China's industrial policy: 1978-2020**. Cidade do México: UNAM, 2021.

NORTH, D. **Institutions, Institutional Change and Economic Performance**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

NORVIG, P.; RUSSEL, S. **Artificial intelligence: a modern approach**. 4. ed. Hoboken: Pearson, 2021.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data: Oslo Manual**. Paris: OECD, 1992.

PALMER, M. Data is the new oil. **Ana Marketing Maestros**, 3 nov. 2006. Disponível em: https://ana.blogs.com/maestros/2006/11/data_is_the_new.html. Acesso em: 1 out. 2022.

PAULA, J. A. O desenvolvimento econômico em perspectiva histórica. *In*: ALBUQUERQUE, E. M. (org.). **Metamorfoses do capitalismo e processos de catch-up**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2017.

PEREZ, C. **Technological revolutions and financial capital**: the dynamics of bubbles and golden ages. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2002.

PESQUISADOR visitante. **Fapesp**, 22 mar. 2022. Disponível em: <https://fapesp.br/index.php/auxilios/visitante>. Acesso em: 4 jul. 2022.

PFEIFFER, S. **Digital capitalism and distributive forces**. Bielefeld: Transcript, 2022.

PINTO, A. V. **O conceito de tecnologia**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005.

PORTE de empresa. **BNDES**, [202-]. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/porte-de-empresa>. Acesso em 1 jul. 2022.

PRATES, B. P. China na revolução digital: catch-up, leapfrogging e planejamento estatal. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA INDUSTRIAL*, 6., 2022, Salvador, BA. **Anais [...]**. Salvador: ABEIN/SENAI CIMATEC, 2022. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/vienei/851.pdf>. Acesso em: 1 out. 2022.

PREBISCH, R. O desenvolvimento econômico da América Latina e alguns de seus problemas principais. *In: BIELSCHOWSKY, R. (org.). Cinquenta anos de pensamento na Cepal*. Rio de Janeiro: Record, 2000.

PRICE, H; VOLD, K. Living with AI. *In: Research Horizons*, n. 35, p. 20-21, 2018.

PUTIN: ‘Quem dominar a inteligência artificial governará o mundo’. **Sputnik News Brasil**, 1 de jul. 2017. Disponível em: <https://br.sputniknews.com/russia/201709019252959-putin-inteligencia-artificial-dominara-mundo/>. Acesso em: 23 jul. 2021.

QUIJANO, A. Colonialidade do poder, eurocentrismo e América Latina. *In: LANDER, E. (org). A colonialidade do saber: eurocentrismo e ciências sociais. Perspectivas latinoamericanas*. Buenos Aires: CLACSO, 2005.

REDE MCTI/EMBRAPII de inovação em inteligência artificial. **Embrapii**, c2022. Disponível em: <https://embrapii.org.br/redes-embrapii/rede-mcti-embrapii-de-tecnologias-e-inovacao-digital/>. Acesso em: 2. jul. 2022.

ROSENBERG, N. **Schumpeter and the endogeneity of technology**: some American perspectives. London: Routledge, 2000.

ROSSO, S. D.; SEABRA, R. L. A teoria marxista da dependência: papel e lugar das ciências sociais da Universidade de Brasília. *In: Sociedade e Estado*, v. 31, n. especial, dez. 2016.

RUSSELL, B. Man’s peril. *In: BONE, A (org.). The collected papers of Bertrand Russell*. Londres: Routledge, 1983.

SABOYA, F. Existe mesmo uma estratégia brasileira de inteligência artificial? **Anprotec**, 13 abr. 2021. Disponível em: <https://anprotec.org.br/site/2021/04/existe-mesmo-uma-estrategia-brasileira-de-inteligencia-artificial/>. Acesso em: 23 jul. 2021.

SAGERER, G; VINCZE, M.; WACHSMUTH, S. Perception and computer vision. *In: FRANKISH, K.; RAMSEY, W. M. The Cambridge handbook of artificial intelligence*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

SALLES FILHO, S. Política de Ciência e Tecnologia no I PND (1972/74) e no I PBDCT (1973/74). **Revista Brasileira de Inovação**, v. 1, n. 2, p. 398-419, 2002.

SALLES FILHO, S. Política científica e tecnológica no III PBDCT (1980-85)". **Revista Brasileira de Inovação**, v. 2, n. 2, p. 407-432, 2003.

SANTANA, J. R.; SILVA, D. S. A economia brasileira sob o olhar da ciência, tecnologia e inovação: cinquenta anos da política científica e tecnológica (1964-2014). *In: Nexos Econômicos*, v. 13, n. 2, jun./dez. 2019.

SANTOS, C. F. Uma avaliação contemporânea das críticas de Rousseau à Ciência. **Pensando - Revista de Filosofia**, Teresina, v. 5, n. 10, 2014.

SANTOS, T. **Revolução científico-técnica e capitalismo contemporâneo**. Petrópolis: Vozes, 1983.

SÃO PAULO. **Instituto de Pesquisas Tecnológicas**, [202-]. Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/orgaos-e-entidades/empresas/ipt/>. Acesso em 16 jul. 2022.

SÃO PAULO. **Lei nº 5.918**, de 18 de outubro de 1960. Autoriza o Poder Executivo a instituir a "Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo", e dá outras providências. Disponível em <https://www.al.sp.gov.br/norma/40894>. Acesso em: 20 set. 2022.

SCHUMPETER, J. **Business cycles: a theoretical, historical and statistical analysis of the capitalism process**. Nova Iorque: McGraw-Hill Book Company, 1939.

SCHUMPETER, J. **Capitalismo, socialismo e democracia** [livro eletrônico]. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura, 1961.

SCHUMPETER, J. **Teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1997.

SCHWAB, K. **The fourth industrial revolution**. Genebra: World Economic Forum, 2016.

SCHWARTZMAN, S. **Ciência e Tecnologia na Década Perdida: o que aprendemos?** 1995. Disponível em: <http://www.schwartzman.org.br/simon/lourdes.htm>. Acesso em: 20 set. 2022.

SEMANA do Conhecimento UFMG 2021: Inovação e Inteligência Artificial para Saúde - CIIA SAÚDE. [S. l.: s. n.], 27 out. 2021. 1 vídeo (182 min). Publicado pelo canal IEAT UFMG. Disponível em: <https://youtu.be/v9mbjaqOdAw>. Acesso em: 1 jul. 2022.

SENAI Cimatec vai sediar Centro de Pesquisa em Inteligência Artificial. **Fapesp**, 16 ago. 2021. Disponível em: <https://namidia.fapesp.br/senai-cimatec-vai-sediar-centro-de-pesquisa-aplicada-em-inteligencia-artificial/337412>. Acesso em 20 jul. 2022.

SICHMAN, J. S. Inteligência artificial e sociedade: avanços e riscos. *In: Estudos Avançados*, n. 101, v. 35, p. 37-49, 2021.

SOBRE o programa. **IA² MCTI inteligência artificial inovação aberta**, c2021. Disponível em: <https://softex.br/download/ia%20b2-mcti-edital-empresas-ancoras-faq/?wpdmdl=109435&masterkey=6081dc5c19fa2>. Acesso em: 1 set 2022.

SPIELBERG, S. **Inteligência artificial** (Filme). Estados Unidos: Amblin Entertainment, Stanley Kubrick Productions, 2001. (146 min.).

STEINHOFF, J. **Automation and autonomy: labour, capital and machines in the artificial intelligence industry**. Cham: Palgrave Macmillan, 2021.

SUZIGAN, W. Elementos essenciais da política industrial. *In*: ALBUQUERQUE, E. M. (org.). **Metamorfoses do capitalismo e processos de *catch-up***. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2017.

TAYLOR, A. The automation charade. *In*: **Logic Magazine**, n. 5, 2018.

TIKU, N. The Google engineer who thinks the company's AI has come to life. **The Washington Post**, 11 jun. 2022. Disponível em: <https://www.washingtonpost.com/technology/2022/06/11/google-ai-lamda-blake-lemoine/>. Acesso em: 13 ago. 2022.

TOWNSHEND, P. How is AI regulated around the world? **Smartframe**, 28 ago. 2022. Disponível em: <https://smartframe.io/blog/how-is-ai-regulated-around-the-world/>. Acesso em: 10 set. 2022.

VALENTE, J. **Tecnologia, informação e poder: das plataformas *online* aos monopólios digitais**. Tese (Doutorado) – Departamento de Sociologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

WEBER, S. Data, development, and growth. *In*: **Business and Politics**, v. 19, n. 3, p. 1-27, set. 2017.

ZUBOFF, S. **A era do capitalismo de vigilância**. Rio de Janeiro: Editora Intrínseca, 2021.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SEMIESTRUTURADO PARA AS ENTREVISTAS COM OS INTEGRANTES DOS CPAS EM IA

1. Como surgiu a ideia do CPA?
2. Qual o estágio da pesquisa? Como ela se organiza e como está sendo a rotina de pesquisa?
3. Quais os principais gastos na prática? A quantidade de recursos é suficiente para a realização da pesquisa?
4. Além da Fapesp, há outras fontes de financiamento?
5. Como se dá a participação das empresas parceiras?
6. Como deve se organizar o trabalho do CPA de acordo com o montante empenhado por cada empresa?
7. Como vai se dar a propriedade sobre as aplicações desenvolvidas?
8. Como deve se dar a cooperação com os ICTs internacionais?
9. Quais as expectativas para os frutos dessa pesquisa em termos de aplicações e prazo?
10. Como você vê o Brasil no cenário da inteligência artificial? É um papel essencialmente de consumidor ou podemos ser produtores?
11. Como você vê o apoio do Estado brasileiro nessa área?
12. Qual o nível dos pesquisadores brasileiros em IA?