

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

PLANO DE AÇÃO DE CT&I PARA TECNOLOGIAS CONVERGENTES E HABILITADORAS

Volume IV - Manufatura Avançada



Presidente da República

Jair Messias Bolsonaro

Ministro da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

Marcos Cesar Pontes

Secretário-Executivo

Julio Francisco Semeghini Neto

Secretário de Empreendedorismo e Inovação

Paulo Cesar Rezende da Carvalho Alvim

Diretor de Tecnologias Estruturantes - DETEC

Eduardo Soriano Lousada

Coordenador-Geral de Desenvolvimento e Inovação em Tecnologias Estratégicas

Felipe Silva Bellucci

Coordenador de Inovação em Tecnologias Convergentes e Habilitadoras

Eder Torres Tavares

**PLANO DE AÇÃO DE CT&I PARA TECNOLOGIAS
CONVERGENTES E HABILITADORAS**

Volume IV - Manufatura Avançada

BRASÍLIA - 2020

Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

Secretaria de Empreendedorismo e Inovação

Esplanada dos Ministérios, Bloco E, 3º andar. 70067-900, Brasília, DF, Brasil.

Telefone: (61) 2033-7800 / 2033-7424

sempi@mctic.gov.br e cgtc@mctic.gov.br

http://www.mctic.gov.br/

Equipe Técnica da Coordenação-Geral de Desenvolvimento e Inovação em Tecnologias Estratégicas (CGTE)

Daniela Gonçalves Mattar – Tecnologista

Eder Torres Tavares – Analista em C&T

Felipe Silva Bellucci – Tecnologista

Helyne Gomes de Paiva – Assistente em C&T

Luciana Landim Carneiro Estevanato – Tecnologista

Paulo Frank Bertotti – Assistente em C&T

Sandra Pacheco Renz – Analista em C&T

Todos os direitos reservados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC).

Os textos contidos nesta publicação poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que citada a fonte.

B823p Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Secretaria de Empreendedorismo e Inovação.

Plano de ação de ciência, tecnologia e inovação para tecnologias convergentes e habilitadoras: fotônica / organizador, Leandro Antunes Berti et al. -- Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2020. 4 v. (v. 3 ; 48 p.) : il.

Conteúdo: v. 1. Nanotecnologia -- v. 2. Materiais avançados -- v. 3. Fotônica -- v. 4. Tecnologias para manufatura avançada. ISBN: 978-85-88063-70-9 (v. 1). -- ISBN: 978-85-88063-71-6 (v. 2). -- ISBN: 978-85-88063-72-3 (v. 3). -- ISBN: 978-85-88063-69-3 (v. 4).

1. Manufatura avançada - Tecnologias. 2. Tecnologias convergentes e habilitadoras. 3. Desenvolvimento tecnológico. 4. Inovação tecnológica. I. Berti, Leandro Antunes. II. Mattar, Daniela Gonçalves. III. Tavares, Eder Torres. IV. Bellucci, Felipe Silva. V. Paiva, Helyne, Gomes de. VI. Estevanato, Luciana Landim Carneiro. VII. Bertotti, Paulo Frank. VIII. Renz, Sandra Pacheco.

CDU 62-027.15

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	6
1. INTRODUÇÃO	7
2. VISÃO	9
3. OBJETIVO PRINCIPAL	10
4. TEMAS ESTRATÉGICOS	10
5. ESTRATÉGIA ORÇAMENTÁRIA/FINANCIAMENTO	14
6. EIXOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	15
7. GOVERNANÇA	18
8. O VALOR ESTRATÉGICO DAS TECNOLOGIAS DE MANUFATURA AVANÇADA	19
8.1. CONCEITO GERAL	19
8.2. MANDALA DE TECNOLOGIAS PARA MANUFATURA AVANÇADA	22
9. PRINCIPAIS DESAFIOS DAS TECNOLOGIAS PARA MANUFATURA AVANÇADA NO BRASIL	26
9.1. GEOPOLÍTICA - RISCOS GLOBAIS	26
9.2. SEGURANÇA DOS DADOS (CIBERSEGURANÇA)	27
9.3. ROBUSTEZ DO MAQUINÁRIO PRODUTIVO	30
9.4. SOCIEDADE AVANÇADA	32
10. OBJETIVOS	34
10.1. OBJETIVO PRINCIPAL	34
10.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	35
11. IMPLEMENTAÇÃO	35
AÇÃO 1: INCENTIVAR O PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DE TECNOLOGIAS PARA MANUFATURA AVANÇADA	36
AÇÃO 2: APOIAR O OBSERVATÓRIO DE MANUFATURA AVANÇADA	38
AÇÃO 3: PROMOVER FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TECNOLOGIAS PARA A MANUFATURA AVANÇADA	39
AÇÃO 4: ESTIMULAR A ADOÇÃO DE CIBERSEGURANÇA EM SISTEMAS DE TECNOLOGIAS PARA MANUFATURA AVANÇADA	40
AÇÃO 5: INCENTIVAR A COOPERAÇÃO INTERNACIONAL	41
12. METAS E INDICADORES	43
13. DOCUMENTOS ESTRUTURANTES	44
14. LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	45
15. CONTATO E INTERLOCUÇÃO	47

APRESENTAÇÃO

O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), segundo o inciso IV, do art. 1º, do Anexo I, do Decreto nº 9.677, de 02 de janeiro de 2019, tem como área de competência, entre outros, o seguinte assunto: “Políticas nacionais de pesquisa científica e tecnológica e de incentivo à inovação”. Com efeito, o MCTIC elaborou uma Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (Encti 2016-2022). Essa Estratégia é o principal documento de orientação estratégica de médio e longo prazos para implementação de políticas públicas na área de CT&I e tem como objetivo principal alçar o país a um novo patamar de desenvolvimento por meio da construção de uma sociedade do conhecimento. Além dos desafios nacionais para a CT&I, eixos estruturantes e pilares fundamentais, a Encti 2016-2022 elenca 12 temas considerados estratégicos para o desenvolvimento da capacidade científica, tecnológica e de inovação nacional, entre elas, as Tecnologias Convergentes e Habilitadoras.

Diante desse contexto, o MCTIC, por meio da Secretária de Empreendedorismo e Inovação (SEMPI), do Departamento de Tecnologias Estruturantes (DETEC) e da Coordenação-Geral de Desenvolvimento e Inovação em Tecnologias Estratégicas (CGTE), apresenta o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, subdivido em quatro volumes correspondentes aos temas Nanotecnologia, Materiais Avançados, Fotônica e Tecnologias para Manufatura Avançada.

- O Volume I apresenta o **Plano de Ação em CT&I para Nanotecnologia**.
- O Volume II apresenta o **Plano de Ação em CT&I para Materiais Avançados**.
- O Volume III apresenta o **Plano de Ação em CT&I para Fotônica**.
- O Volume IV apresenta o **Plano de Ação em CT&I para Tecnologias para Manufatura Avançada**.

Cada um dos quatro volumes apresenta como estrutura básica: introdução, visão, objetivo principal, temas estratégicos, estratégia orçamentária/financiamento, eixos de desenvolvimento sustentável e governança para as Tecnologias Convergentes e Habilitadoras para, em seguida, especificar o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação de cada tema.

Neste quarto volume, o MCTIC apresenta o Plano de Ação de CT&I para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, com a dimensão temática Tecnologias para Manufatura Avançada, que merece especial atenção, pois ela define o domínio/maturidade tecnológica para a efetivação da Manufatura Avançada. Esta abordagem está diretamente alinhada com o Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil (ProFuturo); com a Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (EBTD); com o Plano Nacional de Internet das Coisas, da Secretaria de Política Digitais (SEPOD), do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC); com o projeto da Confederação Nacional das Indústrias (CNI) Indústria 2027; e com a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling (Decreto-lei nº 9.983, de 22 de Agosto de 2019).

As ações deste Plano buscam contribuir para a superação dos desafios nacionais para a CT&I previstos na Encti 2016-2022, favorecer o alcance dos principais Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU (ODS), potencializar a utilização das vantagens e oportunidades competitivas do país e alavancar o desenvolvimento econômico e social, de forma segura e sustentável.

1. INTRODUÇÃO

Nas Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, comumente conhecidas como *Key Enabling Technologies (KET)*¹, o termo “convergente” refere-se à habilidade das tecnologias combinarem esforços para sustentar um maior desenvolvimento tecnológico, e o termo “habilitadora”, à capacidade da tecnologia em direcionar avanços tecnológicos disruptivos e, conseqüentemente, uma mudança cultural. Este conjunto de tecnologias tem o poder de causar mudanças radicais, transformando a humanidade e sua cultura, bem como a tendência de gerar um ciclo acelerado de desenvolvimento e um impacto profundo em virtualmente todos os campos de conhecimento, beneficiando o aumento do desempenho humano, seus processos e produtos, a qualidade de vida e justiça social. A forma para se alcançar esses objetivos é aliar o conhecimento gerado na academia com a capacidade gerencial e transformadora da economia do setor industrial, tendo como bases as demandas mercadológica e social. Portanto, a estratégia básica deste Plano é a promoção da integração entre a academia e a indústria.

¹ The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business (<http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/9217031e.pdf?expires=1502461728&id=id&accname=ocid54025470&checksum=A59F2456F76E4E1FF5E66FA4CB4842F0>)

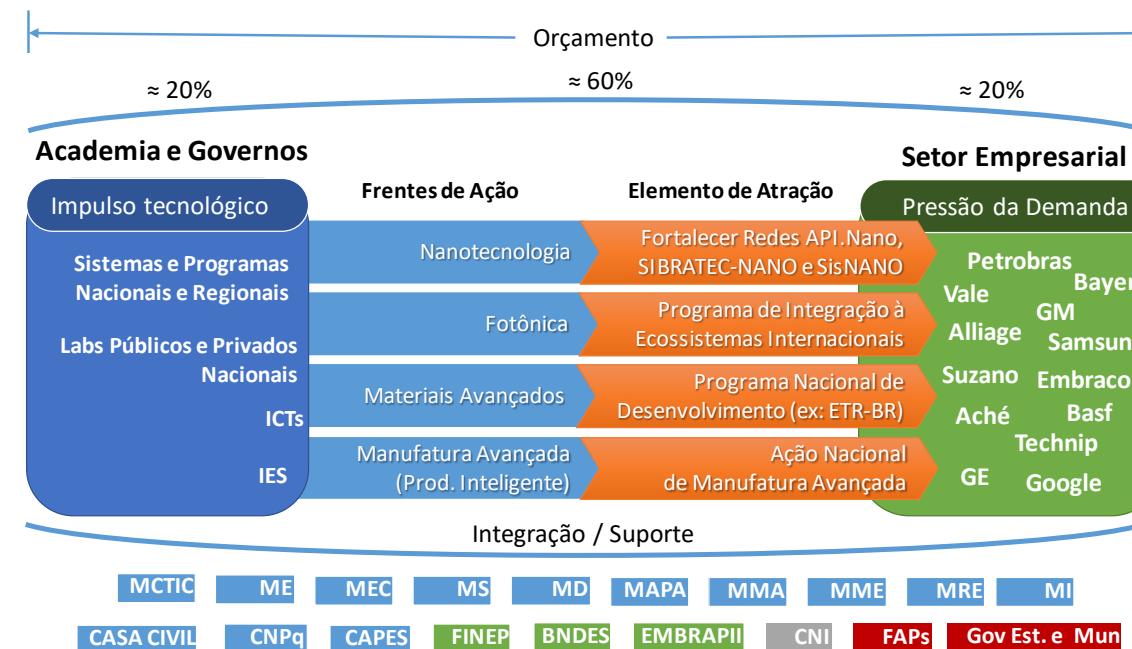
No MCTIC, o apoio ao desenvolvimento tecnológico e inovador das tecnologias convergentes e habilitadoras, em especial das áreas de Nanotecnologia, Fotônica, Materiais Avançados e Tecnologias para Manufatura Avançada, está sob responsabilidade da Secretaria de Empreendedorismo e Inovação (SEMPI).

A Manufatura Avançada ou Indústria Avançada ou Indústria 4.0, é caracterizada pela integração e aplicação das tecnologias convergentes e habilitadoras em elementos diversos, conectados em rede por sistemas ciberfísicos. Refere-se à produção inteligente nos mais diversos setores produtivos, desde eletrônicos a setores tradicionais, como a agricultura e a saúde.

O MCTIC possui um planejamento estratégico que visa ao estabelecimento da integração das tecnologias convergentes e habilitadoras, levando em consideração o impulso tecnológico (*technology-push*) e a pressão da demanda (*demand-pull*). No lado do impulso tecnológico, estão os Sistemas e Programas Nacionais, os Laboratórios Públicos e Privados, Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICTs), e os Institutos de Ensino Superior (IES), alinhados com as frentes de ação em Nanotecnologia, Fotônica, Materiais Avançados e Tecnologias para Manufatura Avançada. No outro lado, encontra-se a pressão da demanda, que se conecta com as frentes de ação através de elementos de atração, que são ações concretas para a efetivação de pontes de acesso robustas para ciência e tecnologia atingir o mercado pela inovação. Todo esse ecossistema está integrado e suportado pelos demais Ministérios, pelas agências de fomento, pelo terceiro setor e pelos governos estaduais, no qual o esforço deve ser concentrado na sinergia entre a academia e indústria (Figura 1).

A Figura 1 mostra uma representação esquemática da interação entre os elementos do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) e planejamento estratégico do MCTIC, considerando o impulso tecnológico, as frentes de ação, os elementos de atração e a pressão da demanda.

Figura 1: Planejamento estratégico do MCTIC, articulado por meio da SEMPI, DETEC e CGTC, considerando o impulso tecnológico, frentes de ação, elementos de atração e a pressão da demanda.



2. VISÃO

Estabelecer uma política de Estado para posicionar o Brasil como referência global em ciência e tecnologia no desenvolvimento e na fabricação de produtos inovadores de alto valor agregado em Nanotecnologia, Materiais Avançados, Fotônica e Tecnologias para Manufatura Avançada.

3. OBJETIVO PRINCIPAL

Criar e nutrir um ambiente de colaboração entre a indústria e academia, aliando competências em ciência, tecnologia e inovação, centrado na ética e na promoção continuada do completo desenvolvimento sustentável do ecossistema de Nanotecnologia, Materiais Avançados, Fotônica e Tecnologias para Manufatura Avançada.

4. TEMAS ESTRATÉGICOS

Os temas selecionados como estratégicos para este Plano de Ação são baseados na Encti 2016-2022 e no estudo “Materiais Avançados 2010-2022”, realizado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), uma das principais Unidade de Pesquisa do MCTIC, responsável principalmente pela realização de estudos estratégicos do Ministério.

A importância do fortalecimento do ecossistema de inovação do Brasil pelo desenvolvimento tecnológico de setores específicos de interesse nacional e de aplicação global e o aproveitamento e agregação de valor a recursos naturais do País são critérios que solidificam a área portadora de futuro das tecnologias convergentes e habilitadoras e ampliam significativamente o sentido da inovação, como valorização econômica do conhecimento. Além disso, as parcerias com empresas, laboratórios, associações empresariais, associações de municípios e agências governamentais são mecanismos essenciais para a promoção de uma cultura de empreendedorismo e inovação em todos os níveis da sociedade (Figura 2). Os temas voltados para tecnologias convergentes e habilitadoras identificados como prioritários foram: saúde e meio ambiente; defesa nacional e segurança pública; energia e mobilidade; agricultura; descoberta inteligente de novos materiais (*materials informatics*²). Além destes, com base nas competências e vocação nacionais, insere-se o mapeamento geológico marinho (*blue mining*³). A seguir, uma descrição sucinta de cada tema estratégico:

² DARPA (<https://www.darpa.mil/>)

³ Blue Mining EU (<http://www.bluemining.eu/>)

Saúde e Meio ambiente: As tecnologias convergentes e habilitadoras têm uma vasta gama de aplicações na área de Saúde⁴, como em implantes ortopédicos, próteses endovasculares, materiais dentários, nanoestruturas para diagnóstico, acompanhamento e tratamento de doenças, materiais carreadores para sistemas de liberação controlada de fármacos ou suplementos e (nano)(bio) materiais para engenharia tecidual. Como a saúde depende também de um meio ambiente saudável, temáticas como contaminações por produtos químicos perigosos, contaminação microbiológica e derramamentos de hidrocarbonetos podem ser abordados sob a ótica destas tecnologias, representando grandes oportunidades de investimentos públicos e privados, com consequente geração de renda. Desta forma, o Brasil tem grande potencial de exercer uma posição de liderança tecnológica e de contribuir em escala mundial na remediação de uma série de problemas do planeta.

Defesa e Segurança Pública: Uma nação soberana não pode deixar de se posicionar estrategicamente nesta área, e as tecnologias convergentes e habilitadoras exibem grande potencial para serem amplamente utilizadas em nichos tecnológicos consolidados como soldagem entre metais e cerâmicas, blindagem balística e eletromagnética, materiais metálicos e compósitos especiais, sensores avançados e simulação computacional, bem como em aplicações inovadoras para superação de barreiras econômicas e cerceamentos tecnológicos. Além disso, estas tecnologias são amplamente empregadas na área aeroespacial - estrutura, propulsão, proteção térmica, sensoriamento, controle da condição operacional dos sistemas de voo, captação de energia solar e diversas outras aplicações. Cabe salientar que grande parte destas tecnologias exibem perfil de dualidade de emprego civil e de defesa, bem como estão alinhadas com o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE).

Energia e Mobilidade: Considerando o aumento nacional de demanda energética, a relação de oferta energética e o desenvolvimento econômico, a crescente adoção de carros elétricos, o apelo por fontes renováveis eficientes e com emissões de gases de efeito estufa reduzidas, e a segurança no fornecimento energético, as tecnologias convergentes e habilitadoras exibem grande potencial

⁴ Para maiores informações sobre as políticas públicas de Saúde, consulte o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para Saúde da Secretaria de Políticas e Programas Pesquisa e Desenvolvimento – SEPED.

para impulsionar a geração e produção de energia de maneira mais sustentável, como a produção em biocombustíveis, eletricidade solar, energia nuclear, energia eólica, produção e armazenamento de hidrogênio, e células a combustível.

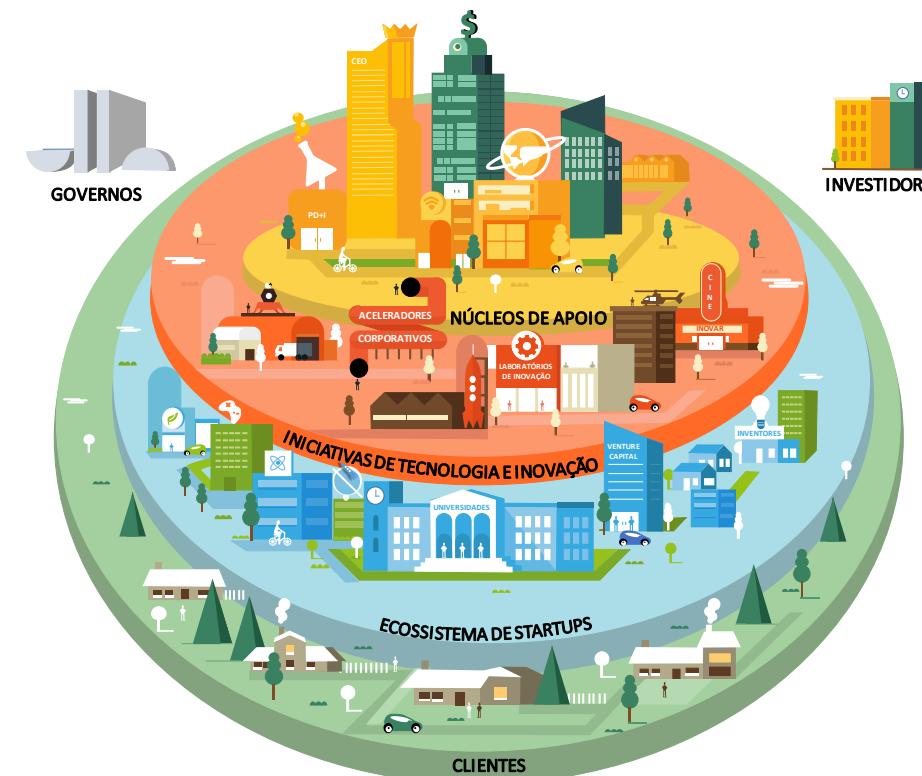
Agricultura: Devido à expressiva participação do agronegócio na economia brasileira, as tecnologias convergentes e habilitadoras detêm aqui um nicho de estratégica inserção e de possibilidades de aumento do valor agregado dos produtos, de sua melhoria na qualidade e de economia na sua produção. A nanotecnologia alça a agricultura tradicional para a agricultura de precisão que, por meio, por exemplo, do desenvolvimento de nanossensores para analisar as condições do solo e diagnosticar fitopatologias, de sistemas de liberação controlada e de detecção de agroquímicos, de sistemas catalíticos de pesticidas e de sistemas de entrega de fertilizantes, possibilitará regular o crescimento das plantas, entregar nutrientes e água na dosagem ideal, diminuir a aplicação e a dispersão caótica de agroquímicos, melhorando, no fim de todo este processo, a qualidade e a segurança dos alimentos produzidos.

Descoberta Inteligente de Novos Materiais (Materials Informatics): O escopo deste tema está associado ao modelamento e predição do comportamento de novos materiais com base em sua composição, micro e nanoestrutura, histórico de processamento e interações. Neste tema, é possível produzir novos materiais, com maior ou menor precisão, para aplicações em áreas como materiais eletrônicos, física e engenharia do estado sólido, nanotecnologia, materiais eletrônicos, para óptica avançada, para indústria avançada, para a área de energia e outros.

Mapeamento Geológico Marinho (Blue Mining): Considerando que aproximadamente 70% da superfície terrestre são cobertos por mares e oceanos, e o Brasil possui mais de 7 mil quilômetros de área costeira (litoral), o mapeamento e a identificação de materiais no fundo de mares e oceanos passam a ser estratégicos para o futuro da economia global, com vistas a uma futura mineração sustentável, além de ser fundamental o desenvolvimento de equipamentos resistentes o suficiente para suportar as condições de pressão e desgaste.

Com vistas a propor, desenvolver, produzir e absorver as soluções tecnológicas geradas para cada um dos temas estratégicos do Plano de Ação, a Figura 2 mostra uma representação esquemática do SNCTI e do ecossistema de inovação nacional, suas principais instituições e atores, bem como suas interfaces de atuação.

Figura 2: Representação do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) e do Ecossistema de inovação Brasileiro, responsáveis por propor, desenvolver, produzir e absorver as soluções tecnológicas geradas para cada um dos temas estratégicos do Plano de Ação⁵.



5 Map: These are the Key Players — and Tensions — Involved in Corporate Innovation (<https://www.innovationleader.com/corporate-innovation-ecosystem/>)

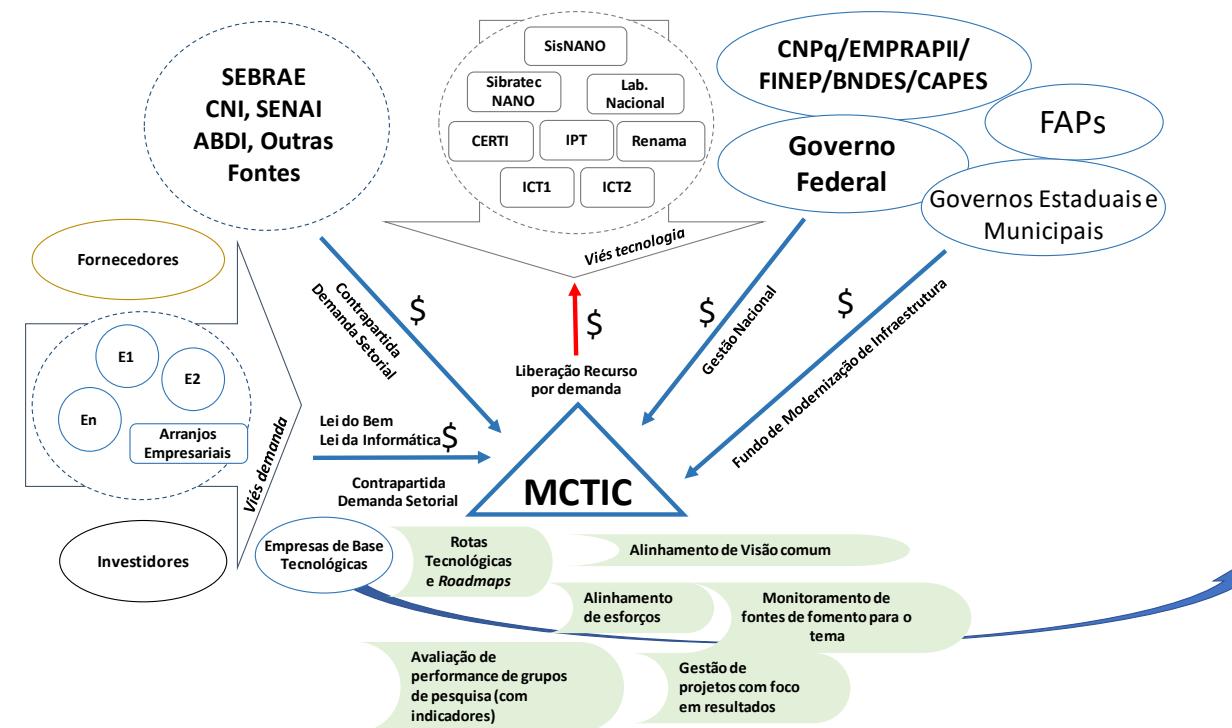
O fortalecimento do ecossistema de inovação do Brasil é importante para o desenvolvimento tecnológico de diversos setores. As parcerias entre empresas, laboratórios, associações empresariais, associações de municípios e agências governamentais são mecanismos essenciais para a promoção de uma cultura de empreendedorismo e inovação. Essa cultura tem sua importância significativamente ampliada quando há aproveitamento e agregação de valor a recursos naturais do País, resultando na valorização econômica do conhecimento voltado à inovação.

5. ESTRATÉGIA ORÇAMENTÁRIA/FINANCIAMENTO

Em face da estratégia de impulsionar e fortalecer a relação entre academia e indústria, a captação orçamentária de fontes externas deve ser potencializada, além de uma aplicação eficiente de recursos, utilizando a abordagem impulso tecnológico/pressão da demanda (*technology-push/demand-pull*), baseado em priorização de atividades e competências regionais (*smart specialisation*⁶) em tecnologias estratégicas e críticas. A estratégia orçamentária da SEMPI / MCTIC (Figura 3) reforça que a geração de conhecimento (na academia) deve ser direcionada pela demanda (da indústria), conforme ressalta a literatura científica que “o foco em apenas um dos modelos (ou *Technology-push* ou *Demand-pull*) é prejudicial, conduzindo à inutilidade do setor de PD&I e/ou às ameaças de competidores baseados em novas tecnologias⁷.

A Figura 3 mostra uma representação esquemática do modelo de fomento incentivado para o alcance dos objetivos estratégicos propostos para Plano de Ação em CT&I.

Figura 3: Estratégia de captação e alocação de recursos para o desenvolvimento sustentável das Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, tendo como exemplo a Nanotecnologia 6.



6. EIXOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Os eixos de desenvolvimento sustentável possuem a função básica de nortear as ações estratégicas a serem executadas para atingir as metas estabelecidas. Cada eixo representa um movimento integrado e conciso para o pleno desenvolvimento, no Brasil, das Tecnologias Convergentes e

6 Smart Specialization (<http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/map>)

7 BREM, A.; VOIGHT, K. I. Pull vs. Push – strategic technology and innovation management for a successful integration of market-pull and technology push activities. In: International Association for Management of Technology, California, Elsevier, 2007. 1 CD-ROM.

Habilitadoras, em especial da Nanotecnologia, dos Materiais Avançados, da Fotônica e das Tecnologias para Manufatura Avançada. Os eixos são os seguintes:

(i) Eixo Ambiental e Estruturante: ações para a construção do ambiente inovador natural e viável. Neste caso, concentram-se em ações que balizam e fundamentam os esforços de consolidação e fortalecimento dos ecossistemas das Tecnologias Convergentes e Habilitadoras;

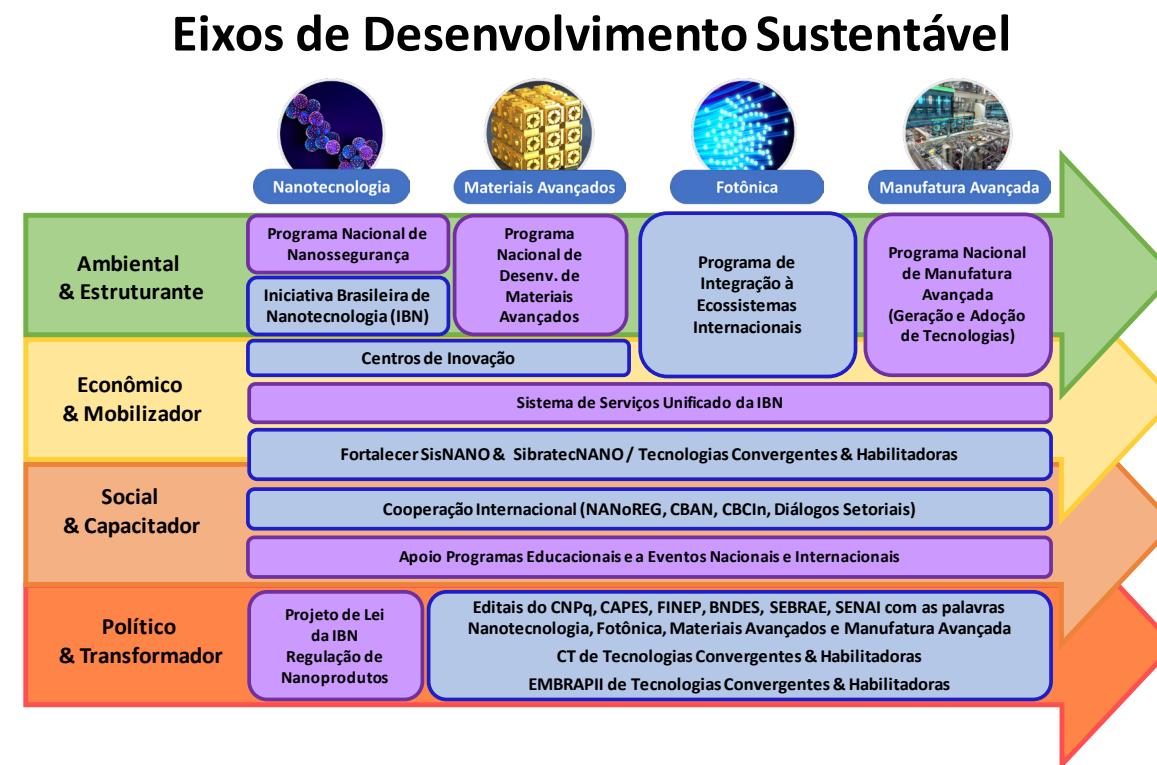
(ii) Eixo Econômico e Mobilizador: ações que facilitam o acesso à infraestrutura dos laboratórios do SisNANO, SibratecNANO, NANoREG e a seus pesquisadores, aproximando o setor produtivo do desenvolvimento de soluções inovadoras. Neste espaço, estão organizadas as ações que auxiliam na construção da ponte entre academia e indústria, produzem retorno econômico e geram inovação;

(iii) Eixo Social e Capacitador: ações que empoderam a sociedade por meio do desenvolvimento social e comunitário. Neste espaço, encontram-se as ações educacionais e formadoras de recursos humanos, a premiação por desempenho, e a promoção de eventos que fortalecem a integração entre academia e indústria e que desmistifica e assegura a população em geral sobre o conceito correto das Tecnologias Convergentes e Habilitadoras e seus benefícios;

(iv) Eixo Político e Transformador: ações que garantam a implementação do desenvolvimento sustentável. Neste último eixo, são dispostas as ações que sedimentam o conhecimento e efetivam a transformação preconizada nos outros eixos, sobre o qual todos os outros se apoiam para ter sua funcionalidade garantida.

A Figura 4 mostra uma representação esquemática dos principais políticas públicas e programas ministeriais já implantadas ou prospectadas para a área de Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, organizadas através dos eixos de desenvolvimento sustentável.

Figura 4: Representação das principais políticas públicas e programas ministeriais para a área de Tecnologias Convergentes e Habilitadoras organizadas por Eixos de Desenvolvimento Sustentável. Em retângulos azuis as ações já implementadas e em retângulos roxos as ações planejadas.



7. GOVERNANÇA

Com vistas a assessorar o MCTIC na sua missão de identificar pontos de atenção, formação da agenda, formular ações e programas, tomada de decisão, implementação e avaliação de Programas e Políticas Públicas de Estado nas áreas de tecnologias convergentes e habilitadoras, bem como proporcionar à sociedade (comunidade acadêmica, setor produtivo, associações e outros) um espaço participativo e democrático, o Ministério exercerá a governança deste Plano Ciência, Tecnologia & Inovação assistido pelos seguintes Comitês Consultivos de especialistas:

- **Nanotecnologia e Materiais Avançados:** Foi implantado, em 2019, o Comitê Consultivo de Nanotecnologia e Novos Materiais (CCNANOMAT⁸), extensão das competências do Comitê Consultivo de Nanotecnologia (CCNANO), com o objetivo de subsidiar o MCTIC na Política Nacional das áreas e estabelecer uma instância de representação da comunidade científica, de setores produtivos e demais partes interessadas.
- **Fotônica:** No âmbito da governança das temáticas de Fotônica, foi implantado, em 2019, o Comitê Consultivo de Fotônica (CCFOTO⁹), com o objetivo de assessorar o Ministério na definição dos macro objetivos, das áreas prioritárias, das diretrizes, da alocação de recursos, da avaliação das iniciativas, das ações, dos programas e dos projetos na área de Fotônica.
- **Tecnologias para Manufatura Avançada:** Alinhado com o Comitê de Governança previsto no Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Manufatura Avançada no Brasil (Produção do Futuro – ProFuturo), foi estabelecida a Câmara Brasileira da Indústria 4.0, uma instância de assessoramento e articulação para a área de Manufatura Avançada. Esse Comitê foi extinto pelo Decreto nº 9.759, de 11 de abril de 2019.

8 DECRETO Nº 10.095, DE 6 DE NOVEMBRO DE 2019 - Dispõe sobre o Comitê Consultivo de Nanotecnologia e Novos Materiais no âmbito do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.

9 DECRETO Nº 10.095, DE 6 DE NOVEMBRO DE 2019 - Dispõe sobre o Comitê Consultivo de Nanotecnologia e Novos Materiais no âmbito do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.

Cabe mencionar que, por força da Portaria Interministerial nº 510, de 09 de julho de 2012, a área de Nanotecnologia conta com o Comitê Interministerial de Nanotecnologias (CIN), com a finalidade de assessorar os Ministérios representados no Comitê na integração da gestão e na coordenação, bem como no aprimoramento das políticas, diretrizes e ações voltadas para o desenvolvimento das nanotecnologias no País. O Comitê Interministerial de Nanotecnologias é integrado por representantes dos seguintes Ministérios: (i) MCTIC, que o coordena; (ii) da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA); (iii) da Defesa (MD); (iv) da Indústria, Comércio Exterior e Serviço (MDIC); (v) da Educação (MEC); (vi) do Meio Ambiente (MMA); (vii) de Minas e Energia (MME); e da Saúde (MS).

8. O VALOR ESTRATÉGICO DAS TECNOLOGIAS DE MANUFATURA AVANÇADA

8.1. CONCEITO GERAL

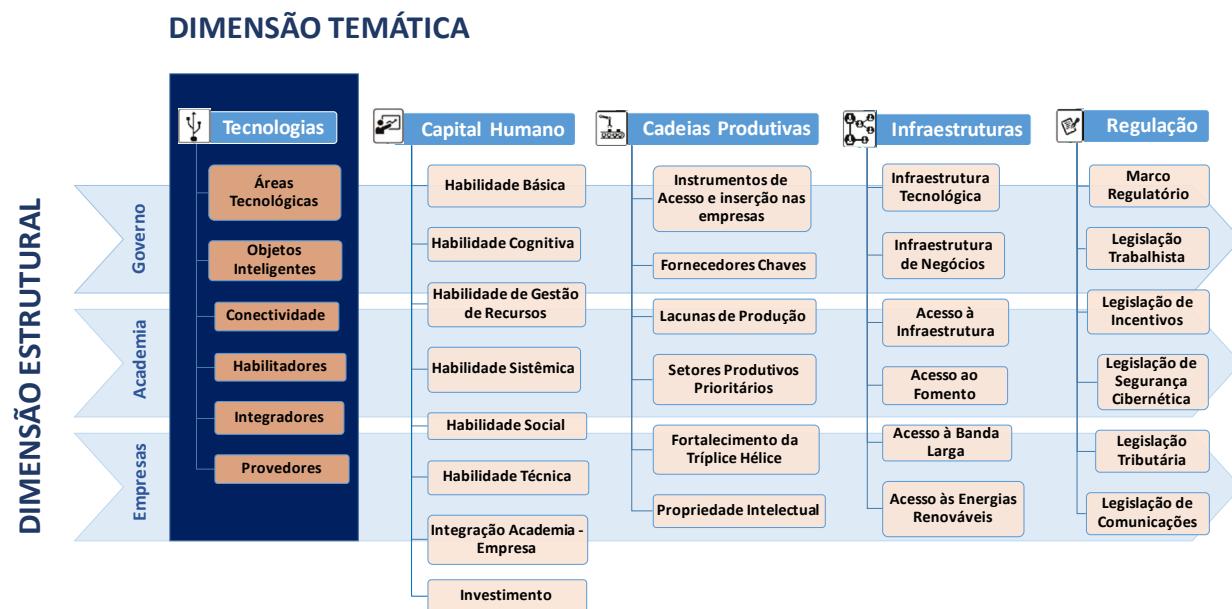
A Manufatura Avançada possui diversos nomes e representações. Na Comunidade Europeia é conhecida como *Industrial Renaissance*¹⁰ (Renascimento Industrial), na Alemanha, como Indústria 4.0; nos EUA, como *Advanced Manufacturing*¹¹. Seja qual for a denominação, o objetivo é um só, o crescimento e modernização pós-crise do mundo globalizado. Conhecida também como a 4ª revolução industrial, é caracterizada pela integração e o controle remoto da produção, a partir de sensores, equipamentos e máquinas conectados em rede (sistemas de automação e digitalização associados a sistemas ciberfísicos). A Manufatura Avançada é uma filosofia, uma mudança cultural na essência. Não está somente relacionada à produção de eletrônicos, mas também à Produção Inteligente, e com importante aplicação nos setores tradicionais da agricultura e saúde. A Manufatura Avançada vai muito além do preconizado em diversos relatórios, pois seu maior impacto será na geopolítica mundial. As mudanças atuais de forças governamentais exercerão papel fundamental no alinhamento e na instalação de Sistemas de Manufatura Avançada e na soberania nacional.

10 Towards an Industrial Renaissance (https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/renaissance_en)

11 A national advanced manufacturing portal (<https://www.manufacturing.gov/>)

A dimensão temática Tecnologias para Manufatura Avançada merece especial atenção, pois ela define domínio/maturidade tecnológica para a efetivação da Manufatura Avançada. Esta abordagem está diretamente alinhada com diversos planos e iniciativas^{12, 13, 14, 15, 16}, conforme ilustrado pela Figura 5.

Figura 5: Divisão Temática de Tecnologias para Manufatura Avançada.



Fonte: Adaptação do Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil - ProFuturo.

12 Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil ProFuturo - Produção do Futuro, referente as ações do "Desafio I - Convergência e integração tecnológica em manufatura avançada para aumento da competitividade" https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologias_convergentes/arquivos/Cartilha-Plano-de-CTI_WEB.pdf

13 Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (EBTD) <http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/estrategiadigital.pdf>

14 Plano Nacional de Internet das Coisas, SEPOD/MCTIC <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/pesquisadados/estudos/estudo-internet-das-coisas-iot/estudo-internet-das-coisas-um-plano-de-acao-para-o-brasil>.

15 Projeto da Confederação Nacional das Indústrias (CNI) Indústria 2027 <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/industria-2027/o-projeto/>

16 Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling (Decreto nº 9.983, de 22 de Agosto de 2019) http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9983.htm.

Na agricultura, a Manufatura Avançada pode ser aplicada na integração de diversos sensores e equipamentos IoT (Internet das Coisas) para monitorar o solo, o clima, a posição da vagem da soja ou da maçã no pé, para garantir a produção do melhor grão de soja ou a melhor maçã que as condições locais permitem. Tudo isto conectado em rede, com previsão de produção e perdas em tempo real.

O apoio a projeto estruturante torna-se primordial para que o Brasil se coloque entre os competidores globais nesta área e não como um mero consumidor. Na saúde, um exemplo de aplicação é o controle de equipamentos médicos a distância que facilitará o monitoramento dos pacientes reduzindo o tempo de resposta para emergências. Em outro caso, na produção de medicamentos personalizados solicitados pelos médicos quando passarem a tratar com a teranóstica, na qual as doenças serão observadas de forma dinâmica e não mais de forma estática. Estes são cenários possíveis da aplicação das Tecnologias para Manufatura Avançada, uns mais factíveis e outros um pouco distantes, mas sem dúvida todos se tornarão realidade com o tempo (Figura 6).

Figura 6: Tecnologias para Manufatura Avançada.



8.2. METAMODELO DE TECNOLOGIAS PARA MANUFATURA AVANÇADA

O Metamodelo de Tecnologias para Manufatura Avançada é uma ferramenta para diagnóstico e planejamento estratégico para Sistemas de Manufatura Avançada no Brasil que atende a meta 1, ações 1 e 3 do Plano ProFuturo. O conceito se baseia em tecnologias alicerçadas em pilares que garantam a conformidade e qualidade dos produtos finais e apresentem o movimento dinâmico para Tecnologias Estruturantes composta por um Mosaico de Tecnologias, Gestão & Estratégia, Cibersegurança, Regulação & Normatização e Recursos Humanos e Sociedade, o Metamodelo de Tecnologias para Manufatura Avançada (Produção Inteligente) (Figura 7). Os Pilares das Tecnologias para Manufatura Avançada são sobretudo a fundamentação para uma solução saudável de Manufatura Avançada, e são compostos por:

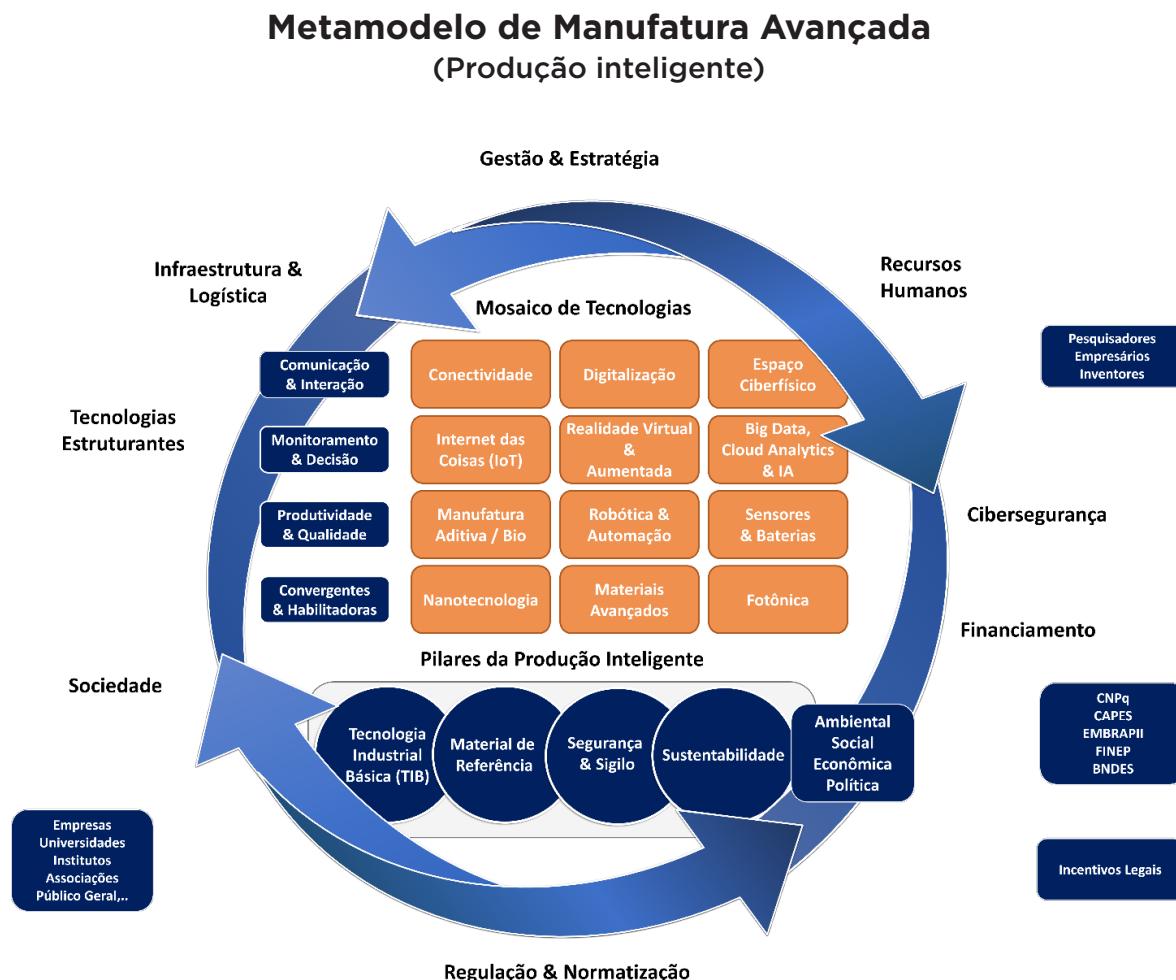
- **Tecnologia Industrial Básica:** conceito criado no final da década de 1970 pelo MDIC, para traduzir em um único conceito as principais funções do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Compreende as áreas de metrologia, normalização, regulamentação técnica e avaliação de conformidade (acreditação, inspeção, ensaios, certificação e suas funções correlatas)¹⁷;
- **Material de Referência:** são chamados usualmente de materiais de referência ou “padrões”, as substâncias ou artefatos com uma ou mais propriedades suficientemente bem determinadas, e que podem ser utilizados na calibração de equipamentos, no acompanhamento e na avaliação de operadores, no controle e atribuição de valores a outros materiais, para o desenvolvimento de metodologias¹⁸;
- **Segurança & Sigilo:** elemento muito importante para a manter a soberania nacional, garantindo que informações sensíveis como dados de produção não sejam acessadas por terceiros, mantendo desta forma em sigilo as informações vitais para a competitividade da indústria nacional;

- **Sustentabilidade:** representa a combinação dos quatro eixos Ambiental, Social, Econômico e Político.
 - No eixo Ambiental, são tratadas as ações que devem ser implementadas para garantir a proteção e preservação de um meio ambiente saudável e duradouro;
 - No eixo Social, são as ações que devem ser implementadas para garantir uma abrangente aceitação e inclusão social, através da construção de um “consenso social” por meio de diálogo com a sociedade, que discuta desde as relações entre pessoas e máquinas até os significados de “felicidade” e “satisfação pessoal” ;
 - No eixo Econômico, são ações que definem a relação de um conjunto de práticas econômicas, financeiras e administrativas que visam a saúde econômica de um negócio aliado a preservação do meio ambiente e garante a manutenção dos recursos naturais para as futuras gerações; e
 - No eixo Político: a ação que reforça a aplicação prática por meio de políticas públicas, leis e redução de burocracia para garantir a que as outras ações de sustentabilidade sejam alcançadas e respeitadas.

17 Conceito de Tecnologia Industrial Básica, <https://www.ufmg.br/prpq/index.php/editais?id=112>

18 Conceito de Material de Referência, http://www.ipt.br/consultas_online/materiais_de_referencia.

Figura 7: Metamodelo de Tecnologias para Manufatura Avançada (Produção Inteligente).



As Tecnologias Estruturantes são um conjunto de tecnologias que permitem a Gestão e Estratégia da solução de Manufatura Avançada, são elas:

- **Tecnologias de Comunicação e Interação:** são tecnologias que evidenciam e habilitam a comunicação de dados entre os elementos conectados - *IoT*, *machine-to-machine* (M2M), *Building Information Modelling* (BIM); provê a interação e transforma a informação real em digital, gerando a imersão das pessoas no mundo ciberfísico. Define-se como a camada da interface virtual entre a indústria e seus clientes, formada pela Conectividade, Digitalização e Espaço Ciberfísico;
- **Tecnologias de Monitoramento e Decisão:** são tecnologias que conectam a realidade entre a produção e a conectividade, por meio da coleta de dados e informações, do monitoramento contínuo e da análise e decisão em tempo real. Considerada a camada da interconexão entre a estrutura produtiva e as máquinas de produção, formada pela Internet das Coisas (IoT), Realidade Virtual e Aumentada, *Big Data*, *Cloud Analytics* e Inteligência Artificial (IA);
- **Tecnologias de Produtividade e Qualidade:** são tecnologias que apoiam e executam diretamente a produção dos produtos com alto grau de conformidade e qualidade, por serem os elementos pelos quais será efetivada a ordem de produção desejada pelo cliente, com baixa supervisão humana e em volumes bem definidos. Pode ser definida como a camada da produção que une a interconexão com o chão de fábrica, formada pela Manufatura Aditiva, Bioengenharia, Robótica, Automação, Baterias e pelos Sensores;
- **Tecnologias Convergentes e HABILITADORAS:** são tecnologias que possuem a capacidade de criar tecnológicas radicais que reforçam e influenciam todos os elementos do Metamodelo para Tecnologias de Manufatura Avançada por meio da mudança de paradigma da indústria, com grande potencial de transformar a humanidade e sua cultura. Pode ser definida como a camada de transformação tecnológica, formada pela Nanotecnologia, Fotônica e pelos Materiais Avançados.

9. PRINCIPAIS DESAFIOS DAS TECNOLOGIAS PARA MANUFATURA AVANÇADA NO BRASIL

9.1. GEOPOLÍTICA - RISCOS GLOBAIS

A Geopolítica é uma área que tem como objetivo fazer a interpretação dos fatos da atualidade e do desenvolvimento políticos dos países usando como parâmetros principais as informações geográficas. É um campo de conhecimento multidisciplinar que envolve Teoria Política; Geologia; Geografia; outras Ciências Humanas e Ciências Sociais aplicadas.

Assuntos da geopolítica mundial incluem os riscos globais: crise da água; conflitos mundiais motivados por questões religiosas; influência das grandes potências econômicas no mundo atual; migração involuntária em larga escala; o uso dos recursos energéticos no mundo; incapacidade de governar uma nação como resultado de um estado de direito fraco, corrupção ou impasse político; ataques terroristas entre outros assuntos (Figura 8).

Além disso, no território brasileiro, os objetivos da geopolítica estão relacionados com a integração nacional dos estados, levando em conta: características socioeconômicas das regiões; o desenvolvimento sustentável; o crescimento urbanístico; inserção do país na economia internacional; fornecedores e clientes internacionais na cadeia de produção do Brasil.

No âmbito da geopolítica associada ao desenvolvimento tecnológico e de inovação das nações, cabe ressaltar alguns dos principais pontos geopolíticos desta temática: (i) a busca da viabilidade econômica do investimento em tecnologia realizado por um determinado seguimento; (ii) a manutenção e expansão de mercados consumidores para suas tecnologias; (iii) o controle hegemônico de uma determinada tecnologia estratégica ou bélica; (iv) a manutenção ou mudança de paradigmas tecnológicos que favorecem ou desfavorecem determinados países; (v) a utilização de determinadas tecnologias que necessitam de recursos naturais provenientes de localidades específicas do mundo, como por exemplo, tecnologias que dependem do petróleo; entre outras.

Cabe mencionar que, do ponto de vista geopolítico, o acesso a determinadas tecnologias chaves de alguns setores como, por exemplo, setores de defesa, energia e produção, são de acesso restrito a outras nações, uma vez que podem expor a nação a situações de vulnerabilidade e/ou reduzir a vantagem competitiva da nação naquele determinado setor. Cabe ao Estado realizar o mapeamento destas tecnologias chave e elaborar planos e programas para a superação destas tecnologias, evitando a dependência tecnológica externa e reduzindo a vulnerabilidade tecnológica da nação.

Figura 8: Demonstração do encadeamento de riscos geopolíticos.

Riscos para a adoção das Tecnologias para a Manufatura Avançada

 BRASIL	 GEOPOLÍTICOS	 SOCIAIS	 ECONOMICOS	 AMBIENTAIS	 TECNOLÓGICOS
- Características socioeconômicas regionais distintas	- Desafios de governar uma nação (Ex: Manutenção da democracia, risco jurídico e outros)	- Conflitos mundiais motivados por questões religiosas	- Influência das grandes potências econômicas no mundo atual	- Crise hídrica	- Baixo domínio de tecnologia crítica
- Crescimento urbanístico desordenado	- Ataques terroristas	- Desigualdade social	- Fraude ou roubo de dados	- Condições climáticas extremas	- Consequências adversas dos avanços tecnológicos
- Maior inserção do país na economia internacional	- Controle hegemônico de uma determinada tecnologia estratégica ou bélica	- Armas de destruição em massa	- Impactos políticos negativos nas cadeias de suprimentos globais	- Uso excessivo dos recursos energéticos no mundo	- Ciberataques de grande escala
- Capital humano especializado insuficiente	- Políticas que favorecem ou desfavorecem determinados países	- Envelhecimento da população e desafios para o sistema previdenciário	- Viabilidade econômica do investimento em tecnologia	- Falha na mitigação e adaptação às mudanças climáticas	- Destruição da infraestrutura e redes críticas de informação
- Excesso de fornecedores internacionais na cadeia de produção do Brasil	- Utilização de tecnologias que necessitam de recursos naturais de difícil acesso	- Migração em larga escala	- Manutenção e expansão de mercado consumidor para suas tecnologias	- Desastres naturais	- Utilização indevida de dados pessoais

9.2. SEGURANÇA DOS DADOS (CIBERSEGURANÇA)

O setor de defesa cibernética é imprescindível para a soberania das nações. Em particular, com o desenvolvimento da Internet, das redes móveis e das aplicações e sistemas de inteligência artificial, a defesa cibernética assumiu papel fundamental na garantia de funcionamento das diversas infraestruturas críticas nacionais, de produção e distribuição de energia, transportes, parque industrial, comunicações, produção agrícola, governo, bem como setores da economia de base virtual. A defesa cibernética assim tem caráter transversal a todo sistema socioeconômico. Países como Israel, China, Estados Unidos e Rússia têm se beneficiados com a implantação de empresas e clusters tecnológicos nesse setor, que contribui sobremaneira para superávits comerciais, cria empregos de alto nível, e desenvolve tecnologias capazes de serem aplicadas em outros segmentos, especialmente por trazer segurança, confidencialidade, integridade e disponibilidade no acesso, transporte, armazenamento e processamento da informação.

O mundo conectado, já chamado de Aldeia Global por McLuhan¹⁹, encontra-se diante de um paradoxo - quanto maior a conectividade, maior a vulnerabilidade aos ataques e crimes cibernéticos. Entretanto, não é admissível deixar de agregar o valor propiciado pela integração de processos, pessoas e coisas, que permitem não somente aumentar a competitividade da economia, mas também, aprimorar o sistema educacional, proporcionar cultura e lazer, e aperfeiçoar os processos públicos em proveito do bem-estar do cidadão.

Cumpra, portanto, para podermos desfrutar dos benefícios da Sociedade do Conhecimento, a Sociedade em Rede de Manuel Castells²⁰, endereçar o desafio da manutenção da privacidade individual e do sigilo dos processos e dados de negócios, promovendo assim a Segurança da Informação e a Segurança Cibernética.

O “risco cibernético” deve ser tratado como um desafio sistêmico, portanto, passível de solução somente se for tratado de modo integrado e matricial, enfatizando os processos colaborativos e

preventivos, do cidadão ao Estado, a cooperação é imprescindível para que se alcance um estado de “resiliência cibernética”. Neste contexto, um fator muito importante são as transações de dados e informações, como no caso de contratos e processamento de pagamentos. Estes devem ser resilientes e robustos o suficiente para se evitar fraudes e roubos cibernéticos. Uma das promessas tecnológicas é o *blockchain*²¹, uma tecnologia que utiliza a descentralização de sistemas computacionais para assegurar a segurança, transparência e incorruptibilidade de transações cibernéticas em sistemas de criptomoedas. O *blockchain* registra toda e qualquer transação de forma pública, universal e compartilhada arranjada em uma cadeia contínua de blocos criptografados. Essa lista de blocos serve como um livro-razão que estabelece o consenso e a confiança entre duas partes eliminando a intermediação por terceiros para garantir a originalidade da transação. Originalmente desenvolvido para criptomoedas²², o *blockchain* já encontra outras aplicações como a garantia da segurança alimentar na cadeia produtiva agrícola²³, na análise e validação de contratos jurídicos, os contratos autoexecutáveis (*smart contracts*²⁴), na homologação e documentos públicos²⁵ e muitas outras aplicações ainda não vislumbradas.

Nesta condição, a sociedade encontra-se em condições de manter em funcionamento os principais serviços e processos que garantem a normalidade da rotina diária (telecomunicações, energia, transporte, educação, saúde, segurança, entre outros), a despeito das inúmeras ameaças ao espaço ciberfísico (do crime ao terrorismo cibernético).

Entende-se por resiliência cibernética, a capacidade de manter-se as atividades de interesse em execução, em aceitável grau de eficácia e efetividade, aceitando-se a eventual redução de sua eficiência (maior custo ou maior prazo), apesar da ocorrência de eventuais ataques e crimes, passíveis de causar interrupção da disponibilidade de serviços essenciais e da normal condução dos negócios. Estes ataques e crimes, uma vez que não possam ser evitados, terão a probabilidade de causar danos extremamente reduzidos e, quando tais danos forem concretizados, terão seus efeitos mitigados pelo eficaz gerenciamento do risco cibernético.

21 *Blockchain* (<https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp>).

22 *Cryptocurrency* (<https://www.investopedia.com/terms/c/cryptocurrency.asp>).

23 *Retailers and producers turn to IBM Blockchain to improve food safety* (<https://www.ibm.com/blogs/cloud-computing/2017/08/blockchain-food-safety/>).

24 *Smart Contracts On The Blockchain: Can Businesses Reap The Benefits?* (<https://www.forbes.com/sites/rogeraitken/2017/11/21/smart-contracts-on-the-blockchain-can-businesses-reap-the-benefits/>).

25 *Using blockchain to improve data management in the public sector* (<https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/using-blockchain-to-improve-data-management-in-the-public-sector>).

19 McLuhan, Marshall. *Understanding Media*, Routledge, London (1964).

20 CASTELLS, Manuel. *A Sociedade em Rede. A Era da Informação. Economia, Sociedade e Cultura, Volume I*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 2002.

Portanto, o espaço ciberfísico deve ser tratado como “bem público”, cabendo a todo cidadão e organização, pública ou privada, agir com a devida responsabilidade pelos dados e informações que utiliza, produz, armazena, processa e compartilha, não apenas em benefício próprio ou de seus fornecedores e clientes, mas em proveito do “meio-ambiente digital”.

Diante destes desafios, tecnologias que permitem um maior nível de cibersegurança podem incluir a utilização do *Building Information Modelling (BIM)*²⁶. As atividades relacionadas ao BIM estão inseridas no contexto da segurança dos dados da Indústria 4.0 pois proporcionam ferramentas de comunicação, interação, controle e transparência nos processos de projetos de produtos e serviços.

A segurança cibernética depende também do controle do espaço físico, no qual se encontra a construção de cidades inteligentes (*Smart-Cities*) e de edifícios inteligentes (*Smart Buildings*), com características focadas na obtenção e salvaguarda de dados sensíveis.

9.3. ROBUSTEZ DO MAQUINÁRIO PRODUTIVO

Os meios de produção das Tecnologias para Manufatura Avançada sempre precisarão da constante adaptação para onde a fronteira tecnológica está se direcionando, seja através da adaptação do maquinário para novos materiais e tecnologias, novos processos ou mesmo a criação de novos serviços e produtos que propiciem a customização em massa pelos clientes.

O maquinário contemporâneo precisará de ajustes para conseguir suportar as demandas da manufatura avançada pois além do uso de novos materiais precisará haver maior eficiência, durabilidade e robustez, considerando que as máquinas irão enfrentar turnos mais longos e precisarão de maior resistência à impactos e menor tempo disponível para a sua manutenção.

Como exemplo de inovação na Tecnologia em Manufatura Avançada pode-se observar a utilização da nanotecnologia e materiais avançados, que revoluciona não somente os produtos, mas tam-

²⁶ Segundo o Decreto nº 9.983 que institui a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling*, “considera-se BIM ou Modelagem da Informação da Construção o conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, de forma a servir a todos os participantes do empreendimento, potencialmente durante todo o ciclo de vida da construção”.

bém os bens de capital – as máquinas para produção, suas peças e componentes, além da qualidade da prestação de serviços, com inovações até pouco tempo inimagináveis. Um dos materiais relevantes para esta mudança de paradigma é o grafeno. O grafeno é um produto derivado do grafite e tem como características ser mais duro que o diamante, mais valioso que o ouro, mais resistente que o aço e com infinitas possibilidades de aplicação no setor de tecnologia. São também características do grafeno ser um excelente condutor de eletricidade e calor, e poder substituir o silício nos componentes eletrônicos ou ser usado na fabricação de baterias potentes e compactas²⁷. O tema é considerado estratégico para o Brasil, país que tem a maior reserva mundial de grafite. A natureza versátil do grafeno permite este material avançado a atingir mercados ainda maiores conforme a Figura 9.

Figura 9: Grafeno e suas aplicações, adaptado pela CGTE



²⁷ Segundo o Decreto nº 9.983 que institui a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling*, “considera-se BIM ou Modelagem da Informação da Construção o conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, de forma a servir a todos os participantes do empreendimento, potencialmente durante todo o ciclo de vida da construção”.

9.4. SOCIEDADE AVANÇADA

O governo japonês, juntamente com a Federação das Indústrias do Japão (Keidanren, 2019), identificou que nos próximos anos a sociedade avançará no sentido de se tornar uma sociedade superconectada com sistemas automatizados e interconectados (Sociedade 5.0)²⁸. Essa mudança social já está sendo implementada, em partes, pelo Japão e pela Alemanha, para solucionar as questões de aumento da idade da população, baixa natalidade, limitação de energia elétrica, desastres naturais, segurança e desigualdade social. O conceito de Sociedade 5.0 vai além e tem objetivo principal de convergir todas as tecnologias existentes para melhorar a qualidade de vida em geral da sociedade.

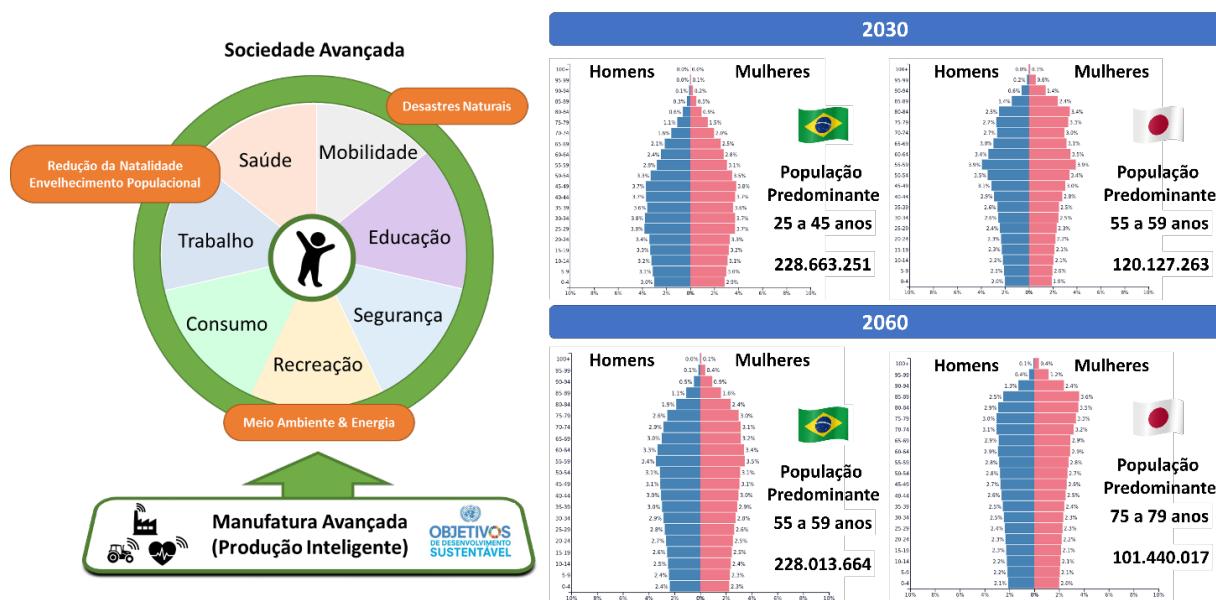
No Brasil, a situação não é diferente. Um estudo recente do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) identificou que a população brasileira cresceu somente 0,77% entre 2016 a 2017²⁹ e, no ano de 2043, deverá atingir um valor próximo a 230 milhões de habitantes. Portanto, a queda na taxa de natalidade, o envelhecimento populacional, os desastres naturais (como enchentes, desabamentos, ventanias), os movimentos migratórios, e a limitação da matriz energética são também grandes preocupações atuais para o governo brasileiro. O advento e o acesso às novas tecnologias permitem que surjam novas cadeias produtivas, melhor adaptadas à realidade nacional e global. O descortinar dessa sociedade avançada, com uma maioria idosa, necessita não só de requalificação da mão-de-obra experiente (envelhecimento saudável³⁰), mas também de um quadro de trabalhadores mais qualificados. Trabalhadores versados nos mais diversos avanços tecnológicos, mais produtivos e que saibam conviver com as mudanças repentinas, cada vez mais presentes no dia-a-dia. O não atendimento dessa necessidade pode causar uma desestabilização da segurança social, levando à perda de, ao menos, uma geração de trabalhadores. Os componentes-chaves da sociedade atual como a saúde, recreação, o trabalho, o consumo, a mobilidade, educação e segurança serão profundamente impactados. Essa nova sociedade, que é fruto da revolução das Tecnologias para Manufatura

Avançada, será mais exigente, pois a personalização de produtos e serviços atingirá um nível bem mais elevado. No entanto, para se obter produtos e serviços que visem ao aumento da qualidade de vida, à diminuição das desigualdades sociais e ao aumento da consciência da preservação ambiental, as soluções tecnológicas devem superar cinco desafios:

- **Desafio da complexidade do Estado:** formulação de estratégias nacionais, mediante real integração e efetivo diálogo entre os ministérios e as agências governamentais;
- **Desafio da complexidade Normativa:** redução do intervencionismo e da aprovação de leis que facilitem e incentivem a inovação;
- **Desafio de novas tecnologias:** promover tecnologias relacionadas à segurança cibernética, Inteligência Artificial e robótica; e a garantia de um orçamento mínimo para P, D & I e desenvolvimento tecnológico;
- **Desafio da qualificação dos recursos humanos:** promover uma reforma educacional que promova o ensino de tecnologias da informação e de tecnologias emergentes, que incentive a criatividade e crie profissionais altamente capacitados; e
- **Desafio da aceitação social:** construir um “consenso social”, por meio de diálogo com a sociedade, que discuta desde as relações entre pessoas e máquinas até os significados de “felicidade” e “satisfação pessoal”.

A superação destes desafios possibilitará ao Brasil alcançar não só os benefícios de inovação e o avanço tecnológico, mas também alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A figura 10 apresenta a relação das componentes-chave da sociedade avançada, seus principais desafios, e a comparação da previsão populacional para o Brasil e o Japão nos anos 2030 e 2060.

Figura 10: Sociedade Avançada e a previsão populacional do Brasil e Japão para os anos 2030 e 2060²⁸.



10.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar a capacidade técnico-científico-industrial instalada, explorando as oportunidades de agregação tecnológica;
- Fomentar, articular e coordenar o processo de desenvolvimento e elevação da base produtiva nacional, através da implantação de princípios e tecnologias de produção inteligente e de manufatura avançada;
- Prover a base produtiva nacional, visando subsidiar informações e inteligência à tomada de decisões, promovendo a elevação da produtividade e o ganho de competitividade do setor produtivo nacional;
- Estimular o desenvolvimento e a consolidação de uma plataforma de recursos humanos alinhada com as novas tecnologias e competências necessárias para a implantação e extração dos melhores resultados da produção inteligente;
- Promover condições adequadas e seguras (cibersegurança) para a geração, gestão, transmissão e o armazenamento de dados estratégicos associados ao sistema produtivo nacional e sua capacidade competitiva;
- Promover interação entre academia e empresa no desenvolvimento de novas tecnologias e intercâmbio de conhecimento entre academia, setor produtivo e atores governamentais;
- Estimular atividades internacionais de desenvolvimento e intercâmbio tecnológico associados à produção inteligente, considerando o atual contexto econômico e geopolítico, de forma a acelerar a absorção e a adesão nacional a este novo paradigma tecnológico.

10. OBJETIVOS

10.1. OBJETIVO PRINCIPAL

Criar e nutrir um ambiente de colaboração entre a indústria e academia, com vistas à geração de tecnologias e competências que elevem o patamar produtivo do parque industrial nacional, aliando competências em ciência, tecnologia e inovação, centrado na ética e na promoção continuada do completo desenvolvimento sustentável do ecossistema das Tecnologias para Manufatura Avançada para o Brasil.

28 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (<https://www.ibge.gov.br/>).

11. IMPLEMENTAÇÃO

AÇÃO 1: INCENTIVAR O PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DE TECNOLOGIAS PARA MANUFATURA AVANÇADA

O perfil da indústria brasileira segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI²⁹), é formada, em sua maioria, por empresas de base de transformação, ou seja, beneficiam matéria-prima convencional. Portanto, o desenvolvimento e incorporação de tecnologias associadas a implantação da Manufatura Avançada deve ser entendido como um caminho até se atingir um patamar mais elevado de digitalização da produção. Para isto, foi idealizada a Metamodelo de Tecnologias para Manufatura Avançada que atende à Meta 1, Ações 1 e 3 do Plano ProFuturo, uma ferramenta para auxiliar no diagnóstico do estágio de maturidade e definição do planejamento estratégico de incorporação tecnológica, incluindo a priorização de tecnologias, identificação de investimentos e seu retorno, linhas de fomento, necessidade de mão-de-obra, mapeamento dos riscos, tempo de adoção, para criar o caminho de adoção de novas tecnologias passo-a-passo, possibilitando ao empresário decidir quais etapas devem ser implementados e em qual janela de tempo (Figura 11).

AÇÃO 1: Além das informações ilustradas na Figura 11, vislumbra-se ainda:

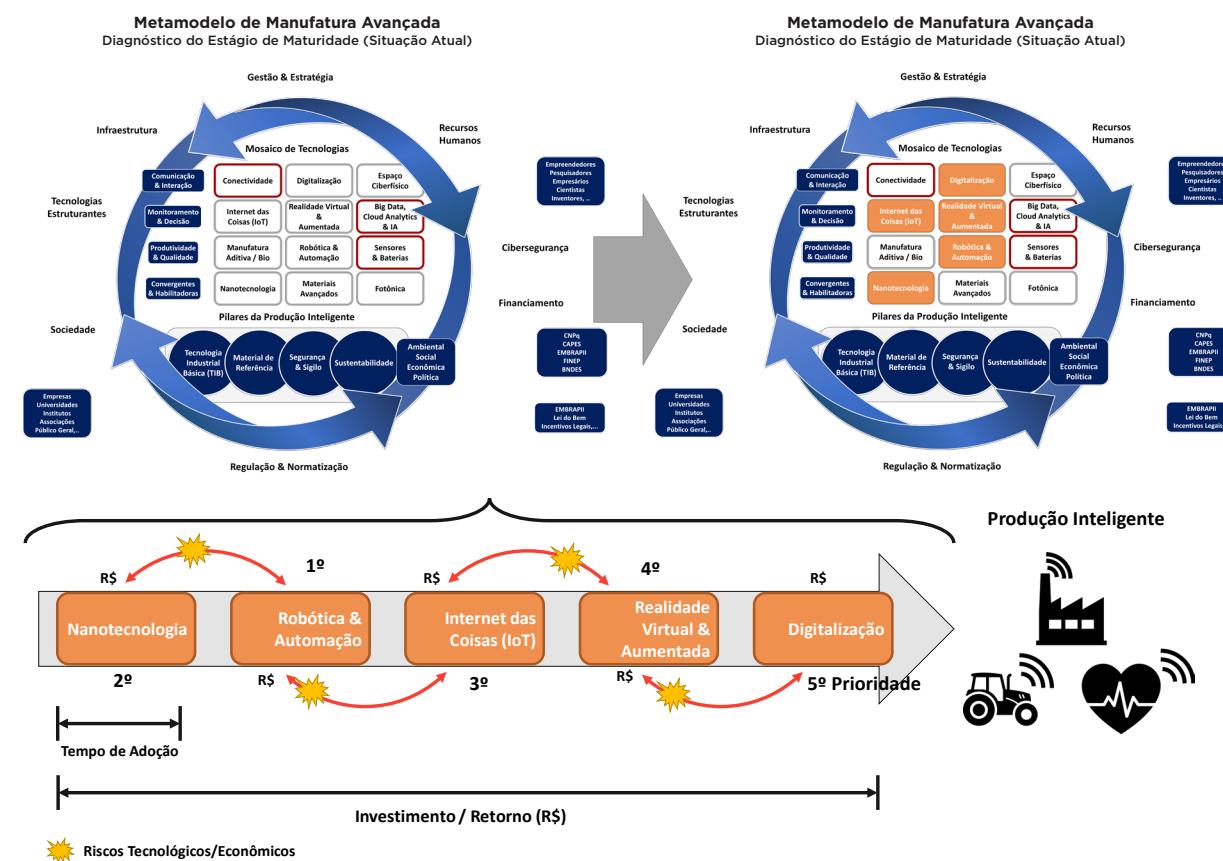
- Promover encomenda tecnológica³⁰ para viabilizar a produção e o domínio de tecnologias essenciais para o País como em manufatura avançada por meio da aquisição de tecnologias (propriedade intelectual/industrial) com condição de transferência do know-how para as indústrias nacionais e ICTs;

29 Perfil da Indústria Brasileira (<http://perfilestados.portaldaindustria.com.br>)

30 DECRETO Nº 9.283, DE 7 DE FEVEREIRO DE 2018 Seção V. Da Encomenda Tecnológica: Art. 27. Os órgãos e as entidades da administração pública poderão contratar diretamente ICT pública ou privada, entidades de direito privado sem fins lucrativos ou empresas, isoladamente ou em consórcio, voltadas para atividades de pesquisa e de reconhecida capacitação tecnológica no setor, com vistas à realização de atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação que envolvam risco tecnológico, para solução de problema técnico específico ou obtenção de produto, serviço ou processo inovador, nos termos do art. 20 da Lei nº 10.973, de 2004, e do inciso XXXI do art. 24 da Lei nº 8.666, de 1993.

- Estimular o desenvolvimento do conjunto de conhecimentos práticos e tecnologias nacionais em manufatura avançada por meio de programas que apoiem parceria ICT e empresa para projetos de P,D & I, financiamento / fomento para prova de conceito (MVP) e intercâmbio de conhecimento entre academia e setor privado;

Figura 11: Exemplo de aplicação da Metamodelo de Manufatura Avançada.



- Promover condições para indústria nacional aderir tecnologias disruptivas para manufatura avançada por meio do incentivo à criação de mecanismos constantes e rápidos para atualização de normas internas brasileiras para adequação às novas tecnologias do mercado em âmbito nacional e internacional.

AÇÃO 2: APOIAR O OBSERVATÓRIO DE MANUFATURA AVANÇADA

Demonstradores tecnológicos são ambientes usados para a exibição de tecnologias que dão suporte à manufatura avançada e que possibilitam a oportunidade de conhecimento e interação do público com elas, proporcionando maior dinamismo e proximidade com as demandas do setor. Podem ter diversos modos de exposição, seja com foco na observação, seja na interação com as tecnologias proporcionando o empoderamento do público e das instituições envolvidas ao realizar uma comunicação mais efetiva a um público com diversos perfis e demandas. O estímulo à criação de demonstradores da manufatura avançada se darão através de:

- Criação de sistemas de demonstração das tecnologias associadas à Indústria 4.0, aplicados a setores prioritizados e considerando as especificidades e interesses regionais/locais. Vide o modelo e iniciativa da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 para os sistemas de demonstração tecnológica 34;
- Incentivo à inserção dos atores envolvidos com outras tecnologias habilitadoras (nanotecnologia, fotônica e materiais avançados) a expandirem suas atividades e estimular a interface entre tais tecnologias e as necessidades e oportunidades da Indústria 4.0. Como exemplo, programas de tecnologias convergentes e habilitadoras que poderão ser estimulados e induzidos a observar as sobreposições e oportunidades da Indústria 4.0.

Os observatórios de tecnologias para manufatura avançada são ferramentas práticas com informações estratégicas que contribuem consideravelmente para o debate sobre a adoção de tecnologias emergentes, identificando sua maturidade, tendências e seu impacto social, econômico, político e geopolítico. Os observatórios também permitem o acesso rápido e eficiente à informação,

para tomada de decisões mais assertivas; o mapeamento de patentes, tendências tecnológicas e econômicas; a identificação e localização de capacidades técnicas nacional e internacional (instituições de CT&I, empresas, startups); e a produção de indicadores de monitoramento e desempenho. Os observatórios da manufatura avançada serão estimulados através das seguintes ações:

- Fornecimento de subsídios tecnológicos na criação dos observatórios de Manufatura Avançada envolvendo setores governamentais, Sistema S, unidades e laboratórios locais, setor privado, Associações, Federações e outros futuros parceiros regionais. Os observatórios de tecnologia exercem papel fundamental na captação, no tratamento e na disseminação de informações, que auxiliam na tomada de decisão em diversas verticais operacionais;
- Fortalecimento da cultura da cooperação dos diversos sistemas de manufatura avançada no País, por meio da identificação de oportunidades, tendências e vantagens competitivas das novas tecnologias e, com isso, intensificar a adoção e implantação de tecnologias emergentes.

AÇÃO 3: PROMOVER FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TECNOLOGIAS PARA A MANUFATURA AVANÇADA

Um dos grandes desafios econômicos e sociais do Brasil é a elevação da formação e qualificação médias da população. Especificamente na área de CT&I, a dificuldade de encontrar mão-de-obra qualificada está sendo mitigada por meio de articulações entre o MCTIC e os órgãos ligados à educação e à capacitação de pessoas, como o MEC, CAPES, CNPq, SEBRAE, SENAI, dentre outras instituições afins. A seguir, as principais orientações para o fortalecimento da formação e capacitação de recursos humanos especializados, visando aproveitar as oportunidades da nova revolução industrial:

- Programa educacional em Tecnologias para Manufatura Avançada abrangendo desde a infância ao ensino superior e de requalificação de mão-de-obra experiente (envelhecimento saudável) com ensinamentos teóricos e práticos nas áreas de nanotecnologia, fotônica, programação, robótica, entre outras disciplinas que coloquem o aluno em contato com o profissional do futuro;

- Formação de recursos humanos capacitados para superar desafios de inovação nas áreas de Tecnologias Convergentes e Habilitadoras (Nanotecnologia, Materiais Avançados, Fotônica e Manufatura Avançada), por meio do fortalecimento da interação da academia com a indústria;
- Fomentar o ensino das habilidades necessárias para o trabalho em equipe (*soft skills* e inteligência emocional), uma vez que a integração de diversas formas de conhecimento, característica desse modo de produção, exigirá equipes multidisciplinares, com elevado nível de conhecimento técnico e com capacidade de interação de diferentes áreas de conhecimento;
- Fortalecimento do diálogo com a sociedade, através de iniciativas de atividades interativas e virtuais de popularização das Tecnologias para Manufatura Avançada tais como: palestras às crianças, aos jovens e adultos; apoio à Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, com o objetivo de fomento às diversas modalidades de atividades educativas nas áreas de Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, entre outros.

AÇÃO 4: ESTIMULAR A ADOÇÃO DE CIBERSEGURANÇA EM SISTEMAS DE TECNOLOGIAS PARA MANUFATURA AVANÇADA

Uma das premissas básicas dos sistemas de Tecnologias para Manufatura Avançada é a disponibilidade ininterrupta dos maquinários produtivos, que estão sempre ligados e conectados, gerando e transmitindo dados. Este requisito apresenta uma característica que pode ser explorada para obter informações estratégicas, danificar e comandar remotamente os sistemas com motivações não desejadas e autorizadas. Como o Brasil, historicamente, tem priorizado processos de integração de Tecnologias de Informação e Comunicações (TIC), geralmente os hardwares e softwares são composições de outras soluções prontas, com padrão para segurança passíveis de violação. Para um sistema de Tecnologias para Manufatura Avançada robusto, é necessário que o hardware e o software sejam desenvolvidos com o nível de segurança desejáveis, sendo capazes de defender os sistemas produtivos de engenharia social de ataques externos, uso indevido e não autorizado.

São elencadas algumas orientações para elevar o nível de segurança de sistemas de manufatura avançada:

- Incentivar a adoção de uma modelo de governança e gestão para cibersegurança nas unidades produtivas, e nas relações comerciais de fornecedores e clientes finais;
- Criação de guias de boas práticas em segurança para desenvolvimento de hardware e software;
- Integração entre as áreas de Defesa, Energia, ICT, Indústria e Comércio criando uma melhor infraestrutura com sinergia entre as ações e aumento das externalidades positivas;
- Fortalecimento da segurança e sigilo das informações e dados estratégicos da indústria, afim de não prejudicar o balanço geopolítico e econômico;
- Adoção de protocolos de segurança e sigilo de informações e dados;
- Implementação de mecanismo de defesa contra ciberataques e contaminação de infraestrutura (*kill switch*).

AÇÃO 5: INCENTIVAR A COOPERAÇÃO INTERNACIONAL

Historicamente, as atividades de cooperação internacional contribuem para acelerar o desenvolvimento e a incorporação de novas práticas e tecnologias produtivas. Para as Tecnologias para Manufatura Avançada, cabe ressaltar que as principais nações também se encontram em processo de desenvolvimento e internalização dos conceitos associados à produção inteligente e digitalização da produção. Nesse sentido, entendendo que ainda não há consideráveis lacunas tecnológicas entre os países, há uma excelente janela de oportunidade para o desenvolvimento conjunto de Tecnologias para a Manufatura Avançada, em concordância com a Meta 1 e a Ação 4 do Plano ProFuturo e com as orientações da Câmara Brasileira da Indústria 4.0.

No âmbito da cooperação internacional, são elencadas algumas orientações para o estímulo, desenvolvimento e a incorporação de novas tecnologias no sistema produtivo:

- Criar condições e incentivar o processo de interação e cooperação internacional entre os principais atores das Tecnologias para Manufatura Avançadas, com vistas ao intercâmbio de boas práticas e aceleração do processo de desenvolvimento da temática;
- Promover processos e mecanismos nacionais e internacionais de desenvolvimento colaborativo, transferência tecnológica, políticas regulatórias e capacitação de recursos humanos em Tecnologias para Manufatura Avançada; e
- Estimular a harmonização e alinhamento de parâmetros técnicos associados a geração, gestão, armazenamento e transmissão de dados e informações no sistema ciberfísico, com o intuito de reduzir incompatibilidades de comunicação.

12. METAS E INDICADORES

AÇÕES	METAS (2018-2022)	INDICADORES	UNIDADE DE MEDIDA	ODS ³¹ ATENDIDOS
Incentivar o Processo de Implantação de Tecnologias para Manufatura Avançada	2 (dois)	Quantidade de encomendas tecnológicas	Valor absoluto	2-Fome Zero e Agricultura Sustentável; 7-Energia Acessível e Limpas; 9-Indústria, Inovação e Infraestrutura; 11-Cidades e Comunidades Sustentáveis; 12-Consumo e Produção Responsáveis; 15-Vida Terrestre
Apoiar o Observatório de Manufatura Avançada do MCTIC	1 (um)	Quantidade de observatórios criados	Valor absoluto	9-Indústria, Inovação e Infraestrutura
Promover Formação e Capacitação de Recursos Humanos em Tecnologias para a Manufatura Avançada	3 (três)	Percentual de aumento de profissionais até 2022	Valor absoluto	4-Educação de Qualidade; 8-Trabalho decente e crescimento econômico; 9-Indústria, Inovação e Infraestrutura
Estimular a Adoção de Cibersegurança em Sistemas de Tecnologias para Manufatura Avançada	1 (um)	Quantidade de programas de cibersegurança apoiados	Valor absoluto	9-Indústria, Inovação e Infraestrutura 17-Parcerias e Meios de Implementação
Incentivar a Cooperação Internacional	2 (dois)	Quantidade de cooperações internacionais estabelecidas	Valor absoluto	4-Educação de Qualidade; 8-Trabalho decente e crescimento econômico; 17-Parcerias e Meios de Implementação

31 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Fonte: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

13. DOCUMENTOS ESTRUTURANTES

BRASIL. Decreto-lei nº 9.983, de 22 de Agosto de 2019. **Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling*** e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling. Brasília, DF, ago 2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9983.htm . Acesso em: 09/09/2019.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). **Estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação: 2016-2022: ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento econômico e social**. Brasília: MCTIC, 2016. Disponível em: http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/arquivos/ASCOM_PUBLICACOES/encti_2016-2022.pdf. Acesso em: 19/08/2019.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). **Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Manufatura Avançada no Brasil (ProFuturo - Produção do Futuro)**. Brasília: MCTIC, 2017. Disponível em: https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologias_convergentes/arquivos/Cartilha-Plano-de-CTI_WEB.pdf. Acesso em: 19/08/2019.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). **Plano Nacional de Internet das Coisas**. Brasília: MCTIC, 2017. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/pesquisaedados/estudos/estudo-internet-das-coisas-iot/estudo-internet-das-coisas-um-plano-de-acao-para-o-brasil>. Acesso em: 19/08/2019.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Materiais avançados [no Brasil]: 2010-2022**. Brasília: CGEE, 2010. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10182/734063/Livro_Materiais_Avancados_2010_6367.pdf. Acesso em: 19/08/2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Brasil: ONU, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 19/08/2019.

14. LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CCFOTO - Comitê Consultivo de Fotônica

CCNANOMAT – Comitê Consultivo de Nanotecnologia e Novos Materiais

CEFET – Centro Federal de Educação Tecnológica

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

CGTE – Coordenação-Geral de Desenvolvimento e Inovação em Tecnologias Estratégicas (CGTE/DETEC/SEMPI/MCTIC)

CIN – Comitê Interministerial de Nanotecnologias

CNI – Confederação Nacional da Indústria

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CTI – Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer

DETEC – Departamento de Tecnologias Estruturantes

EMBRAPII – Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial

Encti – Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação

FAP – Fundação de Amparo à Pesquisa

IBN – Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia

ICT – Instituição Científica, Tecnológica e de Inovação

IES – Instituto de Ensino Superior

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

MD – Ministério da Defesa

MDIC – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, atual Ministério da Economia

MEC – Ministério da Educação

MF – Ministério da Fazenda, atual Ministério da Economia

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME – Ministério de Minas e Energia

MS – Ministério da Saúde

NANoREG – Projeto “A common European approach to the regulatory testing of nanomaterials”

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SEMPI – Secretaria de Empreendedorismo e Inovação

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SibratecNANO - Sistema Brasileiro de Tecnologia: Centros de Inovação em Nanotecnologia

SisNANO – Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias

15. CONTATO E INTERLOCUÇÃO

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES (MCTIC)

Secretaria de Empreendedorismo e Inovação (SEMPI)

Departamento de Tecnologias Estruturantes (DETEC)

Coordenação-Geral de Desenvolvimento e Inovação em Tecnologias Estratégicas (CGTE)

Endereço: Esplanada dos Ministérios, Bloco E, 3º Andar, Sala 355, Brasília-DF, CEP 70067-900

Email: cgte@mctic.gov.br

Telefone: **+55 61 2033-7424**

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

www.mctic.gov.br

