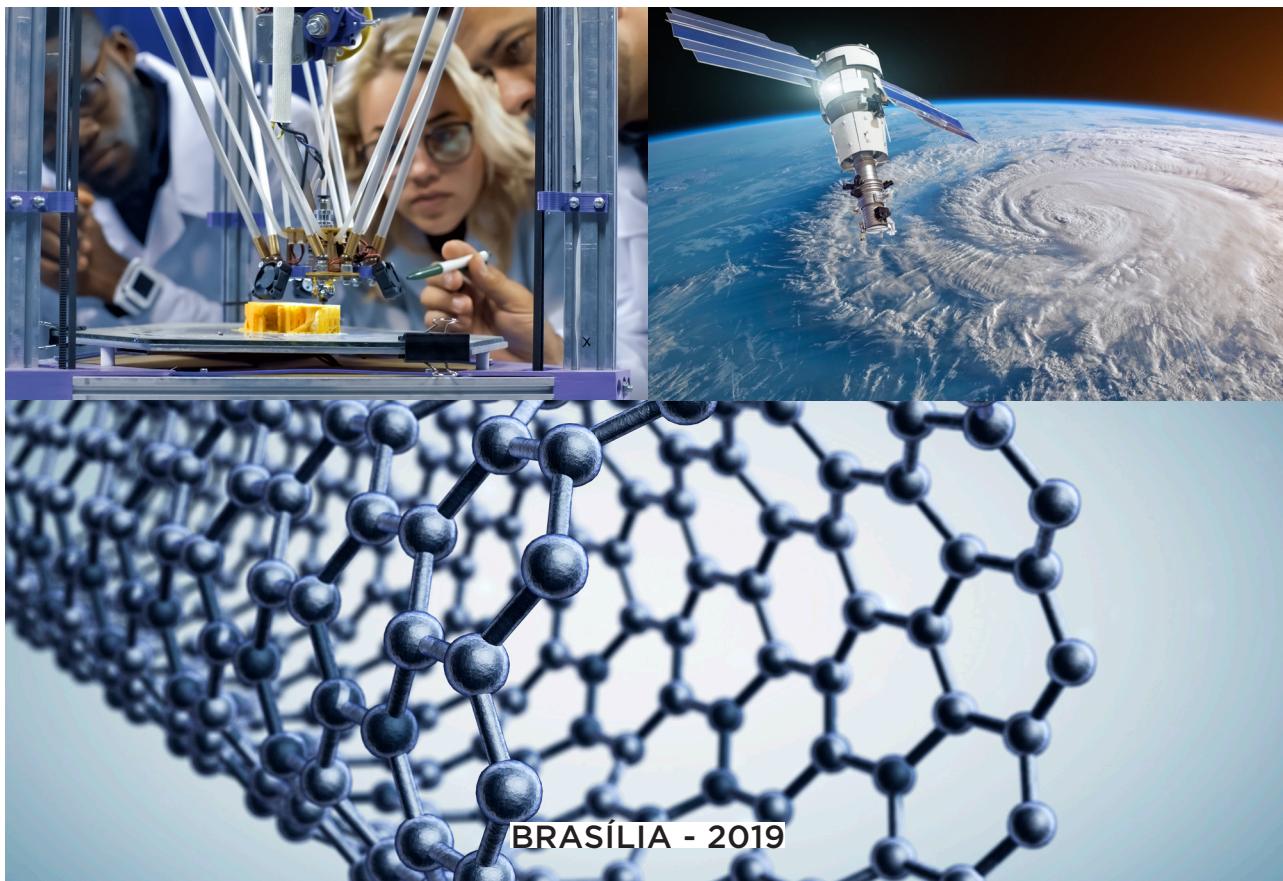


MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

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

Volume II - Materiais Avançados



**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**

Jorge Mario Campagnolo

**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 II - Materiais Avançados

BRASÍLIA - 2019

## 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 cgte@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: materiais avançados / organizador, Felipe Silva Bellucci et al. -- Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2019. 4 v. (v. 2; 52 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. Materiais avançados – Desenvolvimento tecnológico. 2. Tecnologias convergentes e habilitadoras. 3. Desenvolvimento tecnológico. 4. Inovação tecnológica. I. Bellucci, Felipe Silva. II. Tavares, Eder Torres. III. Mattar, Daniela Gonçalves. IV. Paiva, Helyne, Gomes de. V. Estevanato, Luciana Landim Carneiro. VI. Bertotti, Paulo Frank. VII. Renz, Sandra Pacheco.

CDU 62-027.15

# SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b>	<b>6</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
<b>2. VISÃO</b>	<b>10</b>
<b>3. OBJETIVO PRINCIPAL</b>	<b>10</b>
<b>4. TEMAS ESTRATÉGICOS</b>	<b>11</b>
<b>5. ESTRATÉGIA ORÇAMENTÁRIA/FINANCIAMENTO</b>	<b>15</b>
<b>6. EIXOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL</b>	<b>16</b>
<b>7. GOVERNANÇA</b>	<b>19</b>
<b>8. O VALOR ESTRATÉGICO DOS MATERIAIS AVANÇADOS</b>	<b>20</b>
8.1. CONCEITO GERAL	20
8.2. RELEVÂNCIA INDUSTRIAL & ECONÔMICA	22
8.3. RELEVÂNCIA ACADÊMICA	25
8.4. PROGRAMAS DE MATERIAIS AVANÇADOS NO BRASIL	27
8.5. PROGRAMAS INTERNACIONAIS PARA MATERIAIS AVANÇADOS	30
<b>9. OBJETIVOS – MATERIAIS AVANÇADOS</b>	<b>32</b>
9.1. OBJETIVO PRINCIPAL – MATERIAIS AVANÇADOS	32
9.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS – MATERIAIS AVANÇADOS	33
<b>10. IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO MATERIAIS AVANÇADOS</b>	<b>34</b>
<b>11. METAS E INDICADORES</b>	<b>48</b>
<b>12. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>49</b>
<b>13. DOCUMENTOS ESTRUTURANTES</b>	<b>49</b>
<b>14. LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b>	<b>50</b>
<b>15. CONTATO E INTERLOCUÇÃO</b>	<b>51</b>

## APRESENTAÇÃO

O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), conforme preceitua 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 outras, as “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 instrumento de orientação estratégica de médio e longo prazo 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, dos eixos estruturantes e dos 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 Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (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 em seus sete primeiros capítulos uma introdução, visão, objetivo principal, os temas estratégicos, a estratégia orçamentária/financiamento, os eixos de desenvolvimento sustentável e a governança para as Tecnologias Convergentes e Habilitadoras para, em seguida, especificar o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação de cada tema.

Neste segundo volume, o MCTIC apresenta o Plano de Ação em CT&I para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras abordando a temática Materiais Avançados, uma das principais áreas habilitadoras, cujo desenvolvimento se confunde historicamente com a evolução da humanidade, uma vez que deles derivam a denominação de períodos como a idade da pedra e dos metais, que garantiam vantagens, em especial na agricultura e na guerra, para a sociedade que dominasse a transformação destes elementos. Atualmente, os materiais avançados continuam despertando o interesse da academia e do setor privado, já que são considerados a base para a promoção da inovação de base tecnológica e por terem potencial de agregação de valor e diferencial competitivo.

De característica pervasiva, os Materiais Avançados impactam praticamente todos os setores da economia, aplicações magnéticas, eletrônicas e fotônicas; energia; defesa nacional e segurança pública; atividades espaciais; meio ambiente; recursos naturais minerais e biológicos, saúde médico-odontológico; e tribologia, o que, no futuro, pode colocá-los dentre os candidatos a insumos a terem sua exportação/importação restrita.

As propriedades e potencialidades dos Materiais Avançados<sup>1</sup> são diferenciadas e, muitas, ainda, não alcançadas pela cognição humana. Dentre eles, destacam-se, por exemplo, os metamateriais, que podem apresentar características não existentes na natureza, e os nanocompósitos, que combinam propriedades de uma ou mais classes de materiais. Neste sentido, a utilização de materiais avançados tornará possível: desenvolver novos produtos de base tecnológica; elevar a qualidade e a eficiência de produtos já disponíveis no mercado, agregando valor e reduzindo custos; gerar vantagens competitivas ao setor produtivo nacional, aumentando a rentabilidade e competitividade da indústria; elevar a segurança, confiabilidade e sustentabilidade ambiental; entre outros.

Para a construção deste Plano de Ação, os principais documentos e ações orientadoras foram: (i) a ENCTI 2016-2022, com especial atenção para a temática tecnologias convergentes e habilitadoras; (ii) os desafios nacionais para a CT&I previstos na ENCTI; (iii) planos internacionais para ma-

<sup>1</sup> National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2019. *Frontiers of Materials Research: A Decadal Survey*. Washington, DC: The National Academies Press. doi: <https://doi.org/10.17226/25244>.

teriais avançados, em especial, os planos provenientes da União Europeia, Estados Unidos, BRICS, Alemanha e Japão; (iv) o estudo “Materiais Avançados no Brasil 2010-2022”, do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), uma das Unidades de Pesquisa do MCTIC; e (v) as ferramentas de design thinking, centrada na identificação das necessidades e desafios dos atores (governo, academia e setor privado) envolvidos na temática de materiais avançados.

Assim, este Plano de Ação objetiva 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, sempre levando em consideração a soberania nacional brasileira e a construção de uma sociedade do conhecimento.

## 1. INTRODUÇÃO

Nas Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, comumente conhecidas como *Key Enabling Technologies (KET)*<sup>2</sup>, em que 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. Esse 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 – que, desde a sua concepção, tenha buscado como meta a solução de problemas em processos, produtos e serviços científicos, tecnológicos e inovadores - com a capacidade gerencial e transformadora da economia do setor industrial, tendo como base a demanda mercadológica e social. Portanto, a estratégia básica deste Plano é a promoção da integração entre a academia e a indústria.

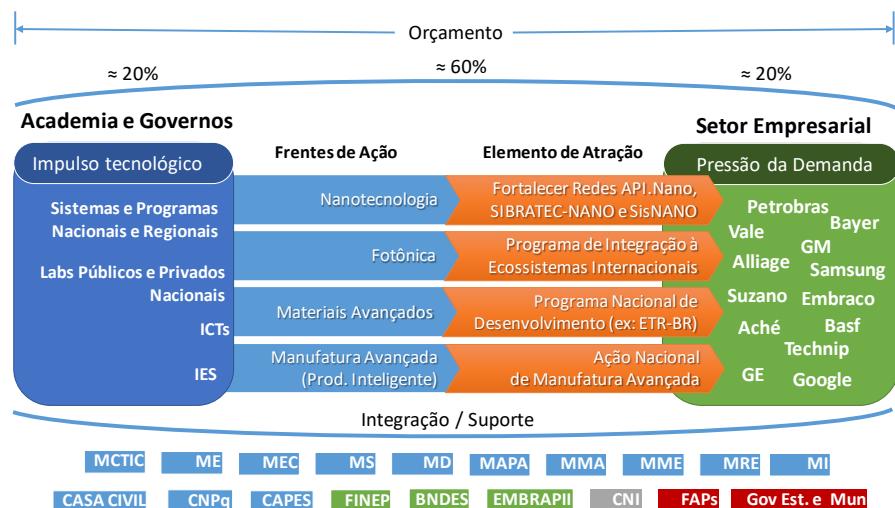
<sup>2</sup> The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business (<http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/9217031e.pdf?expires=1502461728&id=id&accname=ocid54025470&checksum=A59F2456F76E4E1FF5E66FA4CB4842F0>)

Corroborando com o Volume I do Plano de Ação em Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, vinculado à Encti 2016-2022, consideram-se “Materiais Avançados” como “materiais e seu processo tecnológico associado, com potencial para serem explorados em produtos e aplicações de alto valor agregado”. Trata-se de uma temática multidisciplinar (envolvendo, por exemplo, as áreas de Física, Química e Matemática Aplicada), transversal (perpassando áreas tecnológicas como eletrônica, fotônica e biociências) e com mercado multissetorial (abrangendo, por exemplo, os setores de energia, transporte, cuidados de saúde, embalagem, defesa, telecomunicações, agronegócio, meio ambiente). É de fácil constatação que a temática “Materiais Avançados” tem grande interface com diversos setores econômicos, sendo considerado, portanto, insumo estratégico para o desenvolvimento de um país.

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, as Instituições Científica, Tecnológica e de Inovação (ICTs) e as Instituições 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 e estímulo, que são ações concretas para a efetivação de pontes de acesso robustas para a ciência e a tecnologia atingirem o mercado nacional e internacional, impulsionando a inovação de base tecnológica. Todo esse ecossistema está integrado e suportado pelo Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI), em especial, os Ministérios, as agências de fomento, o terceiro setor e os governos estaduais, cujo esforço deve ser concentrado na integração entre a academia e indústria e soluções tecnológicas para superação dos desafios sociais e econômicos do país (Figura 1).

A Figura 1 mostra uma representação esquemática da interação entre os elementos do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) e do 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 tecnológico, empreendedorismo 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, empreendedorismo 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

A importância do fortalecimento de ecossistemas de inovação no Brasil, por meio do desenvolvimento tecnológico de setores específicos de interesse nacional e de abrangência global, bem como o aproveitamento e a agregação de valor aos recursos naturais do País, são critérios que solidificam as áreas portadoras de futuro das Tecnologias Convergentes e Habilitadoras e ampliam significativamente o sentido de inovação de base tecnológica enfatizando a valorização econômica do conhecimento.

Os temas selecionados como estratégicos para este Plano de Ação são baseados na Encti 2016-2022; no Estudo “Materiais Avançados 2010-2022”, realizado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), uma das Unidades de Pesquisa do MCTIC, responsável principalmente pela realização de estudos estratégicos do Ministério; em uma análise de planos internacionais para materiais avançados; e na interlocução com a sociedade e as instituições, por meio das Unidades de Pesquisa do MCTIC e comitês de assessoramento como, por exemplo, o Comitê Consultivo de Nanotecnologia e Materiais Avançados (CCNANOMAT). A saber, os temas considerados estratégicos voltados para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras são: Saúde e Meio Ambiente; Defesa Nacional e Segurança Pública; Energia e Mobilidade; Agricultura; Descoberta Inteligente de Novos Materiais (*Materials Informatics*)<sup>3</sup> e Mapeamento Geológico Marinho (*Blue Mining*)<sup>4</sup>.

A seguir, uma descrição sucinta de cada tema estratégico:

**Saúde e Meio ambiente:** As tecnologias convergentes e habilitadoras têm uma vasta gama de aplicações na área de Saúde<sup>5</sup>, 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 e por microrganismos e derrama-

<sup>3</sup> DARPA (<https://www.darpa.mil/>)

<sup>4</sup> Blue Mining EU (<http://www.bluemining.eu/>)

<sup>5</sup> Para maiores informações sobre as políticas públicas de Saúde, consulte o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para Saúde do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC.

mentos de hidrocarbonetos podem ser abordados sob a ótica destas tecnologias, representando grandes oportunidades de investimentos públicos e privados, com consequente geração de renda. Dessa forma, o Brasil tem grande potencial de exercer uma posição de liderança tecnológica e 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 - em estruturas, 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 e 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 para impulsionar a geração e produção de energia de maneira mais sustentável, como eficiência na produção em biocombustíveis, energia 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 inserção estratégica, de possibilidades de agregação de valor aos produtos nacionais, aumento de qualidade e sustentabilidade, bem como redução dos custos de produção agrícola. A nanotecnologia, os materiais avançados e as

tecnologias digitais alçam a agricultura tradicional para a agricultura de precisão ou agricultura 4.0 que, por meio, por exemplo, do desenvolvimento de sensores para analisar as condições do solo e diagnosticar fitopatologias, de sistemas de liberação controlada (drug delivery) 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, melhoram, no fim de todo este processo, a qualidade, produtividade e a segurança dos alimentos produzidos.

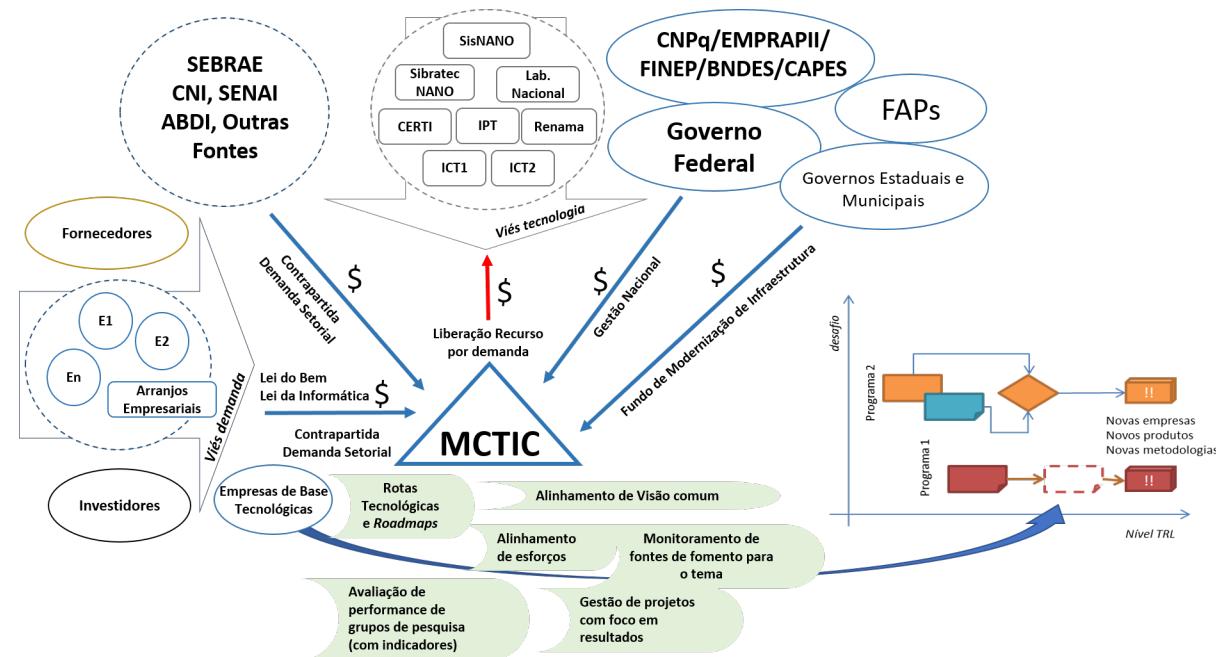
**Descoberta Inteligente de Novos Materiais (*Materials Informatics*):** O escopo deste tema está associado ao modelamento e predição do comportamento de novos materiais com base em sua composição, micro e nanoestrutura, histórico de processamento e interações. Neste tema, é possível produzir novos materiais,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

**Mapeamento Geológico Marinho (*Blue Mining*):** Considerando que aproximadamente 70% da superfície terrestre é coberta 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 passa a ser estratégico para o futuro da economia global, abre perspectivas para uma futura mineração sustentável, para a descoberta de novos materiais e para o desenvolvimento de materiais avançados resistentes o suficientes às condições extremas de pressão, temperatura e corrosão.

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 Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) e do ecossistema de inovação nacional, suas principais instituições e atores, bem como suas interfaces de atuação.



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



Convergentes e Habilitadoras. Cada eixo representa um fluxo de ações integrado e conciso para o pleno desenvolvimento no Brasil das Tecnologias Convergentes e 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;

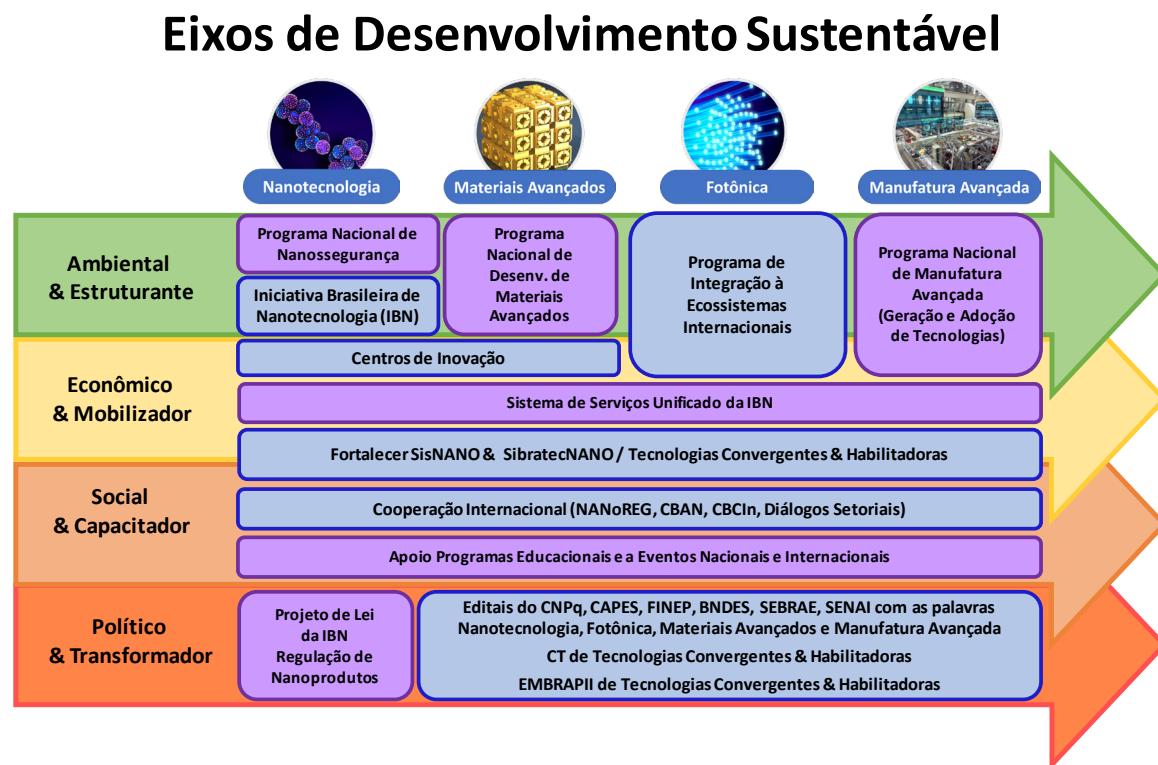
**(iv) Eixo Político e Transformador:** ações que garantam a implementação do desenvolvimento sustentável. Neste último eixo, são dispostas as ações que sedimentam o conhecimento e efetivam a transformação preconizada nos outros eixos, sobre o qual todos os outros se apoiam para ter sua funcionalidade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

## 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 no Plano de Ação em Tecnologias

A Figura 4 mostra uma representação esquemática das principais políticas públicas e dos principais programas já implantados ou prospectados para a área de tecnologias convergentes e habilitadoras, organizados 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

O MCTIC exercerá a governança deste Plano de Ação, sendo assessorado por Comitês Consultivos de especialistas, os quais auxiliarão este Ministério na sua missão de formulação de agenda, ações e programas, de tomada de decisão, de implementação e de avaliação de Programas e Políticas Públicas de Estado nas áreas de Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, bem como proporcionarão à sociedade (comunidade acadêmica, setor produtivo, associações e outros) um espaço para participação e discussão de ações para essas Tecnologias. Segue abaixo um breve descritivo de cada um desses Comitês:

- Nanotecnologia e Materiais Avançados:** Foi implantado em 2018 o Comitê Consultivo de Nanotecnologia e Novos Materiais (CCNANOMAT), extensão das competências do Comitê Consultivo de Nanotecnologia (CCNANO), com o objetivo de subsidiar o Ministério no direcionamento da Política Nacional das áreas e estabelecer uma instância de representação da comunidade científica, dos setores produtivos e das demais partes interessadas. Esse Comitê foi extinto pelo Decreto nº 9.759, de 11 de abril de 2019. Porém, o colegiado está em fase de criação por meio de outro Decreto.
- Fotônica:** No âmbito da governança das temáticas de Fotônica, foi implantado, em 2018, o Comitê Consultivo de Fotônica (CCFOTO), 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. Esse Comitê foi extinto pelo Decreto nº 9.759, de 11 de abril de 2019, mas está em fase de criação por meio de outro Decreto.
- Tecnologias para Manufatura Avançada:** Alinhada com o Comitê de Governança previsto no Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Manufatura Avançada no Brasil (Plano ProFuturo), em 2019, foi estabelecida a Câmara da Indústria 4.0, uma instância de assessoramento e articulação para a área de Manufatura Avançada.

Cabe mencionar que, por meio da Portaria Interministerial nº 510, de 09 de julho de 2012, a área de Nanotecnologia contava com o Comitê Interministerial de Nanotecnologias (CIN), que possuía a finalidade de assessorar os Ministérios representados no referido Comitê quanto à integração da gestão e da coordenação, bem como quanto ao aprimoramento das políticas, diretrizes e ações voltadas para o desenvolvimento das nanotecnologias no País. O CIN era integrado por representantes dos seguintes Ministérios: MCTIC, que o coordenava; da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA); da Defesa (MD); da Indústria, Comércio Exterior e Serviço (MDIC); da Educação (MEC); do Meio Ambiente (MMA); de Minas e Energia (MME); e da Saúde (MS). Esse Comitê foi extinto pelo Decreto nº 9.759, de 11 de abril de 2019.

## 8. O VALOR ESTRATÉGICO DOS MATERIAIS AVANÇADOS

### 8.1. CONCEITO GERAL

Uma das principais vertentes do desenvolvimento da civilização humana foi sua capacidade de extrair, desenvolver, caracterizar, moldar e aplicar Novos Materiais, o que os levou a servir como marco temporal de diferentes etapas da evolução das sociedades, como por exemplo, idades da pedra, bronze e ferro. Em grande parte, devido a corrida espacial e a necessidade industrial de materiais com melhor performance física, nas últimas décadas, a relevância dos materiais no desenvolvimento tecnológico tem aumentado significativamente, tornando-os, em muitos casos, fatores determinantes para a introdução de novas tecnologias e agentes fundamentais do processo de inovação.

Cabe salientar que os materiais avançados (novos materiais, materiais funcionais, materiais sintéticos e similares) representam algumas das formas mais diretas de agregação de valor em tecno-

logias já estabelecidas. Neste sentido, a utilização desses materiais ou o melhoramento de processos para obtenção de materiais tradicionais já são capazes de reduzir custos, melhorar propriedades físicas e químicas (por exemplo: maior resistência térmica, à abrasão e ao envelhecimento, redução da densidade, aumento da condutividade elétrica, entre outras), agregar novas funcionalidades, gerar processos ambientalmente mais sustentáveis, dar nova destinação a resíduos e diversas outras aplicações diretas. Devido a essa versatilidade, a área de materiais avançados exerce papel fundamental nas principais políticas públicas mundiais. Assim, o foco deste Plano é propor, para o Brasil, uma Política ou Programa Nacional para Materiais Avançados.

Como evidência da importância da temática Materiais Avançados, cabe mencionar que as sociedades modernas e, em particular, as sociedades economicamente desenvolvidas, estão sendo profundamente influenciada por essa temática, tendo em vista a necessidade de aumento da vida útil e ciclo de vida dos produtos e materiais, respeito ao meio ambiente, uso sustentável dos recursos naturais e foco em nosso bem-estar. No passado, o ponto de partida tradicional no desenvolvimento de novos materiais estava diretamente relacionado à disponibilidade natural do mesmo. Atualmente, o principal ponto de partida no desenvolvimento de novos materiais está associado à expectativa de uso final e performance requerida. Neste sentido, cabe enfatizar que o desenvolvimento e design de novos materiais têm se beneficiado dos recentes progressos em tecnologias convergentes e habilitadoras, bem como da área de modelamento de materiais, aprendizagem de máquina (*machine learning*) e inteligência artificial. Além disso, o presente Plano de Ação tem como base o desenvolvimento tecnológico de materiais avançados desde o material-base, sua transformação, seu processo produtivo escalonado, descarte e seus processos de reutilização (ciclo de vida do produto/material).

Na Figura 5, é mostrada uma representação das principais classes associadas à temática de Materiais Avançados, com potencial para gerar conhecimento científico na fronteira do conhecimento, novos produtos de base tecnológica, bem como agregar valor tecnológico aos produtos já disponíveis no mercado.

Figura 5: Principais classes de Materiais Avançados, organizadas em ordem alfabética.



## 8.2. RELEVÂNCIA INDUSTRIAL & ECONÔMICA

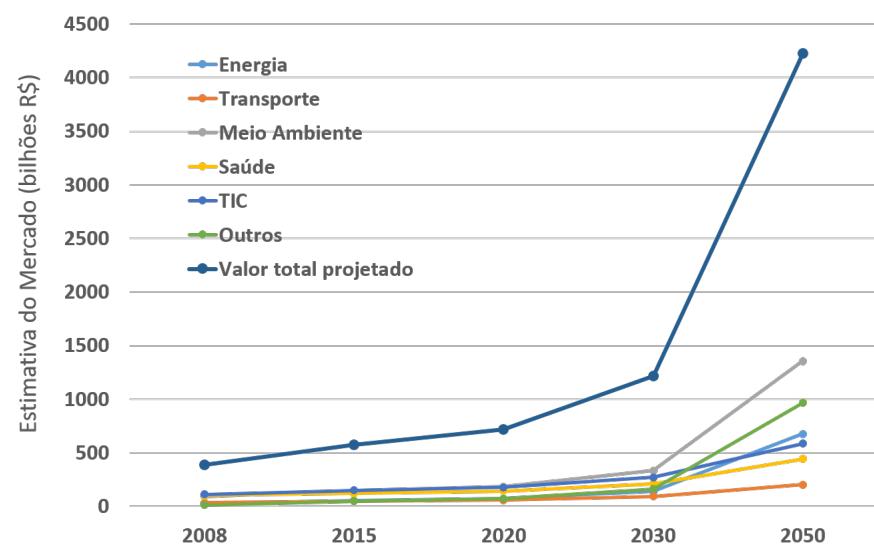
O desenvolvimento de Materiais Avançados, bem como suas novas aplicações, está revolucionando a forma como empresas fazem negócios, aumentando a complexidade dos desafios colocados aos pesquisadores da área. Há diversas razões pelas quais empresas se concentram no desenvolvimento e utilização de Materiais Avançados, com vistas a disponibilizarem melhores produtos no mercado, mantendo a relação investimento/retorno o mais favorável possível. A seguir, alguns exemplos relacionados às vantagens competitivas que podem ser favorecidas no setor produtivo com o desenvolvimento da temática:

- **Custos Reduzidos e Maior Rentabilidade:** Materiais Avançados que exibem melhor performance em termos de resistência, leveza e durabilidade, terão sua vida útil prolongada e, conseqüentemente, reduzirão custos associados à substituição e falhas. Tal redução de custo pode aumentar a rentabilidade da produção e compensar desafios tecnológicos associados à operacionalização e à fabricação de materiais relativamente menos funcionais. Exemplo: materiais espumados são menos densos e, como consequência, utilizam menos matéria prima, reduzindo, por conseguinte, os custos de produção;
- **Sustentabilidade e Impacto Ambiental:** Com o aumento da sensibilidade social ao tema, da responsabilização dos setores produtivos e do esforço do Estado associado à sustentabilidade e à redução do impacto ambiental na produção e descarte de insumos produtos, a área de Materiais Avançados tem aumentado sua importância estratégica devido ao seu potencial em promover soluções mais sustentáveis do ponto de vista ambiental. Exemplo: materiais biodegradáveis podem substituir a matéria-prima de sacolas e bandejas plásticas, em geral polietileno, reduzindo o impacto ambiental associado ao descarte inadequado destes materiais;
- **Aumento da Satisfação e Fidelidade do Cliente:** Devido às suas propriedades inerentemente melhoradas, Materiais Avançados podem proporcionar produtos finais e experiências que atendam melhor às expectativas do cliente, o que se traduzirá em maior competitividade e satisfação do cliente. Exemplo: materiais com melhor performance física (resistência à fratura, à retenção de umidade e ao envelhecimento) aumentam a satisfação do cliente em relação ao produto adquirido;
- **Conformidade Regulatória:** Arcabouços legais mais modernos e rigorosos impõem novos desafios aos processos de desenvolvimento tecnológico, fabricação e escalonamento de novos produtos. O uso de Materiais Avançados tem grande potencial para auxiliar as empresas no cumprimento da legislação e na promoção da sustentabilidade ambiental, sem, contudo, sacrificar os objetivos de desempenho econômico e produtivo. Exemplo: materiais multifuncionais demandam menos aditivos químicos, o que normalmente pode facilitar a comprovação da conformidade regulatória da área de aplicação; e

- **Competitividade e Diferencial de Mercado:** O somatório das vantagens citadas anteriormente é aditivo, não excludente e se traduz na elevação da competitividade econômico-tecnológica e criação de diferenciais de mercado para os setores público e/ou privado, favorecendo a maior geração de riquezas, a superação dos desafios sociais e a geração de qualidade de vida para a sociedade.

Baseado no potencial do mercado associado aos Materiais Avançados, a Figura 6 apresenta a estimativa de mercado para a área, dividida por setores estratégicos da economia (valores em bilhões de reais) até 2050<sup>8</sup>. Nesse gráfico, cabe enfatizar a relevância da área de materiais avançados associada ao meio ambiente, em especial os seguintes tópicos: remediação ambiental, tecnologias para reutilização de resíduos, utilização do potencial de descoberta de novos materiais oriundos da biodiversidade nacional e outros.

**Figura 6:** Estimativa de mercado para a área de Materiais Avançados dividida por setores entre 2008 e 2050. Valores em bilhões de reais.



8 Technology and market perspective for future Value Added Materials. Final Report from Oxford Research AS, European Commission. 2012.

### 8.3. RELEVÂNCIA ACADÊMICA

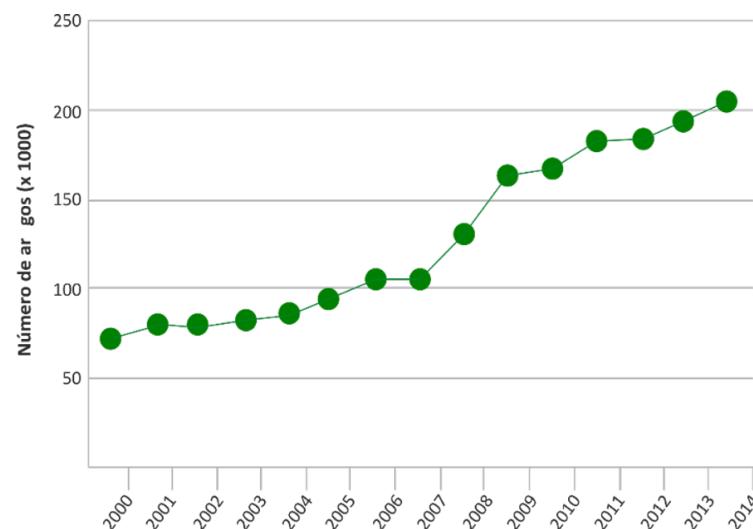
Devido à inter e multidisciplinaridade desta temática, a área de Materiais Avançados é atendida principalmente por profissionais com formação em cursos de ciências dos materiais, engenharias, matemática, física e química. Tradicionalmente, tais áreas exibem considerável interação com o setor produtivo, bem como são promotoras de novos produtos, agregação de valor em processos manufatureiros e geradores de novos empreendimentos de base tecnológica. Atualmente, o Brasil conta, na área de materiais e áreas correlatas, com 66 cursos de graduação reconhecidos pelo Ministério da Educação (MEC)<sup>9</sup> e 36 cursos de pós-graduação na área de materiais (Mestrado e Doutorado) reconhecidos e avaliados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)<sup>10</sup>, ofertando, em média, cerca de 7 mil vagas de graduação e 500 vagas de pós-graduação. Tais profissionais, devido ao caráter multidisciplinar da área e a excelência de boa parte dos cursos e programas na área de materiais, são tradicionalmente absorvidos pela área tecnológico-científica e pelo setor produtivo empresarial.

Em termos mundiais, há um significativo incremento na pesquisa científica na área de Materiais Avançados, refletido em um crescimento de aproximadamente 140% na produção científica entre 2004 e 2014<sup>11</sup>, como mostrado na Figura 7. Tais números são significativos, quando comparados ao crescimento de outras áreas do conhecimento, e sugerem temáticas que têm ganhado evidência nos últimos anos como, por exemplo, as áreas de: geração e armazenamento de energia (células de hidrogênio e fotovoltaica e outras); eletrônica (eletrônica orgânica, spintrônica, plasmônica e etc); e biomateriais (medicina regenerativa, sistemas de entrega controlada de drogas e sistemas de diagnóstico por imagens, hipertermia utilizando partículas magnéticas e outras).

9 Cadastro e-MEC de Instituições e Cursos de Educação Superior, base de dados oficial e única de informações relativas às Instituições de Educação Superior – IES e cursos de graduação do Sistema Federal de Ensino. Disponível em: <http://www.emec.mec.gov.br> e acessado em: 22 de agosto de 2017.  
 10 Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Documento de Área: Materiais. Disponível em: <http://www.capes.gov.br/component/content/article/44-avaliacao/4676-materiais> e acessado em: 22 de agosto de 2017.  
 11 Dr. Stewart Bland, Senior Publisher and Editor of Materials Today. Data derived from Scopus. Documento: Advanced Materials and Applications: Tackling New R&D and Engineering Challenges. Elsevier.

**Figura 7:** Evolução do número de artigos científicos publicados na área de Materiais Avançados no mundo entre 2004 e 2014.

País	% Aumento	Artigos (2014)
China	360%	64.470
EUA	112%	28.947
Índia	260%	12.536
Japão	15%	122.279
Alemanha	76%	11.869



Como pode ser visto na Fig. 7, há uma evolução aproximadamente linear da produção científica mundial na área de materiais avançados ao longo dos últimos, sugerindo que os países têm compreendido a importância deste campo para o desenvolvimento da sociedade. Contudo, desafios muito claros na área de materiais ainda continuam latentes no mundo, tais como: (i) a produção economicamente viável de materiais biodegradáveis, que poluem muito menos o meio ambiente; (ii) a melhoria dos processos de beneficiamento de materiais na indústria, visando a redução da utilização de matéria prima e água; (iii) a atualização do currículo e a formação continuada dos profissionais da área de materiais, tendo em vista a rápida mudança tecnológica e o aumento de políticas públicas de fomento ao empreendedorismo de base tecnológica; (iv) modelos de negócio viáveis e competitivos visando o mercado global e não mais o mercado local; entre outros desafios.

Considerando o cenário nacional para a área de materiais, cabe enfatizar que já há uma comunidade científica relativamente consolidada, como pode ser extraído dos dados associados aos cursos de graduação e pós-graduação, citados no início deste item, e da produção de artigos/documentos indexados por ano, que já excedem os 15 mil itens no triênio 2016-2018, de acordo com o Portal JRC<sup>12</sup>. Tal produção corresponde a aproximadamente 2,5% da produção mundial na área, o que situa a comunidade brasileira em uma posição de relativo destaque mundial. As subáreas que exibem maior produção científica são, respectivamente, materiais miscelâneas, química de materiais e materiais eletrônicos, ópticos e magnéticos. Em termos de grupos nacionais de pesquisa em “Materiais” foram encontrados 329 grupos de pesquisa no Diretório de Grupos de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)<sup>13</sup>, que continham o termo “Materiais” junto ao nome do grupo. Considerando um universo de 37.640 grupos de pesquisa no diretório em 2019, os 329 grupos de pesquisa associados a materiais representaram 0,9% e aproximadamente 1.750 pesquisadores, uma vez que a média de pesquisadores por grupo de pesquisa era de 5,3 pesquisadores.

#### 8.4. PROGRAMAS DE MATERIAIS AVANÇADOS NO BRASIL

Historicamente, o governo brasileiro, em especial por meio do MCTIC e suas agências de fomento e das Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa (FAPs), tem articulado e fomentado programas estruturados para o desenvolvimento da CT&I nacional como, por exemplo, o Programa Institutos do Milênio em 2001 e o Programa de Apoio aos Núcleos de Excelência (Pronex) em 2003. Seguindo esta linha, os quatro principais programas nacionais de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação mais recentes que contemplaram diversas áreas, incluindo a de Materiais Avançados, são: Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT); Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (CEPID), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO); e a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii).

<sup>12</sup> PORTAL SJR. Scimago Journal and Country Rank. Disponível em: <<https://www.scimagojr.com/>>: Acesso em: 03 set. 2019.

<sup>13</sup> Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Diretório de Grupos de Pesquisa. Disponível em: <<http://lattes.cnpq.br/web/dgp>>. Acesso em: 03 set. 2019.

- **Programa Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT)<sup>14</sup>** : O Programa INCTs foi oficialmente lançado em 27 de novembro de 2008 pelo MCTIC, via CNPq, com metas ambiciosas e abrangentes, associadas à possibilidade de mobilizar e agregar, de forma articulada, os melhores grupos de pesquisa em áreas de fronteira da ciência e em áreas estratégicas para o desenvolvimento sustentável do país; impulsionar a pesquisa científica básica e fundamental competitiva internacionalmente; estimular o desenvolvimento de pesquisa científica e tecnológica de ponta, associada a aplicações para promover a inovação e o espírito empreendedor, em estreita articulação com empresas inovadoras. Do ponto de vista do apoio aos INCTs, foram realizadas três chamadas públicas pelo MCTIC, via CNPq, nos anos de 2008, 2010 e 2014, que aportaram R\$ 1,1 bilhão no total, incluindo recursos do MCTIC (FNDCT), CNPq e FINEP, CAPES e algumas Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa, tais como FAPESP, FAPERJ e FAPEMIG. Para a temática Materiais Avançados, com base nas linhas de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, dos 122 INCTs contratados em 2008, foram identificados oito INCTs (7% do total dos INCTs ou 25% do total de INCTs em áreas correlatas) com ações que a envolvem direta ou indiretamente a área de materiais avançados.
- **Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (CEPID)<sup>15</sup>** : O programa CEPID foi idealizado pela FAPESP, em 2000, com suporte a 11 Centros de pesquisa, de 2001 até 2013. Em 2011, foi anunciada uma segunda chamada de propostas, que deu origem aos 17 CEPIDs atualmente apoiados. O Programa tem como missão desenvolver a investigação fundamental ou aplicada, focada em temas específicos; contribuir ativamente para a inovação por meio de transferência de tecnologia; e oferecer atividades de extensão voltadas para o ensino fundamental e médio e para o público em geral. O perfil mais relevante dos Centros é a multiplicidade de suas atividades, cabendo aos Centros o desenvolvimento de pesquisa fundamental ou aplicada de alto nível, mas também a busca de oportunidades para a inovação de base tecnológica, empreendedorismo, transferência de conhecimento para o setor privado e para a sociedade. O financiamento total para os 17 Centros está estimado em cerca de R\$ 1,4 bilhão, com R\$ 760 milhões da FAPESP e R\$ 640 milhões em salários pagos pelas instituições-sedes aos pesquisadores e técnicos, por um período de 11 anos. Para a temática Materiais Avançados, com base nas linhas de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, foram identificados quatro CEPIDs (24% do total de CEPIDs), com ações que envolvem direta e indiretamente esta área.

- **Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO)**: O SisNANO – uma das principais ações da Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN), instituído pela Portaria nº 245, de 5 de abril de 2012 - é um sistema de laboratórios direcionados à pesquisa, ao desenvolvimento e à inovação (PD&I) em nanociências e nanotecnologia, tendo como característica essencial o caráter multiusuário e de acesso aberto, mediante submissão de propostas de projetos de PD&I ou de requisição de serviços. O SisNANO está sob responsabilidade da Coordenação-Geral de Desenvolvimento e Inovação em Tecnologias Estratégicas (CGTE), da Secretaria de Empreendedorismo e Inovação (SEMPI), do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). A primeira fase do Sistema (2013-2018) foi formada por duas categorias de laboratórios: os Estratégicos (08 laboratórios) vinculados diretamente ao Governo Federal e os Associados (16 laboratórios). Desde o início do Programa, em 2013, os laboratórios receberam aproximadamente R\$ 88 milhões de recursos do MCTIC/FNDCT e tais recursos visaram principalmente a melhoria da infraestrutura laboratorial, a manutenção do corpo técnico-científico qualificado para o desenvolvimento das missões dos laboratórios e para viabilizar o acesso aberto aos laboratórios, atendendo usuários e instituições dos setores públicos e privados.

- **Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii)** : A Embrapii é um dos institutos de pesquisa do MCTIC, qualificada pelo governo federal como organização social. Tem por missão apoiar instituições de pesquisa tecnológica, em selecionadas áreas de competência, para que executem projetos de desenvolvimento de pesquisa tecnológica para inovação, em cooperação com empresas do setor industrial, tendo como foco as demandas empresariais e como alvo o compartilhamento de risco na fase pré-competitiva da inovação. Na área de Materiais Avançados, a Embrapii conta atualmente com as seguintes Unidades-Embrapii credenciadas: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) em materiais de alto desempenho, Instituto SENAI de Inovação em metalurgia e ligas especiais, Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) em processamento de biomassa, Instituto SENAI de Inovação em engenharia de polímeros e outros.

14 INSTITUTOS NACIONAIS DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Disponível em: < <http://inct.cnpq.br/>>. Acesso em: 07 dez. 2018.

15 Página principal do Programa Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (CEPID) da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Disponível em: <<http://cepid.fapesp.br/home/>>. Acesso em: 07 dez. 2017.

## 8.5. PROGRAMAS INTERNACIONAIS PARA MATERIAIS AVANÇADOS

Os Materiais Avançados são estratégicos e, portanto, prioritários para a maioria das sociedades cuja economia é pautada no conhecimento. Esses não são apenas considerados indutores chaves para a inovação de uma série de tecnologias e setores industriais, mas também são vistos como essenciais para sustentar a indústria de alto valor agregado. A seguir, uma análise das principais estratégias adotadas pela União Europeia, pelo BRICS, pelos Estados Unidos, pela Alemanha e pelo Japão em Materiais Avançados:

**UNIÃO EUROPEIA:** A temática ciência e tecnologia, de forma geral, e com planos específicos para a área de tecnologias convergentes e habilitadoras, que inclui a temática materiais avançados, vem mantendo sua condição de eixo prioritário para o desenvolvimento econômico europeu, sendo seu principal instrumento o programa-quadro “Horizonte 2020”. O Programa é organizado em três principais eixos estratégicos (Pesquisa de Excelência, Liderança Industrial e Desafios Sociais). Nos Programas de Trabalho (2014-2016, 2016-2018 e 2018-2020), a temática Materiais Avançados foi mais encontrada nos eixos Liderança Industrial e Pesquisa de Excelência, associada às tecnologias habilitadoras (*Key Enabling Technologies – KETs*). As KETs, tais como os materiais avançados, fotônica, nanotecnologia e biotecnologia, estão no centro de produtos inovadores, por exemplo, smartphones, sistemas de armazenamento de energia, estruturas mais leves, nanomedicamentos, tecidos inteligentes e outros.

**GRUPO DO BRICS:** BRICS, acrônimo associado aos países membros fundadores - Brasil, Rússia, Índia e China -, formam um grupo político de cooperação em diversos setores da sociedade. O BRICS tem concentrado suas principais ações em duas principais vertentes, sendo elas, a coordenação em reuniões e organismos internacionais e a construção de uma agenda de cooperação multissetorial entre seus membros, em especial, para os interesses econômicos e científicos. Em 2015, foi celebrado um Memorando de Entendimento para cooperação, no qual foram estabelecidas três instâncias

de governança e tomada de decisão: reunião dos Ministros de CT&I; reunião de Oficiais Sêniores em CT&I; e Grupos de Trabalho em CT&I. No que se refere a Materiais Avançados, foram identificadas quatro ações que envolvem esta área, a saber: Centro BRICS de Ciências dos Materiais e Nanotecnologia; Grupo de Trabalho do BRICS sobre Infraestruturas de Pesquisa e Mega Projetos de Ciência; Fórum BRICS de Jovens Cientistas; e Agências de Fomento dos BRICS – Chamada Multilateral Conjunta.

**ESTADOS UNIDOS:** O sistema de inovação dos Estados Unidos é caracterizado por uma forte valorização do investimento em ciência, tecnologia e inovação oriundo principalmente do governo, por meio das suas diversas agências orientadas por missão, mas com forte influência do setor privado. Um dos pontos mais interessantes para a área de materiais nos Estados Unidos é a atenção dada pelo país à interface entre a área de materiais e a indústria avançada, cabendo enfatizar que o país dedicou diversas políticas públicas para revitalizar e aumentar a competitividade da indústria americana. Na visão americana, a área de materiais avançados exerce um papel importante para a indústria avançada, uma vez que se busca a multifuncionalização dos materiais, o aumento da vida útil do maquinário, o desenvolvimento de materiais de referência, a redução de custos e o aumento de performance física. Nesse sentido, a área de materiais foi identificada como um dos pilares do Plano Nacional para Indústria Avançada, juntamente com plataforma tecnológicas para produção, processos para indústria avançada e infraestrutura de dados e desenvolvimento.

**ALEMANHA:** Ciência, tecnologia e inovação são os principais pilares da economia alemã, responsáveis por reestruturar o país após a segunda guerra mundial, e caracterizadas por infraestruturas multidisciplinares e de alta tecnologia, cultura social e empresarial alinhada com a inovação. Especificamente, no caso do campo de materiais avançados, o domínio ocorre predominantemente pelas seguintes instituições: Associação Fraunhofer; Federação Alemã de Associações Industriais de Pesquisa; e Associação Max Plank. Em termos de planejamento estratégico para a área de materiais, o Ministério Federal de Educação e Pesquisa alemão lançou em 2004 seu principal programa de inovação em materiais, denominado Inovação em Materiais para a Indústria e Sociedade (*WING*). O objetivo central do programa é aumentar a inovação na área de materiais direcionados para a indústria,

por meio da pesquisa orientada por missão, bem como potencializar a utilização de materiais para superar os desafios sociais, econômicos e os “grandes desafios alemães” - mobilidade, infraestrutura, saúde e meio ambiente.

**JAPÃO:** O Japão é um dos grandes exemplos mundiais de como um país de pequenas dimensões geográficas, com poucos recursos naturais e grande vulnerabilidade meteorológica pode, por meio da ciência, tecnologia e inovação, ser um dos grandes expoentes mundiais em termos de economia e geração de riqueza. A maior parte da geração de conhecimento japonês na área de materiais é realizada pelas universidades. Contudo, outras três instituições exercem papel importante no desenvolvimento tecnológico japonês em materiais, a saber: o Instituto Nacional de Ciência Avançada e Tecnologia, a Agência Japonesa de Ciência e Tecnologia e o Instituto Nacional de Ciências dos Materiais. O 5º Plano Básico de Ciência e Tecnologia (2016-2020) do Japão, equivalente à nossa Estratégia Nacional de Ciência e Tecnologia, elencou a Nanotecnologia e os Materiais Avançados como uma de suas quatro áreas prioritárias, juntamente com a análise de grandes conjuntos de dados armazenados (*big data*), biotecnologia e inteligência artificial. Assim como no Brasil, no Japão considera-se que as áreas de nanotecnologia e de materiais guardam estreita relação epistemológica e que elas ganham especial dimensão econômico-tecnológica, quando associada à manufatura e às tecnologias de informação e comunicação.

## 9. OBJETIVOS – MATERIAIS AVANÇADOS

### 9.1. OBJETIVO PRINCIPAL – MATERIAIS AVANÇADOS

Estimular, articular, fomentar e coordenar o ecossistema de Materiais Avançados no Brasil, harmonizado com o SNCTI, com vistas a aprimorar o ambiente de negócios e de colaboração entre academia e setor privado, estimular a formação de recursos humanos especializados, aperfeiçoar os instrumentos de fomento ao empreendedorismo de base tecnológica e impulsionar a inovação tecnológica nas cadeias produtivas nacionais.

### 9.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS – MATERIAIS AVANÇADOS

A temática de Materiais Avançados, por sua característica multidisciplinar e transversal, tem transformado significativamente a área de ciência e engenharia dos materiais impactando diretamente no setor produtivo, agregando valor tecnológico, proporcionando ganhos de performance e viabilidade econômica. Diante deste escopo, objetivos específicos para a temática são:

- **Programa Nacional:** Planejar, articular, institucionalizar e fomentar um “Programa Nacional de Desenvolvimento de Materiais Avançados”, objetivando convergir os esforços, desenvolver e consolidar a área de Materiais Avançados no Brasil;
- **Sistematização da Informação:** Articular e coordenar a elaboração de uma plataforma digital de desenvolvimento sustentável, contemplando desde o mapeamento e beneficiamento da matéria-prima até o descarte final do produto, passando pelo registro das iniciativas já implementadas no Brasil, rotinas de escalonamento e viabilização tecnológica;
- **Recursos Humanos e Empreendedorismo:** Estimular a formação de recursos humanos especializados na área de Materiais Avançados, unindo o conhecimento clássico com as novas habilidades e competências desejadas pela sociedade atual, como o empreendedorismo e o desenvolvimento sustentável;
- **Interação ICT-Setor Privado:** Fomentar e sistematizar o processo de interação entre a academia e o setor produtivo, em especial, dos processos de transferência tecnológica, provas de conceito (Mínimo Produto Viável, *Minimum Viable Product - MVP*), formação de recursos humanos específicos para o tema e escalonamento (*scale-up*) de tecnologias;
- **Cooperação Internacional:** Fortalecer e aperfeiçoar a colaboração internacional, mobilizando competências no Brasil e no exterior, contribuindo para a qualificação de pessoas, aceleração de iniciativas científicas, internacionalização dos empreendimentos de base tecnológica e interação entre setores econômicos;

- **Descoberta Inteligente de Materiais:** Planejar, articular e implementar um Programa ou Plataforma Nacional para “Descoberta Inteligente de Novos Materiais (*Materials Informatics*)”, baseado em tecnologias digitais, visando acelerar e reduzir os custos associados ao processo de desenvolvimento tecnológico de novos materiais;
- **Temas Disruptivos:** Incentivar a pesquisa científica de excelência, o desenvolvimento tecnológico e a inovação em temas com diferenciado potencial disruptivo, tais como metamateriais, mapeamento geológico marinho, nanomateriais e nanocompósitos, materiais regenerativos, materiais derivados do grafite (nanotubos de carbono, grafeno e fulereno), materiais multifuncionais, materiais para tecnologia quântica e outros;
- **Consolidação Geográfica do Conhecimento:** Estimular a produção e fixação de conhecimento científico e tecnológico de excelência em Materiais Avançados nas diversas regiões do país, com vistas a reduzir assimetrias regionais e agregar valor nas diversas cadeias produtivas locais; e
- **Integração dos Programas:** Envidar esforços para articular as ações ministeriais na área de Materiais Avançados com as principais ações estratégicas de outros ministérios e instituições com interesse na temática, tais como os Ministérios da Saúde, Minas e Energia e Infraestrutura e agências vinculadas.

## 10. IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO MATERIAIS AVANÇADOS

Com vistas a alcançar os objetivos nacionais da temática Materiais Avançados, no âmbito das tecnologias convergentes e habilitadoras, propõe-se o apoio sistemático e contínuo para as ações nacionais nesta temática, o acompanhamento e a revisão periódica das iniciativas do MCTIC, bem como o esforço ministerial para articular os programas e projetos dos demais atores do SNCTI na área de materiais. A seguir, as principais ações do Plano de Ação propostas para área de Materiais Avançados:

### AÇÃO 1: INSTITUCIONALIZAÇÃO DO “PROGRAMA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS AVANÇADOS”

O Programa Nacional de Desenvolvimento de Materiais Avançados visa a apoiar o desenvolvimento sustentável de materiais estratégicos (minérios, biodiversidade, metamateriais e outros), institucionalizar o Programa Nacional, por meio de Projeto de Lei e/ou Portaria Ministerial, proporcionar ao SNCTI uma orientação estratégica para a área de Materiais Avançados, em consonância com a Encti 2016-2020, convergir esforços e potencializar os investimentos para a área e instituir uma instância de coordenação estratégica para o Programa. Nesse sentido, essencialmente o Programa Nacional de Desenvolvimento de Materiais Avançados deverá contar com um processo de níveis de maturidade para se atingir a produção de produtos de alto valor agregado (Figura 8):

**1. Nível de P&D e Formação de Recursos Humanos (FRH):** fortalecimento das ICTs já atuantes e a congregação em uma Rede Nacional engajada na estratégia maior de operacionalização do setor produtivo de material avançado. São considerados os Temas Estratégicos deste Plano de Ação Nacional, com especial atenção aos Temas: descoberta inteligente de novos materiais; e Mapeamento Geológico Marinho (*Blue Mining*);

**2. Nível de Desenvolvimento Tecnológico:** fomento/financiamento de rotinas associadas à prova de conceito (*Minimum Viable Product - MVP* ou Mínimo Produto Viável) de tecnologias com apoio de ICTs, a implementação de laboratórios-fábrica com a missão de operar processos otimizados, a partir de tecnologias produtivas inovadoras ou encomenda tecnológica<sup>16</sup>, e a inserção progressiva de novos conhecimentos, tecnologias, propriedades intelectuais produzidas por ICTs, empresas e academia nas cadeias de valor nacionais;

<sup>16</sup> 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.

**3. Nível de Plantas Industriais:** : implementação progressiva, fazendo uso das melhores soluções para assegurar a competitividade. Levar em consideração a cadeia produtiva básica, no entanto, buscando a implementação de plantas industriais complementares para outros produtos com material avançado.

Na Figura 8, mostra-se uma representação dos níveis de maturidade idealizados para o Programa Nacional de Desenvolvimento de Materiais Avançados, com ênfase para a pesquisa científica, a formação de recursos humanos, o desenvolvimento tecnológico e o fomento a processos produtivos industriais.

**Figura 8:** Representação dos principais níveis de maturidade idealizados para o Programa Nacional de Desenvolvimento de Materiais Avançados.



## AÇÃO 2: SISTEMATIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO

Considerando os diversos programas, iniciativas, ações e projetos historicamente fomentados na área de Materiais Avançados pelos diversos atores do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, em especial, os ministérios, agências e fundações de fomento, faz-se necessário organizar sistematicamente a informação, bem como facilitar a difusão da informação aos diversos setores da sociedade, tendo em vista as novas mídias e meios de comunicação. A seguir, as principais orientações para o fortalecimento da sistematização e difusão da informação:

- Articular e coordenar a elaboração de uma plataforma digital dedicada a área de Materiais Avançados ou incluir o módulo Materiais Avançados em diversas plataformas digitais, visando registrar os principais programas e resultados da área, divulgar os instrumentos de fomento, chamadas públicas, oportunidades, além de estimular as ações de desenvolvimento tecnológico, empreendedorismo e inovação na área de materiais avançados;
- Estimular as ações de difusão da informação na área de Materiais Avançados, por meio de conferências científicas, eventos de interação entre os segmentos interessados, atividades de estímulo à transferência de conhecimento, eventos de capacitação e formação de recursos humanos especializados, atividades de estímulo ao empreendedorismo de base tecnológica e demais atividades de difusão de conhecimento da área; e
- Promover a utilização de novos tipos de mídia (simuladores, animações, aplicativos, áudios, vídeos e outros) para potencializar a difusão da informação, facilitar o entendimento das ações na área, atrair futuros talentos para a ciência e tecnologia, aproximar as políticas públicas da sociedade, facilitar a interação e o intercâmbio de conhecimento entre os diversos setores da sociedade, demonstrar a capacidade de geração de resultados, entre outros.

Na Figura 9, são mostradas as principais orientações para o fortalecimento da sistematização das informações de programas, dos projetos e das iniciativas na área de Materiais Avançados, bem como de possíveis funcionalidades a serem disponibilizadas na forma de plataforma de serviços tecnológicos.

**Figura 9.** Ilustração das principais orientações para o fortalecimento da sistematização e difusão da informação na área de Materiais Avançados, vinculadas aos programas, às ações, aos projetos e às infraestruturas científico-tecnológica disponíveis.



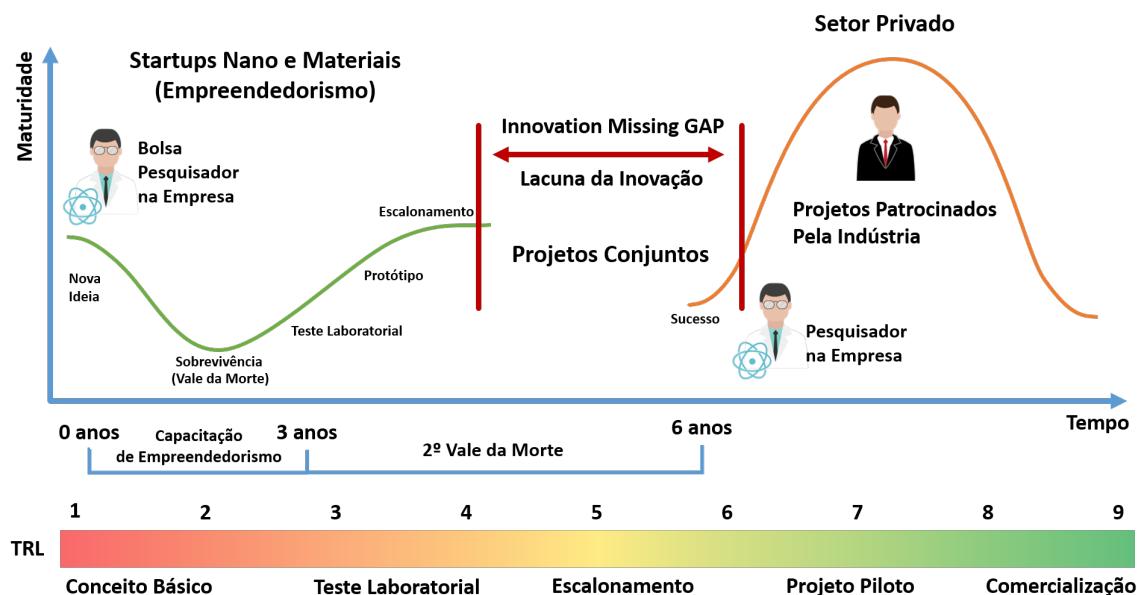
### AÇÃO 3: RECURSOS HUMANOS E EMPREENDEDORISMO

A formação e capacitação de recursos humanos especializados para a área de Materiais Avançados têm recebido especial atenção em Políticas Públicas ministeriais, bem como continuará sendo um dos principais objetivos das novas ações governamentais. Em geral, tais profissionais têm sido absorvidos pela área tecnológico-científica e pelo setor produtivo empresarial devido à qualidade e multidisciplinaridade da sua formação. Contudo, faz-se necessário o incentivo e a capacitação associados ao empreendedorismo de base tecnológica. A seguir, as principais orientações para o fortalecimento da formação e capacitação de recursos humanos especializados:

- Lançar novos editais/programas na temática Materiais Avançados ou incluir esta temática em editais/programas coordenados por parceiros estratégicos para formação e capacitação de recursos humanos de excelência com o envolvimento de toda a cadeia de valor produtiva e acadêmica de materiais avançados, direcionados com especial atenção para as áreas do empreendedorismo e da transferência tecnológica da academia para o setor produtivo;
- Promover a articulação e a facilitação da interação entre os recursos humanos especializados na área de Materiais Avançados e os setores produtivos nacionais, com vistas a aumentar a produtividade setorial, demonstrar a capacidade de geração de resultados promovidos pelo conhecimento e a inserção de pesquisadores no ambiente produtivo
- Estimular a formação e a capacitação de recursos humanos direcionadas para o empreendedorismo de base tecnológica e criar condições favoráveis para a criação de novas empresas nacionais com viés tecnológico (*start-up* e *spin-off*) em ambientes promotores da inovação (parques tecnológicos, aceleradoras, incubadoras e laboratórios abertos); e
- Incentivar e criar ambiente e condições favoráveis para a incorporação de especialistas, mestres e doutores junto às empresas nacionais com vocação tecnológica, visando agregar valor aos processos da empresa, desenvolver novos produtos e transferir conhecimento tecnológico para o setor privado.

Na Figura 10 mostra-se uma ilustração das principais atividades de pesquisa científica, desenvolvimento tecnológico e inovação em função do nível de maturidade da tecnologia (*Technology Readiness Level - TRL*).

**Figura 10:** Ilustração das principais temáticas associadas ao fortalecimento da formação e capacitação de recursos humanos especializados na área de Materiais Avançados, visando a geração de empreendimentos de base tecnológica.



Adaptação: U.S. Government Accountability Office (GAO), <https://www.gao.gov/>

#### AÇÃO 4: AMBIENTES INOVADORES E APROXIMAÇÃO ICT-EMPRESA

Com a edição do Novo Marco Legal da Inovação, há um reconhecimento da necessidade de fortalecimento de ambientes inovadores, bem como de criação de novos mecanismos para promover a aproximação entre as instituições de ciência e tecnologia (ICTs) e o setor privado para a geração de conhecimento e riqueza por meio da ciência e tecnologia. A seguir, as principais orientações para o fortalecimento dos ambientes inovadores e aproximação entre ICTs e empresas:

- Fortalecer e ampliar o número de laboratórios públicos e privados vinculados ao Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO) que atuarão na área de Materiais, por meio da ampliação dos recursos investidos e articulação do SisNANO com as demais políticas públicas para CT&I;
- Estabelecer novos modelos de gestão para os ambientes inovadores nas áreas de tecnologias convergentes e habilitadoras, bem como fomentar o modelo de Centros de Inovação em Nanotecnologia e Materiais Avançados e Consórcios Temáticos de Prospecção Tecnológica, capazes de estimular a interação entre academia, governo e empresas geradoras e usuárias de soluções baseadas em nanotecnologias e materiais avançados;
- Lançar editais/programas de desenvolvimento tecnológico e inovação na temática Materiais Avançados e/ou incluir esta temática em editais/programas coordenados por parceiros estratégicos;
- Ampliar o Programa SibratecNANO (Rede de Centro de Inovação em Nanomateriais e Nanocompósitos), que fomentará a cultura da inovação nas empresas brasileiras visando à nanotecnologia e aos nanomateriais em produtos e processos inovadores;
- Apoiar o Programa EMBRAPPII de interação entre ICTs e empresas, por meio do fortalecimento das unidades EMBRAPPII atuantes na área de Materiais Avançados e da criação de uma unidade EMBRAPPII de Nanoprodutos; e
- Estimular e ampliar o financiamento das agências nacionais de fomento na cadeia de valor produtiva e acadêmica, na concentração de esforços de ICTs, empresas B to B (*business to business*) e/ou B to C (*business to consumer*), para o desenvolvimento tecnológico e a efetiva aplicação industrial de Materiais Avançados.

Na Figura 11, é apresentada uma ilustração das principais etapas associadas à interação entre as instituições de ciência e tecnologia (ICTs) e o setor privado, ponte para inovação, com vistas a fortalecer os ambientes inovadores.

**Figura 11:** Ilustração das principais temáticas associadas ao fortalecimento dos ambientes inovadores e da interação entre instituições de ciência e tecnologia (ICT) e o setor privado para a geração de conhecimento e riqueza na área de Materiais Avançados.



### AÇÃO 5: INTENSIFICAR A COOPERAÇÃO INTERNACIONAL

Os programas de cooperação internacional são excelentes vetores para o desenvolvimento tecnológico e a inovação, colaboram para aprimorar e acelerar a base nacional de conhecimento, ocupam posição importante nas Políticas Públicas brasileiras e têm ganhado evidência recentemente devido a novos conceitos de cooperação como a “Diplomacia da Inovação”. A seguir, as principais orientações para o fortalecimento da Cooperação Internacional:

- Fortalecer e ampliar os acordos bilaterais e multilaterais de cooperação e compromissos internacionais celebrados pelo Governo Brasileiro associados à Nanotecnologia, Nanomateriais e Materiais Avançados;
- Intensificar a atuação e fortalecer os Programas de Cooperação Internacional já estabelecidos associados à Nanotecnologia, Nanomateriais e Materiais Avançados, em especial, o Centro Brasil-China de Inovação em Nanotecnologia, Grupo de Trabalho BRICS em Ciências dos Materiais e Nanotecnologia, Centro Brasil-Argentina de Nanotecnologia e outros;
- Articular programas de desenvolvimento tecnológico e inovação conjuntos, com vistas a atrair investimentos e parceiros internacionais para os laboratórios e empresas brasileiras, bem como incentivar a transferência de conhecimento e tecnologia entre os países;
- Estimular o nascimento de empreendimentos de base tecnológica na área de Materiais Avançados que já visem, desde sua concepção, ao mercado internacional, favorecendo a atuação em nichos específicos, a viabilidade do investimento em desenvolvimento tecnológico de alto valor agregado e sustentando modelos de negócio que demandam maior investimento e risco tecnológico; e
- Promover a concentração de esforços entre os países e a atuação conjunta para o desenvolvimento de agendas de cooperação internacional na área de materiais avançados dedicadas a superação dos desafios sociais dos países, com especial atenção à superação da miséria, ao acesso à água potável, às soluções para saneamento básico e à infraestrutura, dentre outros.

Na Figura 12 mostra-se uma ilustração das principais diretrizes e orientações para as atividades de cooperação internacional na área de materiais avançados.

Figura 12: Ilustração dos principais conceitos associados ao fortalecimento da cooperação internacional focada na aceleração do desenvolvimento nacional na área de materiais avançados.



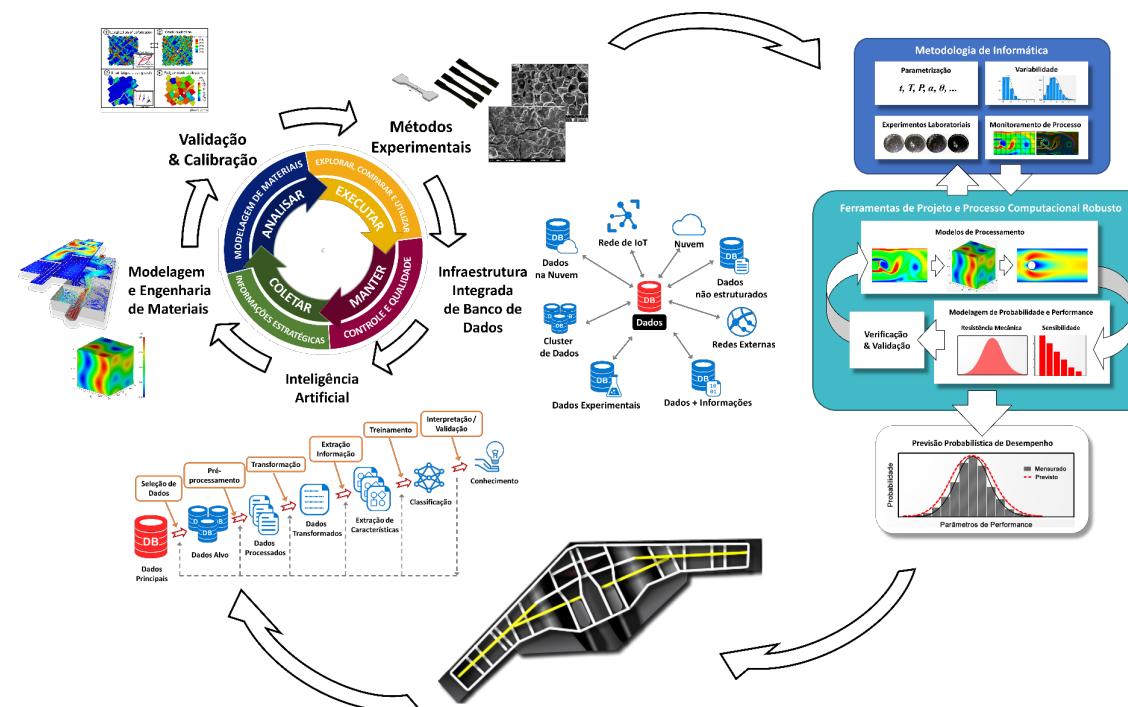
### AÇÃO 6: TECNOLOGIAS DIGITAIS PARA DESCOBERTA DE NOVOS MATERIAIS

Considerando a evolução rápida e disruptiva das tecnologias digitais observada pela sociedade nos últimos anos (computação de alta performance, *big data*, internet das coisas, *machine learning* e outras), vislumbra-se a oportunidade de estruturar ações específicas para a utilização de tecnologias digitais para acelerar o desenvolvimento, reduzir os custos e riscos associados à área de Materiais Avançados, além de aumentar a vantagem de já possuir os elementos individuais necessários para o avanço desta temática internamente (comunidade de materiais avançados e de computação científica e infraestrutura inicial disponível). A seguir, as principais orientações para o fortalecimento de tecnologias digitais para a área de Materiais Avançados:

- Planejar, articular e implementar um Programa ou Plataforma Nacional para “Descoberta Inteligente de Novos Materiais (*Materials Informatics*)”, baseado em tecnologias digitais, visando a acelerar e a reduzir os custos associados ao processo de desenvolvimento tecnológico de novos materiais; e
- Difundir, mobilizar, envolver e articular os parceiros do sistema nacional de CT&I e do setor privado, com vistas à utilização e exploração das vantagens competitivas das tecnologias digitais em Materiais Avançados, visando ao desenvolvimento de novos produtos, à agregação de valor em tecnologias e produtos nacionais e à redução de dependência tecnológica externa.

Na Figura 13, é mostrada uma representação esquemática da utilização de tecnologias digitais objetivando acelerar e reduzir os custos do desenvolvimento tecnológico de novos materiais e produtos.

Figura 13: Representação esquemática da utilização de tecnologias digitais, tais como computação de alta performance, big data, internet das coisas e *machine learning*, visando a acelerar e a reduzir os custos de desenvolvimento tecnológico de novos materiais e produtos.



## AÇÃO 7: FOMENTAR NOVAS ÁREAS DISRUPTIVAS EM MATERIAIS AVANÇADOS

Ao estruturar políticas de médio e longo prazo para uma determinada área, uma nação busca identificar temáticas com potencial diferenciado de agregação de valor tecnológico no futuro, bem como almeja alcançar liderança tecnológica em temas disruptivos capazes de romper com os padrões, as propriedades e o desempenho já estabelecidos no mercado. Neste sentido, o Estado exhibe potencial diferenciado para estimular e fomentar a nucleação de novas áreas tecnológicas disruptivas, visando à geração de conhecimento tecnológico de fronteira e agregação de valor em produtos e processos. A seguir, as principais orientações para o fortalecimento de novas áreas disruptivas na área de Materiais Avançados:

- Estimular a pesquisa científica de excelência, o desenvolvimento tecnológico direcionado preferencialmente pelo mercado, a formação e capacitação de recursos humanos especializados, o empreendedorismo e a inovação de base tecnológica na área de materiais avançados, em especial, em temas com grande potencial disruptivo;
- Fortalecer, aumentar o conhecimento e ampliar a exploração ecológica e ambientalmente sustentável dos materiais naturais oriundos da biodiversidade e dos recursos minerais brasileiros, que exibem diferenciado potencial de ruptura tecnológica nas áreas da saúde, farmacêutica, eletrônica e nanotecnologia; e
- Fomentar, articular e ampliar o apoio a temas com grande potencial disruptivo como, por exemplo, descoberta inteligente de novos materiais, metamateriais, mapeamento geológico marinho, nanomateriais e nanocompósitos, materiais regenerativos e derivados do grafite (nanotubos de carbono, grafeno e fulereno), terras raras, materiais multifuncionais, para tecnologia quântica e oriundos da biodiversidade nacional, e materiais avançados para agricultura, energia, saúde, defesa, segurança pública, tecnologia espacial e tribologia.

Na Figura 12, mostra-se uma representação esquemática dos diversos temas com diferenciado potencial disruptivo, objetivando orientar os esforços nacionais para o fomento organizado destas temáticas.

**Figura 14:** Representação esquemática da utilização de tecnologias digitais, tais como computação de alta performance, big data, internet das coisas e *machine learning*, visando a acelerar e a reduzir os custos de desenvolvimento tecnológico de novos materiais e produtos.



## 11. METAS E INDICADORES

AÇÕES	METAS (2018-2022)	INDICADORES	UNIDADE DE MEDIDA	ODS <sup>17</sup> ATENDIDOS
Ação 1 - Criar Programa Nacional de Desenvolvimento de Materiais Avançados	1 (um)	Quantidade de programas estabelecidos	Valor absoluto	7- Energia Acessível e Limpas; 9- Indústria, Inovação e Infraestrutura; 12- Consumo e Produção Responsáveis; e 15- Vida Terrestre.
Ação 2 - Sistematização da Informação	1 (um)	Quantidade de sistemas estabelecidos	Valor absoluto	7- Energia Acessível e Limpas; 9- Indústria, Inovação e Infraestrutura; 12- Consumo e Produção Responsáveis; e 15- Vida Terrestre.
Ação 3 - Recursos Humanos e Empreendedorismo	2 (duas)	Número de Iniciativas para formação de RH e Empreendedorismo em MA	Valor absoluto	4- Educação de Qualidade; 8- Trabalho decente e crescimento econômico; 10- Redução das desigualdades
Ação 4 - Ambientes Inovadores e Aproximação ICT-Empresa	4 (quatro)	Nº de Iniciativas efetivadas de Interação ICT/Empresa em MA	Valor absoluto	8- Trabalho decente e crescimento econômico; e 9- Indústria, Inovação e Infraestrutura.
Ação 5 - Intensificar a Cooperação Internacional	2 (duas)	Número de Iniciativas de Cooperação Internacional em MA	Valor absoluto	4- Educação de Qualidade; 8- Trabalho decente e crescimento econômico; e 17- Parcerias e Meios de Implementação
Ação 6 - Tecnologias Digitais Para Descoberta de Novos Materiais	1 (um)	Quantidade de projetos estabelecidos	Valor absoluto	7- Energia Acessível e Limpas; 9- Indústria, Inovação e Infraestrutura; e 12- Consumo e Produção Responsáveis.
Ação 7 - Fomentar Novas Áreas Disruptivas em Materiais Avançados	4 (quatro)	Número de Iniciativas em Áreas Disruptivas em MA	Valor absoluto	6- Água Potável e Saneamento; 9- Indústria, Inovação e Infraestrutura; 12- Consumo e Produção Responsáveis; e 14- Vida na Água.

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

## 12. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Plano de Ação de Ciência, Tecnologia e Inovação Para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, volume II – Materiais Avançados, é um documento vinculado à Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) e apresenta à sociedade um conjunto de orientações para articular, potencializar e explorar as sinergias dos programas, iniciativas e projetos na área de Materiais Avançados no Brasil, nos mais diversos níveis do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI). Destaca-se ainda que, para o pleno êxito e desenvolvimento da área de Materiais Avançados no Brasil, este Ministério sugere que os demais atores do SNCTI contribuam para a plena adoção, utilização e desdobramentos deste Plano de Ação em suas agendas de trabalho, explorando as regionalidades e particularidades de cada região do país.

## 13. DOCUMENTOS ESTRUTURANTES

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](http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/arquivos/ASCOM_PUBLICACOES/encti_2016-2022.pdf). 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](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 Comitê Interministerial de Nanotecnologia (CIN), instituído pela Portaria MCTIC nº 510, de 09 de julho de 2012.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). **Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN)**, instituída pela Portaria nº 3.459, de 26 de julho de 2019.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). **Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO)**, instituído pela Portaria nº 245, de 5 de abril de 2012, e regulamentado pela Instrução Normativa nº 11, de 02 de agosto de 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](https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologias_convergentes/arquivos/Cartilha-Plano-de-CTI_WEB.pdf). Acesso em: 19/08/2019

BELLUCCI, Felipe S. **Políticas públicas na área de materiais avançados, principais características e tendências**: sugestões à política de CT&I brasileira. Brasília: ENAP, 2019.

BRASIL. **Plano Nacional de Internet das Coisas**. Decreto nº 9.854, de 25 de junho de 2019. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/decreto/D9854.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9854.htm). Acesso em: 19/08/2019

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Minerais Estratégicos**. Brasília: MCTIC, 2018. Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologiasSetoriais/Plano-de-Ciencia-Tecnologia-e-Inovacao-Para-Minerais-Estrategicos.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
- CBCIN – Centro Brasil-China de Pesquisa e Inovação em Nanotecnologia
- CBPF – Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas
- CCFOTO - Comitê Consultivo de Fotônica
- CCNANOMAT – Comitê Consultivo de Nanotecnologia e Novos Materiais
- CEPID - Centro de Pesquisa, Inovação e Difusão
- CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
- CGTE – Coordenação-Geral de Desenvolvimento e Inovação em Tecnologias Estratégicas
- CIN – Comitê Interministerial de Nanotecnologias
- CNI – Confederação Nacional da Indústria
- CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia
- DETEC – Departamento de Tecnologias Estruturantes
- EMBRAPPII – Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial
- Encti – Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
- FAP – Fundação de Amparo à Pesquisa
- FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
- FAPERJ – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro

- FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
- FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos
- FNDCT – Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- IBN – Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia
- ICT – Instituição Científica, Tecnológica e de Inovação
- IES – Instituto de Ensino Superior
- INCT – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
- 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
- MEC – Ministério da Educação
- MF – Ministério da Fazenda
- MMA – Ministério do Meio Ambiente
- MME – Ministério de Minas e Energia
- MS – Ministério da Saúde
- NANoREG – A common European approach to the regulatory testing of nanomaterials
- OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
- ONU – Organização das Nações Unidas
- 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](mailto: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](http://www.mctic.gov.br)

