



Ministério da Educação (MEC)  
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)  
Diretoria de Avaliação (DAV)  
**47.mate@capes.gov.br**

## Documento de Área

---

**Área 47:**

**Materiais**

**Coordenador da Área:** Antonio Eduardo Martinelli  
**Coordenador Adjunto de Programas Acadêmicos:** Edvani Curti Muniz  
**Coordenadora de Programas Profissionais:** Patrice Monteiro de Aquim



## Sumário

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTADO DA ARTE DA ÁREA .....</b>                                      | <b>1</b>  |
| 1.1. Tendências, apreciações, orientações.....   | 1         |
| 1.2. Diagnóstico da área (incluindo a distribuição dos PPGs por região, nota e modalidade) ..... | 8         |
| 1.3. A interdisciplinaridade na área.....  | 15        |
| <b>2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O FUTURO DA ÁREA.....</b>   | <b>18</b> |
| 2.1. Inovações, transformações e propostas .....   | 18        |
| 2.2. Planejamento dos programas da área no contexto das instituições de ensino superior.....     | 19        |
| 2.3. Adoção da autoavaliação como parte da avaliação dos PPGs .....                              | 20        |
| 2.4. Perspectivas de impacto dos PPGs da área na sociedade.....                                  | 21        |
| 2.5. Perspectivas do processo de internacionalização dos PPGs .....                              | 22        |
| 2.6. Perspectivas de redução de assimetrias regionais e intrarregionais .....                    | 23        |
| 2.7. Visão da área sobre fusão, desmembramento e migração de PPGs.....                           | 24        |
| 2.8. Visão da área sobre a modalidade à distância.....   | 25        |
| 2.9. Visão da área sobre a modalidade profissional (especialmente o nível de doutorado).....     | 26        |
| 2.10. Medidas de indução de interação com a educação básica ou outros setores da sociedade ..... | 27        |
| 2.11. Visão da área sobre formas associativas .....  | 28        |
| 2.12. Visão da área sobre mecanismos de solidariedade (Minter/Dinter e Turma Fora de Sede)....   | 28        |



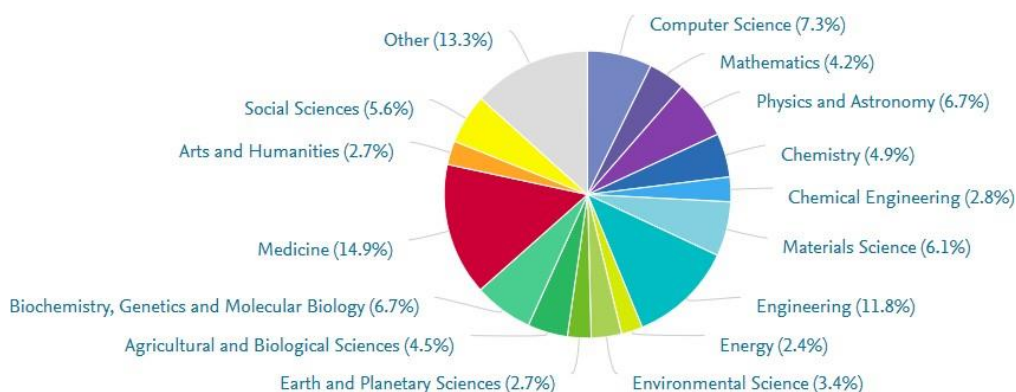
## 1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTADO DA ARTE DA ÁREA

### 1.1. Tendências, apreciações e orientações

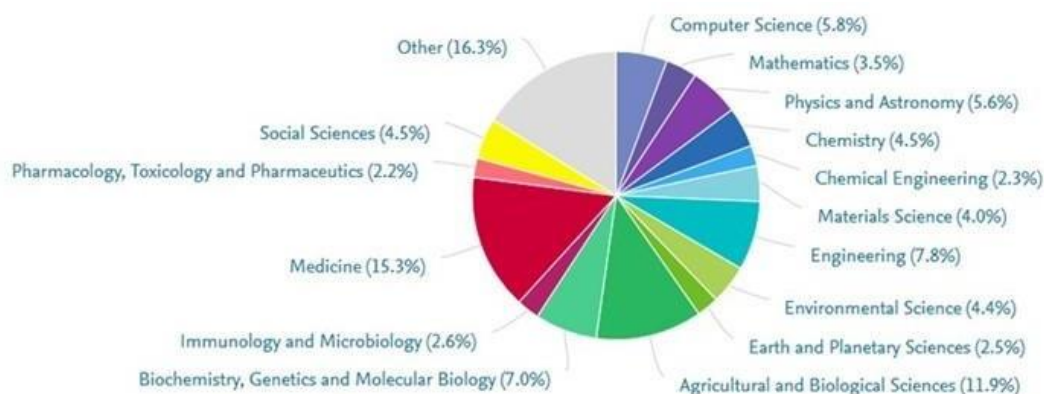
O progresso da humanidade tem sido moldado pelo uso de materiais, que representam marcos na evolução das sociedades. Materiais contribuem significativamente com a base tecnológica para a perpetuação e avanço da sociedade, disponibilizando recursos fundamentais como utensílios e defesa e abrigo, e mais recentemente, conforto e acesso à informação. O passo da evolução humana tem acelerado vertiginosamente. Da idade da pedra e da argila à idade dos metais foram necessários aproximadamente 600.000 anos de evolução. Já da idade dos metais até a idade do silício foram decorridos apenas 2000 anos.

Modernamente, o surgimento de materiais que sustentam rupturas no comportamento global de uma sociedade tem acelerado continuamente e o intervalo entre cada nova descoberta importante tem se reduzido a poucas décadas ou até mesmo anos. Desta forma, é notória a relação entre a evolução tecnológica vivenciada nas últimas décadas e o emprego de materiais avançados e novos processos de desenvolvimento e fabricação de produtos em larga escala para uma sociedade globalizada, influenciando diretamente os hábitos da atual e futuras gerações. Neste contexto, podem ser citados os semicondutores, compósitos poliméricos, materiais para baterias, nanotubos de carbono, materiais 2D, biomateriais e nanoestruturas metálicas. Assim, *smartphones*, GPS, televisores de alta resolução, materiais para substituição de órgãos, uso de sílica e outros materiais para encapsular medicamentos e criar vacinas com liberação controlada, novos fármacos e equipamentos com alta sensibilidade para diagnósticos médicos avançados tornaram-se de uso cotidiano.

A importância do desenvolvimento da pesquisa em materiais no mundo e no Brasil é ilustrada na Figura 1. A interdisciplinaridade é responsável pela classificação da produção intelectual da área de Materiais da CAPES em três subáreas: (i) ciência dos materiais; (ii) engenharia de materiais e (iii) correlatas. Atualmente, a contribuição isolada da subárea “Ciência dos Materiais” reportada em artigos é de 6% da produção científica mundial e 4% da produção nacional. Contudo, o atual nível de sofisticação exigido para o conjunto de propriedades de novos materiais tem enriquecido a natureza interdisciplinar da área, de forma que a fração da produção científica atual que envolve contribuições de pesquisa básica e aplicada abrangendo materiais avançados é muito maior. Um número considerável de publicações nas áreas de medicina, engenharias, farmácia, física, química, engenharia química e ciências ambientais, todas representadas na Figura 1, incluem em seu escopo, o papel desempenhado por biomateriais, materiais com propriedades elétricas e óticas, nanomateriais e materiais funcionais, que representam desde evoluções de materiais já existentes ou das propriedades de suas superfícies, até materiais completamente novos. Assim, áreas estratégicas como energia e meio ambiente, eletrônica, saúde, nanotecnologia e biotecnologia tem se beneficiado da interface de conhecimento com a área de Materiais.



(a)

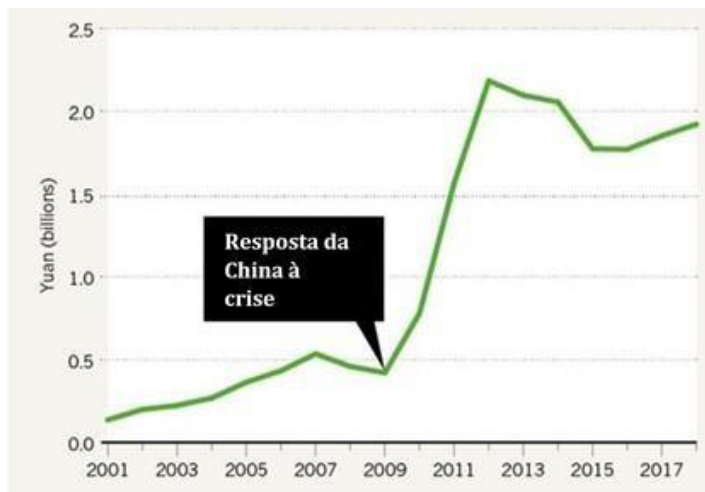


(b)

**Figura 1:** Publicações por área de conhecimento (a) no mundo e (b) no Brasil.  
 (Fonte: <https://www.scival.com>).

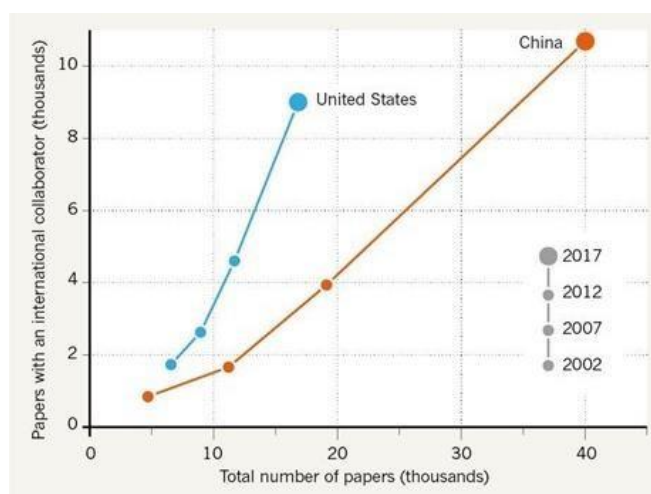
O progresso de nações contemporâneas empenhadas no desenvolvimento de alta tecnologia demonstra notória associação entre pesquisa básica e aplicada, para que a indústria crie e comercialize produtos que propiciem o bem-estar da sociedade. A área é protagonista na formação da base científica e tecnológica para o progresso na oferta de materiais avançados e processos de fabricação adequados para largas escalas típicas de uma sociedade globalizada.

Para exemplificar o papel da área de Materiais na revolução tecnológica de uma nação, pode ser considerado o exemplo da China, por ser membro do bloco econômico BRICS, assim como o Brasil. Na sua transformação para uma nação de economia moderna de alta tecnologia, a China respondeu à crise mundial aumentando seu investimento em Ciência e Engenharia de Materiais, de meio bilhão de yuanes (R\$288 milhões) em 2008 para 2 bilhões de yuanes (R\$1,2 bilhões), em 2012 (Figura 2), mantendo o investimento nos anos seguintes.



**Figura 2:** Investimento da Fundação China para Ciências Naturais no século XXI. (Adaptada de *Nature* 567, S1-S5 (2019) doi: 10.1038/d41586-019-00885-5).

O aumento substancial de investimento está principalmente atrelado ao programa denominado *Materials Genome Engineering*, ou Engenharia de Genoma de Materiais em tradução livre, lançado em 2016 e cuja meta é revolucionar a velocidade e eficiência com as quais o país pode desenvolver novos materiais. O programa é uma ação análoga ao *Materials Genome Initiative*, ou Iniciativa de Genoma de Materiais, um programa federal norte-americano orçado em US\$250 milhões (R\$1 bilhão), com o objetivo de transformar avanços em ciência dos materiais em aplicações industriais. Os resultados foram revertidos em progresso para o conhecimento da área de Materiais. A produção científica somada dos dois países, em 2017, superou 55.000 artigos, sendo 21.000 com colaboração internacional (Figura 3).



**Figura 3:** Número de artigos em ciência dos materiais da China e Estados Unidos, de 2002 a 2017. (Adaptada de *Nature* 567, S1-S5 (2019) doi: 10.1038/d41586-019-00885-5).

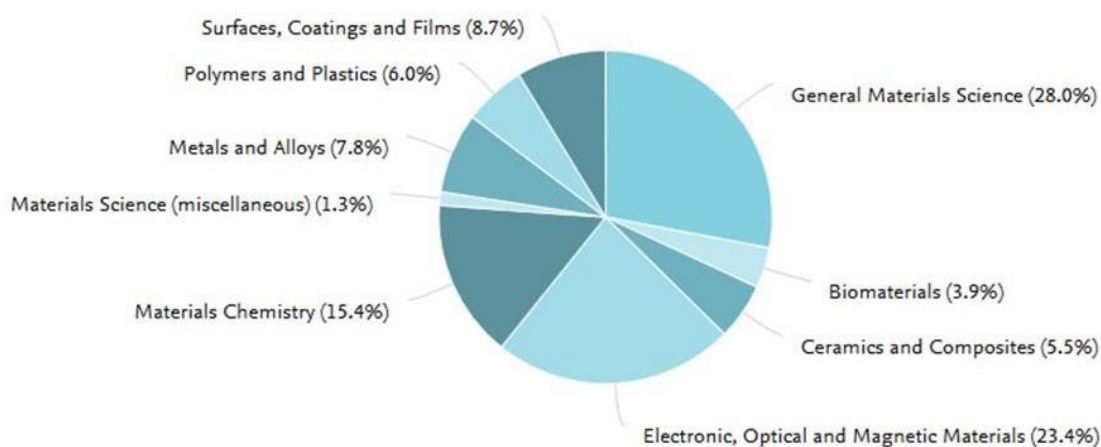
Os temas abordados pela pesquisa na área de Materiais, por China, Estados e Japão (outra nação com evidente economia pautada em alta tecnologia) apresentam clara relação com desenvolvimento industrial nas áreas estratégicas mencionadas anteriormente (Tabela 1).

**Tabela 1:** Principais temas da área de Materiais pesquisados por China, Estados Unidos e Japão, sua posição e fração da produção.

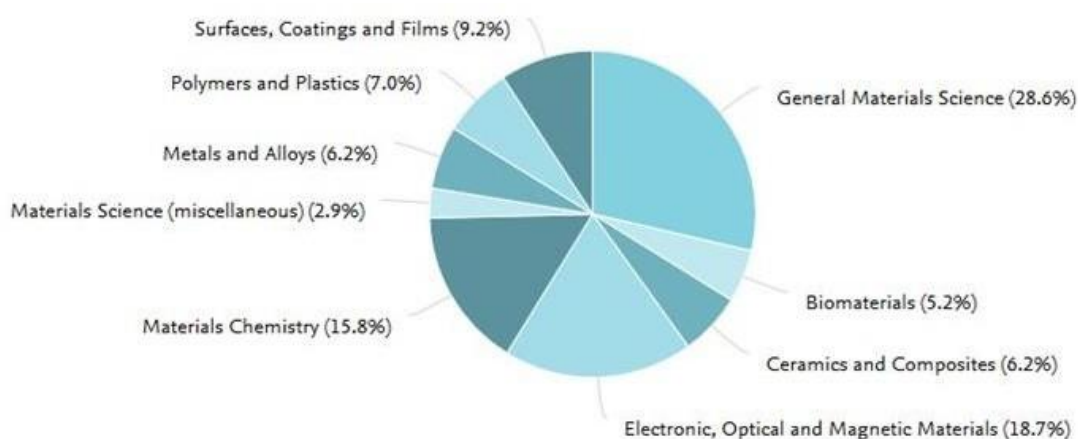
| Tema   | China      | Estados Unidos | Japão      | Aplicação                        |
|--|------------|----------------|------------|----------------------------------|
| <b>Perovskitas</b>                           | 1º (41,4%) | 2º (21,5%)     | 4º (6,9%)  | Baterias e células fotovoltaicas |
| <b>Camadas monoatômicas</b>                  | 1º (35,1%) | 2º (32,5%)     | 4º (6,6%)  | Semicondutores                   |
| <b>Filmes finos orgânicos</b>                | 1º (31,8%) | 2º (14,3%)     | 6º (3,8%)  | Energia solar e OLEDs            |
| <b>Pontos quânticos de carbono</b>           | 1º (61,5%) | 3º (8,8%)      | 13º (1,3%) | Eletrônica e sensores            |
| <b>Materiais flexíveis</b>                   | 1º (36,0%) | 2º (29,2%)     | 4º (5,9%)  | Eletrônica                       |
| <b>Estruturas metálicas orgânicas (MOFs)</b> | 1º (38,4%) | 2º (18,8%)     | 7º (4,5%)  | Energia e catálise               |
| <b>Fusão a laser</b>                         | 2º (20,0%) | 1º (22,9%)     | 12º (2,5%) | Energia renovável                |
| <b>Nanogeradores</b>                         | 1º (50,9%) | 2º (31,5%)     | 9º (2,0%)  | Energia                          |
| <b>Biochar</b>                               | 1º (42,1%) | 2º (19,3%)     | 24º (1,3%) | Ambiental                        |
| <b>Nanocristais de celulose</b>              | 1º (19,5%) | 2º (16,4%)     | 9º (5,3%)  | Membranas para separação         |

*Adaptado de Okoshi, Y (<https://asia.nikkei.com/Business/China-tech/China-s-research-papers-lead-the-world-in-cutting-edge-tech>).*

Os principais tópicos estudados no mundo e no Brasil, considerando-se a subárea Ciência dos Materiais, podem ser visualizados na Figura 4. Nota-se alta correspondência entre as temáticas abordadas no Brasil com a tendência mundial, o que demonstra boa contextualização da área de Materiais com o desenvolvimento global. O número médio de citações para a subárea Ciência dos Materiais, de 2015 a 2018, das publicações oriundas da pesquisa no Brasil é de 3,6. O mesmo valor é encontrado considerando a pesquisa de todas as áreas no Brasil. Para a produção científica mundial em todas as áreas, este valor é 3,8.



(a)



(b)

**Figura 4:** Principais tópicos estudados considerando-se publicações relacionadas à subárea Ciência dos Materiais (a) no mundo e (b) no Brasil.

(Fonte: <https://www.scival.com>)

No Brasil, a pesquisa científica está fortemente atrelada à pós-graduação. Desta forma, os dados apresentados anteriormente representam, de forma geral, a produção intelectual de docentes e discentes dos programas de pós-graduação. É perceptível a importante aderência da temática desenvolvida no Brasil com a mundial, bem como a compatibilidade da qualidade da mesma, tanto no escopo da área como no aspecto geral. É lícito concluir que a produção científica da área de Materiais no Brasil é de qualidade e segue a tendência da temática mundial, responsável pelo progresso econômico, industrial e social de nações em desenvolvimento, e com economia de alta tecnologia. Assim, a pós-graduação tem realizado seu papel na pesquisa de temas relevantes para a sociedade, com corpo de pesquisadores de competência reconhecida a partir da qualidade de sua produção intelectual.





Para que o Brasil efetivamente passe a integrar o conjunto das nações em desenvolvimento com economia de alta tecnologia, são necessárias políticas públicas do Estado Brasileiro para que a produção intelectual brasileira reverta em impactos econômicos e sociais para o país. A pós-graduação deve atuar para garantir que a qualidade da produção intelectual se estenda aos discentes dos programas, para que o investimento na formação de mestres e doutores fomente novas gerações de pesquisadores de qualidade e inseridos nas tendências mundiais. Com a união de políticas públicas e pós-graduação fortalecida, o Brasil poderá assumir um papel entre os líderes globais de inovação, conectando os desenvolvimentos feitos nas universidades e centros de pesquisa com os setores industrial, de serviços e órgãos públicos, produtores e usuários de alta tecnologia.

Nesta direção, duas ações que devem ser prioritariamente realizadas pelos programas de pós-graduação para o crescimento e o fortalecimento da área de Materiais são: *(i)* o fomento da produção intelectual discente com coautoria docente e *(ii)* a inclusão de jovens pesquisadores nos seus quadros de docentes permanentes. Indicadores que demonstrem a adoção de ações efetivas que comprovem o empenho dos programas nesse sentido tem sua relevância destacada na avaliação da área. Espera-se observar, assim, um impacto positivo nos índices de produção discente e em políticas de renovação dos corpos docentes dos programas da área, avaliando-se a produção qualificada dos programas a partir daquela que envolve os futuros pesquisadores da área.

Para que um programa de pós-graduação na área de Materiais possa atuar na linha de frente das tendências mundiais, algumas diretrizes devem ser planejadas e executadas. Além de corpo docente qualificado, e quantitativamente adequado (a área determina o mínimo de 10 docentes permanentes) é de fundamental importância que a infraestrutura local de equipamentos e laboratórios seja moderna e mantenha-se operacional. Entre outros fatores que devem ser considerados, destacam-se, também, os convênios com centros de excelência nacionais e internacionais, proporcionando agilidade no acesso a equipamentos de grande porte e alto custo e intercâmbio com grupos consolidados.

A constante busca por fomento à pesquisa, por parte dos docentes de programas, especialmente em associação, participando de editais, nacionais ou internacionais, ou atendendo demandas da indústria é de fundamental importância. Diversificar e ampliar a busca por fomento, apoiada na qualidade da produção científica, técnica e tecnológica dos pesquisadores, são iniciativas estimuladas para os programas da área. Projetos oriundos da participação de universidades e centros de pesquisa com empresas do setor de petróleo e energia constituem-se em um bom exemplo. Em termos internacionais, pode ser citada a iniciativa H2020, da Comunidade Europeia, que vem investindo cerca de 80 bilhões de euros em projetos de cunho tecnológico (<https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en>). A participação em editais específicos que visem o desenvolvimento colaborativo entre universidade ou centros de pesquisa e indústria, incluindo projetos de desenvolvimento tecnológico com bolsas de estudo para discentes, é um objetivo a ser almejado pelos programas da área. Com isso, os discentes terão melhores opções de inserção no mercado, além da docência e do empreendedorismo.



No contexto da colaboração internacional, a área de Materiais no Brasil desenvolve-se com clara aderência à tendência mundial e com colaboração acima da média das colaborações de todas as áreas (Figura 5). Isto demonstra que a área dialoga com a comunidade internacional em tópicos de comum interesse. Além disso, os resultados das ações de colaboração internacional se traduzem em fração significativa da produção científica de autores brasileiros. Sólidas ações de internacionalização contribuem para a inserção dos programas de pós-graduação no desenvolvimento mundial de novas tecnologias aderentes à área. Isto deve refletir em benefícios para a nova geração de pesquisadores, formada pelos antigos, atuais e futuros discentes dos programas de pós-graduação. É importante que experiências de internacionalização sejam realizadas por frações significativas dos corpos docentes dos programas de pós-graduação.



(a)



(b)

**Figura 5:** Participação da colaboração internacional na produção científica da (a) área de Materiais e (b) todas as áreas  
(Fonte: Scimagojr.com)

## **1.2. Diagnóstico da área (incluindo a distribuição dos PPGs por região, nota e modalidade)**

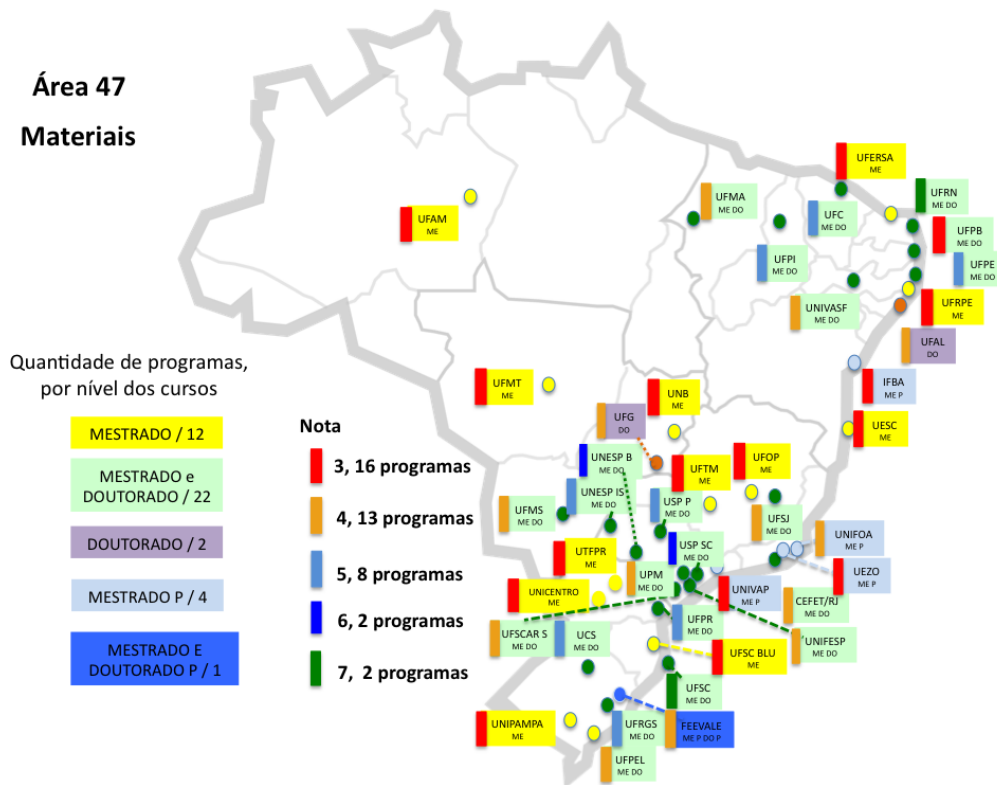
A área de Materiais na CAPES apresentou, durante 11 anos de existência (2008-2019), crescimento de 215%, passando de 13 programas em 2008 para 41 em 2019. Desses, 36 são acadêmicos e 5 profissionais. Os principais fatores que justificam esse crescimento são:

- a. Importância estratégica da área de Materiais no contexto de desenvolvimento tecnológico, econômico e social do país;
- b. Capilarização do ensino superior no país, principalmente do sistema federal, com a criação ou expansão de universidades e institutos de ensino e pesquisa fora das capitais dos estados;
- c. Formação de pesquisadores, especialmente biólogos, engenheiros, físicos e químicos, com competência para nuclear novos grupos de pesquisas interdisciplinares na área de Materiais tanto nas universidades recém-criadas quanto nas já existentes e
- d. Fortalecimento da engenharia na área de Materiais, ampliando a abrangência temática aplicada.

A distribuição atual dos programas da área de Matérias no território brasileiro está ilustrada na Figura 6, incluindo informações sobre modalidade (acadêmica ou profissional), cursos oferecidos (mestrado e/ou doutorado) e nota do programa. Os programas acadêmicos estão majoritariamente alocados em instituições públicas. Já dos programas profissionais, dois estão em instituições públicas e os demais em instituições comunitárias.

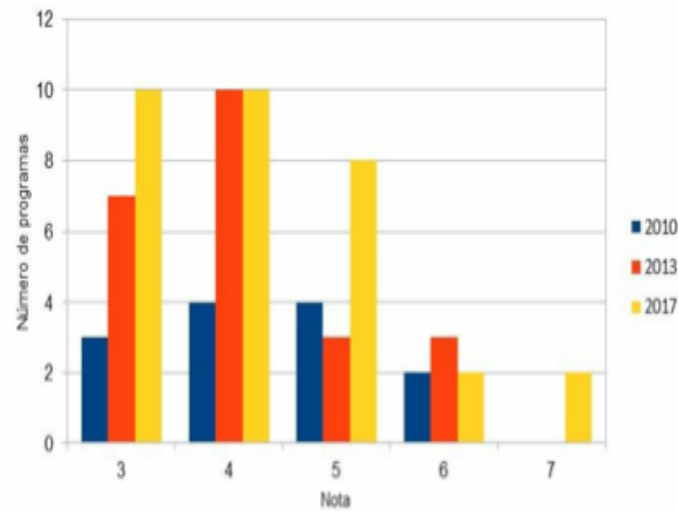
Uma análise da distribuição dos programas em função das diferentes regiões é feita no item 2.6 deste documento. Quanto à distribuição de notas, os programas acadêmicos estão assim avaliados:

- a) Nota 7: 2 programas, sendo 1 na região nordeste e 1 na região sul;
- b) Nota 6: 2 programas, ambos na região sudeste;
- c) Nota 5: 8 programas acadêmicos, sendo 3 na região nordeste, 2 na região sudeste e 3 na região sul;
- d) Nota 4: 13 programas, sendo 2 da modalidade profissional (1 na região sul e outro na região sudeste) e 11 acadêmicos (3 na região nordeste, 2 na região centro-oeste, 5 na região sudeste e 1 na região sul) e
- e) Nota 3: 16 programas, sendo 3 da modalidade profissional (2 na região sudeste e 1 na região nordeste) e 13 acadêmicos (1 na região norte, 2 na região centro-oeste, 4 na região nordeste, 2 na região sudeste e 4 na região sul).



**Figura 6:** Distribuição dos programas da área de Materiais por estado, instituição, modalidade, cursos oferecidos e nota.

Uma análise da evolução das notas dos programas da área nas avaliações trienais de 2010, 2013 e na quadrienal de 2017, indica uma consolidação gradual dos mesmos, como mostrado na Figura 7. Nas avaliações de 2010 e 2013, nenhum programa alcançou nota 7. Dois programas receberam nota 7 na avaliação de 2017. Outro indicador importante é o aumento do número de programas com nota 5. Em 2017, 8 programas foram avaliados com nota 5. Nas avaliações anteriores, este número variou entre 3 e 4 programas. Os programas avaliados com nota 5 incluem indicadores importantes de consolidação da produção científica, formação de doutores e internacionalização, entre outros aspectos. Nenhum programa acadêmico com nota 4 oferece somente o curso de mestrado. Dos 13 programas nota 4, 10 oferecem os dois níveis, mestrado e doutorado, incluído um programa na modalidade profissional que oferece mestrado e doutorado e dois programas acadêmicos que oferecem somente curso de doutorado. Os programas avaliados com nota 4 tem demonstrado ascensão e potencial de evolução, acompanhado por elevação de suas notas. Um aspecto importante, e que tem merecido especial atenção, são os programas que tem se mantido com nota 3 por mais de duas avaliações consecutivas (3 programas) ou aqueles que tiveram redução de nota, passando a nota de 4 para 3 (1 programa).



**Figura 7:** Notas dos programas de pós-graduação da área de Materiais, de 2010 a 2017.

A fim de avaliar se as assimetrias observadas na distribuição geográfica e de notas se refletem nos temas abordados pelas linhas de pesquisa dos programas, foi feita uma análise sobre os temas mais citados mundialmente em periódicos da área de Materiais (<http://www.scimagojcr.com>), ou seja:

- a) Biomateriais;
- b) Cerâmicas e compósitos;
- c) Materiais eletrônicos, ópticos e magnéticos;
- d) Metais e ligas;
- e) Nanomateriais e nanotecnologia;
- f) Polímeros e plásticos;
- g) Química de Materiais e
- h) Superfícies, recobrimentos e filmes.

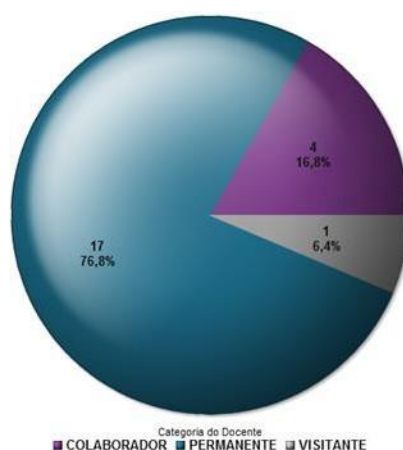
Há um bom alinhamento do estado-da-arte da área em nível mundial com os temas abordados nos projetos de pesquisa dos 41 programas da área de (Tabela 2).

**Tabela 2:** Número de temas mais citados mundialmente abordados pelos programas da área de Materiais e suas respectivas notas. (Fonte: plataforma Sucupira).

| Número de temas (a – h) estudados pelos programas | Número de programas | Notas dos programas |
|---|---------------------|---------------------|
| 3   | 4                   | 3-4-4-4             |
| 4   | 6                   | 3-3-3-3-4-5         |
| 5   | 7                   | 3-3-3-3-3-4-4       |
| 6   | 7                   | 3-3-3-4-4-5-6       |
| 7   | 10                  | 3-3-3-4-4-4-5-5-7-7 |
| 8   | 7                   | 4-4-5-5-5-5-6       |

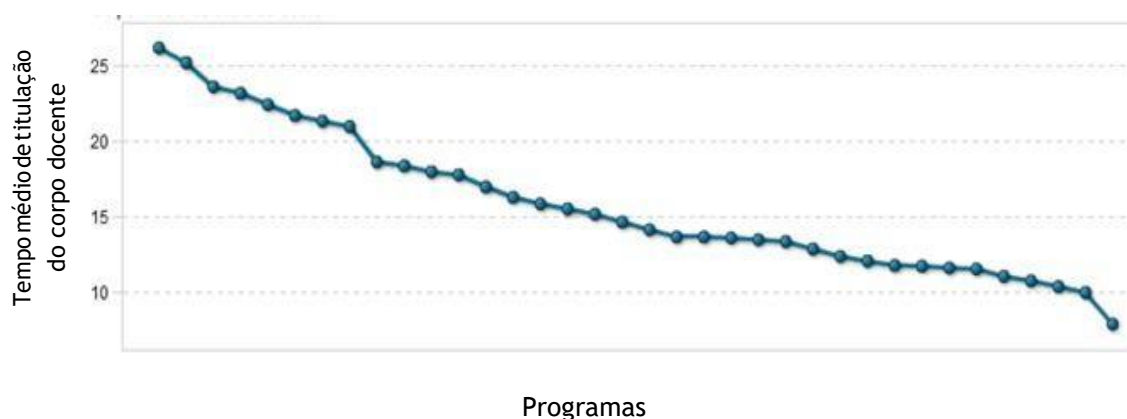
Da análise dos dados da Tabela 2, pode-se verificar que todos os programas da área atuam em três ou mais dos temas mais citados no mundo. Não houve correlação direta entre as notas dos programas e o número de temas que os programas atuam, uma vez que tanto programas mais novos, avaliados com nota 3, como mais consolidados (notas 5, 6 e 7) tem atuado em seis ou mais dos oito temas mais citados. Com a evolução dos mesmos, espera-se que a amplitude de atuação desses programas se adeque de forma natural priorizando qualidade e demanda.

A participação das diferentes categorias no corpo docente dos programas acadêmicos e profissionais da área é ilustrada na Figura 8. Os dados são referentes ao ano de 2017. De forma geral, docentes não permanentes correspondem a pouco mais de 20% do número de docentes.



**Figura 8:** Distribuição das categorias docentes nos 36 programas da área de Materiais em 2017. (Fonte: plataforma Sucupira).

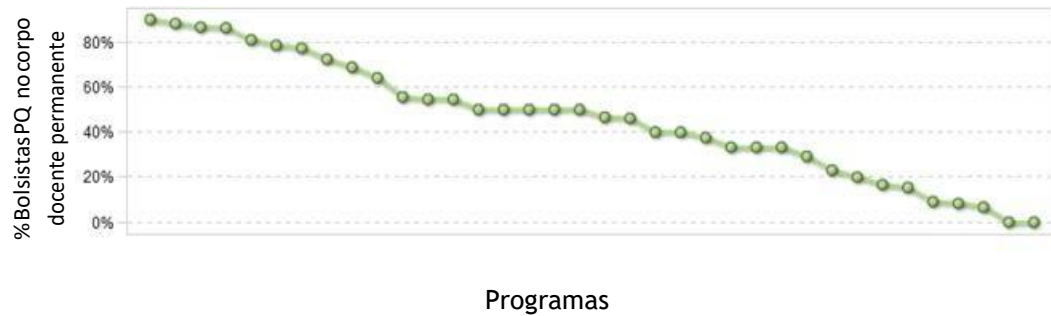
Os docentes permanentes possuem o título de doutor há 15 anos, em média (Figura 9). Este tempo varia, gradualmente, de 5 a 28 anos, e indica que na totalidade dos programas coexistem docentes permanentes mais experientes com mais jovens. Os programas mais consolidados (com notas 5, 6 e 7) apresentam tempos médios de obtenção do título de doutor acima de 15 anos, portanto maiores que a média nacional da área, enquanto que as médias dos cursos em fase de consolidação (com notas 3 e 4) são menores que a média. Neste ponto, dois aspectos merecem destaque. Primeiramente, os cursos mais consolidados devem executar ações que busquem manter a qualidade de seus quadros docentes considerando as aposentadorias que podem ocorrer em curto e médio prazo. Neste sentido, reforça-se o incentivo para que jovens doutores ingressem nos programas, como medida importante. Por outro lado, cursos em fase de consolidação devem executar ações e políticas que possibilitem amadurecimento de seus quadros docentes, principalmente, por meio de cooperações com grupos mais consolidados, da própria instituição ou de outras instituições nacionais ou estrangeiras, por meio de ações de internacionalização.



**Figura 9:** Tempo médio de titulação dos docentes permanentes dos 36 programas avaliados pela área de Materiais em 2017. Cada ponto do gráfico representa um programa.

(Fonte: plataforma Sucupira)

A porcentagem de docentes permanentes com bolsas de produtividade em pesquisa do CNPq (PQ) em cada um dos 36 programas avaliados em 2017 é ilustrada na Figura 10. Há correspondência direta entre a Figura 9 e a Figura 10. Os programas mais consolidados são os que possuem maiores números de docentes permanentes com bolsa PQ/DT em seus quadros, indicando a alta qualificação dos docentes da área. A porcentagem média de docentes permanentes com bolsa PQ/DT, em 2017, na área foi de 45,74%. No entanto, os cursos mais consolidados superam 80%.



**Figura 10:** Proporção de bolsista PQ nos 36 programas avaliados pela área de Materiais em 2017. Cada ponto do gráfico representa um programa.  
 (Fonte: plataforma Sucupira)

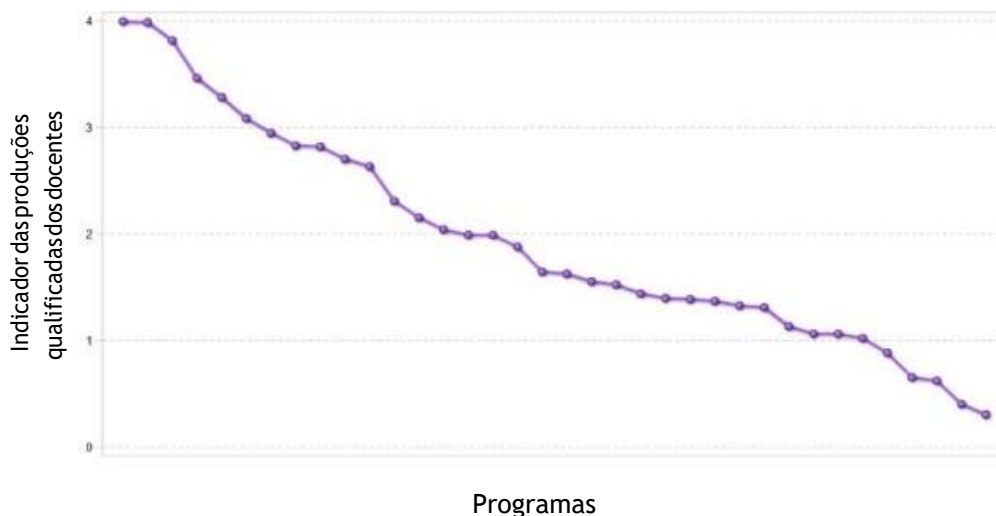
A porcentagem de docentes permanentes em projetos com financiamento diminuiu de 90% nos programas mais consolidados para cerca de 20% na maioria dos cursos com nota 3. Três dos programas com nota 3 não atingiram o percentual de 20% neste indicador (Figura 11).



**Figura 11:** Proporção de docentes que participam de projetos e projetos financiados em 2017. Cada ponto do gráfico representa um programa.  
 (Fonte: plataforma Sucupira)

Quanto à produção científica, o número de artigos publicados por docente e por ano para cada um dos 36 programas de pós-graduação da área, em 2017, é apresentado na Figura 12. Nos programas mais consolidados, cada docente publicou em média 4 artigos em periódicos classificados como A1 e A2 do Qualis da área. Este valor decai com a diminuição da nota do programa, chegando a menos de 0,5 artigo por docente por ano. A média de produção por docentes da área nos estratos A1 e A2 é 1,93 artigo por docente por ano. Contudo, o cenário de maior atenção envolve a produção científica com autoria discente e de egressos, que é menor que 50% da produção científica dos programas.



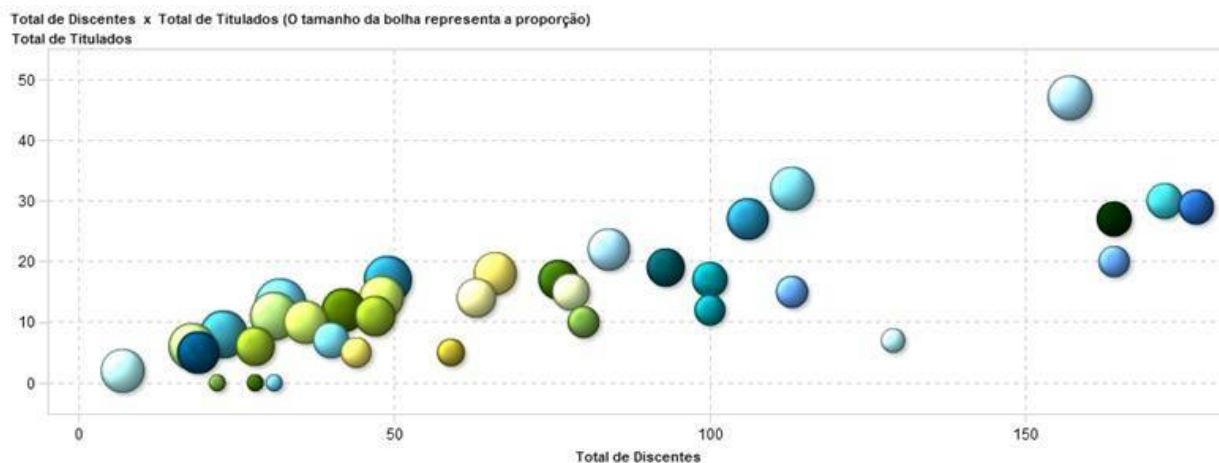


**Figura 12:** Número de trabalhos publicados por docente-ano nos 36 programas avaliados em 2017. Cada ponto do gráfico representa um programa.

(Fonte: plataforma Sucupira)

No que se refere à produção técnica, a avaliação quadrienal mostrou que os programas da área tem em média 0,5 produto técnico relevante (patentes, aplicativos, produtos e processos) por docente permanente. Já para os programas profissionais, a média é 6,9. Quanto às patentes, os dois cursos profissionais com nota 4 na última avaliação quadrienal apresentaram 14 e 10 patentes depositadas, enquanto um dos cursos nota 3 depositou 4 patentes. Outro aspecto importante foi a aplicabilidade das dissertações defendidas da modalidade profissional e a presença do setor industrial como parceiro.

O número de titulados em função do número de alunos matriculados está ilustrado na Figura 13. O percentual médio de alunos titulados em relação ao número total de discentes matriculados no quadriênio foi 20,71%. Para o doutorado, o valor foi 25%, o que representa alta eficiência na titulação. A expectativa é que a eficiência aumente à medida que os cursos novos atinjam maior estágio de consolidação.



**Figura 13:** Número de titulados em função do número de alunos matriculados. Cada bolha representa um programa específico dentre os 36 programas avaliados em 2017. O tamanho da bolha representa a razão entre titulados e número de discentes para cada programa.

(Fonte: plataforma Sucupira)

### 1.3. A interdisciplinaridade na área

O conceito de multidisciplinaridade refere-se à abordagem de um tema em mais de uma disciplina, sem, no entanto, que relações diretas entre elas sejam estabelecidas. Já a interdisciplinaridade requer inter-relações mais profundas entre as disciplinas, que na área de Materiais constituem o campo de conhecimento *STEM*, *Science*, *Technology*, *Engineering*, and *Mathematics* (Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática).

A interdisciplinaridade está não somente na essência da área Materiais, mas figura entre as recomendações do documento de Diretrizes Curriculares da Educação Básica do Ministério da Educação, para organização da matriz curricular do ensino fundamental e médio. As primeiras noções sobre conteúdos característicos de Materiais, tais como o homem e seu ambiente, o planeta e seus elementos, meios de locomoção e energia são assuntos abordados em Ciências da Natureza no ensino fundamental e desdobrados no Ensino Médio em Biologia, Física e Química. As diretrizes curriculares nacionais para os cursos de graduação em Engenharia de Materiais também estabelecem, entre as competências e habilidades necessárias para a formação contemporânea desses profissionais, a multi e interdisciplinaridade de conhecimentos para identificar, formular e resolver problemas relacionados à modalidade.

A história do crescimento da área de Materiais, no Brasil e no mundo, aponta para o aprofundamento da investigação e do conhecimento das relações entre estrutura dos materiais em seus diferentes níveis (estrutura atômica, estrutura cristalina e microestrutura), processamento e desempenho. No passado, a pesquisa em materiais evoluiu ao longo de linhas disciplinares envolvendo física, química e engenharias. A partir dessa base, a pesquisa em Ciência e Engenharia de Materiais subentendia matrizes multidisciplinares de componentes curriculares que relacionassem estruturas, processamento, propriedades, funções e aplicações de materiais. Uma divisão semelhante, também se observava na esfera industrial, com empresas especializadas em



Ministério da Educação (MEC)  
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)  
Diretoria de Avaliação (DAV)  
**47.mate@capes.gov.br**

metais, outras em cerâmicas, vidros, produtos químicos ou em materiais para eletrônica. Além disso, era comum a segregação de assuntos característicos de Ciência de Materiais, abrangendo as disciplinas científicas tradicionais, de temas mais aplicados, ou de Engenharia de Materiais, contendo conceitos de engenharia ligados ao estudo de processos e temas ligados a aplicações de materiais. As disciplinas interagem de forma superficial, trocando métodos, técnicas e terminologia, principalmente, por meio de processos usuais de difusão do conhecimento.

O cenário de desenvolvimento atual da área mostra que essa abordagem multidisciplinar segmentada em disciplinas é válida para a resolução de problemas simples. No entanto, os desafios atuais do desenvolvimento científico e tecnológico requerem interações mais aprofundadas entre as linhas de conhecimento disciplinares. Neste sentido, busca-se o desenvolvimento de projetos e produtos com desempenho cada vez mais complexos envolvendo os temas de maior importância para economias de alta tecnologia. Assim, surge a dependência de conhecimentos sólidos sobre fenômenos físicos, químicos e biológicos que, quando inter-relacionados, caracterizam uma crescente diversidade de materiais que devem ser produzidos por métodos modernos e sofisticados. Estes necessitam ser avaliados por técnicas avançadas de caracterização e importantes ferramentas de modelagem, computação intensiva envolvendo, em muitos casos o uso de *big data* e de *soft computing* para o design e predição das propriedades dos materiais.

As áreas de conhecimento necessárias para desenvolver modernos componentes de engenharia, desde sensores industriais até dispositivos biomédicos, não coincidem com limites disciplinares tradicionais. Ao contrário, novas demandas na área de Materiais, fomentadas pelo desenvolvimento de tecnologias complexas, exigem abordagens interdisciplinares para atingir seus objetivos técnicos e econômicos. Esse movimento também está acontecendo na pesquisa de materiais básicos. O próprio núcleo da Ciência de Materiais, a relação entre propriedades, estrutura e composição, implica a necessidade de esforços combinados de físicos, químicos, biólogos e engenheiros. A pesquisa de materiais oferece um ponto de encontro natural da pesquisa básica com a aplicada, no desenvolvimento de produtos.

Na pós-graduação, a área de Materiais estabelece a interdisciplinaridade como requisito essencial para que os programas estejam alinhados à temática pertinente para o avanço do conhecimento básico e aplicado na área, no escopo nacional e internacional. Além de oferecer sólida formação básica, matrizes curriculares atualizadas devem destacar a interdisciplinaridade de seus componentes, oferecendo conteúdos compatíveis com as linhas de pesquisa do programa e para atuação discente nos projetos desenvolvidos no âmbito do mesmo. Os programas devem estimular a busca pela fronteira do conhecimento, acelerando o desenvolvimento de novos materiais com propriedades biológicas, mecânicas, ópticas, elétricas, magnéticas, entre outras. Aplicações nas áreas da saúde e tecnológicas, como por exemplo em campos da indústria, como agricultura, medicina, alimentos e fármacos, mineração, geração de energia, automobilístico, aeroespacial e outros, são as mais pretendidas. Isso requer uma abordagem mais ampla quanto às classes de materiais empregadas em solução de problemas. Pesquisadores precisam ser formados com capacidade para estudar o processamento e as propriedades dos mais diversos tipos de materiais, exercendo prática de abordagem com rigor científico e experimental, com sensibilidade para as questões éticas, humanísticas, sociais e ambientais. Os programas devem planejar seu futuro com vistas a preparar seus egressos para dialogar e trabalhar em equipes interdisciplinares



Ministério da Educação (MEC)  
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)  
Diretoria de Avaliação (DAV)  
**47.mate@capes.gov.br**

de profissionais com os mais diversos perfis acadêmicos, tanto em projetos de ciência básica quanto aplicada.

Além do perfil do egresso, a realidade interdisciplinar da área de Materiais também impõe considerações sobre o corpo docente e o público-alvo dos programas. Visto que a área ainda é recente no país, um número significativo de docentes e discentes dos programas de pós-graduação não apresentam completa formação em materiais. Tipicamente, físicos, químicos, biólogos, farmacêuticos e engenheiros de diversas modalidades compõem esses dois grupos. Longe de ser um obstáculo, esta é uma oportunidade para articular pesquisadores que detém métodos e técnicas distintas, espalhadas por diferentes ramos do conhecimento, aprimorar materiais existentes, gerar novos materiais e desenvolver novas aplicações para soluções de problemas. Nesse sentido, os programas devem estabelecer condições que permitam ingresso e atuação de docentes e discentes de diferentes áreas de formação, desde que consoantes com a vocação e os objetivos estabelecidos pelo programa e sua instituição.

A moderna Ciência e Engenharia de Materiais alargou o campo de interdisciplinaridade definido tradicionalmente pelo campo de conhecimento *STEM*, abrangendo profissionais de áreas diversas, como cientistas da computação, geólogos, farmacêuticos, arquitetos, fisioterapeutas, entre outros, em torno de temas que envolvem necessidades de grandes avanços ou até mesmo rupturas no comportamento de materiais aplicados à solução dos problemas de suas áreas de atuação. Assim se desenvolvem áreas estratégicas para o crescimento econômico e desenvolvimento social sustentável de uma nação moderna pautada na alta tecnologia.

A contínua necessidade de inovação em áreas estratégicas, mas com forte comprometimento humanístico e ambiental deve contribuir para o aumento da necessidade por colaborações interdisciplinares que, por sua vez, ditarão o estabelecimento e consolidação de grupos de pesquisa em Materiais. Portanto, é essencial que os programas de pós-graduação estabeleçam condições que conduzam à efetiva pesquisa interdisciplinar em materiais e abram caminho para a flexibilidade de suas pesquisas para incluir novas tendências na área, permitindo que produtos e processos alcancem o setor industrial.

A criação de incubadoras de negócios ligadas à vocação regional, ou mesmo associadas à instituição, vem ocorrendo de forma natural na área de Materiais. As incubadoras têm prestado essencial apoio às *startups* e assessoria em áreas em desenvolvimento, associado a finanças, apoio jurídico, marketing e precificação, entre outros. O incentivo aos discentes e docentes na criação de *startups* de forma a atingirem o mercado com os produtos e processos desenvolvidos em suas pesquisas é incentivado pela área, por possuir efeito de alavancar e diversificar o mercado de trabalho e a economia.



## 2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O FUTURO DA ÁREA

### 2.1. Inovações, transformações e propostas

A agenda mundial no setor de pesquisa e desenvolvimento tem se direcionado fortemente às iniciativas que promovam inovações, preferencialmente disruptivas. A área de Materiais tanto no Brasil, como no mundo, nasceu e se desenvolve em torno da inovação. Tradicionalmente constituída por dois alicerces fundamentais, isto é, Ciência e Engenharia de Materiais, não é mais possível distinguir fronteiras bem definidas entre esses dois campos. Como resultado da associação entre ciência básica e aplicada, as inovações apresentadas à sociedade têm promovido transformações socioeconômicas sem precedentes. Embora ainda com pouca participação de criações genuinamente brasileiras, a atuação da comunidade acadêmica nacional tem ganhado competitividade na produção científica mundial, por meio do fortalecimento das instituições, da qualidade de formação e de colaborações internacionais.

A tendência mundial da área é expressa nos programas de pós-graduação do Brasil, onde a forte interligação entre ciência e tecnologia é descrita no escopo e praticadas por docentes e discentes dos programas de pós-graduação. Esta realidade é reflexo da formação multidisciplinar dos grupos de pesquisas nucleadores dos programas de pós-graduação da área com a criação de ambientes de pesquisa básica e aplicada, espontaneamente retratadas nos temas de dissertações, teses ou trabalhos de conclusão, onde a multidisciplinaridade tem evoluído para a interdisciplinaridade. Esta é alvo constante na formação discente para que a atuação do egresso esteja em conformidade com a demanda do campo de atuação na área. A área preconiza, desde sua criação, que a matriz curricular de seus programas inclua, na forma de conteúdos teóricos e experimentais obrigatórios, conceitos de ciência, tecnologia, processamento, análise, caracterização e aplicações de materiais, e a relação estrutura-processamento-propriedades, levando-se em conta o estado-da-arte da área. É essencial que os programas se mantenham atualizados com as rápidas transformações que ocorrem na área e ofereçam a seus discentes, além de sólida formação básica específica, conteúdos modernos e acesso a equipamentos de última geração.

Egressos de cursos de pós-graduação da área de Materiais, independentemente da modalidade (acadêmica ou profissional) e do nível (mestrado ou doutorado), devem reunir conhecimentos sobre as principais técnicas de síntese, processamento e caracterização de materiais utilizadas na atualidade, seus fundamentos, aplicações e complementaridades. Além disso, devem ter a capacidade de analisar de forma crítica as possibilidades de atendimento às demandas da sociedade por meio de novos materiais ou modificações de materiais tradicionais, bem como seus processos convencionais e inovadores de fabricação. Para tal, é necessário que os programas se apoiem cada vez mais em infraestrutura moderna e funcional, parcerias entre grupos de pesquisa no Brasil e no exterior, formação docente continuada e com viés de internacionalização e abertura de oportunidades para jovens docentes. Por fim, que tais elementos de qualidade sejam revertidos para a formação de seus discentes, preparando recursos humanos para a próxima geração da área de Materiais do Brasil.



Indicadores da qualidade da formação discente receberão destaque crescente na área de Materiais. A participação dos discentes na produção intelectual e no impacto econômico e social da produção intelectual, científica e técnica, dos programas de pós-graduação da área, deve ser inequívoca e visível para a sociedade. A publicação dos resultados do desenvolvimento de dissertações, teses ou trabalhos de conclusão deve ilustrar o protagonismo discente aliado a seus orientadores e colaboradores e deve mirar veículos de divulgação de notória qualidade e visibilidade condizente com o público alvo da divulgação. Em termos científicos e tecnológicos, esses aspectos são comumente revertidos em artigos publicados em inglês e em periódicos com altos fatores de impacto e/ou em produtos técnicos e tecnológicos relevantes associados aos trabalhos discentes.

A inovação colocada em prática requer que os programas incentivem, na formação discente, sua capacidade inventiva e de empreender e que os habilite a redigir pedidos de patentes e interpretar patentes existentes de forma crítica. É desejável que sejam estimuladas atividades que propiciem a geração de empresa iniciantes, com perfil inovador e que acompanhem as necessidades decorrentes da demanda tecnológica aliada às fortes restrições de impacto ambiental esperadas para a próxima geração. Assim, além das atividades tradicionais da pesquisa acadêmica, os programas de pós-graduação na área devem buscar interações com a indústria, com o setor de serviços e órgãos públicos, incluindo desde grandes empresas até *startups*. Essas habilidades devem ter ênfase, mas não serem restritas, aos programas da modalidade profissional. A ciência depende de conhecimento e a sociedade de inovação.

## **2.2. Planejamento dos programas da área no contexto das instituições de ensino superior**

Os programas de pós-graduação da área de Materiais devem atualizar anualmente o planejamento de suas atividades de curto, médio e longo prazo. O conjunto de ações da coordenação e do corpo docente deve demonstrar coerência com as metas e com o planejamento do programa, refletidos na ampla divulgação de sua oferta de vagas, atualização de seu corpo docente, linhas de pesquisa ou atuação, revisão frequente de sua matriz curricular, busca por financiamento para a pesquisa, estabelecimento de parcerias e iniciativas de solidariedade, expansão de ações de internacionalização, divulgação da produção discente e formação de egressos, manutenção de canais de visibilidade para a sociedade e globalização. É importante que os programas apresentem em seus relatórios periódicos, metas atualizadas, o planejamento das ações para que as mesmas sejam atingidas e o roteiro de autoavaliação para o acompanhamento da realização de suas atividades, seus impactos científicos-tecnológicos, socioeconômicos e a sua vocação regional, nacional e internacional.

Espera-se que as metas estabelecidas pelos programas retratem a pós-graduação como elemento de fundamental importância no planejamento das instituições de ensino ou pesquisa onde se inserem. A consolidação da pós-graduação necessita de suporte institucional para demandas administrativas, operacionais, de espaço físico, expansão do financiamento para formação discente, mobilidade docente e discente e interface com a sociedade.





Outro aspecto relevante refere-se à vinculação entre a graduação e a pós-graduação na área de Materiais. Uma fração considerável dos programas de pós-graduação da área foi implantada a partir de composições de corpos docentes oriundos de diferentes unidades acadêmicas, especialmente em instituições que não oferecem cursos de graduação específicos de materiais, principalmente engenharia de materiais. Assim, deve compor o planejamento dos programas, ações que estimulem forte interação dos docentes da pós-graduação com os cursos de graduação afins, dentre os ofertados pelas instituições proponentes, especialmente, química, física, biologia, e engenharias. Desta forma, espera-se que a iniciação à pesquisa na área de Materiais tenha lugar na graduação, o que contribui com a expansão do público-alvo e acesso à pós-graduação. Compete ao programa e sua instituição, realizar ações e diagnosticar a interação entre a graduação e a pós-graduação, buscando efetiva vinculação entre docentes e discentes dos dois níveis de formação.

### **2.3. Adoção da autoavaliação como parte da avaliação dos PPGs**

A autoavaliação é um processo planejado, conduzido, implementado e analisado pelo próprio programa de pós-graduação e instância competente de sua instituição, ou seja, pelos próprios agentes formuladores das ações a serem avaliadas. Já aplicada na educação superior e, atualmente, recomendada como importante parâmetro de acompanhamento das ações dos programas de pós-graduação, a autoavaliação consiste de um mecanismo sistemático e contínuo de monitoramento da qualidade do programa, que complementa o processo de avaliação externa.

Os procedimentos da autoavaliação dos programas de pós-graduação devem ser descritos, incluindo os mecanismos de acompanhamento adotados pelo programa para avaliar a efetividade de seu planejamento e das ações decorrentes dos mesmos. Deve ser dada ênfase às ações do programa que visem atingir metas definidas para formação discente, produção de conhecimento científico e tecnológico, atuação e impacto econômico e social. Os programas de pós-graduação devem ter processos autoavaliativos próprios, definidos e geridos pela comunidade acadêmica que os utilizam, mas devem estar integrados à autoavaliação institucional.

Os procedimentos descritos a seguir demonstram a capacidade autoavaliativa de um programa de pós-graduação:

1. Formação de comissão própria de avaliação do programa, envolvendo docentes, discentes e técnicos, quando couber, e realização de reuniões periódicas para avaliar o planejamento do programa e sua execução;
2. Realização de questionários para avaliação de tópicos como infraestrutura, atuação docente, projetos de pesquisa, atividades de ensino, produção científica e técnica;
3. Realização de seminários periódicos para a comunidade envolvida no programa, estimulando a reflexão e avaliação aprofundada das potencialidades e fragilidades do programa;
4. Redação de relatórios contendo comentários e sugestões explicitando as questões discutidas na autoavaliação, bem como os resultados de avaliações institucionais.





Como primeira etapa na inclusão deste item na ficha na avaliação, a área de Materiais analisará o atual estágio de implantação da política de autoavaliação dos programas, aferindo se ela está planejada, planejada e em implementação, implementada, ou implementada e já com ações decorrentes.

#### **2.4. Perspectivas de impacto dos PPGs da área na sociedade**

O impacto de um produto é definido pela sua utilidade e benefícios dele derivados. Aplicado à pós-graduação, impacto é um conceito que exprime a utilidade e os benefícios dos produtos gerados no ambiente dos programas para a sociedade. A avaliação de impactos econômicos e sociais é importante ferramenta para aferir o retorno da pós-graduação para a sociedade e entidades de fomento e para subsidiar a distribuição de recursos de pesquisa, desenvolvimento e inovação.

A definição de indicadores de impacto é tarefa necessária, mas complexa, e que começa a ser desenvolvida no âmbito do Sistema Nacional de Pós-Graduação. Portanto, embora o conceito se estenda aos recursos humanos oriundos da pós-graduação, mestres e doutores, em primeira análise e como dimensão de avaliação, o termo impacto será empregado aos produtos resultantes de pesquisa aplicada, sejam eles científicos, técnicos ou tecnológicos. Ainda para fins de contextualização, ressalta-se que impactos são diferentes de produtos. Produtos são os resultados diretos da pesquisa, enquanto impactos são os efeitos dos produtos na economia ou na sociedade. Para que haja impacto é necessário que haja mecanismos de transferência de conhecimento da academia para a sociedade. No contexto da área de Materiais, alguns dos principais produtos passíveis de análise de impacto incluem produtos bibliográficos, patentes e tecnologias não patenteáveis, aplicativos, normas ou marcos regulatórios. Os principais impactos gerados por esses produtos podem ser de natureza econômica, ambiental, educacional, social ou para a área da saúde. O impacto científico da produção intelectual da pós-graduação deve ser avaliado por indicadores específicos para este fim e constituem-se em outra dimensão de avaliação.

Duas estratégias podem ser adotadas para descrição do impacto da pós-graduação na sociedade. A primeira é por meio de indicadores quantitativos e a segunda pela qualificação em estudos de casos. Esse último produz melhores evidências, mas deve ser feito a partir de produção selecionada para que a avaliação seja factível. Desta forma, o relato de um impacto do programa deve ser iniciado pela identificação do produto, seu vínculo direto com o programa de pós-graduação e o mecanismo de transferência da tecnologia para a sociedade. Em seguida, o impacto deve ser descrito e qualificado por meio de suas principais características, ou seja, natureza, setores beneficiados, tipo de efeitos (diretos ou indiretos), e temporariedade. Não é desejável que os impactos sejam casuais. Eles devem ser previstos na elaboração do plano de pesquisa, estarem alinhados com o objetivo do programa e da instituição e ter acompanhamento durante a execução da mesma. Assim, avaliar impactos é avaliar, de antemão, se os objetivos traçados para esta finalidade foram cumpridos.



## **2.5. Perspectivas do processo de internacionalização dos PPGs**

A internacionalização dos programas de pós-graduação, responsáveis por fração significativa da produção científica e tecnológica do país, é peça fundamental para o crescimento e consolidação da ciência brasileira no cenário mundial. A produção científica brasileira da área de Materiais apresenta forte colaboração internacional. Isto é resultado de interesses comuns em linhas de pesquisa que estão na fronteira do conhecimento, tanto do ponto de vista científico, quanto tecnológico e de inovação. Mais do que acesso a facilidades experimentais, ações estruturantes de internacionalização implicam em compartilhamento de conhecimento e aprofundamento crítico, que deve impactar o desenvolvimento de novas soluções em um horizonte de crescimento sinérgico e correlacionado com pesquisas de interesse comum.

As ações de internacionalização reportadas pelos programas da área no período de 2013 a 2016, e avaliadas na Quadrienal de 2017, refletem, tanto em natureza quanto em número, os diferentes estágios de consolidação dos programas neste quesito. A área de Materiais mais do que triplicou de tamanho em dez anos. Ainda assim percebe-se, como expressão da tendência natural da área, com várias linhas de pesquisa na fronteira do conhecimento e na Agenda Nacional de Pesquisa (nanomateriais e materiais nanoestruturados), algum grau de internacionalização em suas ações. Nesta direção, seminários por parte de pesquisadores visitantes do exterior, mobilidade discente e docente e abertura para recém-doutores com experiência internacional, até acordos de dupla diplomação e editais específicos para candidatos a mestrado e doutorado do exterior são pertinentes. O conceito de internacionalização deve ser explorado de forma sistêmica, abrangente para a toda a área, independentemente da nota do programa, desde a ampla visibilidade por meio de páginas na internet em outros idiomas até a valorização de ações que representem iniciativas do programa, em contraposição a ações pontuais e individuais e a cooperação entre programas visando fomentar a internacionalização como elemento importante da política de excelência da área no Sistema Nacional de Pós- Graduação. As ações de internacionalização consideradas importantes pela área de Materiais incluem:

- a) Acordos de dupla diplomação;
- b) Missões para capacitação continuada de docentes;
- c) Intercâmbio com recursos para mobilidade discente, por ações isoladas ou, preferencialmente, institucionalizadas para períodos de curta, média e longa duração;
- d) Projetos em conjunto com pesquisadores de empresas e instituições de ensino e pesquisa do exterior, envolvendo discentes de programas de pós-graduação;
- e) Recepção de eventos internacionais ou participação de membros do corpo docente em comissões organizadoras de eventos internacionais;
- f) Participação de docentes no corpo editorial de revistas internacionais;
- g) Mecanismos de ingresso de estudantes de outros países;
- h) Financiamento por projetos internacionais;



- i) Participação de pesquisadores visitantes internacionais nas atividades presenciais do programa, incluindo oferta de disciplinas em outro idioma, preferencialmente inglês e
- j) Produção intelectual em coautoria como resultado de efetiva ação colaborativa

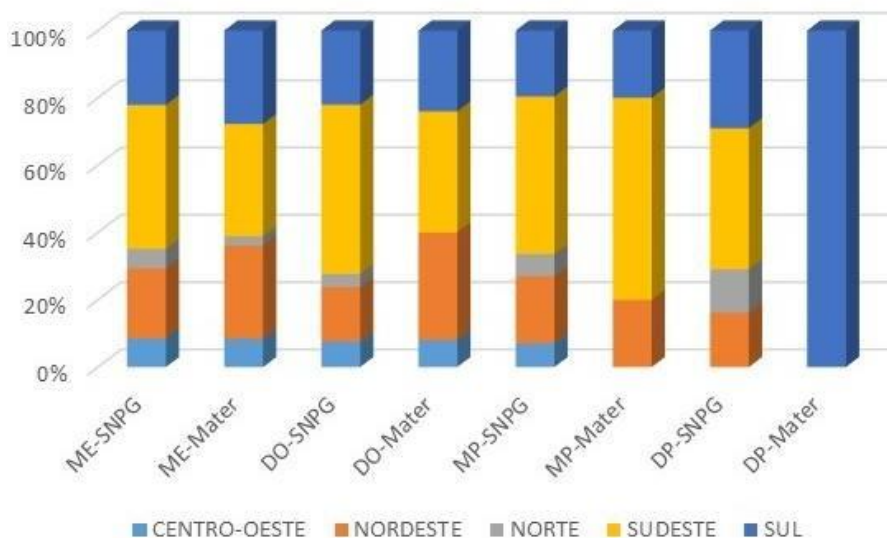
As iniciativas ligadas aos programas de pós-graduação devem ser subsidiadas pelo apoio logístico institucional para promoção da internacionalização da pós-graduação, incluindo a implantação de órgão dedicado a esta finalidade com pessoal administrativo capacitado e com adequada fluência escrita e oral na língua inglesa, apoio na criação de convênios com universidades e empresas do exterior e aumento da visibilidade da instituição no exterior com a participação em feiras e inclusão nos *rankings* de classificação.

A existência de acordos de parcerias e mobilidade com outras instituições no exterior, especialmente aqueles extensivos aos discentes do programa são estimulados. Contudo, o processo de internacionalização deve não somente visar o envio de alunos para outros países, mas também oferecer condições para que alunos do exterior atuem no país. Além dos intercâmbios, é considerada importante iniciativa que os programas de Pós-Graduação da área tenham entre as regras de ingresso, mecanismos para que alunos de outros países possam participar, à distância, do processo seletivo para ingresso no programa.

## **2.6. Perspectivas de redução de assimetrias regionais e intrarregionais**

O Brasil possui diferenças regionais marcantes, não somente pela vastidão de seu território e isolamento geográfico de algumas áreas, mas também por diferenças culturais e de desenvolvimento econômico. Tais assimetrias também se refletem no Sistema Nacional de Pós-Graduação (SNPG). A distribuição dos cursos de pós-graduação nas regiões do Brasil em função da modalidade (acadêmica e profissional) e nível (mestrado e doutorado) do SNPG e da área de Materiais pode ser vista na Figura 14. Para a modalidade acadêmica (ME e DO), nota-se que o perfil de distribuição dos cursos da área é similar ao do SNPG, contudo com melhor distribuição dos cursos de mestrado e doutorado entre as regiões sul, sudeste e nordeste, em comparação ao SNPG. Destaque deve ser dado à oferta de cursos de doutorado na região nordeste. Por outro lado, não há oferta de cursos de doutorado na região norte. Evidentemente, a estatística para a área é feita para um número pequeno de cursos, em relação ao SNPG, mas é nítido que há espaço para crescimento em todas as regiões, com ênfase nas regiões centro-oeste e norte. Nesta última, a área oferta apenas um curso de mestrado acadêmico na cidade de Manaus. Com relação à modalidade profissional, a área apresenta apenas 6 cursos em funcionamento, sendo 5 de mestrado (MP) e 1 de doutorado (DP), este localizado na cidade de Novo Hamburgo, RS.

As assimetrias intrarregionais da área não são tão acentuadas, em virtude do crescimento do número de programas em *campi* fora das capitais dos estados após a nucleação de grupos de pesquisa, como resultado do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni).



**Figura 14:** Distribuição dos cursos de pós-graduação nas regiões do Brasil em função da modalidade (acadêmica e profissional) e nível (mestrado e doutorado).

A redução de assimetrias envolve estratégias de desenvolvimento tecnológico, econômico e social. A pós-graduação e seu forte elo com a pesquisa permite agregar valor aos recursos econômicos, naturais e sociais de regiões e microrregiões, contribuindo com o desenvolvimento humano. A área de Materiais, em particular, apresenta forte apelo neste sentido, por meio de tecnologias para a exploração sustentável e transformação de recursos naturais, com formação de recursos humanos empenhados em pesquisa aliada às particularidades e potencialidades de cada região.

A nucleação de novos grupos de pesquisa em regiões carentes da oferta de pós-graduação normalmente envolve egressos de programas consolidados das regiões sul e sudeste, fixando-se nas regiões norte e centro-oeste, cujas assimetrias regionais são mais marcantes. Em alguns casos, tais egressos passam a desenvolver pesquisa em materiais de interesse regional e a agregar conhecimento e valor às indústrias locais. O potencial de nucleação de novos programas de pós-graduação na área existe e deve ser explorado e sustentado pela identificação de novos polos de nucleação da pós-graduação e apoio a sua estruturação de novas propostas de cursos.

## 2.7. Visão da área sobre fusão, desmembramento e migração de PPGs

A área avalia solicitações de fusões, desmembramentos e migrações à luz da legislação vigente, considerando os benefícios da proposta às entidades sociais e institucionais envolvidas, à consolidação da área de Materiais e à modernização do Sistema Nacional de Pós-Graduação. Tais solicitações devem conter sólido embasamento e aprovação no âmbito institucional.

## **2.8. Visão da área sobre a modalidade à distância**

De acordo com portaria vigente, os cursos de pós-graduação *stricto sensu* na modalidade a distância poderão se estruturar pedagogicamente em níveis de mestrado ou doutorado, acadêmicos ou profissionais. Os cursos de pós-graduação na modalidade a distância seguirão as normas aplicáveis a todos os programas de pós-graduação *stricto sensu*, atendendo também às especificidades da legislação vigente. A mesma estabelece que somente são permitidas propostas de doutorado a distância após o primeiro ciclo avaliativo da implementação do respectivo programa de mestrado a distância, com renovação do reconhecimento e no mínimo, nota 4. A portaria também estabelece que a oferta de disciplinas esparsas a distância não caracteriza a modalidade *per se*, pois, as instituições de ensino superior podem introduzir, na organização pedagógica e curricular de seus cursos presenciais reconhecidos, a oferta de disciplinas que em seu todo ou em parte utilizem método não presencial, desde que esta oferta não ultrapasse 20% da carga horária total do curso.

A área de Materiais entende que o crescimento e a consolidação da modalidade de ensino a distância (seja na graduação ou na pós-graduação) se deve ao desenvolvimento de tecnologias (softwares e hardwares que permitam transmissão de dados, de áudio e de vídeos/imagens), possibilitando sua efetiva aplicação na realização de atividades didáticas à distância, usando técnicas modernas, tais como a gamificação. Esta consiste no uso de técnicas de jogos, majoritariamente virtuais, para a interpretação de conceitos e cuja resolução é baseada em problemas. Em um país como o Brasil, o ensino a distância pode contribuir para diminuição de assimetrias inter e intrarregionais, possibilitando que a informação e o conhecimento sistematizados chegue a locais remotos. No entanto, é consenso na área, que todos os cursos de pós-graduação *stricto sensu* devem manter a qualidade como premissa básica, independente da modalidade. Assim, a área de Materiais avalia propostas de programas na modalidade à distância à luz do disposto na legislação vigente que determina que as seguintes atividades devem ser obrigatoriamente realizadas de forma presencial:

- a) estágios obrigatórios, seminários integrativos, práticas profissionais e avaliações presenciais;
- b) pesquisas de campo, quando couber e
- c) atividades relacionadas a laboratórios, quando se aplicar.

Além da análise dos mesmos critérios de qualidade das propostas na modalidade presencial, serão avaliados, adicionalmente, os seguintes aspectos:

- a) as condições de atendimento ao que dispõe sobre as atividades obrigatoriamente presenciais listadas acima;
- b) a experiência prévia do corpo docente em orientação no mesmo nível e modalidade dos cursos pretendidos e
- c) a experiência prévia do corpo docente permanente em atividades de ensino a distância na área de Materiais ou áreas afins, na graduação ou na pós-graduação.



Para a modalidade profissional, além das condições estabelecidas nos itens acima, a proposta deve conter um descritivo explicitando o planejamento das ações de interação com o setor industrial, de serviços e/ou órgãos públicos.

## **2.9. Visão da área sobre a modalidade profissional (especialmente o nível de doutorado)**

Programas de pós-graduação na modalidade profissional são importantes para incrementar o impacto da área de Materiais no desenvolvimento socioeconômico do país. A modalidade tem a característica inerente de realizar pesquisa aplicada para a inovação, utilizando o método científico na abordagem de problemas concretos vinculados diretamente aos setores industrial, de serviços e/ou órgãos públicos. Ela responde a necessidade de capacitação profissional de natureza diferente da propiciada por programas acadêmicos não se contrapondo, à oferta dessa modalidade. Nem por isso, constitui em alternativa para a formação de mestres e doutores segundo padrões de exigência mais simples ou mais rigorosos do que aqueles adotados pela pós-graduação acadêmica. As modalidades acadêmica e profissional devem diferir em propósito e abordagem e não em nível de complexidade dos cursos.

A área de Materiais valoriza a contribuição dos cursos da modalidade profissional para a sociedade e preconiza que os mesmos mantenham alto nível científico e priorizem a transferência de tecnologias que promovam o crescimento e a inovação do país. Consciente de sua responsabilidade com o desenvolvimento de ciência no país, a área estimula a modalidade profissional oriunda de intensa interação de instituições de ensino e pesquisa com o setor industrial, de serviços e/ou órgãos públicos da região a qual se insere.

A formação de recursos humanos com ênfase na aplicação do conhecimento em curto prazo é importante diferencial da modalidade, e indica um dos principais resultados dos programas profissionais. A formação do egresso deve estar direcionada ao desenvolvimento de pesquisas aplicadas, incluindo conteúdos que propiciem e suportem a formação discente quanto à identificação, proteção e valorização da propriedade industrial. Visa, entre outros objetivos, a oferta de profissionais qualificados pela apropriação do conhecimento metodológico e científico no ambiente profissional.

É fundamental para a manutenção e o sucesso de um programa de pós-graduação na área de Materiais na modalidade profissional, o apoio e a parceria com o setor industrial, de serviços e/ou órgãos públicos. Um dos desafios da modalidade é o de vencer barreiras para que a academia e esses setores efetivamente interajam, na geração e aplicação de produtos que possibilitem crescimento e inovação. Um programa profissional deve ser reconhecido por gerar, além de produção científica qualificada, artigos técnicos e produtos tecnológicos relevantes, incluindo depósitos de patentes, patentes concedidas, desenvolvimento de aplicativos, produtos ou processos resultantes de pesquisa aplicada. É importante que os resultados das pesquisas sejam transferidos aos setores interessados, para que os mesmos possam usufruir deste conhecimento e, conseqüentemente, contribuir para o desenvolvimento da região na qual se inserem.





O doutorado na modalidade profissional na área de Materiais constitui uma ferramenta importante para aprimorar a competitividade dos setores envolvidos frente à concorrência internacional, por meio da inovação e efetivo desenvolvimento tecnológico. A formação de doutores na modalidade profissional deve contribuir com o desenvolvimento industrial, otimizando processos e desenvolvendo novos materiais. Desta forma, é possível agregar qualidade a preços competitivos nos mercados interno e externo. Entretanto, destaca-se a necessidade de maturidade do corpo docente quanto ao contexto de aplicação dos produtos da pesquisa, bem como sua inserção em indústrias e outros setores interessados na formação de doutores profissionais. A pós-graduação exerce uma importante função ao exercitar o domínio de métodos científicos e técnicos, que possam melhorar, ao mesmo tempo, a qualidade e a produtividade, aplicando técnicas avançadas de ciência de materiais.

Além da apresentação de dissertação ou tese, outras formas de reportar a especificidade da modalidade são consideradas para que o resultado da pesquisa seja apresentado pelo postulante ao título de mestre ou doutor profissional. Como exemplos de documentos de defesa, a área de Materiais entende como válidos: patentes, registros de propriedade intelectual, projetos técnicos, publicações tecnológicas, desenvolvimento de processos e produtos. Cabe destacar que a qualidade científica, tecnológica e o registro formal são fundamentais para todas as formas sugeridas de defesa e levados em conta no processo de avaliação do programa.

## **2.10. Medidas de indução de interação com a educação básica ou outros setores da sociedade**

A área de Materiais tem se expandido de forma tímida quanto a sua inserção em atividades voltadas para o ensino fundamental e médio, muito embora a temática da área seja compatível com as recomendações do documento de Diretrizes Curriculares da Educação Básica do Ministério da Educação em virtude de seu caráter multi e interdisciplinar. A área estimula a divulgação e o envolvimento dos alunos e professores de Ciências da Natureza do ensino fundamental e Biologia, Física e Química do ensino médio em eventos e atividades dos programas de pós-graduação.

Eventos de diferentes abrangências, de locais a internacionais, são fóruns para as questões relacionadas à interação universidade-escola, aproximando a pós-graduação e a graduação dos demais níveis de ensino. Em particular, propostas de eventos submetidas para apoio da CAPES com mérito apreciado pela área, têm apresentado boas iniciativas, com palestras e fóruns voltados ao público do ensino fundamental e médio. Avanços recentes nas áreas de nanociência e nanotecnologia, biomateriais e novos materiais com propriedades atípicas para o senso comum, isto é, metamateriais, contribuem para esta finalidade, por aguçar a curiosidade dos mais jovens. O sequestro de carbono e o aproveitamento de resíduos e materiais para geração de energia de forma ambientalmente correta também tem papel de destaque, em virtude do apelo ambiental e forte presença na mídia, motivando estudantes do ensino fundamental e médio para carreiras ligadas à ciência e às engenharias.





Programas de concessão de bolsas de iniciação científica para o ensino médio também tem incentivado a inserção de estudantes na área de Materiais. Com a disponibilidade cada vez mais ampla de ferramentas de tecnologia da informação aplicada a temas ligados à área, como modelagem de materiais, espera-se um avanço mais veloz na divulgação, em diferentes mídias, de soluções encontradas por pesquisadores da área para problemas cotidianos da sociedade, da indústria e do meio ambiente. A importância da divulgação junto à sociedade pode ser comprovada observando-se os eventos e páginas virtuais das sociedades científicas mais consolidadas da área, como a *Materials Research Society*, que desde 2004 organiza simpósios sobre educação, com foco na educação básica. A página da *National Resource Center for Materials Technology Education* (MatEdU), patrocinada pela *National Science Foundation* (NSF), e disponível em <http://materialeducation.org/> mantém um acervo de grande porte destinado a estudantes e educadores de diferentes níveis, permitindo acesso a conteúdo educacional e informativos. Iniciativas de igual finalidade podem ser tomadas em âmbito nacional, reduzindo dificuldades ainda impostas pelo idioma à disseminação da informação.

A aproximação de alunos e docentes qualificados da pós-graduação junto às escolas pode transpor barreiras de aprendizagem, que no ensino básico se agravam em função de assimetrias, aspectos sociais e econômicos. A pós-graduação pode contribuir com um novo paradigma de aprendizagem crítica, junto aos alunos do ensino básico, a favor do aprimoramento dos instrumentos de inclusão às novas tecnológicas. Os programas, preferencialmente em parceria com cursos de graduação, podem planejar e executar ações com alto potencial de impacto social junto à educação básica, levando os conceitos fundamentais da área até os jovens talentos, despertando o germe da inovação. Algumas atividades que contribuem para esta finalidade incluem palestras, oficinas e minicursos para professores, feiras científicas, palestras e gamificação para popularização da ciência para os estudantes, práticas laboratoriais e visitas para a sociedade, entre outras. Essas ações podem ser isoladas, com ou sem financiamento de agências de fomento, ou executadas por convênios com secretarias municipais e estaduais de ensino.

### **2.11. Visão da área sobre formas associativas**

Ações associativas serão avaliadas pela área de Materiais à luz da legislação vigente, considerando os benefícios da proposta às entidades sociais e institucionais envolvidas, à consolidação da área de Materiais e à modernização do Sistema Nacional de Pós-Graduação. A área estimula iniciativas que visem a sinergia de competências, a otimização de recursos e esforços, bem como a proposição de novas linhas de pesquisa e atuação, em busca de novos conhecimentos e inovação para o setor produtivo.

### **2.12 Visão da área sobre mecanismos de solidariedade (Minter/Dinter e Turma Fora de Sede)**

A área incentiva iniciativas de solidariedade, especialmente as que contribuam com a redução de assimetrias regionais e intrarregionais. Para os programas já consolidados, a solidariedade é considerada aspecto essencial em sua avaliação. Tais ações podem ocorrer periodicamente ou em resposta a demandas específicas.