



Estudo Prospectivo de

Materiais Avançados

Relatório de Perspectivas - Fase II

Junho 2008

ESTUDO PROSPECTIVO DE MATERIAIS AVANÇADOS

Fase 2/3 – Perspectivas para ação

Tópicos Tecnológicos Prioritários em C&T de Materiais Avançados

Este relatório apresenta tópicos tecnológicos prioritários de materiais avançados para os setores de energia, saúde médico-odontológica, e de defesa; para aplicações eletrônicas, magnéticas, fotônicas, tribológicas e meio-ambiente; e para o uso sustentável dos recursos naturais minerais e biológicos do país, nos horizontes de 2012, 2017 e 2022.

A definição das prioridades dos tópicos tecnológicos deste relatório é resultado de consulta eletrônica a 379 especialistas de materiais. Os tópicos da consulta foram elaborados por equipes de consultores a partir de relatórios do CGEE, produzidos em 2007, que contêm relatos da situação da ciência e tecnologia (C&T) de materiais avançados no país para os sete temas do Estudo Prospectivo de Materiais (2022).

Este documento é parte integrante do Estudo Prospectivo de Materiais classificado na Ação 1.4 do CGEE para o Contrato de Gestão com o MCT.

Brasília, Junho 2008

Presidenta do CGEE

Lucia Carvalho Pinto de Melo

Diretor Executivo CGEE

Marcio de Miranda Santos

Diretores CGEE

Antônio Carlos Filgueira Galvão

Fernando Cosme Rizzo Assunção

Equipe CGEE

Fernando Cosme Rizzo Assunção - Supervisor

Elyas Ferreira de Medeiros - Coordenador

Lélio Fellows Filho - Metodologia

Ana Paula Sena - Assistente

Comitê Consultivo do Estudo

Aloísio Nelmo Klein / UFSC

Celso Pinto de Melo / UFPE

Fernando Cosme Rizzo Assunção / CGEE – Coordenador

Fernando Galembeck / UNICAMP

José Carlos Bressiani / IPEN

Lélio Fellows Filho / CGEE

Marcio de Miranda Santos / CGEE

Consultores Especialistas do Estudo

Equipe de Fernando Galembeck / UNICAMP – Tema I (Recursos Naturais)

Equipe de José Carlos Bressiani / IPEN – Tema II (Energia)

Equipe de Virgínia Ciminelli / UFMG – Tema III (Meio Ambiente)

Equipe de Glória Dulce Soares / UFRJ – Tema IV (Saúde Médico-odontológica)

Equipe de Maurício Pazini Brandão / CTA – Tema V (Tecnologias Sensíveis)

Equipe de José Daniel Biasoli de Melo / UFU – Tema VI (Tribologia)

Equipe de Celso Pinto de Melo / UFPE – Tema VII (Eletrônica, Magnética, Fotônica)

Revisor

Ronaldo Conde Aguiar / Consultor

Endereço

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)

SCN Quadra 2, Bloco A - Edifício Corporate Financial Center, Salas 1102/1103

70712-900 - Brasília, DF

Tel.: (61) 3424.9600 / 3424.9636 Fax: (61) 3424.9671

E-mail: elyasmedeiros@cgee.org.br

URL: <http://www.cgee.org.br>

Sumário

Resumo Executivo		6
Recomendações		11
Conclusão		18
Capítulo 1	Metodologia - Como foram priorizados os tópicos tecnológicos de materiais avançados?	19
Capítulo 2	Prioridades de P&D em Recursos Naturais para a Produção de Materiais Avançados	23
(2.1)	Relevância industrial de tópicos tecnológicos em recursos naturais do país	23
(2.2)	Estágio de desenvolvimento, no país e no mundo, dos tópicos tecnológicos prioritários para recursos naturais	35
(2.3)	Dimensões setoriais da C&T de materiais e suas correlações com os recursos naturais abundantes no país	41
Capítulo 3	Prioridades de P&D de Materiais Avançados para Energia	46
(3.1)	Relevância industrial de tópicos tecnológicos de materiais para a geração e armazenamento de energia	46
(3.2)	Estágio de desenvolvimento, no país e no mundo, dos tópicos tecnológicos prioritários de materiais para energia	58
(3.3)	Dimensões setoriais da C&T de materiais e suas correlações com os tópicos de materiais avançados para energia	63
Capítulo 4	Prioridades de P&D de Materiais Avançados para Aplicações Ambientais	65
(4.1)	Relevância industrial de tópicos tecnológicos de materiais para o meio ambiente	65
(4.2)	Estágio de desenvolvimento, no país e no mundo, dos tópicos tecnológicos prioritários de materiais avançados para o meio ambiente	73
(4.3)	Dimensões setoriais da C&T de materiais e suas correlações com os materiais avançados para aplicações ambientais	77
Capítulo 5	Prioridades de P&D de Materiais Avançados para a Saúde Médico-odontológica	79
(5.1)	Relevância industrial de tópicos tecnológicos de materiais para a saúde médico-odontológica	79
(5.2)	Estágio de desenvolvimento, no país e no mundo, dos tópicos tecnológicos prioritários de materiais avançados para a saúde	87
(5.3)	Dimensões setoriais da C&T de materiais e suas correlações com os materiais avançados para aplicações na saúde médico-odontológica	91
Capítulo 6	Prioridades de P&D de Materiais Avançados para Tecnologias Sensíveis	92

(6.1)	Relevância industrial de tópicos tecnológicos de materiais para aplicações duais	92
(6.2)	Estágio de desenvolvimento, no país e no mundo, dos tópicos tecnológicos prioritários de materiais avançados para aplicações duais	101
(6.3)	Dimensões setoriais da C&T de materiais e suas correlações com os materiais avançados para aplicações duais	105
Capítulo 7	Prioridades de P&D de Materiais Avançados para Sistemas Tribológicos	107
(7.1)	Relevância industrial de tópicos tecnológicos de materiais na tribologia	107
(7.2)	Estágio de desenvolvimento, no país e no mundo, dos tópicos tecnológicos prioritários de materiais da tribologia	114
(7.3)	Dimensões setoriais da C&T de materiais e suas correlações com os materiais na tribologia	117
Capítulo 8	Prioridades de P&D de Materiais Avançados para Aplicações Eletrônicas, Magnéticas e Fotônicas	119
(8.1)	Relevância industrial de tópicos tecnológicos de materiais nas áreas de eletrônica, magnetismo e fotônica	119
(8.2)	Estágio de desenvolvimento, no país e no mundo, dos tópicos tecnológicos prioritários de materiais para aplicações eletrônicas, magnéticas, e fotônicas	128
(8.3)	Dimensões setoriais da C&T de materiais e suas correlações com os materiais avançados para aplicações eletrônicas, magnéticas, e fotônicas	132
ANEXO I	Lista de convidados e participantes da consulta estruturada	134
REFERÊNCIAS		145

Resumo Executivo

Promotor e executor de estudos e pesquisas prospectivas na área de C&T e suas relações com os setores produtivos, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), em articulação com o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), apresenta neste documento tópicos tecnológicos prioritários para o desenvolvimento de materiais avançados, com foco nas oportunidades industriais de negócios e na satisfação de necessidades estratégicas do país.

O presente relatório é parte integrante do Estudo Prospectivo de Materiais Avançados - Horizonte de 2022. Contém os principais resultados da II Fase (Perspectivas de ação), após concluída a Fase do Panorama. Constitui, ao mesmo tempo, subsídio importante à Fase III, quando serão elaborados Roteiros de Ações com recomendações de âmbito político-institucional e uma Agenda de P&D de oportunidades para os setores produtivos e suas aplicações estratégicas, como defesa e meio ambiente.

Ao qualificar materiais como avançados, o presente exercício prospectivo tem como meta alcançar um horizonte de oportunidades industriais de negócios com diferenciais estratégicos para o país. Nesta linha, materiais avançados podem ser definidos como aqueles que, durante a fase de pesquisa e desenvolvimento, recebem especial atenção quanto aos processos de síntese e de controle da estrutura do material de base, a fim de conter um conjunto preciso de características operacionais, adaptado à aplicação desejada.

A crescente importância da ciência, tecnologia e inovação dos materiais avançados na agregação de valor à atividade produtiva motivou o MCT a apoiar um estudo de futuro que defina tópicos tecnológicos prioritários para áreas contempladas pelo governo, como as que se seguem:

- I) aproveitamento sustentável de biomassa e recursos naturais;
- II) geração e armazenamento de energia;
- III) reversibilidade de problemas do meio ambiente;
- IV) produtos para a saúde médico-odontológica;
- V) exploração da via dual das tecnologias sensíveis;
- VI) obtenção de economias industriais de escala por meio do desenvolvimento da tribologia; e

VII) aplicações eletrônicas, magnéticas e fotônicas.

Os tópicos tecnológicos prioritários para essas áreas foram obtidos ao se processar sete relatórios de situação (o VII, a partir de uma base ainda em construção) produzidos na I Fase por equipes de especialistas lideradas por autoridades científicas no tema de materiais avançados para aplicações em áreas de interesse. Os relatórios deram fundamento à montagem de sete questionários, que foi submetida por meios eletrônicos a centenas de especialistas da área.

Os resultados da consulta eletrônica, levada a efeito pelo CGEE, estão organizados em três blocos principais de análise:

- 1) a relevância industrial dos tópicos tecnológicos de materiais avançados para as sete áreas de interesse;
- 2) o estágio de desenvolvimento, no país e no mundo, dos tópicos tecnológicos prioritários de materiais avançados para as sete áreas de interesse; e
- 3) as dimensões setoriais da C&T de materiais e suas correlações com as sete áreas de interesse.

Os resultados estão distribuídos neste relatório nos capítulos 2 a 8. O capítulo 1 dedica-se à informar a metodologia adotada para a obtenção dos tópicos tecnológicos de materiais avançados prioritários.

No capítulo 2 - *Prioridades de P&D em recursos naturais para a produção materiais avançados* - destaca-se que:

A) o tópico *Bioteχνologias na produção de materiais de origem natural* é o mais prioritário, porém, seguido de perto em importância pelos demais 15 tópicos. Sendo que o último da lista (*Látex de borracha natural e elastômeros avançados*) está a apenas 28 pontos percentuais de afastamento relativo ao tópico avaliado de maior prioridade;

B) o estágio de desenvolvimento deste tópico (mais prioritário) para o país é o de *desenvolvimento experimental* – 3 (escala de 1 a 5) enquanto o resto do mundo está no de *Aplicação prática seletiva* – 4. Cálculos relativos indicam ainda que neste tópico o país está 24 pontos percentuais, em média, afastado das melhores práticas mundiais;

C) a dimensão setorial crítica da *C&T de materiais e os recursos naturais brasileiros* é a dimensão meio ambiente, seguida de tecnologias de materiais, com 12% de afastamento relativo da de meio ambiente, pelos cálculos de correlação entre dimensões e tópicos tecnológicos. Os resultados também indicam que se deve a-

tentar para oportunidades e desafios nas dimensões de: 1) *Infra-estrutura física (laboratórios, equipamentos)*; 2) *Demanda de mercado*; 3) *Dinâmica de competitividade da cadeia produtiva*; 4) *Recursos humanos*. A dimensão de correlação mínima (dimensão ambiente econômico) está afastada 106 pontos percentuais de importância, se comparado a de meio ambiente.

No capítulo 3 - *Prioridades de P&D de materiais para energia* - destaca-se que:

A) o tópico *Materiais para captação de energia solar: eletricidade solar* é o mais prioritário. O último da lista de 16 tópicos [*Membranas (eletrólitos) para células a combustível de baixa temperatura tipo PEMFC*] está a apenas 14 pontos percentuais de afastamento relativo ao tópico avaliado de maior prioridade;

B) o estágio de desenvolvimento deste tópico (o mais prioritário) para o país é o de *Pesquisa aplicada – 2*, enquanto o resto do mundo está no de *Aplicação prática seletiva - 4*. Cálculos relativos indicam ainda que neste tópico o país está 41 pontos percentuais, em média, afastado das melhores práticas mundiais;

C) resultados indicam que se deve atentar (nesta ordem) para oportunidades e desafios nas dimensões de: 1) *Recursos humanos*; 2) *Infra-estrutura física (laboratórios, equipamentos)*; 3) *Financiamento*; 4) *Demanda de mercado*.

No capítulo 4 - *Prioridades de P&D de Materiais para Aplicações Ambientais* - destaca-se que:

A) o tópico *Materiais adsorventes para descontaminação de meios aquosos* é o mais prioritário. O último da lista de 10 tópicos (*Materiais para tecnologia de climatização*) é, contudo, avaliado como muito relevante para a indústria;

B) o estágio de desenvolvimento deste tópico (o mais prioritário) para o país é o de *Desenvolvimento experimental – 3* enquanto o resto do mundo está no de *Aplicação prática seletiva - 4*.

C) resultados indicam que se deve atentar (nesta ordem) para oportunidades e desafios nas dimensões de: 1) *Infra-estrutura física (laboratórios, equipamentos)*; 2) *Recursos humanos*; 3) *Financiamento*; 4) *Demanda de mercado*.

No capítulo 5 - *Prioridades de P&D de materiais avançados para a saúde médico-odontológica* - destaca-se que:

A) o tópico *Medicina Regenerativa, terapias celulares e engenharia tecidual* é o mais prioritário. O último da lista de 11 tópicos (*Cosméticos*) é, contudo, avaliado como relevante para a indústria;

B) o estágio de desenvolvimento deste tópico (o mais prioritário) para o país é o de *Pesquisa aplicada – 2* enquanto o resto do mundo está no de *Aplicação prática seletiva - 4*.

C) resultados indicam que se deve atentar (nesta ordem) para oportunidades e desafios nas dimensões de: 1) *Demanda de mercado*; 2) *Recursos humanos*; 3) *Financiamento*; 4) *Infra-estrutura física (laboratórios, equipamentos)*.

No capítulo 6 - *Prioridades de P&D de materiais avançados para tecnologias sensíveis* - destaca-se que:

A) o tópico *Materiais compósitos para aplicações aeroespaciais e de defesa* é o mais prioritário. O último da lista de 13 tópicos (*Biomateriais para aplicações aeroespaciais e de defesa*) é, contudo, avaliado como muito relevante para a indústria;

B) o estágio de desenvolvimento deste tópico (o mais prioritário) para o país é o de *Desenvolvimento experimental – 3*, enquanto o resto do mundo está no de *Utilização generalizada - 5*.

C) resultados indicam que se deve atentar (nesta ordem) para oportunidades e desafios nas dimensões de: 1) *Infra-estrutura física (laboratórios, equipamentos)*; 2) *Recursos humanos*; 3) *Financiamento*; 4) *Demanda de mercado*.

No capítulo 7 - *Prioridades de P&D de materiais avançados para sistemas tribológicos* - destaca-se que:

A) o tópico *Revestimentos tribológicos multifuncionais para componentes mecânicos* é o mais prioritário. O último da lista de 7 tópicos (*Materiais tribologicamente avançados para setores primários da economia*) é, contudo, avaliado como muito relevante para a indústria;

B) o estágio de desenvolvimento deste tópico (o mais prioritário) para o país é o de *Desenvolvimento experimental – 3*, enquanto o resto do mundo está no de *Aplicação prática seletiva - 4*.

C) resultados indicam que se deve atentar (nesta ordem) para oportunidades e desafios nas dimensões de: 1) *Recursos humanos*; 2) *Infra-estrutura física (laboratórios, equipamentos)*; 3) *Financiamento*; 4) *Retorno ou lucratividade do investimento em P&D*.

No capítulo 8 - *Prioridades de P&D de materiais avançados para aplicações eletrônicas, magnéticas e fotônicas* - destaca-se que:

A) o tópico *Semicondutores nanoestruturados para células fotovoltaicas* é o mais prioritário. O último da lista de 13 tópicos (*Cromóforos funcionais para terapias fotodinâmicas*) é, contudo, avaliado como relevante para a indústria;

B) o estágio de desenvolvimento deste tópico (o mais prioritário) para o país é o de *Pesquisa aplicada – 2*, enquanto o resto do mundo está no de *Aplicação prática seletiva - 4*.

C) resultados indicam que se deve atentar (nesta ordem) para oportunidades e desafios nas dimensões de: 1) *Infra-estrutura física (laboratórios, equipamentos)*; 2) *Recursos humanos*; 3) *Financiamento*; 4) *Demanda de mercado*.

Recomendações

1) Com vistas ao desdobramento dos tópicos tecnológicos prioritários, referentes ao Tema I - *aproveitamento sustentável de biomassa e recursos naturais* para a produção de materiais avançados com foco em oportunidades de negócios e em estratégias que consideram a *preservação do meio ambiente*, os resultados deste relatório recomendam:

- Difundir junto à indústria as possibilidades de produção biotecnológica de matérias primas de materiais e dos próprios materiais, a partir de fontes renováveis.
- Fomentar a pesquisa básica sobre nanoestruturas e os processos de sua fabricação.
- Manter redes de pesquisa envolvendo empresas e ICTs.
- Formar redes de empresas e ICTs para a identificação de produtos específicos de interesse, fomentando atividades de P&D pré-competitivas e também competitivas.
- Estabelecer pelo menos dois centros de P&D na área, com facilidades para o trabalho em escala piloto. Um modelo que poderia ser seguido é o que está sendo praticado pela Oxiteno, tendo os seguintes alvos: nanocompósitos termoplásticos, látexes redispersáveis e nanodispersões agroquímicas.

As recomendações de ordem sistêmica (*roadmaps*), que venham a contemplar todo o conjunto de tópicos tecnológicos em *recursos naturais*, serão produzidas nas Oficinas previstas para a Fase III do estudo.

2) Com vistas ao desdobramento dos tópicos priorizados, referentes ao Tema II - *Geração e armazenamento de energia* para a produção de materiais avançados com foco em oportunidades de negócios e em estratégias que privilegiam o *desenvolvimento de tecnologias de materiais* (dimensão crítica, conforme a consulta), os resultados deste relatório recomendam:

- Concluir o domínio completo do ciclo do combustível nuclear superando gargalos em materiais como *inconel*, *zircalloy*, e aço inoxidável de baixo teor de cobalto para suprimento da demanda energética em melhores condições de parceria internacional.
- Desenvolver e disponibilizar ao país a tecnologia de fabricação de combustíveis nucleares tipo placa à base de dispersão, com aplicação em reatores de pesquisas produtores de radioisótopos e reatores de potência compactos de alto desempenho.
- Desenvolver materiais cerâmicos e poliméricos para aumentar a eficiência do processo de produção de biodiesel.
- Investir na melhoria e desenvolvimento de protetores de superfícies contra a ação ácida e tribológica dos processos de produção e estocagem do bioetanol.

- Investir no estudo de eletrólitos sólidos com alta condutividade e estabilidade em temperaturas intermediárias e no processamento de camadas finas, densas e homogêneas de eletrólitos.
- Investir no desenvolvimento de ânodos resistentes a contaminações de enxofre e resistentes à formação de depósito de carbono.
- Investir no desenvolvimento de catodos eficientes em temperaturas intermediárias.
- Investir no desenvolvimento de selantes e interconectores com boas propriedades e menor custo.
- Desenvolver eletrocatalisadores mais eficientes e estáveis para as reações de oxidação de hidrogênio, de oxidação direta de álcoois e de redução do oxigênio em células tipo PEMFC.
- Investir no desenvolvimento de membranas ionoméricas que permitam o funcionamento de células a combustível tipo PEMFC em temperaturas acima de 100°C.
- Produzir hidrogênio por meio de biomassa para a geração de energia limpa, além de reduzir a dependência da importação do petróleo e a diminuição da poluição causada pela emissão de gases.
- Desenvolver hidretos clássicos, complexos e de estruturas organometálicas (MOFs – *metal organic frameworks*) para reservatório de hidrogênio para células a combustíveis estacionárias e automotivas.
- Desenvolver compósitos leves e resistentes a altas pressões para fabricação de tanques de armazenamento de hidrogênio na forma gasosa.
- Desenvolver materiais para absorver luz solar com maior eficiência, novas técnicas para capturar o espectro inteiro de comprimentos de onda da radiação solar e novas abordagens baseadas em materiais nanoestruturados podem revolucionar a tecnologia utilizada para produzir eletricidade solar.
- Identificar métodos mais econômicos para converter luz solar em energia térmica que possa ser armazenada e distribuída - este é um desafio principal na tecnologia térmico solar.
- Desenvolver método de baixo custo para produção de hidrogênio.
- Desenvolver sistemas mais eficientes para a captação de energia eólica.

As recomendações de ordem sistêmica (*roadmaps*), que venham a contemplar todo o conjunto de tópicos tecnológicos em *energia*, serão produzidas nas Oficinas previstas para a Fase III do Estudo.

3) Com vistas ao desdobramento dos tópicos tecnológicos priorizados, referentes ao Tema III - *Reversibilidade de problemas do meio ambiente* - com o objetivo de produzir materiais avançados com foco em oportunidades de negócios e em estratégias que levem em conta a *preservação do meio ambiente* (dimensão crítica do Tema), os resultados deste relatório recomendam:

- Implantar programas e ações coordenadas de modo a desenvolver membranas cerâmicas nanoestruturadas, materiais cerâmicos, poliméricos e híbridos e ou-

tros com funções de separação, de imobilização e seqüestro de gases poluentes como CO₂, CH₄, NO_x entre outros.

- Investir no desenvolvimento de novos materiais catalisadores de melhor eficiência e seletividade, de modo a que o país mantenha a liderança do mercado mundial de biocombustíveis.
- Implantar programas e ações coordenadas com vistas a desenvolver materiais específicos para a remoção de sais de água potável, de efluentes e de águas industriais.
- Implantar programas e ações coordenadas com o intuito de desenvolver materiais adsorventes à base de argilominerais, minerais industriais e biomassa para promover a descontaminação de grandes volumes de meios aquosos.
- Implantar programas e ações coordenadas com o objetivo de desenvolver sensores nanoestruturados avançados de elevadas sensibilidade e seletividade que permitam a detecção de traços de substâncias orgânicas e inorgânicas nocivas à saúde humana presentes o meio-ambiente.
- Implantar programas e ações coordenadas com vistas a desenvolver materiais utilizados em tecnologias de climatização de meios urbanos.
- Implantar programas e ações coordenadas de modo a desenvolver materiais apropriados para encapsulamento e imobilização de substâncias tóxicas e nocivas ao ser humano.
- Implantar programas e ações coordenadas com o objetivo de desenvolver materiais à base de resíduos industriais.
- Implantar programas e ações coordenadas com o objetivo de desenvolver materiais inteligentes, multifuncionais, de baixa emissão de CO₂ e elevada sustentabilidade para uso em processos construtivos.

As recomendações de ordem sistêmica (*roadmaps*), que venham a contemplar todo o conjunto de tópicos tecnológicos no tema do *meio ambiente*, serão produzidas nas Oficinas previstas para a Fase III do Estudo.

4) Com vistas ao desdobramento dos tópicos tecnológicos priorizados, referentes ao Tema IV - *Produtos para a saúde médico-odontológica* -, com a produção de materiais avançados com foco em oportunidades de negócios e em estratégias que consideram a *demand de mercado* (dimensão crítica do Tema), os resultados deste relatório recomendam:

- Acelerar o desenvolvimento e a produção de *stents* convencionais no país, e discutir a pertinência de se investir no desenvolvimento de *stents* com fármacos, considerando os recursos públicos já investidos em PD&I.
- Ampliar a fabricação de componentes para próteses de quadril no país e transferir o conhecimento tecnológico já existente em outros setores para a fabricação de produtos ortopédicos.
- Investir em PD&I de *placas e parafusos reabsorvíveis* para aproveitar as competências disponíveis nos centros de pesquisa e universidades e estreitar as relações com outras áreas também demandantes de polímeros reabsorvíveis.

- Aproveitar as competências existentes na academia de modo a desenvolver produtos para oftalmologia e interagir com demais setores visando a produção de insumos no país de sensores, softwares e hardwares.
- Investir em P&D de forma coordenada para aproveitar a grande competência em materiais dentários que se encontra fragmentada nos diversos cursos de odontologia e de engenharia existentes no país e interagir com outras áreas também demandantes de insumos importados.
- Fomentar a implantação de laboratórios que conjuguem interação entre as diversas áreas de conhecimento e investir para agregar valor a matérias primas nacionais (como polímeros naturais e argilas) destinadas aos cosméticos.
- Investir maciçamente em PD&I em nanotecnologia aplicada ao tratamento de doenças crônico-degenerativas e nas poucas soluções já desenvolvidas.
- Investir maciçamente em PD&I em medicina regenerativa, terapias celulares e engenharia tecidual e nas poucas soluções já desenvolvidas. Unir competências das diversas áreas de conhecimento para acelerar o desenvolvimento da cadeia produtiva.
- Financiar a adaptação de tecnologias disponíveis no país, como engenharia de superfícies e biomateriais, com o intuito de melhorar o desempenho e/ou desenvolver novos produtos para a saúde integral. Unir competências das diversas áreas de conhecimento para acelerar o desenvolvimento de produtos para a saúde.
- Aprimorar, ampliar e internalizar a produção dos têxteis tecnológicos. Financiar a adaptação de tecnologias (recobrimentos, tratamentos de superfície e obtenção de pós nanométricos) disponíveis no país de modo a melhorar o desempenho e/ou desenvolver novos produtos para a proteção pessoal; esporte e lazer; cuidados de saúde e higiene.
- Investir em PD&I transdisciplinar voltada para o setor têxtil com o foco em têxteis inteligentes.

As recomendações de ordem sistêmica (*roadmaps*), que venham a contemplar todo o conjunto de tópicos tecnológicos no tema de *saúde médico-odontológica*, serão produzidas nas Oficinas previstas para a Fase III do Estudo.

5) Com o objetivo de desdobrar os tópicos tecnológicos prioritizados, referentes ao Tema V - *Exploração da via dual das tecnologias sensíveis*, visando a produção de materiais avançados com foco em oportunidades de negócios e em estratégias que consideram a *necessidade de infra-estrutura, como laboratórios e equipamentos*, (dimensão crítica do Tema), os resultados deste relatório recomendam:

- Industrializar as poucas soluções já desenvolvidas (em materiais para blindagem balística) em nível de protótipo pelos órgãos de pesquisa nacionais e fomentar o desenvolvimento de novas soluções.
- Industrializar as soluções nacionais já desenvolvidas (em materiais para blindagem eletromagnética) em nível de protótipo, de forma a gerar inovações e atender a demandas civis e militares reprimidas.
- Fomentar P&D de materiais (de penetração balística e blindagem nuclear) de alta massa específica para aplicações em blindagem nuclear e defesa.

- Aprimorar a industrialização de diversos materiais sólidos (de alta densidade energética) e fomentar o desenvolvimento de combustíveis líquidos de alto impulso específico para aplicação em propulsão aeroespacial.
- Industrializar diversos materiais metálicos desenvolvidos por institutos de P&D e, especificamente, recuperar a capacidade anteriormente dominada no país na obtenção de ligas de titânio para aplicações aeroespaciais e de defesa.
- Produzir *roadmaps* específicos (em materiais compósitos para aplicações aeroespaciais e de defesa) e fomentar o desenvolvimento de novas tecnologias de fabricação e processamento de materiais compósitos poliméricos e carbonosos.
- Fomentar P&D de biomateriais para aplicações em aeroespaciais e defesa, com *spin-offs* para outros setores industriais.
- Fomentar a implantação e o desenvolvimento de laboratórios que investiguem (o processamento de materiais a laser e a plasma), e industrializar as alternativas produtivas julgadas promissoras.
- Industrializar novos processos metalúrgicos de fusão, refino e vazamento, que possam ser utilizados na produção da indústria aeroespacial e de defesa julgados viáveis dos pontos de vista tecnológico e comercial.
- Industrializar os processos de junção e soldagem de componentes estruturais que possam ser utilizados na produção da indústria aeroespacial e de defesa, julgados viáveis dos pontos de vista tecnológico e comercial.
- Investir em novos métodos de inspeção não-destrutiva de aeroestruturas promovendo a competitividade da indústria aeroespacial e de defesa no Brasil, através da redução de custos de produção, minimização de perdas e do aumento da qualidade dos produtos.
- Fomentar a implantação de ambientes (hardware, software e humanware) onde possam ser feitas P&D de novos materiais e processos produtivos via simulações computacionais em ciência e engenharia de materiais.

As recomendações de ordem sistêmica (*roadmaps*), que venham a contemplar todo o conjunto de tópicos tecnológicos no tema *materiais para a defesa*, serão produzidas nas Oficinas previstas para a Fase III do Estudo.

6) Com vistas ao desdobramento dos tópicos tecnológicos priorizados, referentes ao Tema VI - *Obtenção de economias industriais de escala por meio do desenvolvimento da tribologia*, e, visando a produção de materiais avançados com foco em oportunidades de negócios e em estratégias que consideram a *expansão dos recursos humanos*, (dimensão crítica do Tema), os resultados deste relatório recomendam:

- Apoiar iniciativas que, pela interação sinérgica entre a tribologia e a engenharia e ciências de materiais, levem ao desenvolvimento de revestimentos multifuncionais aplicados a revestimentos moles para componentes mecânicos.
- Implantar ações promovendo o estudo, através de abordagens fundamentais, dos mecanismos envolvidos na alteração do desempenho de superfícies texturizadas e desenvolver novos métodos de texturização rápidos e baratos, que possam ser usados em escala industrial.

- Investir na geração e apropriação de conhecimentos sobre os mecanismos envolvidos em lubrificação sólida e texturização custos-efetivos para aumentar o desempenho industrial de superfícies mecânicas, óticas, físicas e biológicas.
- Estimular e implantar um programa que, enfatizando a formação de recursos humanos, avance a aplicação de novos conceitos multidisciplinares, inclusive tribológicos, no desenvolvimento de materiais de alto desempenho para os setores primários da economia nacional.
- Promover, pelo viés da inovação decorrente das oportunidades e desafios identificados em tribologia associada à transversalidade pelos outros seis temas prioritários do Estudo, uma estratégia que leve à competitividade do país de forma diferenciada no desenvolvimento de materiais tribológicos de alto desempenho.
- Implantar ações que levem ao desenvolvimento de tribômetros permitindo, tanto em nível de uma única aspereza quanto micro e macroscopicamente, a análise *in situ* do efeito do ambiente, dos produtos de desgaste e das interações químicas na interface de desgaste.
- Fomentar ações visando o estabelecimento de projetos envolvendo equipes multidisciplinares com vistas ao desenvolvimento de bio-tribo-materiais de alto desempenho e baixo custo.

As recomendações de ordem sistêmica (*roadmaps*), que tenham como objetivo contemplar todo o conjunto de tópicos tecnológicos no tema *desenvolvimento da tribologia*, serão produzidas nas Oficinas previstas para a Fase III do Estudo.

7) No intuito de desdobrar os tópicos tecnológicos priorizados, referentes ao Tema VII - *Aplicações eletrônicas, magnéticas e fotônicas*, e, visando a produção de materiais avançados com foco em oportunidades de negócios e em estratégias que consideram a *expansão da infra-estrutura de laboratórios e equipamentos* (dimensão crítica do Tema), os resultados deste relatório recomendam:

- Dominar a tecnologia de preparação de mostradores planos à base de *Organic light-emitting diode* (OLED) e implementar linha de produção em larga escala de *displays* com alto tempo de vida e baixo custo.
- Investir de maneira seletiva no desenvolvimento da capacitação nacional em eletrônica molecular.
- Fortalecer grupos de pesquisa com atuação em nanotubos de carbono, estimular a inovação pelo fomento de sua interação com o setor produtivo para o desenvolvimento de aplicações.
- Reestruturar, de forma racionalizada, a extração da ferrita e instalar plantas de beneficiamento do material, em locais estrategicamente escolhidos, para a fabricação dos magnetos (moagem do minério e prensagem do pó).
- Estruturar programa em nanoestruturas magnéticas para aplicações biomédicas para que o estoque de conhecimento disponível na academia possa vir a ser de fato utilizado pelo setor médico brasileiro, através do surgimento de pequenas empresas inovadoras de base tecnológica.
- Implantação de uma política de fortalecimento de grupos de pesquisa em magnetismo no país (*multicamadas magnéticas*), em adição à instalação de um la-

boratório nacional com facilidades de fabricação de nanoestruturas magnéticas, cujas atividades sejam voltadas para a indústria.

- Incrementar as competências existentes (em *nanofios magnéticos*) nas universidades brasileiras através do fomento de redes cooperativas entre os grupos de pesquisa existentes.
- Criar redes cooperativas (em ferrofluidos) que incrementem as interações no meio acadêmico e incentivar a incubação de empresas por estudantes e pesquisadores na área.
- Investir imediata e maciçamente no domínio completo da tecnologia de fabricação e na produção nacionalizada de células fotovoltaicas com um mínimo de qualidade, no contexto de uma política de introdução em escala deste tipo de fonte na matriz energética brasileira, que se inicie privilegiando as regiões mais carentes do país.
- Criar condições (políticas públicas) para tornar o silício poroso um material-base para dispositivos concretos nas diversas aplicações mencionadas (fotônica e sensores).
- Apoiar os grupos de pesquisa (em pontos quânticos semicondutores em medicina e diagnóstico) que estudam a síntese, a funcionalização, a biocompatibilidade e as propriedades ópticas das estruturas, assim como fomentar a interação entre estes grupos em nível científico e entre estes grupos e a indústria, em nível aplicado.
- Fomentar o domínio das técnicas de fabricação das fibras microestruturadas e estimular o desenvolvimento de tecnologias fotônicas (sensores e metrologia) baseadas na estrutura.
- Fomentar a pesquisa de novas substâncias para terapias fotodinâmicas (cromóforos funcionais para terapias fotodinâmicas) e, em seqüência, validar procedimentos terapêuticos. Nuclear um pólo industrial brasileiro de drogas para terapias fotodinâmicas, com vistas ao mercado internacional.

As recomendações de ordem sistêmica (*roadmaps*), que contemplem todo o conjunto de tópicos tecnológicos no tema *de materiais avançados para aplicações, eletrônicas, magnéticas e fotônicas*, serão produzidas nas Oficinas previstas para a Fase III do Estudo.

Conclusão

Este relatório encerra a fase intermediária (Fase II) do Estudo Prospectivo de Materiais Avançados - Horizonte de 2022. Seu objetivo foi o de colocar em perspectiva o leque de possibilidades de atuação em C&T de materiais para o aproveitamento de oportunidades de negócios e o atendimento de demandas de caráter estratégico dependentes de materiais avançados.

Estão relatados 86 tópicos tecnológicos prioritários de materiais. Os tópicos se distribuem nas sete áreas de interesse estratégico do Estudo: Recursos Naturais, Energia, Meio Ambiente, Saúde, Tecnologias Sensíveis, Tribologia, e Aplicações Eletrônicas, Magnéticas e Fotônicas.

Cada tópico tecnológico está apresentado no relatório através de descritores como força motriz, implicação futura e principal recomendação. Tais informações foram úteis a todos que, mediante uma consulta eletrônica nacional, indicaram para cada tópico:

- O seu grau de relevância industrial.
- O estágio de maturidade do país e do mundo frente aos principais elementos tecnológicos para desenvolvimento industrial do tópico

Os consultados escolheram ainda um subconjunto das principais dimensões setoriais que guardam estreita relação com o desdobramento executivo do tópico proposto.

Os resultados dessa consulta estruturada permitiu, entre outras conclusões, subdividir em setores os tópicos tecnológicos, priorizá-los dentro das áreas de interesse estratégico e indicar a posição relativa do Brasil em P&D dos tópicos frente ao resto do mundo.

A importância e aplicação dos resultados desta fase de perspectivas do exercício prospectivo em materiais podem ser avaliadas e apropriadas pelos agentes de governo, empresas e academia. As listas priorizadas dos tópicos tecnológicos, que se fazem acompanhar da devida fundamentação com indicadores e recomendações, subsidiam tomadas de decisão no sentido do fomento e assentamento de melhores bases de P&D em ciência e engenharia de materiais no país.

Esses resultados também formam um conjunto estruturado de informações de base estratégica para a fase seguinte do Estudo – Fase III, de traçado de roteiros de ação, que recomendará, aos mesmos agentes setoriais, abordagens sistêmicas em materiais – dessa vez com foco na antecipação do futuro construído sob visões e orientados por roteiros de aproveitamento de oportunidades descortinadas no presente.

Capítulo 1 Metodologia - Como foram priorizados os tópicos tecnológicos de materiais avançados?

Os tópicos tecnológicos prioritários decorrentes do Estudo Prospectivo de Materiais Avançados – Horizonte de 2022, conduzidos desde 2007 pelo CGEE para o MCT, ao término da atual Fase II (denominada Perspectivas), e que são candidatos a fomento em curto prazo e a exercícios prospectivos que remetam a ações de resultados no médio (2017) e longo prazo (2022), foram produzidos por meio da seguinte principal seqüência de eventos:

- *Reuniões do Comitê Consultivo.* Foram reuniões que culminaram com a identificação e validação de temas de grande aplicação ou forte correlação com a C&T de Materiais Avançados, e que tivessem paralelo com as áreas estratégicas do Plano de Ação 2007-2010 do MCT, sobre o qual se extrai a seguinte transcrição de artigo (1).

As áreas estratégicas apontadas pelo Plano são: áreas portadoras de futuro (biotecnologia e nanotecnologia), tecnologias da informação e comunicação, insumos para a saúde, biocombustíveis, energia elétrica, hidrogênio e energias renováveis, petróleo, gás e carvão mineral, agronegócio, biodiversidade e recursos naturais, Amazônia e Semi-Árido, meteorologia e mudanças climáticas, programa espacial, programa nuclear, defesa nacional e segurança pública, tecnologias para o desenvolvimento social e popularização da Ciência e Tecnologia e Melhoria do Ensino de Ciências.

Os temas de foco do Estudo foram:

- (I) aproveitamento sustentável dos recursos naturais minerais e biológicos;
- (II) armazenamento e geração de energia;
- (III) aplicações de materiais avançados na superação de problemas do meio ambiente;
- (IV) materiais avançados para a saúde humana;
- (V) materiais avançados para tecnologias duais ou sensíveis;
- (VI) materiais avançados em sistemas tribológicos;
- (VII) aplicações eletrônicas, magnéticas e fotônicas.

O tema VI está no Estudo devido sua transversalidade com os demais temas e por suas contribuições com economias de escala nos processos industriais que

lidam com fenômenos de atrito, desgaste e lubrificação, i.e., por si, a tribologia foi percebida (pelo Comitê) como estratégia antecipada do exercício prospectivo.

- *Encomenda de relatórios de situação dos sete temas projetados para o Estudo.* Os relatórios de situação (*position papers*) foram encomendados com o objetivo de alcançar resultados que estão descritos nos Termos de Referências do CGEE para contratação de especialistas.

Em síntese, os autores buscaram identificar e avaliar, no âmbito da C&T de materiais, os materiais avançados e/ou as tecnologias de produção de materiais avançados que tenham potencialmente vantagem de aplicação estratégica ou que representem oportunidades de negócios para os setores produtivos brasileiros.

Os autores buscaram apontar, também, as necessidades de investimentos em infra-estrutura para o desenvolvimento de atividades teóricas e experimentais que possam significar benefícios socioeconômicos direta ou indiretamente relacionados à C&T de materiais.

Os relatórios de situação produzidos para este Estudo estão citados no capítulo das referências.

- *Oficinas de validação dos Relatórios de Situação produzidos para os sete temas do Estudo.* Em adição ao fato de os relatórios terem sido produzidos por quarenta e quatro grupos de especialistas (o que lhes conferiu um grau de abrangência de tópicos tecnológicos de materiais avançados), os relatórios foram apresentados e debatidos durante três dias de oficinas de validação dos resultados. Tais oficinas ocorreram na sede da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais (ABM), São Paulo, nos dias 12, 13 e 14 de dezembro de 2007.

O processo de validação dos relatórios adotado nas oficinas na ABM utilizou o seguinte expediente:

(1) Cada relatório foi apresentado pelo seu autor a uma audiência de especialistas e executivos do setor produtivo ligada ao tema. Assim, o autor do relatório de recursos naturais apresentou seus resultados a representantes das instituições ABIT, BRASKEN, CETEM, FEI, OXITENO. O do tema de energia, aos representantes do CEPEL, DEDINE, ELECTROCELL, HELIODINÂMICA, INB, PUCRS. O do tema do meio ambiente, aos representantes da EVONIK-

DEGUSSA, GOLDBER ASSOCIATES, UFMG-Demet. O do tema de saúde, aos representantes da BRAILE e da UnB. O do tema de tecnologias sensíveis, aos representantes do CETEX, IPQM, IPT, PLASTIFLOW. O do tema de tribologia, aos representantes da UFPR, EMBRACO, MAHLE METAL LEVE, AÇOS VILARES. O do tema de aplicações eletrônicas, magnéticas e fotônicas, aos representantes da UFRGS, PUC-Rio, INMETRO.

(2) Por sua vez, os representantes das instituições convidadas para validação dos resultados dos relatórios de situação trouxeram (mediante apresentação em *powerpoint*) pontos de reflexão independentes – ou seja, sem prévio conhecimento do teor dos relatórios.

(3) Os debates entre os participantes das oficinas definiram um conjunto de linhas de pesquisa e desenvolvimento de materiais avançados, que representaram, consensualmente, tanto o relatório de situação quanto as perspectivas das instituições no tocante ao potencial de retorno para a sociedade quando as linhas de P&D forem reforçadas por financiamentos e políticas públicas estratégicas. Um documento (intitulado *Mapeamento de Oportunidades em P&D de Materiais Avançados*) foi produzido e embasa as ações decorrentes do Estudo.

- *Indicação de tópicos relevantes para priorização em consulta nacional.* Os resultados dos relatórios de situação dos sete temas do Estudo e as oportunidades de P&D indicadas nas oficinas de dezembro de 2007, foram à comunidade de pesquisadores e executivos (*stakeholders*) em C&T de materiais por meio de uma consulta estruturada. A estrutura projetada para a consulta apoiou-se nos seguintes objetivos específicos:

(1) identificar o estágio de maturidade do Brasil e do mundo frente aos principais componentes tecnológicos dos tópicos relevantes. Essa informação é útil, pois expõe os *gaps* tecnológicos entre o Brasil e o mundo – um indicador de espaço de P&D e de oportunidades de investimentos. A escala de maturidade tecnológica percorre de 1 a 5 (1, pesquisa básica; 2, pesquisa aplicada; 3, desenvolvimento experimental; 4, Aplicação prática seletiva; 5, aplicação generalizada).

(2) identificar em uma escala de 1 a 5 (1 significa *irrelevância*; 2, pouco relevante; 3, relevante; 4, muito relevante; 5, *essencial*) o grau de retorno ou relevância industrial dos tópicos tecnológicos consultados. Procurou-se conhecer a opinião dos especialistas e executivos sobre onde (qual programa de P&D de materiais

avançados?) deveria ser colocado o investimento de maior *lucratividade* ou retorno das oportunidades de negócios e de P&D.

(3) identificar as condicionantes (ou dimensões de C&T de materiais) que mais impactam ou são mais impactadas pela atividade industrial no tópico tecnológico consultado. O participante da consulta teve a liberdade de indicar e de criar as condicionantes de impacto. Na estrutura da consulta, foram fornecidas as seguintes condicionantes primárias: *Tecnologias de materiais; Infra-estrutura física* (laboratórios, equipamentos etc.); *Recursos humanos; Demanda de mercado; Meio Ambiente; Retorno ou lucratividade do investimento em P&D; Dinâmica de competitividade da cadeia produtiva; Financiamento; Suprimento de matéria-prima; Ambiente econômico; Tecnologias em geral; variável Política-legal-regulatória; Tendências de consumo/vendas; e a condicionante Social-cultural-demográfica.*

- *Ordenamento dos tópicos tecnológicos de materiais avançados em uma escala de prioridade baseada nos resultados da consulta estruturada.* Aos participantes da consulta foi-lhes solicitado que indicassem o grau de conhecimento nos tópicos avaliados. O nível de conhecimento dos participantes percorre 5 graus: *não-familiar; familiar; conhecimento casualmente adquirido, conhecedor; especialista.* Os tópicos foram, portanto, priorizados na medida em que as combinações de respostas tendiam para essencial/especialista. Ou seja, em um plano de coordenadas tendo por abscissa o *Nível de conhecimento* versus o eixo de ordenadas contendo a *Relevância industrial do tópico tecnológico.* Os tópicos mais prioritários considerados estão contidos no quadrante superior direito do plano de coordenadas. Os resultados *in natura* da consulta constam em documentos do CGEE e são recuperáveis na lista de referências.

Capítulo 2 Prioridades de P&D em Recursos Naturais para a Produção de Materiais Avançados

(2.1) Relevância industrial de tópicos tecnológicos de recursos naturais do país

Na pesquisa eletrônica a especialistas de materiais, 68% dos consultados - os que optaram por trabalhar o Tema I de Materiais Avançados e Recursos Naturais - receberam a seguinte solicitação na abertura de questionário:

- *Avalie 16 tópicos de materiais no tema de recursos naturais quanto à relevância industrial nos três marcos temporais: 2012, 2017 e 2022.*

O proponente dos tópicos relativos a recursos naturais, Prof. Fernando Galembeck, utilizou documentos produzidos sob encomenda do Estudo, na fase de construção do panorama do tema, para extrair a gênese das contribuições dessa fase.

A transcrição seguinte contextualizou o potencial de P&D e de investimentos inovadores nos recursos naturais abundantes no país:

A transição para uma economia global sustentável e a necessidade de alternativas ao petróleo conduzem a uma grande valorização das matérias-primas de origem vegetal e animal, assim como matérias-primas minerais abundantes, cuja utilização não implique em gastos energéticos elevados. Por outro lado, a nanotecnologia, a biotecnologia e as tecnologias de informação estão permitindo a introdução de novos produtos (materiais) e respectivos processos produtivos que são conservadores de energia e recursos naturais.

Ademais, o país tem um potencial inigualável na produção de matérias-primas energéticas, como o álcool, o biodiesel e as madeiras, que são também importantes insumos da indústria química, especialmente do seu segmento produtor de monômeros, polímeros, plastificantes, plásticos e borrachas.

Há, ainda, um número enorme de oportunidades representadas pelo aproveitamento de látexes naturais, óleos vegetais, fibras naturais e também de uma ampla variedade de resíduos agrícolas, ao lado de minerais de uso industrial, que são hoje transformados em materiais muito sofisticados e sem precedentes, por meio do uso de nanotecnologias em um processo de intensa agregação de valor.

Essas oportunidades exigem uma multiplicidade de ações estratégicas dife-

renciadas, que devem ser executadas por diferentes atores individuais e institucionais. Por exemplo, as ações de mapeamento e caracterização detalhada de recursos naturais e de resíduos do agronegócio são extremamente necessárias, exigindo um grande esforço de prospecção geológica e de mercado, de geografia e estatística, de análise química e caracterização face às possibilidades de transformação em materiais.

Um grande número de ações, especialmente no ambiente industrial, vêm se constituindo em exemplos motivadores para números crescentes de investidores. Esse fato, aliado à existência de uma boa infra-estrutura de pesquisa e à disponibilidade de pessoal pós-graduado está produzindo expressivos resultados.

Este tema objetiva identificar nichos de oportunidades de negócios através do aproveitamento sustentável de biomassa e recursos naturais (minerais e biológicos) na inovação em materiais avançados, para a recomendação de políticas públicas explícitas e consistentes com o desenvolvimento socioeconômico projetado para o país.

Pede-se então ao especialista indicar a relevância industrial de tópicos tecnológicos para processamento de recursos naturais. Os tópicos apresentados ao participante da Consulta foram extraídos pelo consultor Fernando Galembek que utilizou todo material de referência produzido para o tema, como as contribuições de Oficinas e Documentos do Estudo listados nas Referências.

O conceito de *relevância industrial* de um tópico tecnológico pode significar tanto importância estratégica, pelo olhar da sustentabilidade social, econômica, política, e ambiental, quanto oportunidade de negócio lucrativo, de interesse direto das empresas. Destacou-se mais uma vez que o objetivo do Estudo é identificar quais tópicos devam ser priorizados no curto (2012), médio (2017) e longo prazo (2022), pelos agentes setoriais e de governo, no sentido da construção de ações político-institucionais e tecnológicas para a criação de diferenciais de competitividade no país.

A seguir, são relatados 16 tópicos tecnológicos de materiais avançados, a partir de recursos naturais abundantes no país. Dá-se ênfase à relevância industrial dos tópicos nos marcos temporais que derivou dos resultados da consulta eletrônica feita a 379 especialistas.

Das informações da tabela abaixo, o participante da consulta eletrônica teve acesso apenas ao título do *tópico tecnológico*, e à *manchete jornalística* que hipoteticamente seria veiculada pelo setor produtivo interessado em fomento público-privado para de-

envolver uma oportunidade de negócio. A *força motriz* procura expor as causas da inovação inserida na manchete. *Implicação futura* é a consequência futura do fomento ao tópico tecnológico. O proponente do tópico oferece, então, a recomendação de base para o sucesso do empreendimento, indica a relevância ou interesse industrial no tópico, e a probabilidade de realização do tópico proposto – seja pelo Brasil ou mundo.

Assunto 01 - Título: Nanotecnologia na produção de materiais de origem natural			
Manchete: Se o País passar a utilizar intensamente a nanotecnologia para agregar valor às suas matérias-primas naturais, transformando-as em materiais funcionais e estruturais, oportunidades em vários setores da economia poderão ser apropriadas pela indústria.			
Força Motriz: Os materiais nanoestruturados apresentam conjuntos de propriedades sem antecedentes que permitem a transformação de matérias-primas de baixo valor unitário em materiais de alto desempenho.			
Implicação Futura: Vários setores industriais contarão com novos materiais de alto desempenho. No caso de materiais estruturais, isso implicará na redução da quantidade de matérias-primas usadas e na redução de peso dos produtos, o que em setores como o de equipamentos para transportes é essencial. Por outro lado, ocorrerá uma valorização de produtos de origem natural. Em uma etapa mais avançada, deverão surgir novos produtos, em vários setores da economia, viabilizados por materiais radicalmente inovadores.			
Recomendação: Difundir junto à indústria as possibilidades de materiais nanoestruturados, para que esta elabore projetos de P&D de novos materiais ou de aplicação destes materiais em seus produtos. Fomentar pesquisa básica sobre nanoestruturas e os processos de sua fabricação. Manter redes de pesquisa envolvendo empresas e ICTs.			
Relevância Industrial (proponente): 5		Probabilidade de Ocorrência: 90%	
Percentual de Participantes: 67%			
Relevância Industrial: 1 a 5	2012 3,7	2017 4,0	2022 4,2

Assunto 02 - Título: Biotecnologias na produção de materiais de origem natural			
Manchete: Biotecnologias permitem a transformação de muitos produtos de biomassa e de resíduos agrícolas em materiais valiosos, que substituem produtos da petroquímica e são amplamente utilizados em várias indústrias.			
Força Motriz: Biotecnologias transformam produtos da biomassa, como por exemplo a sacarose, em um grande número de produtos de alto valor unitário, para várias aplicações. Estes produtos são bem recebidos pelo mercado por serem “verdes”.			
Implicação Futura: Vários setores industriais contarão com materiais obtidos da biomassa, com características de biodegradabilidade que evitarão problemas graves como, por exemplo, os que hoje são encontrados em pneus de automóveis e em embalagens plásticas. Isso terá um impacto positivo sobre o balanço de carbono na atmosfera, além de contribuir para a transição para uma economia sustentável.			
Recomendação: Difundir junto à indústria as possibilidades de produção biotecnológica de matérias primas de materiais e dos próprios materiais, a partir de fontes renováveis. Fomentar pesquisa básica sobre nanoestruturas e os processos de sua fabricação. Manter redes de pesquisa envolvendo empresas e ICTs.			

Relevância Industrial (proponente): 5		Probabilidade de Ocorrência: 90%	
Percentual de Participantes: 98%			
Relevância Industrial: 1 a 5	2012 4,0	2017 4,2	2022 4,3

Assunto 03 - Título: *Tecnologias da informação na produção de materiais de origem natural*

Manchete: Através da montagem de bases de dados, acessíveis a empresários e pesquisadores, sobre as propriedades e disponibilidades de matérias-primas de origem natural, é possível fazer o aproveitamento comercial no país de muitos materiais naturais.

Força Motriz: A informação sobre materiais naturais é essencial para o seu aproveitamento. Hoje se sabe, por exemplo, que as propriedades da borracha natural dependem de um grande número de fatores, mas não se sabe como estabelecer estes fatores e avaliar os seus impactos. Portanto, estes são típicos problemas de sistemas complexos que requerem ferramentas poderosas para serem resolvidos, de forma a assegurar uma *logística* de produção adequada.

Implicação Futura: Vários profissionais de empresas contarão com grandes *bases* de dados que serão usadas na seleção de materiais para diferentes aplicações. Por outro lado, pesquisadores contarão com informação sobre variedades de espécies produtoras de matérias-primas importantes e também sobre variações nas características de diferentes produtos minerais.

Recomendação: Montar bases de dados sobre as propriedades de matérias-primas de origem natural, considerando variabilidades sazonais e de origem, bem como suas aplicações, tornando estas bases acessíveis a empresários e pesquisadores.

Relevância Industrial (proponente): 5		Probabilidade de Ocorrência: 90%	
Percentual de Participantes: 94%			
Relevância Industrial: 1 a 5	2012 3,6	2017 3,7	2022 3,8

Assunto 04 - Título: *Produção sustentável de materiais avançados*

Manchete: As indústrias podem liderar a produção de materiais avançados de forma sustentável, e contribuir para a redução do efeito estufa, através do modelamento das cadeias produtivas de materiais baseados em produtos de biomassa ou de minerais muito abundantes no Brasil.

Força Motriz: A transição para uma economia sustentável requer o uso crescente de matérias-primas de fontes renováveis ou de matérias-primas extremamente abundantes. Isso contribui para a redução atmosférica dos gases responsáveis pelo efeito estufa e, no atual cenário, mostra até mesmo vantagens econômicas.

Implicação Futura: Uma intensa atividade econômica envolvendo uma extensa cadeia que vai desde a produção de insumos para a agricultura até a produção de materiais avançados para todos os setores industriais, com um impacto positivo sobre o meio ambiente.

Recomendação: Modelar cadeias produtivas de materiais baseados em produtos de biomassa ou minerais muito abundantes, considerando todos os ciclos de vida dos insumos e produtos intermediários ou finais dessas cadeias.

Relevância Industrial (proponente): 5		Probabilidade de Ocorrência: 90%	
Percentual de Participantes: 94%			

Relevância Industrial:	2012	2017	2022
1 a 5	3,8	4,1	4.3

Assunto 05 - Título: Látex de borracha natural e elastômeros avançados

Manchete: É possível gerar uma intensa atividade econômica em várias partes do país ao se fomentar a cadeia produtiva de produtos da borracha natural, dotando-a de tecnologias e ferramentas para o processamento do látex, da madeira de seringueiras envelhecidas, mudas, fertilizantes e de outros insumos.

Força Motriz: A borracha natural é hoje um produto de preço crescente e atraente, a ponto de as áreas de plantio terem resistido aos avanços da cana de açúcar e até competirem com esta pela terra. Ela está presente em preservativos, pneus, adesivos, entre outros materiais e as suas possibilidades de uso expandiram-se muito, recentemente, especialmente no caso de nanocompósitos.

Implicação Futura: Uma intensa atividade econômica envolvendo uma extensa cadeia que vai desde a produção de látex, seu processamento e transformação em materiais avançados para vários produtos industriais. Esta cadeia inclui ferramentas e equipamentos para o processamento do látex e da borracha, além da madeira obtida das seringueiras envelhecidas, mudas, fertilizantes e outros insumos. Além disso, ocorre no processo uma significativa fixação de carbono.

Recomendação: Formar redes de empresas e ICTs para a identificação de produtos específicos de interesse, fomentando atividades de P&D pré-competitivas e também competitivas. Estabelecer pelo menos dois centros de P&D na área, com facilidades para o trabalho em escala piloto.

Relevância Industrial (proponente): 5 **Probabilidade de Ocorrência: 100%**

Percentual de Participantes: 93%

Relevância Industrial:	2012	2017	2022
1 a 5	3,3	3,2	3,2

Assunto 06 - Título: Materiais derivados de óleos e gorduras

Manchete: Óleos de mamona, de soja, cera de carnaúba e afins são matérias-primas, competitivas com derivados do petróleo na produção de importantes resinas de poliuretanas e alquídicas tendo como alvos os nanocompósitos termoplásticos, látexes redispersáveis e nanodispersões agroquímicas, por exemplo.

Força Motriz: Óleos de mamona, de soja, cera de carnaúba e vários outros produtos afins podem ser usados como matérias-primas muito versáteis, competindo vantajosamente com derivados do petróleo na produção de resinas muito versáteis.

Implicação Futura: Uma intensa atividade econômica envolvendo uma extensa cadeia que vai desde a produção de óleos, ceras e gorduras, processamento e transformação em materiais avançados para vários produtos industriais, além de usos mais tradicionais, como alimentos. Esta cadeia inclui ferramentas e equipamentos para a extração dos óleos e afins, além das mudas, fertilizantes e outros insumos. Além disso, ocorre no processo uma significativa fixação de carbono e existe a formação de numerosos sub-produtos.

Recomendação: Formar redes de empresas e ICTs para a identificação de produtos específicos de interesse, fomentando atividades de P&D pré-competitivas e também competitivas. Estabelecer pelo menos dois centros de P&D na área, com facilidades para o trabalho em escala piloto. Um modelo que poderia ser seguido é o que está sendo praticado pela Oxiteno, tendo os seguintes alvos: nanocompósitos termoplásticos, látexes redispersáveis e nanodispersões agroquímicas.

Relevância Industrial (proponente): 5		Probabilidade de Ocorrência: 100%	
Percentual de Participantes: 94%			
Relevância Industrial: 1 a 5	2012 3,3	2017 3,4	2022 3,5

Assunto 07 - Título: Argilas

Manchete: O mapeamento e a caracterização de barros e areias, conhecendo a sua nanoestrutura, são chaves para o desenvolvimento de uma intensa cadeia produtiva que vai desde a extração e processamento até a transformação em argilas modificadas e em materiais avançados para vários novos produtos competitivos.

Força Motriz: Argilas são abundantes e apresentam-se em um número muito grande de formas cristalinas e também de formas das suas partículas. O Brasil possui depósitos importantes de várias argilas, cujo conhecimento ainda é precário. Portanto, esta grande riqueza mineral acaba sendo sub-utilizada ou usada em aplicações pouco nobres, de baixo preço, quando pelo menos uma parte das argilas poderia ser usada na criação de materiais ou de insumos de materiais avançados, para numerosas aplicações.

Implicação Futura: Uma intensa atividade econômica envolvendo uma extensa cadeia que vai desde a extração de argila, seu processamento e transformação em argilas modificadas e em materiais avançados para vários produtos industriais.

Recomendação: Formar redes de empresas e ICTs para o mapeamento e caracterização de argilas brasileiras, formando uma base de dados acessíveis aos profissionais de P&D e empresários. Fomentar pelo menos duas empresas processadoras de argilas para aplicações especiais e cinco grupos de P&D, preferivelmente associando empresas e ICTs, para o desenvolvimento de novos tipos e aplicações.

Relevância Industrial (proponente): 5		Probabilidade de Ocorrência: 100%	
Percentual de Participantes: 94%			
Relevância Industrial: 1 a 5	2012 3,2	2017 3,3	2022 3,4

Assunto 08 - Título: Rejeitos do agronegócio e da produção mineral

Manchete: Rejeitos do agronegócio e da produção mineral (i.e., lixo) podem alimentar uma competitiva cadeia produtiva de insumos especiais e reduzir notadamente a demanda de fertilizantes, sendo essencial que se construa bases de dados para este empreendimento.

Força Motriz: Resíduos da produção agropecuária e mineral freqüentemente se tornam problemas ambientais, às vezes graves. Por outro lado, muitos deles podem ser fontes de materiais dotados de propriedades muito desejáveis. Um caso exemplar é o da casca de arroz: sendo queimada é uma fonte de energia e as suas cinzas são ricas em sílica nanoparticulada, que é um importante insumo para cimentos especiais.

Implicação Futura: Um intenso aproveitamento de resíduos de todos os tipos, alongando os ciclos de vida de muitos produtos e aumentando a geração de valor dentro de suas cadeias produtivas, ao mesmo tempo em que se alivia as pressões ambientais causadas pelo lixo. Uma consequência extremamente importante é a redução na demanda de fertilizantes, aumentando a sustentabilidade de cadeias produtoras.

Recomendação: Formar redes de empresas e ICTs para a identificação de resíduos específicos, fomentando atividades de P&D pré-competitivas e também competitivas para o seu aproveitamento. Neste caso não deve haver nenhuma centralização de esforços e o fomento deve ser disseminado, seja geograficamente, seja considerando-se os tipos de resíduos. É

essencial a existência de uma bases de dados.			
Relevância Industrial (proponente): 5		Probabilidade de Ocorrência: 100%	
Percentual de Participantes: 94%			
Relevância Industrial: 1 a 5	2012 3,6	2017 3,8	2022 4,0

Assunto 09 - Título: <i>Análise e caracterização de materiais avançados e respectivas matérias-primas</i>			
Manchete: Uma grande rede brasileira de laboratórios de caracterização de matérias-primas permitirá inovações em materiais avançados resolvendo muitos problemas até aqui insolúveis e representando saltos de participação no mercado.			
Força Motriz: É necessário conhecer as propriedades de materiais e de suas matérias-primas com grande detalhe, para se entender as diferenças funcionais que sempre são observadas e para se conseguir fazer novos materiais avançados. Novos métodos analíticos têm produzido grandes saltos na compreensão de materiais, resolvendo muitos problemas que até aqui não tinham solução.			
Implicação Futura: Muitas questões hoje existentes a respeito de diferenças nas propriedades de materiais importantes, como por exemplo as fibras celulósicas, gomas vegetais e minerais como o carbonato de cálcio de diferentes origens serão elucidadas graças ao contínuo refinamento de muitas técnicas experimentais. Por outro lado, esse novo conhecimento permitirá modificar matérias-primas introduzindo características necessárias à sua transformação em materiais avançados de diferentes tipos.			
Recomendação: Formar uma grande rede nacional de laboratórios de caracterização, situados em empresas e ICTs, que cubram todo o espectro de técnicas necessárias: microscópios, difratômetros, espectrômetros e outros equipamentos. Esta rede deve cultivar atividades de pesquisa fundamental, metodológica em um bom equilíbrio com as atividades de serviços a pesquisadores de ICTs e de empresas. O pessoal vinculado a essas atividades não deve ser avaliado com base na sua própria produção, mas com base na produção dos seus usuários.			
Relevância Industrial (proponente): 5		Probabilidade de Ocorrência: 100%	
Percentual de Participantes: 96%			
Relevância Industrial: 1 a 5	2012 4,0	2017 4,0	2022 4,1

Assunto 10 - Título: <i>Sustentabilidade: carbono e fertilizantes</i>			
Manchete: A adoção de novos padrões de produção agropecuária viabilizará uma economia sustentável no campo, através de práticas de reciclagem e reaproveitamento, reduzindo o consumo de fertilizantes por unidade do produto, fixando o carbono atmosférico no solo e retendo água e nutrientes.			
Força Motriz: O aumento na produção agrícola associada aos biocombustíveis, a partir de 2005, provocou uma explosão nos preços de fertilizantes que se reflete nos custos de produção agropecuária e dos materiais derivados, inviabilizando a perspectiva de uma economia sustentável. Urge adotar novos padrões de produção que requeiram menores quantidades de fertilizantes e permitam uma elevada mobilização de nutrientes nos solos.			
Implicação Futura: Redução nas quantidades de fertilizantes usadas, que oneram pesadamente as importações brasileiras. Melhorar na qualidade dos solos, melhorando a produção, qualitativa e quantitativamente e garantindo a estabilidade na produção de insumos para a produção de materiais avançados.			

Recomendação: Disseminar boas práticas agrícolas, visando à redução do consumo de fertilizantes por unidade de produto e portanto permitindo uma expansão da produção sem, ao mesmo tempo, pressionar excessivamente os produtores de fertilizantes.

Relevância Industrial (proponente): 5 **Probabilidade de Ocorrência:** 100%

Percentual de Participantes: 92V

Relevância Industrial:	2012	2017	2022
1 a 5	3,8	4,0	4,2

Assunto 11 - Título: *Fibras têxteis*

Manchete: É preciso definir objetivos de P&D para a produção de têxteis técnicos com características excepcionais de conforto, lavabilidade e durabilidade, e para potencializar a participação do País, que ocupa posições destacadas na produção mundial de fios, filamentos, tecidos, malhas e corantes.

Força Motriz: A indústria do vestuário produz artigos de primeira necessidade e também itens de alto valor agregado, quando se combina a inovação em materiais com o design. Além disso, há também uma grande demanda por têxteis técnicos para uso humano, em vários setores industriais, na construção civil e geotécnica. Neste setor associam-se a procura constante pela moda e novidade às possibilidades de criação de novos materiais através da nanotecnologia e biotecnologia.

Implicação Futura: A produção têxtil irá incluir novos tecidos dotados de funcionalidades mecânicas e eletrônicas, incluindo sensores, atuadores, cápsulas liberadoras de drogas e anti-bacterianas, além de serem especialmente resistentes à deposição de sujeira e autolimpantes a seco.

Recomendação: Definir objetivos de P&D, com forte participação da indústria e criar uma rede de P&D que inclua vários laboratórios de pesquisa trabalhando em temas relevantes e possivelmente geradores de resultados aplicáveis a têxteis, além de pelo menos duas instalações piloto nas quais de possa realizar ensaios de fiação, tecelagem e acabamento de tecidos.

Relevância Industrial (proponente): 3,8 **Probabilidade de Ocorrência:** 92%

Percentual de Participantes: 92V

Relevância Industrial:	2012	2017	2022
1 a 5	3,2	3,3	3,4

Assunto 12 - Título: *Fibras para compósitos e usos industriais*

Manchete: O fomento da agroindústria de grande porte ou familiar baseada na produção sustentável e na transformação de fibras naturais gerará matérias-primas amplamente utilizadas na construção civil e na indústria automobilística e contribuirá para a recuperação de solos degradados.

Força Motriz: O mercado internacional demanda fibras naturais para várias aplicações, invertendo uma tendência observada em todo o século 20. Por outro lado, a decadência que afetou o setor, durante muitos anos, levou a uma estagnação tecnológica que tem de ser revertida.

Implicação Futura: Fibras naturais fazem parte de várias cadeias produtivas importantes, sendo responsáveis por uma importante geração de renda agro-industrial. Como várias das espécies produtoras (sisal, coco) são perenes, a sua produção contribui para a recuperação de solos degradados.

Recomendação: Fomentar redes de P&D sobre novos materiais derivados de fibras, seja

em empresas de grande porte (fibrocimento e outros compósitos, revestimentos e estofamentos para automóveis) ou de pequeno porte (artefatos de plásticos, borracha e cimento reforçados). Fomentar projetos sobre a pirólise de fibras naturais e respectivos produtos.

Relevância Industrial (proponente): 4,5 Probabilidade de Ocorrência: 95%

Percentual de Participantes: 92%

Relevância Industrial: 1 a 5	2012	2017	2022
	3,6	3,7	3,9

Assunto 13 - Título: *Nanocompósitos*

Manchete: A combinação de polímeros naturais com outros materiais permitirá atender uma demanda inesgotável ao produzir, por exemplo, uma sola de sapato que “respire” no ar seco, seja impermeável à água, anti-estática, bacteriostática, libere vapores balsâmicos e informe o usuário sobre a temperatura do solo.

Força Motriz: A demanda por materiais inovadores é inesgotável, devido às múltiplas necessidades dos seres humanos e do ambiente em que estes vivem. Quaisquer novos materiais que atendam a necessidades que não sejam satisfeitas pelos materiais existentes são prontamente absorvidos pelo mercado.

Implicação Futura: A combinação de polímeros naturais (resinas, borrachas, fibras) com outros materiais permitirá produzir, por exemplo, uma sola de sapato que “respire” no ar seco, seja impermeável à água, anti-estática, bacteriostática, libere vapores balsâmicos e informe o usuário sobre a temperatura do solo.

Recomendação: Formar redes de empresas e ICTs para a identificação de produtos específicos de interesse, fomentando atividades de P&D pré-competitivas e também competitivas.

Relevância Industrial (proponente): 4,5 Probabilidade de Ocorrência: 100%

Percentual de Participantes: 94%

Relevância Industrial: 1 a 5	2012	2017	2022
	3,9	4,1	4,3

Assunto 14 - Título: *Celulose*

Manchete: O fomento da P&D sobre a plastificação de celulose e materiais lignocelulósicos permitirá que plásticos e borrachas sejam fabricados a partir de madeira e de vários tipos de resíduos vegetais, sendo introduzidos em várias cadeias produtivas e com grandes ganhos ambientais.

Força Motriz: A produção de madeira tem vários grandes atrativos: fixa carbono atmosférico e geralmente contribui para a melhoria do ambiente, gera grandes quantidades de material a um custo baixo e alimenta várias cadeias produtivas. Por outro lado, o seu próprio vulto leva à produção de enormes quantidades de resíduos de vários tipos. A transformação de celulose em resinas valiosas pode ser feita, mas com um pesado custo ambiental. A descoberta de plastificantes de celulose permitiria o seu processamento em equipamentos criados para as indústrias de plásticos e borrachas, gerando materiais muito interessantes e biodegradáveis a um baixo custo de produção.

Implicação Futura: Além de servir para a produção de madeira, aglomerados, papel e celulose, árvores poderiam ser uma matéria-prima de ampla aplicação na produção de materiais plásticos, que poderiam ser processados em grande escala e a baixo custo, com grandes ganhos ambientais.

Recomendação: Formar redes de empresas e ICTs para a identificação de produtos específicos de interesse, fomentando atividades de P&D pré-competitivas e também competitivas.

Relevância Industrial (proponente): 4,5		Probabilidade de Ocorrência: 100%	
Percentual de Participantes: 93%			
Relevância Industrial:	2012	2017	2022
1 a 5	3,4	3,5	3,6

Assunto 15 - Título: Biorefinaria			
Manchete: Estratégias de adensamento do aproveitamento de várias culturas de origem animal e agrícola podem gerar biorefinarias produtoras de alimentos, combustível, fertilizantes e materiais de alto valor agregado, maximizando a renda por hectare plantado e criando numerosos empregos.			
Força Motriz: A demanda por alimentos, energia e materiais é inesgotável, devido às múltiplas necessidades dos seres humanos e do ambiente em que estes vivem. Hoje as usinas de açúcar e álcool já respondem pela produção de combustível, energia elétrica e alimentos e este conceito deve ser expandido a numerosas outras culturas, para maximizar a renda obtida.			
Implicação Futura: Áreas rurais serão transformadas em complexos agro-industriais com uma produção diversificada e valiosa que evite os problemas associados à monocultura produtora de commodities. Em um limite, existirão unidades produtoras de poliolefinas (ao lado de outros produtos) a partir de cana de açúcar, semelhantes a petroquímicas atuais. Existirão também fábricas de combustíveis e de fertilizantes, baseadas na liquefação de micro-algas e de plantas despoluidoras de rios e lagos, como o aguapé. Junto a produtores de frangos, suínos e gado haverá produtores de fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos de alta densidade e transportáveis. No outro extremo, estarão unidades produtoras de resinas derivadas de óleos nobres, como o óleo de mamona e operadas por cooperativas de agricultura familiar.			
Recomendação: Fomentar P&D sobre a plastificação de celulose e materiais lignocelulósicos de várias origens para adequá-los a técnicas de transformação rápidas e de baixo custo.			
Relevância Industrial (proponente): 1,5		Probabilidade de Ocorrência: 70%	
Percentual de Participantes: 93%			
Relevância Industrial:	2012	2017	2022
1 a 5	3,4	3,7	3,8

Assunto 16 - Título: Sideroquímica			
Manchete: Os poluentes gerados pelas produtoras de ferro gusa no norte do país estão sendo recolhidos e transformados em matérias-primas que hoje competem com petroquímicos, sendo usados como matérias-primas de resinas e materiais de alto desempenho, além de combustíveis líquidos.			
Força Motriz: A produção siderúrgica brasileira é competitiva mas tem causado numerosos problemas ambientais. Entre estes, avultam os problemas associados à produção de carvão usado nos fornos de produção de ferro gusa na região do cerrado e no norte do país. A correção destes problemas depende da criação de motivações econômicas para que a produção do carvão vegetal seja tecnicizada, recolhendo e aproveitando-se os seus efluentes.			
Implicação Futura: A degradação do cerrado e a exploração predatória de outros ecossistemas importantes serão substituídas pelo uso de florestas plantadas em áreas hoje degradadas, que alimentarão biorefinarias geradoras não apenas de carvão mas também de matérias-primas para a produção de materiais poliméricos e cultivo de microalgas.			
Recomendação: Formar redes de empresas, cooperativas e ICTs para a identificação de possibilidades de adensamento do aproveitamento de diferentes culturas, fomentando atividades de P&D pré-competitivas e também competitivas.			
Relevância Industrial (proponente): 5,0		Probabilidade de Ocorrência: 100%	

Percentual de Participantes: 94%				
Relevância Industrial:	1 a 5	2012	2017	2022
		3,3	3,6	3,6

Em conclusão, os especialistas que responderam (83 ao todo) a consulta eletrônica sobre o Tema I - *Materiais avançados e recursos naturais* - contribuíram para a identificação da ordem (a seguir) de *relevância industrial dos tópicos tecnológicos temáticos* derivados deste Estudo.

Para fins de registro e processamento, as seguintes recomendações espontâneas foram sugeridas pelos consultados:

- Investir em infra-estrutura laboratorial no país para análise e controle de micro e nanoparticulados suspensos e de outros produtos nocivos a saúde, presentes no ambiente de trabalho, decorrentes das demandas intrínsecas produzidas por cada tópico apontado como estratégico.
- Investir numa política de desenvolvimento de equipamentos e máquinas para atender as demandas intrínsecas de cada tecnologia apontada como prioridade estratégica. Por exemplo: integrar as tecnologias envolvidas nos tópicos pertinentes para produção de materiais, sem a geração de resíduos ou com seus resíduos 100% reaproveitáveis por uma outra tecnologia afim.

Assunto 02 - Título: <i>Bioteχνologias na produção de materiais de origem natural</i>				
Relevância Industrial:	(1 a 5)	2012	2017	2022
	4,2 (MR)	4,0	4,2	4,3

Assunto 04 - Título: <i>Produção sustentável de materiais avançados</i>				
Relevância Industrial:	(1 a 5)	2012	2017	2022
	4,1 (MR)	3,8	4,1	4,3

Assunto 13 - Título: <i>Nanocompósitos</i>				
Relevância Industrial:	(1 a 5)	2012	2017	2022
	4,1 (MR)	3,9	4,1	4,3

Assunto 01 - Título: <i>Nanotecnologia na produção de materiais de origem natural</i>				
Relevância Industrial:	(1 a 5)	2012	2017	2022
	4,0 (MR)	3,7	4,0	4,2

Assunto 09 - Título: <i>Análise e caracterização de materiais avançados e respectivas matérias-primas</i>				
Relevância Industrial:	(1 a 5)	2012	2017	2022

Industrial: 4,0 (MR)	4,0	4,0	4,1
-----------------------------	-----	-----	-----

Assunto 10 - Título: *Sustentabilidade: carbono e fertilizantes*

Relevância (1 a 5)	2012	2017	2022
Industrial: 4,0 (MR)	3,8	4,0	4,2

Assunto 08 - Título: *Rejeitos do agronegócio e da produção mineral*

Relevância (1 a 5)	2012	2017	2022
Industrial: 3,8 (MR)	3,6	3,8	4,0

Assunto 12 - Título: *Fibras para compósitos e usos industriais*

Relevância (1 a 5)	2012	2017	2022
Industrial: 3,8 (MR)	3,6	3,7	3,9

Assunto 03 - Título: *Tecnologias da informação na produção de materiais de origem natural*

Relevância (1 a 5)	2012	2017	2022
Industrial: 3,7 (MR)	3,6	3,7	3,8

Assunto 15 - Título: *Biorefinaria*

Relevância (1 a 5)	2012	2017	2022
Industrial: 3,6 (MR)	3,4	3,7	3,8

Assunto 16 - Título: *Sideroquímica*

Relevância (1 a 5)	2012	2017	2022
Industrial: 3,5 (MR)	3,3	3,6	3,6

Assunto 14 - Título: *Celulose*

Relevância (1 a 5)	2012	2017	2022
Industrial: 3,5 (MR)	3,4	3,5	3,6

Assunto 06 - Título: *Materiais derivados de óleos e gorduras*

Relevância (1 a 5)	2012	2017	2022
Industrial: 3,4 (R)	3,3	3,4	3,5

Assunto 07 - Título: *Argilas*

Relevância (1 a 5)	2012	2017	2022
Industrial: 3,3 (R)	3,2	3,3	3,4

Assunto 11 - Título: *Fibras têxteis*

Relevância (1 a 5)	2012	2017	2022
Industrial: 3,3 (R)	3,2	3,3	3,4

Assunto 05 - Título: *Látex de borracha natural e elastômeros avançados*

Relevância (1 a 5)	2012	2017	2022
Industrial: 3,2 (R)	3,3	3,2	3,2

(2.2) Estágio de desenvolvimento, no país e no mundo, dos tópicos tecnológicos prioritários para recursos naturais

O objetivo aqui é a identificação dos estágios de desenvolvimento dos tópicos tecnológicos em recursos naturais minerais e biológicos para a produção de materiais avançados.

Para essa identificação utilizou-se a escala de maturidade tecnológica baseada nos conceitos do Manual de Oslo (http://www.finep.gov.br/dcom/brasil_inovador/arquivos/manual_de_oslo/): (1) Pesquisa básica; (2) Pesquisa aplicada; (3) Desenvolvimento experimental; (4) Aplicação prática seletiva; (5) Utilização generalizada.

São 16 (dezesesseis) os tópicos tecnológicos (assuntos) no tema de recursos naturais que foram submetidos à consulta eletrônica aos 379 participantes. Esses tópicos foram produzidos pelo pesquisador Fernando Galembeck em trabalho de sistematização das contribuições registradas nos documentos do Estudo (Fase I - Panorama da C&T de materiais e recursos naturais brasileiros.)

Nos quadros a seguir são indicados, para cada tópico tecnológico, o título do assunto e o número de respostas à consulta no tópico. O grau de desenvolvimento (ou maturidade tecnológica) é resultado da média ponderada pelo número de votantes no estágio da escala Oslo (1 a 5) escolhido para o tópico. É transcrito o estágio de maturidade do tópico resultante do percentual majoritário de votantes. Assim, para o Assunto 01, 47% dos respondentes (de 55) indicou estar o país no estágio de pesquisa básica (1), enquanto que 44% indicou estar o mundo no estágio de desenvolvimento experimental (3). O grau de afastamento ou distanciamento, em ciência e tecnologia, do país referente ao resto do mundo é obtido subtraindo-se o grau de desenvolvimento do país do grau do mundo (para o assunto 01, tem-se $1,6 = 3,4 - 1,8$).

Assunto 01 - Título: <i>Nanotecnologia na produção de materiais de origem natural</i> (55 respondentes)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 1,8	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,4
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 47% Pesquisa Básica (1)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 44% Desenvolvimento Experimental (3)
Afastamento C&T do país ref. mundo:	$1,6 / 3,4 = 47\%$

Assunto 02 - Título: Biotecnologias na produção de materiais de origem natural	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,6	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,8
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 31% Desenvolvimento Experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 38% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. mundo: 1,2 / 3,8 = 32%	

Assunto 03 - Título: TI na produção de materiais de origem natural	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,3	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,7
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 44% Pesquisa Aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 37% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. mundo: 1,4 / 3,7 = 38%	

Assunto 04 - Título: Produção sustentável de materiais avançados	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,1	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,4
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 35% Pesquisa Aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 35% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. mundo: 1,3 / 3,4 = 38%	

Assunto 05 - Título: Látex de borracha natural e elastômeros avançados	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 3,0	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,7
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 36% Desenvolvimento Experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 34% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. mundo: 0,7 / 3,7 = 19%	

Assunto 06 - Título: Materiais derivados de óleos e gorduras	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,9	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,5
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 35% Desenvolvimento Experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 28% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. mundo: 0,6 / 3,5 = 17%	

Assunto 07 - Título: Argilas	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,8	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,8
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 35% Desenvolvimento Experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 47% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. mundo: 1,0 / 3,8 = 26%	

Assunto 08 - Título: Rejeitos do agronegócio e da produção mineral	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,7	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,5
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 33% Desenvolvimento Experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 41% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. mundo: 0,8 / 3,5 = 23%	

Assunto 09 - Título: Análise e caracterização de materiais avançados e respectivas matérias-primas	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,7	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,1
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 29% Desenvolvimento Experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 43% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. mundo: 1,4 / 4,1 = 34%	

Assunto 10 - Título: Sustentabilidade: carbono e fertilizantes	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,4	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,5
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 38% Pesquisa Aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 41% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. mundo: 1,1 / 3,5 = 31%	

Assunto 11 - Título: Fibras têxteis	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,9	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,2
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 34% Pesquisa Aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 46% Aplicação prática Seletiva (4)

Afastamento C&T do país ref. mundo:	1,3 / 4,2 = 31%
--	-----------------

Assunto 12 - Título: Fibras para compósitos e usos industriais	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,7	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,3
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 33% Pesquisa Aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 50% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. mundo:	1,6 / 4,3 = 37%

Assunto 13 - Título: Nanocompósitos	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,2	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,0
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 45% Pesquisa Aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 53% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. mundo:	1,8 / 4,0 = 45%

Assunto 14 - Título: Celulose	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 3,1	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,9
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 35% Aplicação prática Seletiva (4)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 35% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. mundo:	0,8 / 3,9 = 21%

Assunto 15 - Título: Biorefinaria	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,7	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,4
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 31% Pesquisa Aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 44% Desenvolvimento Experimental (3)
Afastamento C&T do país ref. mundo:	0,7 / 3,4 = 21%

Assunto 16 - Título: Sideroquímica	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,7	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,6
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 36% Pesquisa Aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 42% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. mundo:	0,9 / 3,6 = 25%

Em conclusão, os especialistas que responderam (83 ao todo) a consulta eletrônica sobre o Tema I - Materiais Avançados e Recursos Naturais - contribuíram para a identificação do *grau de afastamento* (veja quadros a seguir) da C&T do país em relação ao resto do mundo.

A título de facilitação da leitura, indica-se que o assunto 06 (Materiais derivados de óleos e gorduras) é o que apresenta no Brasil menor defasagem (apenas 17 pontos percentuais) em relação ao estágio de maturidade do restante do mundo. O de maior defasagem é o assunto 13, que registra estar o país, em média, 45% distante da C&T mundial.

É preciso conjugar este resultado com os quadros de relevância industrial dos tópicos tecnológicos para conclusões mais apuradas sobre oportunidade de negócios. Assim, o mesmo assunto 06 tem um dos menores índices de relevância industrial (3,4 na escala de 5 pontos). Ou seja, na etapa posterior do Estudo (III Fase) deverão ser elaborados exercícios mais precisos de identificação do conjunto de tópicos tecnológicos a ensejar fomento prioritário para o aproveitamento de oportunidades de negócios em C&T de materiais avançados no país.

Observe-se então, a seguir, a ordem de afastamento do país do resto do mundo, em se tratando de ciência e tecnologia de materiais e recursos naturais minerais e biológicos abundantes no Brasil.

Assunto 06 - Título: Materiais derivados de óleos e gorduras
Afastamento da C&T do país: 17% atrás do mundo (APS)
Assunto 05 - Título: Látex de borracha natural e elastômeros avançados
Afastamento da C&T do país: 19% atrás do mundo (APS)
Assunto 15 - Título: Biorefinaria
Afastamento da C&T do país: 21% atrás do mundo (DE)
Assunto 14 - Título: Celulose
Afastamento da C&T do país: 21% atrás do mundo (APS)
Assunto 08 - Título: Rejeitos do agronegócio e da produção mineral
Afastamento da C&T do país: 23% atrás do mundo (APS)

Assunto 16 - Título: Sideroquímica

Afastamento da C&T do país: $0,9 / 3,6 = 25\%$ (APS)

Assunto 07 - Título: Argilas

Afastamento da C&T do país: 26% atrás do mundo (APS)

Assunto 10 - Título: Sustentabilidade: carbono e fertilizantes

Afastamento da C&T do país: 31% atrás do mundo (APS)

Assunto 11 - Título: Fibras têxteis

Afastamento da C&T do país: 31% atrás do mundo (APS)

Assunto 02 - Título: Biotecnologias na produção de materiais de origem natural

Afastamento da C&T do país: 32% atrás do mundo (APS)

Assunto 09 - Título: Análise e caracterização de materiais avançados e respectivas matérias-primas

Afastamento da C&T do país: 34% atrás do mundo (APS)

Assunto 12 - Título: Fibras para compósitos e usos industriais

Afastamento da C&T do país: 37% atrás do mundo (APS)

Assunto 03 - Título: TI na produção de materiais de origem natural

Afastamento da C&T do país: 38% atrás do mundo (APS)

Assunto 04 - Título: Produção sustentável de materiais avançados

Afastamento da C&T do país: 38% atrás do mundo (APS)

Assunto 13 - Título: Nanocompósitos

Afastamento da C&T do país: 45% atrás do mundo (APS)

Assunto 01 - Título: Nanotecnologia na produção de materiais de origem natural

Afastamento da C&T do país: 47% atrás do mundo (DE)

(2.3) Dimensões setoriais da C&T de materiais e suas correlações com os recursos naturais abundantes no país

O objetivo desta parte do Estudo é identificar as dimensões setoriais (i.e., variáveis condicionantes) dos ambientes de ciência e tecnologia de materiais que possuam significativa correlação (i.e., que causem impacto ou que sejam impactadas) pelo desenvolvimento de atividades industriais focadas em oportunidades de negócio e/ou em demandas estratégicas dos recursos naturais minerais e biológicos abundantes no país.

Os ambientes de C&T de materiais neste Estudo são definidos pelo conjunto de variáveis principais externas e internas às atividades de pesquisa e engenharia de materiais. Exemplificando, a condicionante *Recursos Humanos* pode ser uma variável interna da *Pesquisa e Engenharia de Materiais*. Já a dimensão *Tecnologias em Geral* é mais claramente uma dimensão setorial externa.

O conceito de variáveis setoriais neste Estudo é um recurso tipicamente metodológico. Tem-se mostrado útil na medida em que haja a necessidade de se formular um modelo matemático das reais dinâmicas que se deseja fomentar e tratar com uma visão de fortalecimento e sustentabilidade setorial.

O questionário solicitou aos consultados que empiricamente apontassem, para cada um dos sete temas estudados, as dimensões de maior correlação com o tópico tecnológico (84 tópicos para os sete temas). A tarefa de identificação das dimensões de correlação significativas é apresentada no quadro adiante.

Foram definidas as seguintes possíveis dimensões:

- Ambiente econômico
- Demanda de mercado
- Dinâmica de competitividade da cadeia produtiva
- Financiamento
- Infra-estrutura física (laboratórios, equipamentos, entre outros)
- Meio ambiente
- Política-legal-regulatória
- Recursos humanos
- Retorno ou lucratividade do investimento em P&D
- Social-cultural-demográfica
- Suprimento de matéria-prima
- Tecnologias de materiais
- Tecnologias em geral

- Tendências de consumo/vendas
- Outras dimensões (a livre indicação pelo respondente)

Para cada tópico tecnológico proposto, o especialista consultado indicou até 5 dimensões de maior correlação (que impacta ou é impactado). A distribuição percentual das indicações de correlação foram transcritas para o quadro como mostrado; e os totais resultantes da soma individual das indicações, registradas na coluna externa à direita do quadro.

Os percentuais destacados no quadro de correlação dimensão/tópico indicam as dimensões setoriais com maior correlação com o tópico em uma dada coluna. Assim, será possível tratar tópico a tópico nas suas principais dimensões. Isso pode ser muito útil na fase de construção dos roteiros estratégicos e tecnológicos, ao se eleger tópicos tecnológicos para desdobramentos em planos de ação, por exemplo.

Assim, ao tópico Nanotecnologia para materiais de origem natural as seguintes dimensões setoriais terão (em ordem decrescente de correlação) de ser consideradas: Tecnologias de materiais (15%); Infra-estrutura física (13%); Recursos humanos (11%); Meio ambiente (9%), Retorno ou lucratividade do investimento em P&D (9%), Demanda de mercado (9%) e Dinâmica de competitividade da cadeia produtiva (8%).

Percentuais (%) de Impacto e/ou Correlação dos Tópicos Tecnológicos nas Dimensões Setoriais	TÍTULOS																TOTALS
	01 - Nanotecnologia para materiais de origem natural	02 - Biotecnologias para materiais de origem natural	03 - TI para materiais de origem natural	04 - Produção sustentável de materiais avançados	05 - Látex de borracha natural e elastômeros avançados	06 - Materiais derivados de óleos e gorduras	07 - Argilas	08 - Rejeitos do agronegócio e da produção mineral	09 - Caracterização de materiais e respectivas matérias-primas	10 - Sustentabilidade: carbono e fertilizantes	11 - Fibras têxteis	12 - Fibras para compósitos e usos industriais	13 - Nanocompósitos	14 - Celulose	15 - Biorefinaria	16 - Sideroquímica	
Meio Ambiente	<u>9</u>	<u>15</u>	8	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>10</u>	<u>9</u>	<u>17</u>	3	<u>19</u>	5	<u>14</u>	5	<u>16</u>	<u>14</u>	<u>17</u>	188
Tecnologias de materiais	<u>15</u>	<u>11</u>	<u>9</u>	<u>12</u>	<u>8</u>	<u>10</u>	<u>15</u>	7	<u>12</u>	4	<u>12</u>	<u>8</u>	<u>16</u>	<u>13</u>	4	<u>12</u>	168
Infra-estrutura física (laboratórios, equipamento, entre outros)	<u>13</u>	<u>9</u>	7	<u>9</u>	<u>8</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	0	<u>16</u>	5	<u>10</u>	<u>9</u>	<u>11</u>	<u>9</u>	<u>8</u>	<u>7</u>	142
Demanda de mercado	<u>9</u>	6	<u>12</u>	6	<u>11</u>	<u>10</u>	<u>9</u>	<u>8</u>	6	6	<u>13</u>	<u>11</u>	<u>10</u>	7	6	<u>7</u>	137
Dinâmica de competitividade da cadeia produtiva	<u>8</u>	<u>10</u>	<u>8</u>	7	6	<u>10</u>	<u>8</u>	<u>8</u>	5	<u>10</u>	<u>8</u>	<u>8</u>	7	<u>10</u>	<u>10</u>	<u>10</u>	133
Recursos humanos	<u>11</u>	<u>8</u>	7	<u>8</u>	6	6	7	6	<u>17</u>	7	<u>10</u>	6	<u>10</u>	7	<u>9</u>	6	131
Tecnologias em geral	4	6	<u>8</u>	7	6	<u>8</u>	7	6	<u>10</u>	<u>8</u>	7	7	<u>8</u>	7	<u>8</u>	<u>7</u>	114
Retorno ou lucratividade do investimento em P&D	<u>9</u>	5	<u>9</u>	7	5	<u>9</u>	<u>8</u>	6	7	3	<u>8</u>	6	<u>10</u>	6	4	<u>7</u>	109
Suprimento de matéria-prima	5	7	<u>9</u>	6	<u>9</u>	7	<u>8</u>	5	5	6	6	7	5	6	7	<u>7</u>	105
Financiamento	6	6	6	5	6	4	5	0	<u>11</u>	<u>8</u>	7	<u>8</u>	7	7	<u>8</u>	6	100
Ambiente econômico	6	6	<u>8</u>	<u>8</u>	<u>10</u>	0	6	<u>8</u>	4	<u>8</u>	5	<u>8</u>	2	1	<u>10</u>	1	91
Política-Legal-Regulatória	1	5	6	6	3	3	3	<u>8</u>	2	<u>8</u>	0	5	1	1	4	5	61
Social-Cultural-Demográfica	0	3	2	2	0	2	1	4	0	6	2	4	1	1	6	2	36
Tendências de consumo/vendas	1	2	2	1	1	2	0	3	0	1	3	1	5	2	1	0	25
Outros	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1

O quadro a seguir indica, por exemplo, que a dimensão Meio Ambiente *mobiliza* um conjunto maior de tópicos tecnológicos em recursos naturais para produção de materiais avançados, em clara confirmação da lógica dos resultados, pois recursos naturais e meio ambiente são fortemente correlacionados.

É possível selecionar as dimensões de maior peso para o tema de materiais avançados e recursos naturais ao se arbitrar uma linha de corte. Seja, por exemplo, 100 pontos percentuais de afastamento da linha de corte relativa à dimensão do Meio Ambien-

te; então, as dimensões de maior peso se estenderão até a dimensão Ambiente Econômico ($188/91 = 2,06$, o que implica 1,06 ou 106% de afastamento).

Daí, pode-se concluir que as dimensões *político-legal-regulatória* (200% de afastamento), *social-cultural-demográfica* (420% de afastamento), e *tendências de consumo ou de vendas* (650% de afastamento) não têm pesos significativos como variáveis de impacto no tema (Materiais Avançados e Recursos Naturais) se comparadas às demais dimensões:

Indicador de impacto ou correlação	Dimensões setoriais ordenadas pelo grau de impacto ou correlação com as atividades de C&T de materiais avançados e recursos naturais
188	Meio Ambiente
168	Tecnologias de materiais
142	Infra-estrutura física (laboratórios, equipamentos, entre outros)
137	Demanda de mercado
133	Dinâmica de competitividade da cadeia produtiva
131	Recursos humanos
114	Tecnologias em geral
109	Retorno ou lucratividade do investimento em P&D
105	Suprimento de matéria-prima
100	Financiamento
91	Ambiente econômico
61	Política-Legal-Regulatória
36	Social-Cultural-Demográfica
25	Tendências de consumo/vendas

Abaixo, a lista ordenada das principais variáveis/dimensões de correlação dos ambientes externo e interno da atividade de pesquisa e engenharia de materiais ligadas ao tema Materiais Avançados e Recursos Naturais.

1. *Meio ambiente* (dimensão crítica),
2. *Tecnologias de materiais* (12% de afastamento relativo à dimensão crítica Meio ambiente),
3. *Infra-estrutura física* (laboratórios, equipamentos, entre outros) (32% de afastamento),
4. *Demanda de mercado* (37%),
5. *Tecnologias em geral* (38%),

6. *Dinâmica de competitividade da cadeia produtiva* (41%),
7. *Recursos humanos* (44%),
8. *Retorno ou lucratividade do investimento em P&D* (72%),
9. *Suprimento de matéria-prima* (79%),
10. *Financiamento* (88%),
11. *Ambiente econômico* (106%).

Capítulo 3 Prioridades de P&D de Materiais Avançados para Energia

(3.1) Relevância industrial de tópicos tecnológicos de materiais para a geração e armazenamento de energia

Na consulta eletrônica a especialistas de materiais, 43% deles, que optaram por trabalhar o Tema II - *Materiais Avançados para a Geração e Armazenamento de Energia* -, receberam a seguinte solicitação (comum aos 7 temas) na abertura do questionário:

- *Avalie 16 tópicos de materiais no tema de energia quanto à relevância industrial em três marcos temporais: 2012, 2017 e 2022.*

O proponente dos tópicos para o tema de energia foi o Prof. José Carlos Bressiani, que utilizou documentos produzidos por encomenda do Estudo, na fase de construção do panorama do tema, para extrair a gênese das contribuições dessa fase.

O texto que se segue contextualizou, para o participante da consulta, a importância de P&D e de investimentos que propiciem a inovação e a superação de gargalos tecnológicos em geração e armazenamento de energia no país:

A ciência e a engenharia de materiais têm um papel fundamental em todo o ciclo das tecnologias da matriz energética, desde a melhoria das fontes primárias (petróleo, carvão, gás natural, energia nuclear, hidrelétrica, e outras) até novos sistemas, para sua transmissão e conservação, além de novos produtos e serviços para o consumidor.

Melhorias evolutivas em materiais contribuem para aumentar a eficiência, a confiabilidade e o desempenho dos produtos finais. O desenvolvimento de materiais avançados apóia, inclusive, estratégias para novas opções de energia. Sua importância pode ser explicitada se considerarmos as demandas nas diversas fases e formas relacionadas à energia, tais como: geração, conversão e conservação; opções nucleares; utilização elétrica; e opções futuras, a exemplo da energia solar.

A energia desempenha papel singular nas sociedades do planeta. De um lado ela é a força vital da atividade econômica, que fornece os serviços e a infraestrutura essenciais para uma civilização, como transporte, comunicações, produtos alimentares, industriais e recreação. De outro, sua abundância ou carência impactam em grande escala a segurança nacional, a competitividade industrial, o meio-ambiente, a economia e a estrutura social.

O objetivo de uma estratégia nacional para a matriz energética deve considerar novas fontes de energia, novas formas de conversão de energia e novas tecnologias de utilização que satisfaçam às necessidades da sociedade de maneira econômica e em harmonia com a qualidade do meio ambiente.

Cinco áreas de aplicação foram aqui prospectadas sob o tema Materiais Avançados para a Geração e Armazenamento de Energia, cujos levantamentos e prioridades estão detalhados no conteúdo desta consulta e examinam as seguintes áreas: nuclear; células a combustível; solar; hidrogênio; e biocombustíveis.

Este tema objetiva identificar nichos de oportunidades de negócios e espaços estratégicos em geração e armazenamento de energia na inovação em materiais avançados, para recomendação de políticas públicas explícitas e consistentes com o desenvolvimento socioeconômico projetado para o país.

Pediu-se então ao participante da consulta que indicasse a relevância industrial dos tópicos tecnológicos que foram prospectados como relevantes para a geração e armazenamento de energia no Brasil.

O conceito de Relevância industrial de um tópico tecnológico foi também apresentado, significando tanto uma importância estratégica, pelo olhar da sustentabilidade social, econômica, política, e ambiental da matriz energética, quanto uma oportunidade de negócio lucrativo, de interesse direto das empresas do setor. O participante foi ainda informado do objetivo da consulta – o de identificar tópicos que devam ser priorizados no curto (2012), médio (2017) e longo prazo (2022), pelos agentes setoriais e de governo, no sentido da construção de ações político-institucionais e de implantação de rotas tecnológicas para a criação de diferenciais de competitividade e de geração e armazenamento de energia no país.

A seguir, são apresentados os 16 tópicos tecnológicos para geração e armazenamento de energia com graus de dependência no desenvolvimento de materiais avançados conforme 52 especialistas (43% dos consultados).

Os descritores (*manchete, força motriz, implicação futura*) dos tópicos tecnológicos objetivam explicitar a importância (os elementos de relevância do tópico) os benefícios futuros de fomento coordenado no tópico e a principal recomendação de ação estratégica para o seu desenvolvimento.

Assunto 01 - Título: <i>Ciclo do Combustível Nuclear</i>			
Manchete: O país precisa concluir o domínio completo do ciclo do combustível nuclear superando gargalos em materiais como inonel, zircalloy e aço inoxidável de baixo teor de cobalto para suprimento de sua demanda energética em melhores condições de parceria internacional.			
Força Motriz: O Brasil possui uma grande reserva de urânio e domina praticamente toda a tecnologia do ciclo do combustível nuclear. Para consolidar a sua importância em nível mundial nesse setor, deverá haver investimento na produção, no país, de todos os materiais necessários, de modo a eliminar o risco estratégico da dependência comercial. Os principais gargalos do país são: inonel, zircalloy e aço inoxidável de baixo teor de cobalto.			
Implicação Futura: Vários setores industriais contarão com novos materiais de alto desempenho. No caso de materiais estruturais, isso implicará na redução da quantidade de matérias-primas usadas e na redução de peso dos produtos, o que em setores como o de equipamentos para transportes é essencial. Por outro lado, ocorrerá uma valorização de produtos de origem natural. Em uma etapa mais avançada, deverão surgir novos produtos, em vários setores da economia, viabilizados por materiais radicalmente inovadores. Com o domínio completo do ciclo do combustível, além de dar sustentação a futura demanda nacional, o Brasil poderá fazer acordos internacionais em melhores condições para suprir sua demanda energética.			
Relevância Industrial - proponente: 3		Probabilidade de Ocorrência: 90%	
Percentual de Participantes: 98%			
Relevância Industrial: 1 a 5	2012 3,6	2017 3,9	2022 3,9

Assunto 02 - Título: <i>Combustíveis nucleares avançados</i>			
Manchete: O Brasil precisa acompanhar o crescente esforço mundial para o desenvolvimento de combustíveis nucleares mais avançados, que possibilite melhor aproveitamento do urânio, tornando-se mais econômico e seguro. Destacam-se os seguintes tópicos como prioritários: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Liga de combustível nuclear U4Zr2Nb e sua dispersão em matriz metálica de zircalloy (Zry) visando sua utilização em reatores de potência a água pressurizada (PWR – <i>Pressurized Water Reactor</i>) de médio porte. ▪ Combustíveis para reatores de potência tipo PWR dotados com Gd2O3 e Er2O3; ▪ Combustíveis para reatores do Tipo HTGR para produção de hidrogênio pelo processo termoquímico; ▪ Combustíveis de alta concentração de urânio U-Mo (7g/cm3) para reatores nucleares produtores de radioisótopos/radiofármacos; 			
Força Motriz: Há um esforço para se desenvolver, até 2010, os conceitos mais promissores de sistemas nucleoeletrônicos, um ciclo do combustível mais viável além de combustíveis mais econômicos em urânio, por exemplo, combustíveis dotados de absorvedores, como o érbio e ou gadolínio. Os novos combustíveis visam atender requisitos relacionados a melhorar fatores como: desempenho econômico, características de segurança, redução de rejeitos radioativos e redução da proliferação nuclear. Para os reatores produtores de radioisótopos, duas são as propriedades principais de candidatos a combustíveis de alta densidade: valor mínimo para o inchamento produzido por gases de fissão, e também a minimização da interação combustível-matriz de alumínio.			
Implicação futura: Desenvolver e disponibilizar ao país a tecnologia de fabricação de combustíveis nucleares tipo placa a base de dispersão, com aplicação em reatores de pesquisas produtores de radioisótopos e reatores de potência compactos de alto desempenho. Tal esforço alinha-se à necessidade em atender a crescente demanda brasileira por radiofármacos,			

a qual vem crescendo em ritmo acelerado desde 1999, com aumento médio ao redor de 10% ao ano. Com relação aos reatores de potência, os novos combustíveis poderiam suprir a crescente demanda nacional, podendo inclusive se tornar exportador.

Relevância Industrial - proponente: 3 **Probabilidade de Ocorrência: 90%**

Percentual de Participantes: 98%

Relevância Industrial: 1 a 5	2012	2017	2022
	3,5	3,8	3,9

Assunto 03 - Título: *Materiais para produção de biodiesel*

Manchete: Desenvolver materiais cerâmicos e poliméricos para aumentar a eficiência do processo de produção de biodiesel.

Cerâmicos: (a) nanoestruturados para a aplicação em filtros nanoporosos, (b) nanodimensionais para compósitos resistentes à abrasão, (c) revestimentos refratários específicos para temperaturas mais elevadas e resistência à ação química do processo de produção e (d) catalisadores absorvedores e armazenadores de CO₂.

Polímeros: (a) resinas para revestimentos compósitos resistentes à abrasão e ataque químico, (b) membranas nanoporosas e (c) resinas de troca iônica.

Como fabricantes de componentes poliméricos e filtros para o setor automotivo terá neste foco um forte fator diferencial na competitividade mercadológica. Como produtora do biodiesel, a usina terá elevada redução de custo relativo à diminuição sensível de paradas produção e custo de manutenção.

Força Motriz: Biodiesel é tipicamente produzido pela reação de óleos vegetais ou gorduras animais com álcool, como metanol ou etanol, que na presença de catalisadores geram monoalquil ésteres e glicerina, a qual deve ser removida. O grau de pureza do biodiesel é fundamental na obtenção de elevada eficiência de combustão do mesmo. As resinas de troca iônica (troca iônica é uma troca de íons entre dois eletrólitos ou entre uma solução eletrolítica e um complexo, onde o termo é comumente relacionado à processos de purificação, separação e descontaminação) têm se apresentado como uma solução altamente viável na purificação do biodiesel. Outro fator importante na produção do biodiesel é a temperatura. Como o processo de obtenção é a partir da biomassa e tem caráter termoquímico, materiais quimicamente mais resistentes e refratários para aquecedores, reatores e tubulação devem ser desenvolvidos visando também aumentar a eficiência do próprio processo de produção. Com relação ao manuseio do biodiesel, este é similar ao do diesel derivado do petróleo, porém com algumas diferenças. Em função das suas propriedades como solventes, os selos e mangueiras de borracha se degradam mais facilmente do que no uso com o diesel comum.

Implicação Futura: O Brasil tem um enorme potencial de produção de biodiesel e melhorias no seu processo produtivo terão implicações imediatas e futuras na qualidade e no custo do produto.

Relevância Industrial - proponente: 3 **Probabilidade de Ocorrência: 100%**

Percentual de Participantes: 98%

Relevância Industrial: 1 a 5	2012	2017	2022
	3,7	3,7	3,6

Assunto 04 - Título: *Materiais para produção de bioetanol*

Manchete: Investir na melhoria e desenvolvimento de protetores de superfícies contra a ação ácida e tribológica dos processos de produção e estocagem do bioetanol. A solução atual oferecida comercialmente se resume na aplicação de resinas a base de epóxi e ésteres vinílicos, solução esta não satisfatória perante o custo de manutenção de equipamentos, reatores, tubulações, entre outros, ainda considerado elevado. Materiais compósitos nanoestruturados vêm sendo foco de pesquisa neste sentido.

Como fabricante de equipamentos, a indústria de caldeiraria terá neste foco um forte fator diferencial na competitividade mercadológica. Como produtora do bioetanol, a usina terá elevada redução de custo relativo à diminuição sensível de paradas produção e custo de manutenção.

Força Motriz: Redução do desgaste dos equipamentos, tubulações e reatores nos processos convencionais e dos novos processos de hidrólise enzimática para transformar bagaço de cana em etanol que são ainda mais agressivos, mas possui grande probabilidade de serem utilizados, reduzindo conseqüentemente os custos de produção.

Implicação Futura: A produção de bioetanol irá crescer consideravelmente e investimentos na melhoria de desempenho dos materiais da sua linha de produção tornarão o produto mais barato e fortalecerá a liderança do Brasil.

Relevância Industrial - proponente: 3 Probabilidade de Ocorrência: 90%

Percentual de Participantes: 98%

Relevância Industrial: 1 a 5	2012	2017	2022
	3,8	3,9	3,8

Assunto 05 - Título: *Eletrólitos sólidos para células a combustível de óxidos sólidos (SOFC)*

Manchete: Investir no estudo de eletrólitos sólidos com alta condutividade e estabilidade em temperaturas intermediárias, e no processamento de camadas finas, densas e homogêneas de eletrólitos.

Força Motriz: O eletrólito mais utilizado em SOFC é a cerâmica zircônia estabilizada com ítria. Este material apresenta boa estabilidade nas condições de operação tradicionais deste dispositivo e condutividade iônica adequada quando as células que são operadas em altas temperaturas (próximas a 1000 °C). Entretanto, estas elevadas temperaturas sujeitam a célula e seus componentes a um grande desgaste devido aos diversos processos de degradação térmica. Uma redução da temperatura de operação para cerca de 600° C é considerado um importante avanço para esta tecnologia que permitiria uma série de benefícios como, por exemplo, o uso de materiais de menor custo e maior durabilidade do dispositivo. Estes são dois importantes pontos a serem superados para a disseminação da SOFC. Neste sentido, novos materiais e novos processos para produção de camadas finas de eletrólitos têm sido investigados.

Implicação Futura: As implicações futuras da disponibilidade de eletrólitos sólidos com alta condutividade e estabilidade em temperaturas intermediárias são extensas e vão além da tecnologia das SOFC. Sensores e transdutores eletroquímicos usados em diversas aplicações seriam beneficiados com estes materiais. No caso das células SOFC, a implicação final seria a disseminação desta tecnologia operando em temperaturas intermediárias com menores custos e maior durabilidade.

Relevância Industrial - proponente: 4 Probabilidade de Ocorrência: 80%

Percentual de Participantes: 91%

Relevância Industrial: 1 a 5	2012	2017	2022
	3,5	3,6	3,8

Assunto 06 - Título: Ânodos para células a combustível de óxidos sólidos (SOFC)

Manchete: Investir no desenvolvimento de ânodos resistentes à contaminações de enxofre e resistentes à formação de depósito de carbono.

Força Motriz: O ânodo é o eletrodo do combustível e, portanto, suas propriedades definem o tipo de combustível usado. As SOFC são diferenciadas das demais células a combustível por sua capacidade de usar diferentes combustíveis. Entretanto, o material usado atualmente (compósito YSZ+Ni) apresenta limitações neste sentido, impedindo o uso eficiente de combustíveis disponíveis como os hidrocarbonetos e álcoois. Estes desenvolvimentos visam encontrar ânodos resistentes a contaminantes, como o enxofre, e à deposição de carbono, mas preservando boas propriedades catalíticas e elétricas. Avanços importantes têm sido alcançados e vários materiais (compósitos, cerâmicas, etc.) são investigados para uso como ânodo de SOFC, visando à fabricação de ânodos catalíticos para oxidação direta de combustíveis, tolerantes à contaminação com enxofre, resistentes a deposição de carbono e a ciclos de oxidação / redução.

Implicação Futura: O desenvolvimento destes materiais possibilitará o uso eficiente de diversos combustíveis em SOFC, possibilitando uma maior flexibilidade de seu uso em várias aplicações, aumentando a durabilidade do dispositivo e contribuindo para sua disseminação. Trata-se de tema particularmente estratégico no caso do Brasil, onde o etanol seria um excelente candidato para combustível destes sistemas.

Relevância Industrial - proponente: 4 Probabilidade de Ocorrência: 80%

Percentual de Participantes: 91%

Relevância Industrial:	2012	2017	2022
1 a 5	3,5	3,6	3,8

Assunto 07 - Título: Catodos para células a combustível de óxidos sólidos - SOFC

Manchete: Investir no desenvolvimento de catodos eficientes em temperaturas intermediárias.

Força Motriz: O catodo é o eletrodo do ar. Ele deve possuir boas propriedades catalíticas para a redução do oxigênio e ter elevada condutividade eletrônica e iônica. Cerâmicas à base de manganita de lantânio (LaMnO3) são os materiais mais usados e apresentam bom desempenho em altas temperaturas (acima de 800° C). Entretanto, é o eletrodo no qual ocorrem as maiores perdas por sobretensão da SOFC. Os desenvolvimentos de células com temperatura de operação intermediária (~600° C) e elevada eficiência exigem catodos com melhor desempenho.

Implicação Futura: A implicação destes avanços é relacionada com a redução da temperatura de operação das células e se trata de um dos temas mais importantes para redução de custo e disseminação da tecnologia da SOFC.

Relevância Industrial - proponente: 3 Probabilidade de Ocorrência: 80%

Percentual de Participantes: 90%

Relevância Industrial:	2012	2017	2022
1 a 5	3,5	3,7	3,9

Assunto 08 - Título: <i>Selantes e interconectores para células a combustível de óxidos sólidos (SOFC)</i>			
Manchete: Investir no desenvolvimento de selantes e interconectores com boas propriedades e menor custo.			
Força Motriz: Além dos eletrodos e eletrólito, dependendo do seu design, um empilhamento de SOFC necessita ainda de dois importantes componentes: o interconector, que faz a conexão elétrica entre as células unitárias e o selante, que garante a vedação do sistema impedindo que os gases reagentes se misturem ou vazem para o ambiente. Interconector: Nas células de alta temperatura de operação (~1000 °C) o material capaz de atender todos os requisitos de estabilidade e de elevada condutividade eletrônica são as cerâmicas da família da cromita de lantânio (LaCrO ₃). Interconectores metálicos são apontados como sendo um importante avanço para SOFC, e em temperaturas mais baixas de operação (< 700 °C) a busca por interconectores metálicos é intensa devido aos grandes benefícios destes materiais em termos de redução de custo. Selante: Estes são os materiais mais sujeitos aos segredos industriais desta tecnologia e devem atender a diversos requisitos. Ainda não são estabelecidos os materiais para selagem destes dispositivos.			
Implicação Futura: A principal implicação no desenvolvimento de interconectores e selantes alternativos é a redução de custos das SOFC e domínio da tecnologia de fabricação dos componentes.			
Relevância Industrial - proponente: 3		Probabilidade de Ocorrência: 80%	
Percentual de Participantes: 99%			
Relevância Industrial: 1 a 5	2012 3,5	2017 3,6	2022 3,7

Assunto 09 - Título: <i>Eletrocatalisadores para células a combustível de baixa temperatura tipo PEMFC.</i>			
Manchete: Desenvolvimento de eletrocatalisadores mais eficientes e estáveis para as reações de oxidação de hidrogênio, de oxidação direta de álcoois e de redução do oxigênio em células tipo PEMFC.			
Força Motriz: Para os eletrocatalisadores a base de Pt existe a necessidade de desenvolver novas metodologias em escalas viáveis de preparação que permitem um maior controle da morfologia do eletrocatalisador a fim de obter materiais com maior número de centros catalíticos com alta atividade. O estudo de novas formulações de catalisadores binários e ternários a base de Pt é também outro caminho que deve ainda ser explorado. Em relação aos eletrocatalisadores que utilizam metais não-nobres os desafios são ainda maiores, porém, os resultados em termos econômicos podem ser mais interessantes. Assim, o desenvolvimento de metodologias de preparação que permitam obter materiais biomiméticos em escalas viáveis e a custos razoáveis, bem como, novos materiais baseados em metais não-nobres, são outros temas que devem ser mais investigados.			
Implicação Futura: Novos catalisadores a base de Pt mais eficientes permitiram reduzir a quantidade de Platina atualmente utilizada nas Células PEMFC de miligramas de Platina por cm ² para microgramas de Platina por cm ² permitindo reduzir o custo de fabricação das células substancialmente. Os catalisadores utilizando metais não-nobres também permitirão reduzir o custo das células e, em ambos os casos, a entrada das células no mercado em larga escala.			
Relevância Industrial - proponente: 3		Probabilidade de Ocorrência: 80%	
Percentual de Participantes: 90%			
Relevância Industrial: 1 a 5	2012 3,5	2017 3,6	2022 3,7

Assunto 10 - Título: *Membranas (Eletrólitos) para células a combustível de baixa temperatura tipo PEMFC.*

Manchete: Investir no desenvolvimento de membranas iônicas que permitam o funcionamento de células a combustível tipo PEMFC em temperaturas acima de 100° C.

Força Motriz: A membrana polimérica (eletrólito polimérico) mais utilizada atualmente e que apresenta o melhor desempenho, o Nafion, apresenta limitações no que se refere à temperatura de operação (< 100° C), pois necessita estar hidratada para ocorrer à condução protônica. O uso de temperaturas maiores que 100° C nas células PEMFC permitiria o uso de hidrogênio proveniente do processo de reforma (processo mais barato e de larga escala de produção de H₂), o qual se apresenta contaminado com monóxido de carbono (CO) e leva a desativação dos catalisadores de Platina. O Nafion apresenta também uma alta permeabilidade aos combustíveis líquidos (fenômeno de *crossover*), como metanol e etanol, o que reduz consideravelmente a eficiência das células operando diretamente com álcoois.

Implicação Futura: Novas membranas para células PEMFC que operem a temperaturas maiores que 100° C permitiriam o uso de hidrogênio proveniente do processo de reforma com maiores quantidades de CO que as necessárias para operação a temperaturas menores que 100° C (< 10 ppm de CO). Isto favoreceria uma diminuição no custo do hidrogênio proveniente do processo de reforma (exigiria uma etapa a menos no processo) para uso em células PEMFC. No caso das células tipo PEMFC operando diretamente com álcoois, o aumento de temperatura de operação e a diminuição do *crossover* permitiriam uma melhora na cinética das reações anódica e catódica e, conseqüentemente, uma melhor eficiência destas células.

Relevância Industrial - proponente: 4 **Probabilidade de Ocorrência:** 80%

Percentual de Participantes: 90%

Relevância Industrial:	2012	2017	2022
1 a 5	3,5	3,6	3,7

Assunto 11 - Título: *Materiais a serem desenvolvidos para a geração de energia por meio de hidrogênio de biomassa*

Manchete: Produzir hidrogênio por meio de biomassa para a geração de energia limpa, além de reduzir a dependência da importação do petróleo e a diminuição da poluição causada pela emissão de gases.

Força Motriz: Para geração de hidrogênio a partir de álcoois, principalmente o etanol, é necessário a reação de reforma a vapor. Nesta reação são utilizados catalisadores à base de metais ativos suportados em óxidos cerâmicos. Os metais platina, paládio, rutênio e ródio apresentam bom desempenho, porém seu custo é elevado e para tanto deve-se substituir estes metais nobres por elementos de transição, para viabilização do processo utilizando catalisadores com alta atividade, seletividade, estabilidade e principalmente baixo custo.

Implicação Futura: O hidrogênio é considerado como o portador de energia mais viável para o futuro. A substituição dos metais nobres utilizados como eletrocatalisadores nas reações de reforma e o uso de membranas para purificação do hidrogênio são relevantes no aspecto econômico e tecnológico.

Relevância Industrial - proponente: 4 **Probabilidade de Ocorrência:** 80%

Percentual de Participantes: 92%

Relevância Industrial:	2012	2017	2022
1 a 5	3,5	3,8	3,9

Assunto 12 - Título: <i>Armazenamento de hidrogênio na forma sólida</i>			
Manchete: Desenvolvimento de hidretos clássicos, complexos e de estruturas organometálicas (MOFs – <i>metal organic frameworks</i>) para reservatório de hidrogênio para células a combustíveis estacionárias e automotivas.			
Força Motriz: Tornar o país independente ou menos dependente da importação desta tecnologia, inserindo-o na economia de hidrogênio.			
Implicação Futura: O sucesso deste desenvolvimento acarretará em melhoria da segurança, pois a forma sólida é a mais segura para o transporte e estocagem do hidrogênio, além de ganhos ambientais com a utilização de hidrogênio em células a combustível, principalmente em automóveis em grandes centros urbanos.			
Relevância Industrial - proponente: 3		Probabilidade de Ocorrência: 100%	
Percentual de Participantes: 94%			
Relevância Industrial: 1 a 5	2012 3,5	2017 3,8	2022 3,9

Assunto 13 - Título: <i>Armazenamento de hidrogênio na forma gasosa</i>			
Manchete: Desenvolvimento de compósitos leves e resistentes a altas pressões para fabricação de tanques de armazenamento de hidrogênio na forma gasosa.			
Força Motriz: Tornar o país independente ou menos dependente da importação desta tecnologia, inserindo-o na economia de hidrogênio.			
Implicação Futura: por ser a tecnologia mais madura de armazenamento, o sucesso nessa área demandará menos tempo e, portanto é estratégico para a introdução da economia do hidrogênio no país; ganhos ambientais com a utilização de hidrogênio em células a combustível, principalmente em automóveis em grandes centros urbanos.			
Relevância Industrial - proponente: 3		Probabilidade de Ocorrência: 80%	
Percentual de Participantes: 94%			
Relevância Industrial: 1 a 5	2012 3,5	2017 3,7	2022 3,9

Assunto 14 - Título: <i>Materiais para captação de energia solar: Eletricidade solar</i>			
Manchete: Novos materiais para absorver luz solar com maior eficiência, novas técnicas para capturar o espectro inteiro de comprimentos de onda da radiação solar, e novas abordagens baseadas em materiais nanoestruturados podem revolucionar a tecnologia usada para produzir eletricidade solar. O desenvolvimento tecnológico e comercialização bem sucedida de células solares monocristalinas demonstram a promessa e praticidade de fotovoltaicos, enquanto novas abordagens aproveitando a nanotecnologia, filmes-finos, semicondutores orgânicos, corantes sensibilizado (dye sensitization) e pontos quânticos (quantum dots) oferecem novas oportunidades fascinantes para fabricação de sistemas mais baratos, mais eficientes e mais duradouros.			
Força Motriz: A demora em realizar a revolução solar é o custo. Nos anos 70, os módulos fotovoltaicos custavam \$70/watt. Hoje em função de melhorias em eficiência e benefícios da produção em escala, os módulos custam \$3,50/watt. Para competir com eletricidade convencional o custo tem que cair para \$1/watt (ou 7 centavos/kWh).			
Implicação Futura: A energia solar é limpa, não produz emissões de CO ₂ e é gratuita. Novos materiais para absorver luz solar com maior eficiência, novas técnicas para capturar o			

espectro inteiro de comprimentos de onda da radiação solar, e novas abordagens baseadas em materiais nanoestruturados podem revolucionar a tecnologia utilizada para produzir eletricidade solar.

Relevância Industrial - proponente: 4 **Probabilidade de Ocorrência: 100%**

Percentual de Participantes: 94%

Relevância Industrial:	2012	2017	2022
1 a 5	3,8	4,1	4,4

Assunto 15 - Título: Materiais para captação de energia solar: Sistemas térmicos solar

Manchete: Sistemas térmicos solar utilizam materiais refletivos para concentrar o calor do sol. Estes aquecem um meio adequado para dirigir um gerador e produzir eletricidade, fazendo assim uma ponte entre o ciclo dia-noite. Os principais desafios para consolidar esta tecnologia estão relacionados com o desenvolvimento de novos materiais refletivos de baixo-custo e de alta-performance para sistemas de focagem da luz solar, novos materiais capazes de suportar as altas temperaturas dos reatores térmicos solares e novos materiais com fases de transição embutidos e capazes de armazenar calor.

Força Motriz: O desafio principal na tecnologia térmico solar, é a identificação de métodos mais econômicos para converter luz solar em energia térmica que pode ser armazenada e distribuída. Reatores aquecidos por luz solar enfocada e concentradas, atingem temperaturas acima de 3000° C, permitindo assim eficiente produção química de combustíveis a partir de matérias primas sem uso de catalisadores custosos. São necessários novos materiais refletivos de baixo-custo e de alta-performance para sistemas de focagem para otimizar o custo - benefício de todas as tecnologias térmicas solar concentradas. Novos materiais capazes de suportar as altas temperaturas dos reatores térmicos solares são necessários para permitir aplicações desta tecnologia. Novos materiais com fases de transição embutidos e capazes de armazenar calor, tem potencial de armazenamento de altas capacidades de calor e longos tempos de liberação de calor, fazendo assim uma ponte entre o ciclo dia-noite.

Implicação Futura: Ampliação do uso da energia solar e possibilidade de geração de energia elétrica mesmo a noite.

Relevância Industrial - proponente: 3 **Probabilidade de Ocorrência: 90%**

Percentual de Participantes: 92%

Relevância Industrial:	2012	2017	2022
1 a 5	3,7	4,0	4,2

Assunto 16 - Título: Materiais para captação de energia solar: Combustível solar

Manchete: Processos como fotossíntese permite a produção de combustíveis solares como hidrogênio ou hidrocarbonetos diretamente da luz solar. Novos materiais orgânicos e inorgânicos (nanométricos) têm substituído (em escala de laboratório) plantas naturais e algas, no uso da luz solar para produzir hidrogênio diretamente, por quebrar água e hidrocarbonetos via redução do CO2 atmosférico.

Força Motriz: Os ciclos inerentes de dia-noite (e dias ensolarados-encobertos) da radiação solar necessitam um método efetivo para armazenar a energia solar convertida, para distribuição posterior. O desafio principal da tecnologia de combustíveis solares é produção confiável e economicamente eficiente de combustíveis químicos diretamente da luz solar. O método mais atraente e econômico para armazenar energia solar é conversão aos combustíveis químicos.

Implicação Futura: Desenvolvimento de método de baixo custo para produção de hidrogênio.

Relevância Industrial - proponente: 2		Probabilidade de Ocorrência: 90%	
Percentual de Participantes: 91%			
Relevância Industrial:	2012	2017	2022
1 a 5	3,6	3,8	4,2

E para fins de registro e processamento, estão transcritos abaixo outros tópicos tecnológicos voluntariamente recomendados por respondentes da consulta:

- Materiais para a produção de equipamentos necessários nos processos de produção de células fotovoltaicas.
- Neste levantamento, deveria ser levado em consideração a geração de energia elétrica por turbinas a gás de última geração usando gás natural, outros combustíveis fósseis e biocombustíveis. No desenvolvimento das referidas turbinas há a necessidade do domínio da tecnologia de obtenção de diversos materiais de última geração e de elevado conteúdo tecnológico como, por exemplo, superligas à base de níquel e revestimentos como forma de barreira térmica, ambos utilizados nos componentes mais solicitados das turbinas (palhetas, *vanes*, discos de turbinas, dutos, entre outros).

Em minha opinião, células a combustível nunca se tornarão aplicáveis para geração de energia em grande escala, sempre se restringirão à aplicações muito específicas.

Por outro lado, a geração de energia nuclear poderá trazer grandes benefícios para o Brasil.

- Energia eólica é uma forma não poluente onde o país apresenta um grande potencial.
- Materiais para captação de energia eólica.
- Desenvolvimento de sistemas mais eficientes para a captação de energia eólica.
- Novas fontes de energia não conhecidas atualmente.
- Materiais para geração de hidrogênio pela fotólise da água com luz solar.

A seguir, a lista dos tópicos tecnológicos em materiais avançados para geração e armazenamento de energia - dada por ordem de relevância industrial – obtidos dos quadros anteriores. Observe-se que o último tópico da lista (Assunto 10) está afastado, relativamente ao de maior relevância (Assunto 14), apenas de 14 pontos percentuais; indicando que todos os tópicos têm proximidade de relevância entre si. Daí, representarem um grupo de assuntos homogêneo quanto ao direcionamento de ações para o desenvolvimento industrial com foco em oportunidades de negócio.

- Assunto 14 - *Materiais para captação de energia solar: Eletricidade solar* - (Relevância industrial = 4,1; tópico tecnológico temático de maior prioridade de investimento como oportunidade de negócio)
- Assunto 15 - *Materiais para captação de energia solar: Sistemas térmicos solar* - (Relevância industrial = 4,0; percentual de afastamento relativo ao Assunto 14)

quanto ao grau de relevância industrial = $4,1/4.0 = 1,03$; donde, afastamento relativo = 3%)

- Assunto 16 - *Materiais para captação de energia solar: Combustível solar* - (Relevância industrial = 3,9; afastamento relativo 5%)
- Assunto 01 - *Ciclo do Combustível Nuclear* - (Relevância industrial = 3,8; afastamento relativo 8%)
- Assunto 04 - *Materiais para produção de bioetanol* - (Relevância industrial = 3,8; afastamento relativo 8%)
- Assunto 02 - *Combustíveis nucleares avançados* - (Relevância industrial = 3,7; afastamento relativo 11%)
- Assunto 03 - *Materiais para produção de biodiesel* - (Relevância industrial = 3,7; afastamento relativo 11%)
- Assunto 07 - *Cátodos para células a combustível de óxidos sólidos (SOFC)* (Relevância industrial = 3,7; afastamento relativo 11%)
- Assunto 11 - *Materiais a serem desenvolvidos para a geração de energia por meio de hidrogênio de biomassa* - (Relevância industrial = 3,7; afastamento relativo 11%)
- Assunto 12 - *Armazenamento de hidrogênio na forma sólida* - (Relevância industrial = 3,7; afastamento relativo 11%)
- Assunto 13 - *Armazenamento de hidrogênio na forma gasosa* - (Relevância industrial = 3,7; afastamento relativo 11%)
- Assunto 05 - *Eletrólitos sólidos para células a combustível de óxidos sólidos (SOFC)* (Relevância industrial = 3,6; afastamento relativo 14%)
- Assunto 06 - *Anodos para células a combustível de óxidos sólidos (SOFC)* (Relevância industrial = 3,6; afastamento relativo 14%)
- Assunto 08 - *Selantes e interconectores para células a combustível de óxidos sólidos (SOFC)* (Relevância industrial = 3,6; afastamento relativo 14%)
- Assunto 09 - *Eletrocatalisadores para células a combustível de baixa temperatura tipo PEMFC* - (Relevância industrial = 3,6; afastamento relativo 14%)
- Assunto 10 - *Membranas (Eletrólitos) para células a combustível de baixa temperatura tipo PEMFC* - (Relevância industrial = 3,6; afastamento relativo 14%)

(3.2) Estágio de desenvolvimento, no país e no mundo, dos tópicos tecnológicos prioritários de materiais para energia

O objetivo aqui é a identificação dos estágios de desenvolvimento dos tópicos tecnológicos propostos para a geração e armazenamento de energia a partir da produção de materiais avançados.

Para essa identificação utilizou-se a escala de maturidade tecnológica baseada nos conceitos do Manual de Oslo (http://www.finep.gov.br/dcom/brasil_inovador/arquivos/manual_de_oslo/): (Estágio 1) Pesquisa básica; (2) Pesquisa aplicada; (3) Desenvolvimento experimental; (4) Aplicação prática seletiva; (5) Utilização generalizada.

São 16 (dezesesseis) os tópicos tecnológicos (assuntos) no tema de energia (Tema II) que foram submetidos, via consulta eletrônica, aos 379 participantes. Esses tópicos foram produzidos pelo pesquisador José Carlos Bressiani em um trabalho de sistematização das contribuições registradas nos documentos do Estudo (Fase I - Panorama da C&T de materiais e recursos naturais brasileiros.)

Nos quadros abaixo são indicados, para cada tópico tecnológico, o título do assunto e o número de especialistas consultados. O grau de desenvolvimento (ou maturidade tecnológica) é resultado da média ponderada pelo número de votantes no estágio da escala Oslo (1 a 5) escolhido para o tópico. É transcrito o estágio de maturidade do tópico resultante do percentual majoritário de votantes. Assim, para o Assunto 01, 44% dos que responderam (de um total de 36) indicaram estar o país no estágio de Aplicação prática seletiva (4), enquanto que 69% indicaram estar o mundo no estágio de utilização generalizada (5). O grau de afastamento ou distanciamento, em ciência e tecnologia, do país referente ao resto do mundo é obtido subtraindo-se o grau de desenvolvimento do país do grau do mundo (para o assunto 01, tem-se $1,2 = 4,6 - 3,4$).

Assunto 01 - Título: Ciclo do Combustível Nuclear (36 respondentes)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 3,4	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,6
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 44% Aplicação prática seletiva (4)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 69% Utilização generalizada (5)
Afastamento C&T do país ref. mundo (UG): $(4,6 - 3,4 = 1,2) / 4,6 = 26\%$	

Assunto 02 - Título: Combustíveis nucleares avançados (37)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,3	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,9
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 35% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 57% Aplicação prática seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. mundo (APS): 1,6 / 3,9 = 41%	

Assunto 03 - Título: Materiais para produção de biodiesel (35)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 3,5	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,2
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 54% Aplicação prática seletiva (4)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 37% Aplicação prática seletiva (4)
Liderança C&T do país ref. mundo (APS): 8%	

Assunto 04 - Título: Materiais para produção de bioetanol (36)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 3,7	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 2,9
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 36% Aplicação prática seletiva (4)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 31% Desenvolvimento experimental (3)
Liderança C&T do país ref. mundo (DE): 21%	

Assunto 05 - Título: Eletrólitos sólidos para células a combustível de óxidos sólidos (SOFC) (33)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,1	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,7
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 27% Desenvolvimento experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 36% Aplicação prática seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. mundo (APS): 43%	

Assunto 06 - Título: Ânodos para células a combustível de óxidos sólidos (SOFC) (33)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,1	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,7
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 33% Pesquisa básica (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 36% Aplicação prática seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 43%	

Assunto 07 - Título: Catodos para células a combustível de óxidos sólidos (SOFC) (33)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,8	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,8
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 35% Desenvolvimento experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 47% Aplicação prática seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 26%	

Assunto 08 - Título: Selantes e interconectores para células a combustível de óxidos sólidos (SOFC) (33)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 1,9	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,6
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 45% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 36% Desenvolvimento experimental (3)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (DE): 47%	

Assunto 09 - Título: Eletrocatalisadores para células a combustível de baixa temperatura tipo PEMFC (32)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,0	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,6
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 38% Pesquisa básica (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 41% Aplicação prática seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 44%	

Assunto 10 - Título: Membranas (Eletrólitos) para células a combustível de baixa temperatura tipo PEMFC (32)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 1,9	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,6
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 44% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 38% Desenvolvimento experimental (3)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (DE): 47%	

Assunto 11 - Título: Materiais a serem desenvolvidos para a geração de energia por meio de hidrogênio a partir de biomassa (31)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,0	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,0
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 45% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 45% Desenvolvimento experimental (3)

Afastamento C&T do país ref. Mundo (DE): 33%

Assunto 12 - Título: Armazenamento de hidrogênio na forma sólida (34)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 1,8	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,3
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 32% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 41% Aplicação prática seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 46%	

Assunto 13 - Título: Armazenamento de hidrogênio na forma gasosa (34)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,2	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,6
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 35% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 53% Aplicação prática seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 39%	

Assunto 14 - Título: Materiais para captação de energia solar: Eletricidade solar (35)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,3	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,9
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 40% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 54% Aplicação prática seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 41%	

Assunto 15 - Título: Materiais para captação de energia solar: Sistemas térmicos solar (35)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,7	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,0
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 29% Desenvolvimento experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 46% Aplicação prática seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 33%	

Assunto 16 - Título: Materiais para captação de energia solar: Combustível solar (35)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,1	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,6
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 40% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 51% Aplicação prática seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 42%	

Observe-se, a seguir, de forma ordenada, os graus de afastamento ou liderança do país em relação ao resto do mundo, em se tratando de ciência e tecnologia de materiais para o desenvolvimento de tópicos tecnológicos importantes para a geração e armazenamento de energia no horizonte de 2022.

1. Assunto 04: *Materiais para produção de bioetanol* (36); Liderança C&T do país ref. Mundo (DE): 21%.
2. Assunto 03: *Materiais para produção de biodiesel* (35); Liderança C&T do país ref. Mundo (APS): 8%.
3. Assunto 01: *Ciclo do Combustível Nuclear* (36 respondentes); Afastamento C&T do país ref. Mundo (UG): $(4,6 - 3,4 = 1,2) / 4,6 = 26\%$.
4. Assunto 07: *Catodos para células a combustível de óxidos sólidos (SOFC)* (33); Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 26%.
5. Assunto 11: *Materiais a serem desenvolvidos para a geração de energia por meio de hidrogênio a partir de biomassa* (31); Afastamento C&T do país ref. Mundo (DE): 33%.
6. Assunto 15: *Materiais para captação de energia solar: Sistemas térmicos solar* (35); Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 33%.
7. Assunto 13: *Armazenamento de hidrogênio na forma gasosa* (34); Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 39%.
8. Assunto 02: *Combustíveis nucleares avançados* (37); Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): $1,6 / 3,9 = 41\%$.
9. Assunto 14: *Materiais para captação de energia solar: Eletricidade solar* (35); Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 41%.
10. Assunto 16: *Materiais para captação de energia solar: Combustível solar* (35); Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 42%.
11. Assunto 05: *Eletrólitos sólidos para células a combustível de óxidos sólidos – SOFC* (33); Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 43%.
12. Assunto 06: *Anodos para células a combustível de óxidos sólidos (SOFC)* (33); Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 43%.
13. Assunto 09: *Eletrocatalisadores para células a combustível de baixa temperatura tipo PEMFC* (32); Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 44%.
14. Assunto 12: *Armazenamento de hidrogênio na forma sólida* (34); Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 46%.
15. Assunto 08: *Selantes e interconectores para células a combustível de óxidos sólidos (SOFC)* (33); Afastamento C&T do país ref. Mundo (DE): 47%.
16. Assunto 10: *Membranas (Eletrólitos) para células a combustível de baixa temperatura tipo PEMFC* (32); Afastamento C&T do país ref. Mundo (DE): 47%.

(3.3) Dimensões setoriais da C&T de materiais e suas correlações com os materiais avançados para energia

O objetivo desta parte do Estudo é identificar as dimensões setoriais dos ambientes de ciência e tecnologia de materiais que possuam significativa correlação com o desenvolvimento de atividades de P&D em materiais para geração e armazenamento de energia.

O conceito de variáveis setoriais neste Estudo é um apoio metodológico, e que se tem mostrado útil para se abstrair para um modelo matemático das reais dinâmicas que se deseja fomentar e tratar, com uma visão de fortalecimento e sustentabilidade setorial.

O questionário, por desconhecimento prévio das dimensões mais significativas para cada um dos 7 temas estudados, propôs aos especialistas consultados, por via eletrônica, que apontasse, empiricamente, as dimensões de maior correlação com o tópico tecnológico. A tarefa de identificação das dimensões de correlação significativas está demonstrada no quadro a seguir.

Percentuais (%) de Impacto e/ou Correlação dos Tópicos Tecnológicos nas Dimensões Setoriais	01 - Ciclo do combustível nuclear	02 - Combustíveis nucleares avançados	03 - Materiais para produção de biodiesel	04 - Materiais para produção de bioetanol	05 - Eletrólitos sólidos para SOFC	06 - Anodos para SOFC	07 - Cátodos para SOFC	08 - Selantes e interconectores para SOFC	09 - Eletrocatalisadores para células a combustível PEMFC	10 - Membranas (Eletrólitos) para células tipo PEMFC	11 - Materiais para energia do hidrogênio a partir de biomassa	12 - Armazenamento de hidrogênio na forma sólida	13 - Armazenamento de hidrogênio na forma gasosa	14 - Materiais para captação de energia solar: Eletricidade solar	15 - Materiais para captação de energia solar: Sistemas térmicos	16 - Materiais para captação de energia solar: Combustível solar	TOTAIS
Tecnologias de materiais	14	24	14	14	15	17	17	15	17	18	12	16	15	15	15	14	252
Recursos humanos	14	17	9	8	15	14	13	15	15	13	11	14	12	9	9	12	200
Infra-estrutura física (lab, equip.)	13	-	9	11	15	14	14	16	14	14	11	14	12	11	11	13	192
Financiamento	8	7	10	9	10	11	11	11	11	10	11	10	11	10	12	11	163
Demanda de mercado	9	17	10	13	8	9	7	7	6	7	10	10	9	9	11	8	150
Tecnologias em geral	9	10	7	12	8	7	8	9	10	9	12	10	9	9	9	11	149
Meio Ambiente	8	7	10	11	7	9	7	5	7	7	12	7	8	11	8	9	133
Suprimento de matéria-prima	6	3	5	5	3	6	7	6	7	6	6	5	6	5	4	1	81
Retorno ou lucratividade do investimento em P&D	4	3	4	3	7	4	6	5	3	6	5	5	5	1	5	5	71
Dinâmica de competitividade da cadeia produtiva	5	-	7	4	3	4	4	3	3	3	4	4	5	1	1	4	55
Ambiente econômico	4	7	7	6	4	1	1	4	3	3	1	1	2	4	4	1	53
Política-Legal-Regulatória	4	-	1	3	1	1	1	2	1	2	1	1	2	3	1	1	25
Tendências de consumo/vendas	-	-	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	3	3	1	1	20
Social-Cultural-Demográfica	1	-	4	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1	12
Outros	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Capítulo 4 Prioridades de P&D de Materiais Avançados para Aplicações Ambientais

(4.1) Relevância industrial de tópicos tecnológicos de materiais para o meio ambiente

Durante consulta eletrônica, 29% dos especialistas em materiais que optaram por responder ao Tema III - Materiais Avançados para Aplicações Ambientais, receberam a seguinte solicitação na abertura do questionário:

- *Avalie 10 tópicos de materiais no tema de meio ambiente quanto à relevância industrial em três marcos temporais: 2012, 2017 e 2022.*

O proponente dos tópicos para o tema de Meio Ambiente é Wander L. Vasconcelos, que utilizou documentos produzidos sob encomenda do Estudo na fase de construção do panorama do tema para extrair a gênese das contribuições dessa fase II de perspectivas de atuação prioritária.

A transcrição seguinte contextualizou, para o participante da consulta, a importância de P&D e de investimentos que propiciem a inovação industrial e a superação de desafios de preservação e remediação do meio ambiente brasileiro:

O país tem se aliado à comunidade internacional em iniciativas de enfrentamento de questões ambientais críticas. O projeto Global Environment Outlook do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA é um balizador importante de esforços internos em favor da sustentabilidade socioambiental em escala regional e nacional.

O PNUMA produz sistematicamente relatórios sobre as condições ambientais do globo terrestre com alertas de problemas e riscos, que envolvem desde a deficiência no controle de atividades de diversas ordens a recomendações de políticas mitigadoras e antecipatórias a danos ao meio ambiente.

A ciência e tecnologia de materiais avançados têm um papel decisivo e abrangente a oferecer nessa empreitada comum aos ocupantes do planeta. A abordagem inicial deste Estudo Prospectivo considerou os principais entendimentos sobre problemas ecológicos de dimensão mundial e nacional, que possam estar relacionados ou venham a promover a utilização e o desenvolvimento de novos materiais, e de tecnologias para materiais, para aplicações ambientais. O conhecimento avançado dos fundamentos do problema ambiental e das soluções específicas demandadas é um pré-requisito para o

sucesso da funcionalização do material, do desenvolvimento socioeconômico e da rentabilidade de empreendimentos.

Daí, salientar-se o desenvolvimento de materiais avançados e tecnologias de materiais que contemplem a diversidade dos problemas ambientais, como as mudanças climáticas, a elevação do nível do mar, os poluentes atmosféricos persistentes, a extinção de espécies, a acidificação de oceanos, ozônio troposférico, a degradação do solo, a chuva ácida, a invasão por espécies exóticas, a destruição de habitats, a destruição da camada de ozônio, a sobre-exploração de recursos hídricos, a contaminação local por químicos perigosos, a florescência de algas nocivas, a poluição do ar urbano, a contaminação microbiológica e o derramamento de hidrocarbonetos.

Este tema objetiva identificar nichos de oportunidades de desenvolvimento socioeconômico e espaços estratégicos de tecnologias para aplicações ambientais na inovação em materiais avançados, para recomendação de políticas públicas explícitas e consistentes com o desenvolvimento projetado para o país.

Pediu-se então ao participante da consulta indicar a relevância industrial dos tópicos tecnológicos de materiais avançados prospectados no Estudo para aplicações ambientais no Brasil.

O conceito de Relevância industrial de um tópico tecnológico de interesse do meio ambiente foi também apresentado, significando tanto uma importância estratégica, pelo olhar da sustentabilidade social, econômica, política, e ambiental, quanto uma oportunidade de negócio lucrativo, de interesse direto das empresas. O participante foi ainda informado do objetivo da consulta que foi o de identificar quais tópicos devam ser priorizados no curto (2012), médio (2017) e longo prazo (2022), pelos agentes setoriais e de governo, no sentido da construção de ações político-institucionais e de implantação de rotas tecnológicas para a criação de diferenciais de crescimento econômico e de sustentabilidade socioambiental no país.

Assunto 01 - Título: Materiais Adsorventes

Manchete: Setores como o siderúrgico, petroquímico e químico necessitam de soluções para o controle de emissão de gases poluentes por meio de ações coordenadas como o desenvolvimento da tecnologia de adsorção (separação/imobilização/seqüestro) de gases. A redução de emissões é urgente para amenizar o efeito estufa, a ocorrência de chuvas ácidas e a acidificação dos oceanos.

Força Motriz: A indústria, especialmente os setores siderúrgico, químico e petroquímico, gera grandes quantidades de gases poluentes como CO₂, CH₄, NO_x e outros. Esses gases podem causar vários efeitos prejudiciais ao meio-ambiente e à saúde humana. Técnicos têm

identificado que o Brasil pode ser um ator importante no suprimento de soluções para tais problemas, desde que realize os necessários investimentos em materiais adsorventes avançados cerâmicos, poliméricos e híbridos. Além disso, o desenvolvimento desses materiais contribuirá diretamente para a sustentabilidade de vários segmentos industriais importantes. Materiais chaves: cerâmicas nanoestruturadas e funcionalizadas, polímeros avançados, híbridos inorgânico-orgânicos, recobrimentos cerâmicos avançados e materiais de origem mineral.

Implicação Futura: As indústrias deverão, em um curto intervalo de tempo, se adequar às legislações ambientais brasileira e internacional. De modo a permitir tal adequação, o desenvolvimento de materiais adsorventes nanoestruturados trará o benefício adicional de fomentar o parque industrial brasileiro supridor de materiais e tecnologias de controle da emissão de poluentes.

Recomendação: Implementação de programas e ações coordenadas visando desenvolver materiais cerâmicos, poliméricos e híbridos e outros com funções de separação, de imobilização e seqüestro de gases poluentes como CO₂, CH₄, NO_x e outros.

Relevância Industrial (proponente): 5 Probabilidade de Ocorrência: 100%

Respondentes: 29

Relevância Industrial: 1 a 5 (3,81 MR)	2012	2017	2022
	3,6	3,8	4,0

Assunto 02 - Título: Catalisadores para Biocombustíveis

Manchete: Brasil precisa investir no desenvolvimento de novos materiais catalisadores de melhor eficiência e seletividade, se quiser manter domínio do mercado mundial de biocombustíveis.

Força Motriz: O desenvolvimento de novos catalisadores é necessário para garantir vantagem competitiva do país com processos mais eficientes de produção de biocombustíveis e que apresentem menor emissão de gases poluentes. Materiais chaves: suportes cerâmicos de elevada área superficial, catalisadores metálicos, argilominerais, zeólitas.

Implicação Futura: O desenvolvimento de novos catalisadores permitirá a manutenção e mesmo a ampliação da vantagem mundial que o Brasil detém neste segmento. Isto resulta em benefícios econômicos e sociais importantes para o país.

Recomendação: Implantação de programas e ações coordenadas visando desenvolver catalisadores específicos de elevada eficiência para uso no segmento de biocombustíveis.

Relevância Industrial (proponente): 5 Probabilidade de Ocorrência: 100%

Respondentes: 32

Relevância Industrial: 1 a 5 (3,96 MR)	2012	2017	2022
	3,8	4,0	4,0

Assunto 03 - Título: Membranas Cerâmicas Avançadas

Manchete: O desenvolvimento de membranas cerâmicas avançadas dará ao Brasil oportunidade para reduzir o efeito estufa e aumentar a sustentabilidade de seu crescimento econômico.

Força Motriz: As diversas atividades humanas têm gerado ao longo da história vários problemas ambientais, os quais se agravaram significativamente nas últimas décadas. Tais problemas incluem a emissão de poluentes dos solos, das águas e da atmosfera, com destaque para a emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa e acidificação dos oceanos. O do-

mínio da tecnologia de membranas cerâmicas que promovem o seqüestro de carbono e outros poluentes é necessário para amenizar tais efeitos. Materiais chaves: membranas cerâmicas nanoestruturadas, membranas multifuncionais, membranas híbridas.

Implicação Futura: O controle e a redução da emissão de CO₂, CH₄ e outros gases poluentes para a atmosfera permitirá ao país atingir crescimento sustentado por tornar possível o crescimento industrial sem comprometer ainda mais a frágil qualidade do meio-ambiente. Prevê-se que em um futuro próximo a capacidade de eliminar ou reduzir a emissão de gases como o CO₂ para a atmosfera determinará a sobrevivência ou não de diferentes segmentos industriais. A falta de controle e a falha na redução da emissão de CO₂ para a atmosfera poderão trazer como conseqüências indesejáveis: secas prolongadas, aumento da ocorrência de desastres naturais, indisponibilidade hídrica, transformações de biomas, perda de biodiversidade e maior incidência de radiações solares nocivas.

Recomendação: Implantação de programas e ações coordenadas visando desenvolver membranas cerâmicas nanoestruturadas com a finalidade de promover o seqüestro de CO₂ e outros gases poluentes.

Relevância Industrial (proponente): 5 Probabilidade de Ocorrência: 100%

Percentual de Participantes: 31

Relevância Industrial: 1 a 5 (3,79 MR)	2012	2017	2022
	3,6	3,8	4,0

Assunto 04 - Título: *Materiais para Dessalinização*

Manchete: Brasil poderá dominar tecnologias de materiais para dessalinização e assim melhorar a qualidade da água.

Força Motriz: É necessário o desenvolvimento de materiais de alta eficiência e baixo custo para aplicação em grande escala visando à remoção de sais de água potável, de efluentes e de águas industriais. Materiais chaves: membranas poliméricas e cerâmicas, argilominerais.

Implicação Futura: O desenvolvimento de materiais para dessalinização garantirá a disponibilidade de água apropriada para consumo humano e animal, além de permitir os desenvolvimentos industrial e da agropecuária.

Recomendação: Implantação de programas e ações coordenadas visando desenvolver materiais específicos para a remoção de sais de água potável, de efluentes e de águas industriais.

Relevância Industrial (proponente): 4 Probabilidade de Ocorrência: 100%

Respondentes: 33

Relevância Industrial: 1 a 5 (3,82 MR)	2012	2017	2022
	3,4	3,9	4,1

Assunto 05 - Título: *Materiais Adsorventes para Descontaminação de Meios Aquosos*

Manchete: Brasil poderá utilizar tecnologias avançadas de materiais para descontaminar a água.

Força Motriz: As diversas atividades humanas como a agricultura, pecuária, mineração, indústria e vida urbana têm conduzido a crescentes problemas de contaminação dos meios aquosos. O desenvolvimento de materiais adsorventes à base de argilominerais, minerais industriais e biomassa permitirá a descontaminação de grandes volumes de meios aquosos

complexos e multicomponentes. Materiais chaves: argilominerais funcionalizados, minerais industriais funcionalizados e biomassas.

Implicação Futura: O desenvolvimento de materiais adsorventes à base de argilominerais, minerais industriais e biomassa garantirá a disponibilidade de água apropriada para consumo humano e animal, além de permitir os desenvolvimentos agrícola e industrial.

Recomendação: Implementação de programas e ações coordenadas visando desenvolver materiais adsorventes à base de argilominerais, minerais industriais e biomassa para promover a descontaminação de grandes volumes de meios aquosos.

Relevância Industrial (proponente): 5 **Probabilidade de Ocorrência: 100%**

Respondentes: 33

Relevância Industrial: 1 a 5 (4,04 MR)	2012	2017	2022
	3,9	4,1	4,3

Assunto 06 - Título: Sensores Avançados

Manchete: Sensores avançados podem ser desenvolvidos no país para monitorar a presença de substâncias nocivas no meio-ambiente.

Força Motriz: As diferentes atividades humanas têm conduzido à contaminação do meio-ambiente (atmosfera, meios aquosos, solo e subsolo) com substâncias orgânicas e inorgânicas nocivas à saúde humana, como, por exemplo, gases (CO, CO₂, CH₄, O₂, entre outros) e metais pesados (Ag⁺, Hg²⁺, As³⁺, Cd²⁺, entre outros) e substâncias orgânicas (organoclorados e outros). Sensores eficientes e de elevada seletividade são necessários para detectar no meio-ambiente traços dessas substâncias em meios complexos e multicomponentes. Materiais chaves: materiais nanoestruturados cerâmicos, poliméricos, híbridos e compósitos.

Implicação Futura: O desenvolvimento de sensores avançados permitirá a detecção e o monitoramento de substâncias nocivas no meio-ambiente para a adoção de medidas preventivas.

Recomendação: Implantação de programas e ações coordenadas visando desenvolver sensores nanoestruturados avançados de elevadas sensibilidade e seletividade que permitam a detecção de traços de substâncias orgânicas e inorgânicas nocivas à saúde humana presentes o meio-ambiente.

Relevância Industrial (proponente): 5 **Probabilidade de Ocorrência: 100%**

Respondentes: 31

Relevância Industrial: 1 a 5 (3,60 MR)	2012	2017	2022
	3,4	3,6	3,9

Assunto 07 - Título: Materiais para Tecnologia de Climatização

Manchete: Brasil poderá desenvolver materiais para tecnologia de climatização de ambientes urbanos.

Força Motriz: A evolução dos níveis de gases tóxicos e partículas na atmosfera indica a necessidade de desenvolver materiais empregados em equipamentos e processos climatizadores para garantir a qualidade do ar em ambientes urbanos com elevados índices de poluição. Materiais chaves: metais, cerâmicas, polímeros, compósitos, híbridos.

Implicação Futura: O desenvolvimento de materiais para tecnologia de climatização de ambientes urbanos permitirá desenvolver soluções preventivas para a proteção e o conforto do

ser humano frente a conseqüências catastróficas sobre a qualidade do ar decorrentes da crescente poluição ambiental.

Recomendação: Implantação de programas e ações coordenadas visando desenvolver materiais utilizados em tecnologias de climatização de meios urbanos.

Relevância Industrial (proponente): 3 Probabilidade de Ocorrência: 80%

Respondentes: 32

Relevância Industrial: 1 a 5 (3,52 MR)	2012	2017	2022
	3,3	3,6	3,7

Assunto 08 - Título: *Materiais para Encapsulamento e Imobilização de Substâncias Tóxicas*

Manchete: Brasil poderá dominar tecnologia de materiais para contenção de resíduos perigosos.

Força Motriz: Substâncias tóxicas e nocivas ao ser humano precisam ser imobilizadas em materiais apropriados de modo a evitar a contaminação dos solos, aquíferos e da atmosfera. O encapsulamento e a imobilização de resíduos altamente tóxicos, radioativos ou de risco biológico deve ser feito com o uso de materiais que apresentem elevadas resistências química, térmica e mecânica resultando em comprovadas confiabilidade e durabilidade. Materiais chaves: materiais cerâmicos com porosidade controlada, materiais cerâmicos nanoestruturados, vidros, polímeros avançados e materiais de base mineral.

Implicação Futura: Materiais adequados para encapsulamento e imobilização de substâncias tóxicas e nocivas são necessários para amenizar efeitos da poluição dos solos e permitir a manutenção da qualidade dos solos, aquíferos e da atmosfera para usos humano, animal e agrícola.

Recomendação: Implantação de programas e ações coordenadas visando desenvolver materiais apropriados para encapsulamento e imobilização de substâncias tóxicas e nocivas ao ser humano.

Relevância Industrial (proponente): 5 Probabilidade de Ocorrência: 100%

Respondentes: 33

Relevância Industrial: 1 a 5 (3,85 MR)	2012	2017	2022
	3,5	3,9	4,2

Assunto 09 - Título: *Desenvolvimento de Materiais a Partir de Resíduos Industriais*

Manchete: O Brasil poderá dar exemplo mundial de aproveitamento de resíduos industriais para fabricar novos materiais e diminuir poluição.

Força Motriz: O desenvolvimento de materiais à base de resíduos industriais é necessário para proteger a qualidade do solo, da água e da atmosfera, e ao mesmo tempo permitir o desenvolvimento de atividades econômicas importantes. Este desenvolvimento permitirá a redução do consumo de materiais, contribuirá para diminuir o impacto ambiental devido aos depósitos de rejeitos e propiciará o tratamento mais adequado de grande volume de rejeitos industriais. Materiais chaves: materiais para construção, materiais estruturais, cimentos, absorventes.

Implicação Futura: O uso de resíduos industriais na fabricação de materiais diminuirá os impactos ambientais e econômicos negativos decorrentes da disposição dos resíduos. Além disso, o desenvolvimento de materiais a partir de resíduos permitirá o crescimento de ativi-

dades econômicas importantes, com alcance social significativo.			
Recomendação: Implantação de programas e ações coordenadas visando desenvolver materiais à base de resíduos industriais.			
Relevância Industrial (proponente): 5		Probabilidade de Ocorrência: 100%	
Respondentes: 32			
Relevância Industrial: 1 a 5 (3,99 MR)	2012 3,7	2017 3,9	2022 4,4

Assunto 10 - Título: <i>Materiais Inteligentes para Construção</i>			
Manchete: O desenvolvimento de materiais inteligentes, multifuncionais, com baixa emissão de CO ₂ e sustentabilidade ambiental, é necessário ao país para permitir o atendimento da enorme demanda por materiais que podem ser empregados em moradias, edifícios e outras construções.			
Força Motriz: O Brasil necessita de materiais ambientalmente adequados para permitir o atendimento sustentado da enorme demanda por materiais de construção. O desenvolvimento de materiais ambientalmente corretos visa atingir vários objetivos como: reduzir a emissão de CO ₂ para a atmosfera; utilizar materiais abundantes e de elevada disponibilidade em todo o país; promover conforto ambiental aos moradores e usuários; agregar funções aos materiais utilizados em construção; aumentar a durabilidade das construções; reduzir os custos das construções; introduzir benefícios tecnológicos para todas as camadas sociais. Dessa forma, a disponibilização desses materiais poderá simultaneamente atender fortes demandas por materiais apropriados para moradias de baixo custo e edifícios com funções sociais, como escolas e hospitais, e ao mesmo tempo prover o país com novos materiais que agregam funções especiais. Materiais chaves: cerâmicas vermelhas, adobes, recobrimentos funcionais, concretos avançados, vidros, compósitos.			
Implicação Futura: A utilização de materiais inteligentes permitirá a incorporação de tecnologias avançadas em processos construtivos, beneficiando diretamente milhões de usuários, além de contribuir para a redução da emissão de CO ₂ na atmosfera.			
Recomendação: Implantação de programas e ações coordenadas visando desenvolver materiais inteligentes, multifuncionais, de baixa emissão de CO ₂ e elevada sustentabilidade para uso em processos construtivos.			
Relevância Industrial (proponente): 5		Probabilidade de Ocorrência: 100%	
Respondentes: 31			
Relevância Industrial: 1 a 5 (3,80 MR)	2012 3,6	2017 3,8	2022 4,0

Abaixo, a lista dos tópicos tecnológicos, priorizados dos quadros anteriores, quanto à relevância industrial para desenvolvimento de materiais avançados para aplicações ambientais.

Assunto 05: Materiais Adsorventes para Descontaminação de Meios Aquosos; Relevância Industrial: 1 a 5 (4,04 MR – Muito Relevante, com média de prioridade igual a 4,04 na escala de 0 a 5 níveis)

Assunto 09: Desenvolvimento de Materiais a Partir de Resíduos Industriais; Relevância Industrial: 1 a 5 (3,99 MR)

Assunto 02: *Catalisadores para Biocombustíveis*; Relevância Industrial: 1 a 5 (3,96 MR)

Assunto 08: *Materiais para Encapsulamento e Imobilização de Substâncias Tóxicas*; Relevância Industrial: 1 a 5 (3,85 MR)

Assunto 04: *Materiais para Dessalinização*; Relevância Industrial: 1 a 5 (3,82 MR)

Assunto 01: *Materiais Adsorventes*; Relevância Industrial: 1 a 5 (3,81 MR)

Assunto 10: *Materiais Inteligentes para Construção*; Relevância Industrial: 1 a 5 (3,80 MR)

Assunto 03: *Membranas Cerâmicas Avançadas*; Relevância Industrial: 1 a 5 (3,79 MR)

Assunto 06: *Sensores Avançados*; Relevância Industrial: 1 a 5 (3,60 MR)

Assunto 07: *Materiais para Tecnologia de Climatização*; Relevância Industrial: 1 a 5 (3,52 MR)

(4.2) Estágio de desenvolvimento, no país e no mundo, dos tópicos tecnológicos prioritários de materiais avançados para o meio ambiente

A seguir, os estágios de desenvolvimento dos tópicos tecnológicos para a geração e armazenamento de energia com foco nos materiais avançados.

Para a identificação dos estágios utilizou-se a escala de maturidade tecnológica do Manual de Oslo:

- (1) Pesquisa básica;
- (2) Pesquisa aplicada;
- (3) Desenvolvimento experimental;
- (4) Aplicação prática seletiva;
- (5) Utilização generalizada.

São 16 (dezesesseis) os tópicos tecnológicos no Tema II de energia que foram submetidos à consulta eletrônica aos 379 participantes.

Nos quadros a seguir, são indicados, para cada tópico tecnológico, o título do assunto e o número de consultas respondidas. O grau de desenvolvimento (ou maturidade tecnológica) é resultado da média ponderada pelo número de votantes no estágio da escala de 1 a 5. É transcrito o estágio de maturidade do tópico resultante do percentual majoritário de votantes. Assim, para o Assunto 01 (*Materiais Adsorventes*), 46% dos consultados (26) indicaram estar o país no estágio de Pesquisa aplicada (estágio 2), enquanto que 54% indicaram estar o mundo no estágio de Aplicação prática seletiva (estágio 4). A indicação do grau de afastamento ou distanciamento, em ciência e tecnologia, do país referente ao resto do mundo foi obtido subtraindo-se o grau de desenvolvimento do país ao do mundo, dividido pelo índice correspondente ao mundo.

Assunto 01 - Título: <i>Materiais Adsorventes</i> (26 respondentes)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,7	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,0
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 46% Pesquisa aplicada (1)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 54% Aplicação prática seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): $(4,0 - 2,7 = 1,3) / 4,0 = 33\%$	

Assunto 02 - Título: <i>Catalisadores para Biocombustíveis</i> (26)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,8	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,6
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 35% Desenvolvimento experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 42% Aplicação prática seletiva (4)

Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 22%

Assunto 03 - Título: Membranas Cerâmicas Avançadas (26)

Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,4	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,7
--	---

Estágio (1 a 5) cf. opinião de 39% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 38% Aplicação prática seletiva (4)
--	---

Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 35%

Assunto 04 - Título: Materiais para Dessalinização (26)

Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,3	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,2
--	---

Estágio (1 a 5) cf. opinião de 35% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 42% Aplicação prática Seletiva (4)
--	---

Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 45%

Assunto 05 - Título: Materiais Adsorventes para Descontaminação de Meios Aquosos (26)

Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,5	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,1
--	---

Estágio (1 a 5) cf. opinião de 35% Desenvolvimento Experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 61% Aplicação prática Seletiva (4)
---	---

Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 39%

Assunto 06 - Título: Sensores Avançados (26)

Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,4	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,2
--	---

Estágio (1 a 5) cf. opinião de 31% Desenvolvimento experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 58% Aplicação prática Seletiva (4)
---	---

Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 43%

Assunto 07 - Título: Materiais para Tecnologia de Climatização (26)

Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,4	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,0
--	---

Estágio (1 a 5) cf. opinião de 35% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 34% Aplicação prática Seletiva (4)
--	---

Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 40%

Assunto 08 - Título: <i>Materiais para Encapsulamento e Imobilização de Substâncias Tóxicas</i> (25)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,2	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,9
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 32% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 48% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 44%	

Assunto 09 - Título: <i>Desenvolvimento de Materiais a partir de Resíduos Industriais</i> (26)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,8	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,0
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 39% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 50% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 30%	

Assunto 10 - Título: <i>Materiais Inteligentes para Construção</i> (26)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,2	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,8
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 42% Pesquisa Aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 58% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 42%	

Observe-se, então, a lista dos dez tópicos de materiais avançados para aplicações ambientais, ordenada do tópico de menor afastamento para o de maior afastamento quanto ao estágio de maturidade tecnológica brasileira relativa ao mundo, que lidera no respectivo assunto.

Assunto 02: *Catalisadores para Biocombustíveis* (26); Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 22%.

Assunto 09: *Desenvolvimento de Materiais a partir de Resíduos Industriais* (26); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 30%.

Assunto 01: *Materiais Adsorventes* (26 respondentes); Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): $(4,0 - 2,7 = 1,3) / 4,0 = 33\%$.

Assunto 03: *Membranas Cerâmicas Avançadas* (26); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 35%.

Assunto 05: *Materiais Adsorventes para Descontaminação de Meios Aquosos* (26); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 39%.

Assunto 07: *Materiais para Tecnologia de Climatização* (26); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 40%.

Assunto 10: *Materiais Inteligentes para Construção* (26); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 42%.

Assunto 06: *Sensores Avançados* (26); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 43%.

Assunto 08: *Materiais para Encapsulamento e Imobilização de Substâncias Tóxicas* (25); Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 44%.

Assunto 04: *Materiais para Dessalinização* (26); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 45%.

(4.3) Dimensões setoriais da C&T de materiais e suas correlações com os materiais avançados para aplicações ambientais

A seguir, são identificadas as dimensões setoriais dos ambientes de ciência e tecnologia de materiais que possuam significativa correlação com o desenvolvimento de atividades de P&D em materiais para aplicações ambientais.

Na pesquisa eletrônica, foi proposto aos consultados que apontassem as dimensões setoriais de maior correlação com o tópico tecnológico. O resultado está contido no quadro abaixo, no qual as linhas (dimensões setoriais) estão ordenadas decrescentemente.

O conjunto das linhas sombreadas em amarelo indica as dimensões de maior impacto para o desenvolvimento dos tópicos tecnológicos de materiais para o meio ambiente. Pode-se observar que *infra-estrutura física (laboratórios e equipamentos)*, *recursos humanos*, *financiamento* se destacam no conjunto das dimensões importantes.

Percentuais (%) de Impacto e/ou Correlação dos Tópicos Tecnológicos nas Dimensões Setoriais	01 - Materiais Adsorventes	02 - Catalisadores para Biocombustíveis	03 - Membranas Cerâmicas Avançadas	04 - Materiais para Dessalinização	05 - Materiais Adsorventes para Descontaminação de Meios Aquosos	06 - Sensores Avançados	07 - Materiais para Tecnologia de Climatização	08 - Materiais para Encapsulamento e Imobilização de Substâncias Tóxicas	09 - Desenvolvimento de Materiais de Resíduos Industriais	10 - Materiais Inteligentes para Construção	TOTAIS
	Tecnologias de materiais (<i>materials technologies</i>)	17	14	16	16	14	13	14	16	16	11
Meio Ambiente (<i>ecology</i>)	17	12	12	14	15	12	14	16	15	12	139
Infra-estrutura física (laboratórios e equipamentos)	13	11	15	10	11	13	10	10	11	9	113
Recursos humanos	9	10	10	12	12	12	12	10	10	9	106
Financiamento	10	9	9	9	9	12	10	10	10	10	98
Demanda de mercado	6	12	7	8	6	9	10	8	9	16	91
Tecnologias em geral (<i>macro technologies</i>)	10	6	8	7	8	10	9	10	9	6	83
Retorno ou lucratividade do investimento em P&D	2	6	6	5	2	4	5	4	6	8	48
Política-Legal-Regulatória	7	1	6	1	7	1	4	5	4	1	37
Suprimento de matéria-prima	2	4	5	4	4	1	2	4	2	3	31
Ambiente econômico	3	4	2	1	4	4	1	1	3	5	28
Dinâmica de competitividade da cadeia produtiva	2	5	1	4	4	1	4	1	2	3	27
Social-Cultural-Demográfica	2	1	4	4	4	1	3	1	2	3	25
Tendências de consumo / vendas	1	1	1	1	1	1	4	-	1	1	12

Capítulo 5 Prioridades de P&D de Materiais Avançados para a Saúde Médico-Odontológica

(5.1) Relevância industrial de tópicos tecnológicos de materiais para a saúde médico-odontológica

Durante a pesquisa eletrônica, os 32% dos consultados que optaram por trabalhar o Tema IV - Materiais Avançados para a Saúde Médico-odontológica - receberam a seguinte solicitação na abertura do questionário:

- *Avalie 11 tópicos de materiais no tema de saúde humana quanto à relevância industrial em três marcos temporais: 2012, 2017 e 2022.*

A proponente dos tópicos para o tema de energia foi a Prof. Glória Dulce Soares, que utilizou documentos produzidos sob encomenda do Estudo, na fase de conhecimento do panorama do tema de materiais para a saúde.

A transcrição abaixo contextualizou, para o participante da consulta, a importância de P&D e de investimentos que propiciem a inovação industrial e a superação de desafios no setor médico-odontológico que signifiquem saúde integral para a sociedade brasileira, incluindo um grande percentual de dependentes do SUS, o Sistema Único de Saúde.

Os materiais avançados, por receberem especial atenção quanto aos processos de síntese e de controle de sua estrutura, e por conterem um conjunto preciso e ajustado de propriedades para aplicações em saúde, têm um forte impacto na economia e na sociedade. O aumento da população idosa eleva a pressão sobre o sistema de saúde pública e privada. Já a ampliação da demanda por tecnologias de ponta aumenta o déficit comercial.

Prospecções indicam procura por diversos produtos médico-odontológicos como lentes, stents, próteses, implantes dentários, e outros, que são decorrentes não só da longevidade, mas dos acidentes e traumas. Também é crescente o interesse por tecnologias regenerativas, como a engenharia tecidual, e por tecnologias estéticas envolvendo cerâmicas dentais, cosméticos e têxteis tecnológicos, em um entendimento mais amplo de saúde humana.

O consumo de fibras têxteis per capita, da ordem de 8,5 kg/ano no Brasil, é inferior ao observado nos países mais desenvolvidos (24,5kg) e a balança comercial do setor têxtil e de confecção registra déficit de mais de US\$ 300 milhões. Daí a importância de se acelerar o desenvolvimento de têxteis tecnológicos, que reúnem conceitos de engenharia de superfície, nanotecnologia e

liberação controlada de fármacos.

A reciclagem de polímero PET para uso, entre outros, na fabricação de têxteis é um ponto a ser destacado. O país vem investindo na produção de biopolímeros, especialmente a partir de grãos, que poderão atender também a área de produtos para a saúde, substituindo insumos importados e sintéticos.

A forma de diminuir a distância, entre a população que tem acesso a modernidades e os que não têm, considera a necessidade do traçado de políticas públicas que utilizem, entre outros, o poder de compra do governo e o fortalecimento da vigente Política Nacional de Ciência e Tecnologia e Inovação em Saúde.

Este tema objetiva identificar nichos de oportunidades de negócios e espaços estratégicos em materiais avançados para o fortalecimento de diferenciais no setor de saúde, para recomendação de políticas públicas explícitas e consistentes com o desenvolvimento socioeconômico projetado para o país.

O participante da consulta indicou, então, a relevância industrial dos tópicos tecnológicos que foram prospectados pelo CGEE como importantes para o desenvolvimento de materiais para a saúde.

A seguir, são apresentados os 11 tópicos tecnológicos com graus de dependência no desenvolvimento de materiais avançados. Além dos descritores (*manchete, força motriz, implicação futura*) dos tópicos, os 11 quadros apresentam a relevância industrial (segundo indicação de 39 especialistas) no marcos de 2012, 2017, 2022.

Assunto 01 - Título: Próteses endovasculares (stents)	
Manchete: A angioplastia com uso de <i>stents</i> é um procedimento bem estabelecido e de uso crescente no Brasil e no mundo, impactando nas contas do SUS e dos planos de saúde privados. Há uma tendência de substituição dos <i>stents</i> convencionais (metálicos) por <i>stents</i> com liberação de fármacos (mais complexos e substancialmente mais caros) fabricados por grandes companhias no exterior.	
Força Motriz: <i>Stents</i> convencionais tem alto valor agregado, utilizam aço inoxidável de grau médico (produzido no país) e são de simples fabricação.	
Implicação Futura: A popularização do procedimento e o aumento da expectativa de vida aumentarão a demanda por <i>stents</i> , repercutindo negativamente na balança comercial de pagamentos. Em 15 anos, no entanto, essa tecnologia pode vir a ser substituída, em parte, por tecnologias baseadas em terapia celular.	
Recomendação: Considerando os recursos públicos já investidos em PD&I, é fundamental acelerar o desenvolvimento e a produção de <i>stents</i> convencionais no país. Discutir a pertinência de se investir no desenvolvimento de <i>stents</i> com fármacos.	
Relevância Industrial (proponente): 3	Probabilidade de Ocorrência: 60%

Percentual de Participantes: 92%			
Relevância (1 a 5) Industrial: 4,0 (MR)	2012 3,9	2017 4,0	2022 4,0

Assunto 02 - Título: Próteses de quadril			
<p>Manchete: A cada ano, nas redes pública e privada, são realizadas cerca de 40.000 cirurgias para a substituição da articulação coxo-femoral por próteses. Com o atendimento universal, o número de procedimentos seria da ordem de 180.000 por ano. Nem todos os insumos são produzidos no país e o número de fabricantes de próteses é insuficiente, frente ao mercado existente. As próteses totais de quadril reúnem componentes fabricados com materiais diversos, como metais, cerâmicos e polímeros. Além disso, esses componentes costumam receber tratamentos de superfície que objetivam aumentar a integração com o osso ou diminuir o desgaste dos materiais da articulação artificial.</p>			
<p>Força Motriz: Universalizar o acesso à saúde pública de qualidade, possibilitando a restauração de funções e a re-inserção do indivíduo na sociedade.</p>			
<p>Implicação Futura: Internacionalmente, o número estimado de cirurgias de artroplastia é da ordem de 1 para 1.000 habitantes, o que significa aumento da demanda por este procedimento nos próximos anos. Devido aos requisitos de resistência mecânica, as próteses de quadril não devem encontrar substitutos revolucionários (como a terapia celular) nas próximas décadas. Será preciso discutir com outros setores a viabilidade de se produzir certos insumos no país, como, por exemplo, ligas de titânio.</p>			
<p>Recomendação: Ampliar a fabricação destes componentes no país e transferir o conhecimento tecnológico já existente em outros setores para a fabricação de produtos ortopédicos.</p>			
Relevância Industrial (proponente): 4		Probabilidade de Ocorrência: 90%	
Percentual de Participantes: 95%			
Relevância (1 a 5) Industrial: 3,8 (MR)	2012 3,7	2017 3,9	2022 3,9

Assunto 03 - Título: Placas e parafusos reabsorvíveis			
<p>Manchete: Existem mais de 6.000 produtos, como placas, parafusos, âncoras e próteses de quadril, que correspondem a cerca de 30% dos gastos do SUS com produtos para a saúde. Há uma tendência crescente de substituir placas e parafusos metálicos por fixadores fabricados em materiais reabsorvíveis que eliminam a necessidade de uma segunda cirurgia para remoção dos fixadores metálicos.</p>			
<p>Força Motriz: Faltam insumos como, por ex., polímeros reabsorvíveis.</p>			
<p>Implicação Futura: As ações educativas e/ou punitivas não devem alterar o quadro de aumento crescente de vítimas de trauma e, portanto, da demanda desses produtos. Itens de pequeno custo unitário, como placas e parafusos não devem encontrar substitutos nas próximas décadas.</p>			
<p>Recomendação: Investir em PD&I para aproveitar as competências disponíveis nos centros de pesquisa e universidades e estreitar as relações com outras áreas também demandantes de polímeros reabsorvíveis.</p>			
Relevância Industrial (proponente): 4		Probabilidade de Ocorrência: 90%	
Percentual de Participantes: 89%			
Relevância (1 a 5) Industrial: 3,9 (MR)	2012 3,8	2017 3,9	2022 3,9

Assunto 04 - Título: <i>Produtos para a oftalmologia</i>			
Manchete: Lentes de contato e lentes intra-oculares podem contribuir para a melhoria da qualidade de vida do cidadão, mas os produtos disponíveis no país são, em sua ampla maioria, importados. Somente em 2005, o SUS gastou cerca de 7 milhões de reais na compra de lentes intra-oculares para atender aos mutirões para o tratamento cirúrgico da catarata. Insumos como homo e copoli (hidroxiácidos), quitosana e silicones são fundamentais para a produção destas lentes, sendo que o caráter hidrofílico ou hidrofóbico pode ser ajustado por meio de tratamentos de superfície. As novas gerações de implantes oculares podem conter ainda dispositivos de liberação controlada de fármacos ativados termicamente, por luz, ou com memória pré-programada.			
Força Motriz: Políticas de saúde pública objetivam ampliar o acesso da população em geral aos serviços oftalmológicos.			
Implicação Futura: Países desenvolvidos vêm investindo na produção de córneas artificiais, próteses de retina e, até mesmo, próteses de todo o globo ocular com comunicação wireless com o cérebro.			
Recomendação: Aproveitar as competências existentes na academia visando o desenvolvimento de produtos para este setor e interagir com demais setores visando a produção de insumos no país de sensores, softwares e hardwares.			
Relevância Industrial (proponente): 3		Probabilidade de Ocorrência: 90%	
Percentual de Participantes: 89%			
Relevância Industrial: 3,9 (MR)	2012 3,9	2017 3,9	2022 3,9

Assunto 05 - Título: <i>Materiais dentários: enxertos, membranas, cimentos ionômeros de vidro, implantes dentários, cerâmicas e instrumental</i>			
Manchete: O momento é propício para a produção de materiais dentários e produtos a partir de tecnologia nacional. O Brasil é reconhecido pela elevada qualidade de sua odontologia, em especial na área de odontologia estética, mas ainda é altamente dependente de insumos e produtos importados. É preciso desenvolver materiais que aliem qualidade e baixo custo para popularizar o uso de novas tecnologias.			
Força Motriz: O país tem um débito com a população carente, que só agora começa a ter acesso ao Programa de Saúde Bucal do SUS. Há uma demanda reprimida que precisará ser suprida principalmente pelos implantes dentários e próteses parciais ou totais. Há profissionais em excesso no mercado (principalmente nos grandes centros), mas faltam centros de especialidade e materiais de baixo custo.			
Implicação Futura: A introdução, de forma consistente e continuada, da odontologia preventiva no sistema público de saúde diminuirá o consumo de materiais restauradores e implantes.			
Recomendação: Investir em P&D de forma organizada para aproveitar a grande competência em materiais dentários que se encontra fragmentada nos diversos cursos de odontologia e de engenharia existentes no país e interagir com outras áreas também demandantes de insumos importados.			
Relevância Industrial (proponente): 4		Probabilidade de Ocorrência: 50%	
Percentual de Participantes: 92%			
Relevância Industrial: 3,9 (MR)	2012 3,9	2017 3,9	2022 3,9

Assunto 06 - Título: <i>Cosméticos</i>			
Manchete: O país já é o terceiro no mundo em gastos com estética. Embora bem desenvolvida e com boa penetração em países de primeiro mundo, a indústria de cosméticos é fortemente dependente de insumos importados. Os sistemas de liberação controlada (<i>drug delivery</i>) têm sido amplamente empregados na indústria de cosméticos, em cremes anti-idade e protetores solar, e na indústria farmacêutica. Os carreadores dos princípios ativos são geralmente polímeros naturais ou argilas que funcionam como reservatório (micrométrico ou nanométrico) para o agente ativo ou fármaco.			
Força Motriz: O uso de produtos naturais (sementes, óleos, etc.) na formulação dos cosméticos tem excelente aceitação no mercado nacional e no exterior, conferindo ao produto alto valor agregado devido ao rótulo “natural e ecológico”.			
Implicação Futura: A demanda deve continuar a crescer, sobretudo no nicho de produtos naturais. O patenteamento no exterior de parte da flora vegetal brasileira pode prejudicar o desenvolvimento deste setor no país. Mundialmente se espera que haja uma diminuição na taxa de crescimento do setor de <i>drug delivery</i> , mas no Brasil ainda há muito espaço para esse crescimento.			
Recomendação: Fomentar a implantação de laboratórios que conjuguem interação entre as diversas áreas de conhecimento e investir para agregar valor a matérias primas nacionais (como polímeros naturais e argilas).			
Relevância Industrial (proponente): 4		Probabilidade de Ocorrência: 80%	
Percentual de Participantes: 84%			
Relevância (1 a 5)	2012	2017	2022
Industrial: 3,1 (R)	3,0	3,1	3,2

Assunto 07 - Título: <i>Nanotecnologia aplicada ao tratamento doenças crônico-degenerativas</i>			
Manchete: Doenças como o câncer e a diabetes podem ser tratadas por meios não convencionais com o uso de materiais nanoparticulados ou nanoestruturados. Partículas nanométricas de óxidos de ferro ou óxido de titânio transportam a substância ativa para o sítio lesionado, reduzindo os efeitos colaterais de tratamentos como a quimioterapia.			
Força Motriz: Tecnologia classificada como atividade portadora de futuro, de alto valor agregado e estratégica para o desenvolvimento do país. Existe uma demanda para tratamentos alternativos de doenças crônico-degenerativas.			
Implicação Futura: Num cenário de aquecimento global, poluição e sedentarismos crescentes haverá tendência de aumento da prevalência de doenças como o câncer e diabetes e doenças cardíacas, demandando novas formas de tratamento. É preciso investir em P&D para a determinação de possíveis efeitos adversos decorrentes do uso de pós com partículas nanométricas (nanotoxicologia).			
Recomendação: Investir maciçamente em PD&I e nas poucas soluções já desenvolvidas.			
Relevância Industrial (proponente): 3		Probabilidade de Ocorrência: 95%	
Percentual de Participantes: 92%			
Relevância (1 a 5)	2012	2017	2022
Industrial: 4,1 (MR)	3,9	4,2	4,3

Assunto 08 - Título: <i>Medicina Regenerativa, terapias celulares e engenharia tecidual</i>
--

Manchete: A medicina regenerativa tem como objetivo controlar e ampliar a capacidade natural de regeneração de tecidos e engloba terapias avançadas como terapia genética e terapia celular. Os insumos (biopolímeros e compósitos) empregados na fabricação de arcabouços 2D ou 3D para terapia celular não estão disponíveis no país em larga escala e a baixo custo. Existe uma demanda de válvulas cardíacas, próteses vasculares, materiais para reconstrução plástica que poderia ser suprida, pelo menos em parte, pela medicina regenerativa.

Força Motriz: Setor caracterizado como de “tecnologia intensiva” e estratégica para o desenvolvimento do país.

Implicação Futura: Pesquisas com células embrionárias dependem ainda da decisão do Supremo Federal e vão definir a velocidade de avanço do país nesta área. É preciso investir em P&D para determinar possíveis mutações genéticas decorrentes do uso de células-tronco. Depende da interação com outras áreas para ter acesso a insumos baratos.

Recomendação: Investir maciçamente em PD&I e nas poucas soluções já desenvolvidas. Unir competências das diversas áreas de conhecimento para acelerar o desenvolvimento do setor.

Relevância Industrial (proponente): 3 Probabilidade de Ocorrência: 95%

Percentual de Participantes: 95%

Relevância (1 a 5)	2012	2017	2022
Industrial: 4,3 (MR)	4,0	4,3	4,5

Assunto 09 - Título: Engenharia de superfícies e biomateriais

Manchete: A engenharia de superfícies pode melhorar significativamente a qualidade de produtos (como próteses e implantes dentários) e insumos (fibras para a indústria têxtil e nanopartículas), abrindo espaço para novos desenvolvimentos. Como exemplo, o recobrimento de fibras vegetais ou de poliéster como nanopartículas de carbono torna as fibras repelentes à água. Recobrimentos duros usados na produção de ferramentas também podem ser empregados para reduzir o desgaste de componentes articulares.

Força Motriz: Grande parte dos produtos para a saúde dependem de propriedades que podem ser otimizadas com uso de processos ligados à Engenharia de superfícies.

Implicação Futura: A interação das ciências biológicas com a engenharia poderá abrir novos mercados consumidores para produtos *engenheirados*, de maior valor agregado.

Recomendação: Financiar a adaptação de tecnologias disponíveis no país visando melhorar o desempenho e/ou desenvolver novos produtos para a saúde integral. Unir competências das diversas áreas de conhecimento para acelerar o desenvolvimento de produtos para a saúde.

Relevância Industrial (proponente): 3 Probabilidade de Ocorrência: 90%

Percentual de Participantes: 92%

Relevância 1 a 5	2012	2017	2022
Industrial: 4,2 (MR)	4,0	4,2	4,3

Assunto 10 - Título: Têxteis tecnológicos: material para a proteção pessoal; esporte e lazer; cuidados de saúde e higiene

Manchete: Têxteis tecnológicos revolucionam o relacionamento do homem com o vestuário aliando conforto e estética, e contribuindo para o bom desempenho de esportistas. Na área de saúde, curativos tecnológicos possuem efeito anti-microbiano e/ou cicatrizantes e são fundamentais para o tratamento de ulcerações e queimados. Os têxteis tecnológicos são

geralmente compósitos laminados, mas seu desenvolvimento depende fortemente, também, de nanotecnologia, engenharia de superfícies e <i>drug delivery</i> . É um mercado grande e em expansão, com crescimento mundial estimado em 18% ao ano e alto valor agregado em relação ao têxtil convencional.			
Força Motriz: Os sistemas público e privado precisam garantir melhoria da qualidade de vida a pacientes (muitos dos quais crianças) vítimas de ulcerações de natureza diabética e venosa e de queimaduras. Na área de esportes e lazer há espaço para crescimento da indústria nacional.			
Implicação Futura: Com o aquecimento global e a violência crescente a demanda por têxteis com fotoproteção e com blindagens balísticas deverá aumentar. A produção de curativos para ulcerações também precisa ser ampliada, para atender à população idosa e com diabetes. Existe uma tendência mundial ao aumento do uso de fibras fabricadas a partir de material reciclado.			
Recomendação: Aprimorar, ampliar e internalizar a produção dos têxteis tecnológicos. Financiar a adaptação de tecnologias (recobrimentos, tratamentos de superfície e obtenção de pós nanométricos) disponíveis no país visando melhorar o desempenho e/ou desenvolver novos produtos para a saúde integral.			
Relevância Industrial (proponente): 4		Probabilidade de Ocorrência: 80%	
Percentual de Participantes: 92			
Relevância Industrial: 1 a 5	2012	2017	2022
3,6 (MR)	3,5	3,6	3,7

Assunto 11 - Título: <i>Têxteis inteligentes</i>			
Manchete: As próximas gerações de têxteis incluirão certamente os chamados <i>Materiais programáveis</i> ou <i>Têxteis inteligentes</i> que possuem capacidade de modificar sua aparência e propriedades em função de estímulos externos. Associa materiais com tecnologia de informação e automação visando, por exemplo, manter a temperatura corporal constante ou imobilizar fraturas ósseas.			
Força Motriz: Tendência mundial de desenvolvimento no setor de têxteis. Dependem de abordagem transdisciplinar.			
Implicação Futura: O mercado americano de roupas profissionais e de segurança é estimado em US\$3,3 bilhões, mas no Brasil não há previsão de guerras ou extremos de temperatura. Desta forma, creio que o desenvolvimento de têxteis inteligentes, no espaço de 15 anos, seria importante mais do ponto de vista de desenvolvimento de tecnologia avançada do que da necessidade de atender uma demanda interna.			
Recomendação: Investir em PD&I transdisciplinar voltada para o setor têxtil.			
Relevância Industrial (proponente): 2		Probabilidade de Ocorrência: 100%	
Percentual de Participantes: 92%			
Relevância Industrial: 1 a 5	2012	2017	2022
3,4 (R)	3,2	3,4	3,6

Abaixo, os tópicos tecnológicos, definidos como prioritários a partir dos resultados dos quadros anteriores, quanto à relevância industrial para desenvolvimento de materiais avançados para aplicações no setor de saúde médico-odontológica.

Assunto 08: *Medicina Regenerativa, terapias celulares e engenharia de tecidual*.
RI (Relevância Industrial de 1 a 5): 4,3 (MR – Muito Relevante).

Assunto 09: *Engenharia de superfícies e biomateriais*; RI: 4,2 (MR).

Assunto 07: *Nanotecnologia aplicada ao tratamento doenças crônico-degenerativas*; RI: 4,1 (MR).

Assunto 01: *Próteses endovasculares (stents)*; RI: 4,0 (MR).

Assunto 03: *Placas e parafusos reabsorvíveis*; RI: 3,9 (MR).

Assunto 04: *Produtos para a oftalmologia*; Relevância Industrial: 3,9 (MR).

Assunto 05: *Materiais dentários: enxertos, membranas, cimentos ionômeros de vidro, implantes dentários, cerâmicos, e instrumental*; RI: 3,9 (MR).

Assunto 02: *Próteses de quadril*; RI: 3,8 (MR).

Assunto 10: *Têxteis tecnológicos: material para a proteção pessoal; esporte e lazer; cuidados de saúde e higiene*; RI: 3,6 (MR).

Assunto 11: *Têxteis inteligentes*; RI: 3,4 (R).

Assunto 06: *Cosméticos*; RI: 3,1 (R).

5.2 Estágio de desenvolvimento, no país e no mundo, dos tópicos tecnológicos prioritários de materiais avançados para a saúde

Nesta seção serão identificados os estágios de maturidade tecnológica de tópicos do Estudo com aplicação no desenvolvimento de materiais para a saúde médico-odontológica.

A escala de maturidade tecnológica utilizada percorre cinco estágios: 1) Pesquisa básica; 2) Pesquisa aplicada; 3) Desenvolvimento experimental; 4) Aplicação prática seletiva; (5) Utilização generalizada.

São 11 os tópicos tecnológicos no tema de saúde que foram submetidos à consulta eletrônica aos 379 participantes. Desses, 129 participaram de, pelo menos, um dos 7 temas. O tema de saúde teve a participação de 27 especialistas.

Nos quadros a seguir estão indicados, para cada tópico tecnológico, o título do assunto e o número de consultados. O grau de maturidade tecnológica é resultado da média ponderada pelo número de votantes no estágio da escala Oslo (1 a 5) escolhido para o tópico. O grau de afastamento ou distanciamento, em ciência e tecnologia, do país referente ao resto do mundo é obtido (de forma indicativa) subtraindo-se o grau de desenvolvimento do país do grau do mundo, e dividindo-se o resultado pelo nota atribuída ao estágio em que se encontra o resto do mundo.

Assunto 01 - Título: Próteses endovasculares (stents) (26 respondentes)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,9	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,4
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 34% Desenvolvimento experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 50% Utilização generalizada (5)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (UG): $(4,4 - 2,9 = 1,5) / 4,4 = 34\%$	

Assunto 02 - Título: Próteses de quadril (26)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 3,1	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,5
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 42% Desenvolvimento experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 58% Utilização generalizada (5)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (UG): $1,4 / 4,5 = 31\%$	

Assunto 03 - Título: Placas e parafusos reabsorvíveis (27)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,7	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,3
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 29% Desenvolvimento experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 48% Aplicação prática Seletiva (4)
Liderança C&T do país ref. Mundo (APS): 1,6 / 4,3 = 37%	

Assunto 04 - Título: Produtos para a oftalmologia (26)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,7	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,4
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 46% Desenvolvimento experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 50% Utilização generalizada (5)
Liderança C&T do país ref. Mundo (UG): 1,7 / 4,4 = 39%	

Assunto 05 - Título: Materiais dentários: enxertos, membranas, cimentos ionômeros de vidro, implantes dentários, cerâmicas e instrumental (26)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,9	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,6
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 57% Desenvolvimento Experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 65% Utilização generalizada (5)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (UG): 1,7 / 4,6 = 37%	

Assunto 06 - Título: Cosméticos (25)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 3,6	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,8
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 52% Aplicação prática seletiva (4)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 76% Utilização generalizada (5)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (UG): 1,2 / 4,8 = 25%	

Assunto 07 - Título: Nanotecnologia aplicada ao tratamento de doenças crônico-degenerativas (27)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,0	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,8
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 41% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 52% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 1,8 / 3,8 = 47%	

Assunto 08 - Título: <i>Medicina Regenerativa, terapias celulares e engenharia tecidual (26)</i>	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,5	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,0
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 42% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 73% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): $1,5 / 4,0 = 38\%$	

Assunto 09 - Título: <i>Engenharia de superfícies e biomateriais (27)</i>	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,4	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,3
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 48% Desenvolvimento experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 44% Utilização generalizada (5)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (UG): $1,9 / 4,3 = 44\%$	

Assunto 10 - Título: <i>Têxteis tecnológicos: material para a proteção pessoal; esporte e lazer; cuidados de saúde e higiene (27)</i>	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,3	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,5
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 37% Desenvolvimento experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 55% Utilização generalizada (5)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (UG): $2,2 / 2,5 = 49\%$	

Assunto 11 - Título: <i>Têxteis inteligentes (26)</i>	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 1,9	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,2
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 42% Pesquisa básica (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 46% Aplicação prática seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): $2,3 / 4,2 = 55\%$	

Observe-se, então, a lista dos 11 tópicos de materiais avançados para aplicações na área médico-odontológica. A lista é ordenada do tópico de menor afastamento para o de maior afastamento da maturidade tecnológica brasileira relativa ao mundo, para cada assunto.

O tópico *Cosméticos* apresenta-se como o de menor afastamento relativo ao resto do mundo, que está no estágio de Utilização generalizada das tecnologias de materiais

(tendo nota 4,8). O Brasil (com nota 3,6) encontra-se em média, 25 pontos atrás, e está em Aplicação prática seletiva.

Assunto 06: Cosméticos; Afastamento C&T do país ref. Mundo (UG): 25%.

Assunto 02: Próteses de quadril; Afastamento C&T do país ref. Mundo (UG): 31%.

Assunto 01: Próteses endovasculares (stents); Afastamento C&T do país ref. Mundo (UG): 34%

Assunto 03: Placas e parafusos reabsorvíveis; Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 37%

Assunto 05: Materiais dentários: enxertos, membranas, cimentos ionômeros de vidro, implantes dentários, cerâmicas e instrumental; Afastamento C&T do país ref. Mundo (UG): 37%

Assunto 08: Medicina Regenerativa, terapias celulares e engenharia tecidual; Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 38%

Assunto 04: Produtos para a oftalmologia; Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 39%

Assunto 09: Engenharia de superfícies e biomateriais; Afastamento C&T do país ref. Mundo (UG): 44%

Assunto 07: Nanotecnologia aplicada ao tratamento de doenças crônico-degenerativas; Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 47%

Assunto 10: Têxteis tecnológicos: material para a proteção pessoal; esporte e lazer; cuidados de saúde e higiene; Afastamento C&T do país ref. Mundo (UG): 49%

Assunto 11: Têxteis inteligentes; Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 55%

(5.3) Dimensões setoriais da C&T de materiais e suas correlações com os materiais avançados para aplicações na saúde médico-odontológica

Estão identificadas, a seguir, as dimensões setoriais importantes à ciência e tecnologia de materiais por possuírem correlação com o desenvolvimento de atividades de P&D em materiais para aplicações na saúde. O resultado está contido no quadro abaixo – que tem as linhas (dimensões setoriais) ordenadas decrescentemente.

O conjunto das linhas sombreadas em amarelo indica as dimensões de maior impacto para o desenvolvimento dos tópicos tecnológicos de materiais para a saúde médico-odontológica. Pode-se observar que *demanda de mercado*, *recursos humanos*, *financiamento* se destacam no conjunto das dimensões importantes.

Percentuais (%) de Impacto e/ou Correlação dos Tópicos Tecnológicos nas Dimensões Setoriais	Dimensões Setoriais											TOTALS
	01 - Próteses endovasculares (stents)	02 - Próteses de quadril	03 - Placas e parafusos reabsorvíveis	04 - Produtos para a oftalmologia	05 - Materiais dentários: enxertos, membranas, cimentos ionômeros de vidro, implantes dentários, cerâmicas e instrumental	06 - Cosméticos	07 - Nanotecnologia aplicada ao tratamento de doenças crônico-degenerativas	08 - Medicina Regenerativa, terapias celulares e engenharia tecidual	09 - Engenharia de superfície e biomateriais	10 - Têxteis tecnológicos: material para a proteção pessoal; esporte e lazer; cuidados de saúde e higiene	11 - Têxteis inteligentes	
Tecnologias de materiais	15	17	17	14	19	7	16	11	18	11	15	160
Demanda de mercado	15	17	17	16	14	14	11	10	10	14	9	147
Recursos humanos	9	12	10	12	10	9	13	13	13	13	14	128
Financiamento	12	12	12	11	9	8	13	14	13	9	13	126
Infra-estrutura física (laboratórios, equipamento, entre outros)	9	10	12	10	7	5	15	17	13	11	14	123
Retorno ou lucratividade do investimento em P&D	11	9	6	10	10	9	8	8	10	10	6	97
Tecnologias em geral	4	6	4	8	6	4	10	12	7	9	9	79
Dinâmica de competitividade da cadeia produtiva	3	3	3	3	6	9	4	1	2	4	7	45
Suprimento de matéria-prima	3	3	5	2	6	8	2	3	5	4	3	44
Ambiente econômico	1	2	4	5	6	5	2	1	2	7	5	40
Tendências de consumo/vendas	6	2	4	5	3	7	1	2	2	2	5	39
Política-Legal-Regulatória	4	5	4	1	2	5	2	6	2	2	0	33
Social-Cultural-Demográfica	6	3	2	2	2	4	2	3	1	1	2	28
Meio Ambiente	0	2	0	0	0	5	0	0	1	1	0	9
Outras dimensões	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2

Capítulo 6 Prioridades de P&D de Materiais Avançados para Tecnologias Sensíveis

(6.1) Relevância industrial de tópicos tecnológicos de materiais para aplicações duais

Na pesquisa eletrônica junto a especialistas de materiais, 26% dos consultados optaram por trabalhar o Tema V - Materiais Avançados para Tecnologias Sensíveis. Eles receberam a seguinte solicitação na abertura do questionário:

- *Avalie 13 tópicos de materiais no tema de tecnologias sensíveis de interesse dual (civil e militar) quanto à relevância industrial em três marcos temporais: 2012, 2017 e 2022.*

O proponente dos tópicos para o tema de tecnologias sensíveis foi o Prof. Maurício Pazini Brandão, que utilizou documentos produzidos especialmente para o Estudo, na fase de construção do panorama do tema, para extrair a gênese das contribuições dessa fase.

A transcrição seguinte contextualizou para os participantes da consulta, a importância de P&D e de investimentos, que venham propiciar a inovação industrial e a superação de desafios do setor de materiais para a defesa que signifiquem vantagem socioeconômica e estratégica para a Defesa Nacional:

As chamadas tecnologias sensíveis são aquelas que, se utilizadas pelos estados para fins de defesa, podem gerar significativo desequilíbrio no emprego da força em situações de conflito. Por esta razão, tais tecnologias, desde os seus mais tenros estágios de maturidade, sofrem algum tipo de proteção pelos países que possuem indústrias de defesa fortalecidas.

Neste estudo, foram identificados materiais que são utilizados ou que podem ser utilizados nos próximos 15 anos para a produção, pela indústria brasileira, de sistemas de armas inovadores. Pela exploração da dualidade das tecnologias sensíveis, envolvidas na produção desses sistemas e da agregação de demandas de outros setores, tais tecnologias podem ser mais rapidamente amadurecidas, potencializando a exploração econômica de seus resultados.

Os tópicos envolvem materiais metálicos, compósitos, materiais de defesa, biomateriais e outros materiais inovadores, além de novos processos de obtenção e de tratamento. O conceito de dualidade civil/militar deve ser conti-

nuamente considerado em justificativa ao desenvolvimento desses materiais em tempos de paz. Porém, o foco das manchetes está voltado para a área de defesa, ressaltando a sensibilidade das tecnologias requeridas em cada caso.

Os materiais empregados nos setores aeroespacial, naval, de exército e de segurança pública trabalham perto de seus limites de integridade, por serem submetidos a altas tensões, altas temperaturas, altas energias. Por serem necessários aprofundamentos de P&D sobre todas as classes de materiais de interesse, tópicos adicionais como simulação computacional em ciência e engenharia de materiais, e desenvolvimento de novos métodos de inspeção não-destrutiva estão colocados para avaliação.

A quase totalidade dos materiais identificados é importada e passível de embargos. A pouca demanda demonstrada pelo setor aeroespacial e de defesa não estimula a produção nacional, daí ser imperiosa a indicação de recomendações para políticas de ciência e tecnologia de materiais avançados para tecnologias sensíveis.

Este tema objetiva identificar nichos de oportunidades de negócios e espaços estratégicos em materiais avançados para o fortalecimento de diferenciais no setor aeroespacial e de defesa, para recomendação de políticas públicas explícitas e consistentes com o desenvolvimento socioeconômico projetado para o país.

Assunto 01 - Título: <i>Materiais para Blindagem Balística</i>	
Manchete: O emprego de blindagem propiciará maior segurança passiva a pessoas e a sistemas completos.	
Força Motriz: A proteção balística feita com materiais metálicos, compósitos poliméricos ou com materiais cerâmicos covalentes tem um caráter dual, prestando-se a inúmeras aplicações civis, de segurança pública e de defesa, potencializando um maior mercado consumidor.	
Implicação Futura: Aumento do domínio de tecnologias críticas sujeitas a embargos comerciais e políticos.	
Recomendação: Industrializar as poucas soluções já desenvolvidas em nível de protótipo pelos órgãos de pesquisa nacionais e fomentar o desenvolvimento de novas soluções. Deve ser desenvolvido como Programa por incluir soluções diferentes com três grandes classes de materiais: materiais metálicos, compósitos poliméricos e materiais cerâmicos covalentes como carbetos e nitretos. As ações envolvidas são de caráter tecnológico, no que se refere aos materiais e processos associados, e de caráter político-institucional, dada a difícil obtenção desses materiais no mercado.	
Relevância Industrial (proponente): 5	Probabilidade de Ocorrência: 90%
Participantes: 28	

Relevância Industrial: (1 a 5) 3,8 (MR)	2012 3,6	2017 3,8	2022 3,9
--	--------------------	--------------------	--------------------

Assunto 02 - Título: *Materiais para Blindagem Eletromagnética*

Manchete: O emprego de materiais de blindagem eletromagnética permitirá maior segurança passiva de telecomunicações e maior furtividade a sistemas nacionais de defesa.

Força Motriz: A proteção eletromagnética feita com materiais com perdas dielétricas, magnéticas ou mistas tem um caráter dual, prestando-se a aplicações civis, de segurança pública e de defesa, potencializando um maior mercado consumidor.

Implicação Futura: Aumento do domínio de tecnologias associadas a materiais absorvedores de ondas eletromagnéticas, sujeitos a embargos comerciais e políticos.

Recomendação: Industrializar as soluções nacionais já desenvolvidas em nível de protótipo, de forma a gerar inovações e atender a demandas civis e militares reprimidas.

Deve ser desenvolvido como Projeto em virtude do assunto já encontrar-se razoavelmente delimitado do ponto de vista de P&D.

Apesar das dificuldades encontradas para importação de matéria-prima, as ações envolvidas são de caráter eminentemente tecnológico.

Relevância Industrial (proponente): 4 Probabilidade de Ocorrência: 90%

Participantes: 28

Relevância Industrial: 1 a 5 3,8 (MR)	2012 3,6	2017 3,9	2022 4,0
--	--------------------	--------------------	--------------------

Assunto 03 - Título: *Materiais de Penetração Balística e Blindagem Nuclear*

Manchete: Materiais de alta massa específica, uma vez acelerados, têm alta energia cinética e podem ser empregados para penetrar blindagens. Por outro lado, em virtude da alta massa específica, esses materiais também podem ser empregados para proteger pessoas e equipamentos de radiações ionizantes.

Força Motriz: A blindagem nuclear é um tema relevante para aplicações eletrônicas civis e, ao mesmo tempo, fundamental para a defesa nuclear. A penetração de blindagens por impacto é tema relevante de natureza militar.

Implicação Futura: Elevação da capacidade nacional para tratar temas de naturezas críticas, de interesse do Estado Nacional, porém sem grandes apelos comerciais.

Recomendação: Fomentar P&D de materiais de alta massa específica para aplicações em blindagem nuclear e defesa.

Deve ser desenvolvido como Projeto, em virtude do assunto encontrar-se razoavelmente delimitado do ponto de vista de P&D.

As ações envolvidas são de caráter tecnológico, no que se refere aos materiais, e de caráter político-institucional, dada a natureza crítica desses materiais, sujeitos a instrumentos de controle internacional, como a Resolução 1540 da ONU, de 28 de abril de 2004.

Relevância Industrial (proponente): 2 Probabilidade de Ocorrência: 70%

Percentual de Participantes: 28

Relevância Industrial: 1 a 5	2012 3,5	2017 3,8	2022 4,0
-------------------------------------	--------------------	--------------------	--------------------

3,8 (MR)			
----------	--	--	--

Assunto 04 - Título: <i>Materiais de Alta Densidade Energética</i>			
Manchete: Materiais sólidos e líquidos capazes de liberar grandes energias em condições controladas tiveram, têm e continuarão a ter empregos duais os mais diversos, indo de explosivos a combustíveis de foguetes e mísseis.			
Força Motriz: A dualidade do mercado e a imprescindibilidade de soberania nas tecnologias críticas envolvidas.			
Implicação Futura: Aumento, com segurança, da capacidade nacional de produzir e utilizar esses materiais segundo os nossos próprios interesses.			
Recomendação: Aprimorar a industrialização de diversos materiais sólidos desta classe e fomentar o desenvolvimento de combustíveis líquidos de alto impulso específico para aplicação em propulsão aeroespacial. Deve ser desenvolvido como Programa por incluir soluções diferentes, em diversos níveis de maturidade tecnológica, para as duas grandes classes de materiais: sólidos e líquidos. As ações envolvidas são de caráter tecnológico, no que se refere aos materiais, e de caráter político-institucional, dada a natureza crítica desses materiais, sujeitos a instrumentos de controle internacional, como a Resolução 1540 da ONU, de 28 de abril de 2004.			
Relevância Industrial (proponente): 3		Probabilidade de Ocorrência: 70%	
Percentual de Participantes: 27			
Relevância Industrial: 1 a 5 3,7 (MR)	2012 3,6	2017 3,8	2022 3,9

Assunto 05 - Título: <i>Materiais Metálicos para Aplicações Aeroespaciais e de Defesa</i>			
Manchete: O emprego de materiais metálicos em aeroespaciais e defesa não é coisa do passado. Por décadas à frente, especialmente em aplicações estruturais para sistemas de armas, esses materiais continuarão a ser eleitos em novos projetos.			
Força Motriz: Novos aços continuam a ser os carros-chefes das aplicações deste tema. Aços inoxidáveis, de ultra-alta resistência, de elevada plasticidade, para temperaturas elevadas, para ferramentas e aços <i>maraging</i> são inovações a explorar. Incluem-se nesta classe também novas ligas leves, superligas e matérias intermetálicas para aplicações que requeiram resistência a altas tensões em altas temperaturas.			
Implicação Futura: Elevação do patamar de competitividade das indústrias nacionais de aeronáutica, espaço e defesa.			
Recomendação: Industrializar diversos materiais metálicos desenvolvidos por institutos de P&D e, especificamente, recuperar a capacidade anteriormente dominada no País na obtenção de ligas de titânio. Deve ser desenvolvido como Programa por incluir soluções diferentes com várias classes de materiais metálicos, com suas características específicas. As ações envolvidas são de caráter eminentemente tecnológico, no que tange aos materiais, e de caráter político-institucional, no que concerne às aplicações que gerarão demandas.			
Relevância Industrial (proponente): 4		Probabilidade de Ocorrência: 90%	
Percentual de Participantes: 28			
Relevância Indus-	2012	2017	2022

trial: 1 a 5 3,9 (MR)	3,7	3,9	4,0
---------------------------------	-----	-----	-----

Assunto 06 - Título: <i>Materiais Compósitos para Aplicações Aeroespaciais e de Defesa</i>			
Manchete: O emprego de materiais compósitos propiciará grandes inovações industriais, notadamente na fabricação de estruturas leves e eficientes para aplicações críticas que demandam altas tensões e/ou altas temperaturas.			
Força Motriz: A área de materiais é um dos elos mais frágeis no processo de produção da indústria aeroespacial. Os compósitos poliméricos e carbonosos são atualmente importados. O mesmo ocorre com os processos de produção, como moldagem por transferência de resina (RTM), laminação automatizada (ATL), e laminação de materiais híbridos metal/fibra (Glaré, Carall e Arall), por exemplo, e bens de capital associados.			
Implicação Futura: Elevação do patamar de competitividade das indústrias nacionais de aeroespço e defesa.			
Recomendação: Produzir <i>roadmaps</i> específicos e fomentar o desenvolvimento de novas tecnologias de fabricação e processamento de materiais compósitos poliméricos e carbonosos. Deve ser desenvolvido como programa, dada a extensão do tema, indo da produção de insumos básicos e de diferentes naturezas à efetiva produção de estruturas, passando pelos processos de fabricação e certificação. As ações envolvidas são de caráter tecnológico, no que se refere aos materiais e estruturas, e político-institucional, dada a natureza crítica desses materiais, de alto valor agregado e sujeitos a instrumentos de controle internacional.			
Relevância Industrial (proponente): 4		Probabilidade de Ocorrência: 90%	
Percentual de Participantes: 29			
Relevância Industrial: 1 a 5 4,1 (MR)	2012 3,9	2017 4,1	2022 4,3

Assunto 07 - Título: <i>Biomateriais para Aplicações Aeroespaciais e de Defesa</i>			
Manchete: O emprego de biomateriais em aeroespço e defesa é recente e revela um futuro promissor. As possibilidades de aplicação fazem corar de inveja o mais veterano escritor de ficção científica.			
Força Motriz: Inovação é a palavra que melhor exprime este tema. Biomímica, a capacidade de imitar sinteticamente materiais e processos biológicos naturais, é a linha mestra da P&D. Biosensores e bioprocessos são os mais relevantes resultados que estão sendo e continuarão a ser obtidos.			
Implicação Futura: Possibilidade de utilização de resultados já disponíveis e obtenção de novos resultados, com potenciais aplicações comerciais civis e militares.			
Recomendação: Fomentar P&D de biomateriais para aplicações em aeroespço e defesa, com <i>spin-offs</i> para outros setores industriais. Devido à novidade das aplicações do tema em aeroespço e defesa no país, deve-se procurar explorá-lo através de Projetos Específicos, com monitoramento de tendências. As ações envolvidas são de caráter tecnológico, no que se refere aos biomateriais e bioprocessos, e de caráter político-institucional, dada a natureza crítica do tema, sujeito a instrumentos de controle internacional, como a Resolução 1540 da ONU, de 28 de abril de 2004.			
Relevância Industrial (proponente): 3		Probabilidade de Ocorrência: 90%	

Percentual de Participantes: 28				
Relevância Industrial: 1 a 5 3,6 (MR)	2012 3,3	2017 3,6	2022 3,9	

Assunto 08 - Título: <i>Processamento de Materiais a Laser</i>				
Manchete: Lasers de potência e sintonizados são fortes candidatos ao processamento de materiais na pesquisa e na indústria.				
Força Motriz: A energia de lasers pode ser utilizada para gravar, furar e soldar materiais com alta precisão, bom acabamento e mínimas perdas. Além disso, pode permitir a separação de isótopos para aplicações especiais e inovadoras.				
Implicação Futura: Possibilidade de utilização de resultados já disponíveis e obtenção de novos resultados, com potenciais aplicações comerciais civis e militares.				
Recomendação: Fomentar a implantação e o desenvolvimento de laboratórios que investiguem este tema e industrializar as alternativas produtivas julgadas promissoras. As ações envolvidas são de caráter tecnológico, no que se refere aos processos desenvolvidos e em desenvolvimento, e de caráter político-institucional, dada a natureza crítica do tema, que inclui a área nuclear, sujeito a instrumentos de controle internacional, como a Resolução 1540 da ONU, de 28 de abril de 2004.				
Relevância Industrial (proponente): 3		Probabilidade de Ocorrência: 90%		
Percentual de Participantes: 27				
Relevância Industrial: 1 a 5 3,7 (MR)	2012 3,4	2017 3,7	2022 4,0	

Assunto 09 - Título: <i>Processamento de Materiais a Plasma</i>				
Manchete: Plasmas de diversas composições e características são fortes candidatos ao processamento de materiais na pesquisa e na indústria.				
Força Motriz: As altas energias e as diferentes composições químicas de plasmas geram inúmeras possibilidades de tratamento superficial de materiais metálicos e poliméricos, incluindo a deposição de filmes finos.				
Implicação Futura: Possibilidade de utilização de resultados já disponíveis e obtenção de novos resultados, com <i>spin-offs</i> para diversas aplicações comerciais civis e militares.				
Recomendação: Fomentar a implantação e o desenvolvimento de laboratórios que investiguem este tema e industrializar as alternativas produtivas julgadas promissoras. Devido à novidade e à variedade das aplicações do tema em aeroespacia e defesa no País, deve-se procurar explorá-lo através de Projetos Específicos, com monitoramento de tendências. As ações envolvidas são de caráter tecnológico, no que se refere aos processos desenvolvidos e em desenvolvimento. Porém, podem ser consideradas de caráter político-institucional, dada a natureza crítica do tema, sujeito a instrumentos de controle internacional, como a Resolução 1540 da ONU, de 28 de abril de 2004.				
Relevância Industrial (proponente): 4		Probabilidade de Ocorrência: 95%		
(Item não incluído na Consulta – resultados repetidos do Assunto 8, por similaridade)				
Percentual de Participantes: 27				
Relevância Industrial:	2012	2017	2022	

trial: 1 a 5 3,7 (MR)	3,4	3,7	4,0
---------------------------------	-----	-----	-----

Assunto 10 - Título: *Novos Processos Metalúrgicos*

Manchete: Desenvolvimento de novos processos metalúrgicos de fusão, refino e vazamento, que possam ser utilizados na produção da indústria aeroespacial e de defesa.

Força Motriz: Redução de custos de produção e aprimoramento da qualidade dos produtos, em aproveitamento da dualidade das aplicações.

Implicação Futura: Aumento da competitividade industrial, com a colocação no mercado civil e militar de melhores produtos, a preços mais baixos e em menores prazos.

Recomendação: Industrializar os processos metalúrgicos julgados viáveis dos pontos de vista tecnológico e comercial.

Devido à variedade das aplicações do tema em aeroespacia e defesa no País, deve-se procurar explorá-lo através de Projetos Específicos, com monitoramento de tendências.

As ações envolvidas são de caráter eminentemente tecnológico, no que se refere aos processos desenvolvidos e em desenvolvimento.

Relevância Industrial (proponente): 4 Probabilidade de Ocorrência: 90%

(item não avaliado na Consulta)

Percentual de Participantes: 27

Relevância Industrial: 1 a 5 -	2012 -	2017 -	2022 -
--	------------------	------------------	------------------

Assunto 11 - Título: *Novos Processos de Junção e Soldagem*

Manchete: Desenvolvimento de novos processos de junção e soldagem de componentes estruturais que possam ser utilizados na produção da indústria aeroespacial e de defesa.

Força Motriz: Redução de custos de produção, minimização de perdas nos processos e aprimoramento da qualidade dos produtos, em aproveitamento da dualidade das aplicações.

Implicação Futura: Aumento da competitividade industrial, com a colocação no mercado civil e militar de melhores produtos a preços mais baixos e em menores prazos.

Recomendação: Industrializar os processos de junção e soldagem julgados viáveis dos pontos de vista tecnológico e comercial.

Devido à variedade das aplicações do tema em aeroespacia e defesa no País, envolvendo materiais compósitos e metálicos, deve-se procurar explorá-lo através de Projetos Específicos, com monitoramento de tendências.

As ações envolvidas são de caráter eminentemente tecnológico, no que se refere aos processos desenvolvidos e em desenvolvimento. Porém, certos bens de capital importados podem vir a sofrer embargos, sendo sujeitos a instrumentos de controle internacional, como a Resolução 1540 da ONU, de 28 de abril de 2004.

Relevância Industrial (proponente): 4 Probabilidade de Ocorrência: 90%

Percentual de Participantes: 27

Relevância Industrial: 1 a 5 3,8 (MR)	2012 3,5	2017 3,9	2022 4,0
---	--------------------	--------------------	--------------------

Assunto 12 - Título: <i>Novos Métodos de Inspeção Não-destrutiva</i>			
Manchete: - Investimentos estratégicos em novos métodos de inspeção não-destrutiva de aeroestruturas promoverão a competitividade da indústria aeroespacial e de defesa no Brasil, através da redução de custos de produção, minimização de perdas e do aumento da qualidade dos produtos.			
Força Motriz: - Redução de custos de produção, minimização de perdas nos processos e aprimoramento da qualidade dos produtos, em aproveitamento da dualidade das aplicações.			
Implicação Futura: - Aumento da competitividade industrial, com a colocação no mercado civil e militar de melhores produtos a preços mais baixos e em menores prazos.			
Recomendação: - Industrializar os processos de junção e soldagem julgados viáveis dos pontos de vista tecnológico e comercial.			
Relevância Industrial (proponente): 4,0		Probabilidade de Ocorrência: 95%	
Percentual de Participantes: 27			
Relevância Industrial: 1 a 5 3,8 (MR)	2012 3,5	2017 3,9	2022 4,0

Assunto 13 - Título: <i>Simulação Computacional em Ciência e Engenharia de Materiais</i>			
Manchete: Desenvolvimento de infra-estruturas laboratoriais que possibilitem serem pesquisados virtualmente todos os processos ligados à Ciência e Engenharia de Materiais (CEM).			
Força Motriz: Possibilidade de desenvolvimento de materiais e processos inovadores, de aplicação dual, com ampla inserção no mercado consumidor.			
Implicação Futura: Aumento da competitividade industrial do País, com a colocação no mercado civil e militar de produtos sintetizados a partir de simulações computacionais.			
Recomendação: Fomentar a implantação de ambientes (hardware, software e humanware) onde possam ser feitas P&D de novos materiais e processos produtivos via simulações computacionais. Devido à novidade e à variedade das aplicações em materiais e processos que tenham relação com aeroespacia e defesa no País, deve-se procurar explorá-lo através de Projetos Específicos, com monitoramento de tendências. As ações envolvidas, no atual estado de maturidade existente no País, e considerado o horizonte deste estudo prospectivo, são de caráter eminentemente tecnológico.			
Relevância Industrial (proponente): 2		Probabilidade de Ocorrência: 90%	
Percentual de Participantes: 28			
Relevância Industrial: 1 a 5 4,0 (MR)	2012 3,6	2017 4,1	2022 4,3

Abaixo, os tópicos tecnológicos, definidos como prioritários a partir dos resultados dos quadros anteriores, quanto à relevância industrial para desenvolvimento de materiais

avançados para aplicações no setor de defesa e em aplicações civis, pelo viés da dualidade das tecnologias sensíveis.

Assunto 06: *Materiais Compósitos para Aplicações Aeroespaciais e de Defesa*, (29), RI: 4,1 (MR)

Assunto 13: *Simulação Computacional em Ciência e Engenharia de Materiais*, (28), RI: 4,0 (MR)

Assunto 05: *Materiais Metálicos para Aplicações Aeroespaciais e de Defesa*, (28), RI: 3,9 (MR)

Assunto 01: *Materiais para Blindagem Balística*, (28 participantes); Relevância Industrial - RI: 3,8 (MR)

Assunto 02: *Materiais para Blindagem Eletromagnética*, (28), RI: 3,8 (MR).

Assunto 03: *Materiais de Penetração Balística e Blindagem Nuclear*, (28), RI: 3,8 (MR)

Assunto 11: *Novos Processos de Junção e Soldagem*, (27), RI: 3,8 (MR)

Assunto 12: *Novos Métodos de Inspeção Não-destrutiva*, (27), RI: 3,8 (MR)

Assunto 04: *Materiais de Alta Densidade Energética*, (27), RI: 3,7 (MR)

Assunto 08: *Processamento de Materiais a Laser*, (27), RI: 3,7 (MR)

Assunto 09: *Processamento de Materiais a Plasma*, (27), RI: 3,7 (MR)

Assunto 07: *Biomateriais para Aplicações Aeroespaciais e de Defesa*, (28), RI: 3,6 (MR)

Assunto 10: *Novos Processos Metalúrgicos* – este item não foi avaliado neste item por problemas técnicos.

(6.2) Estágio de desenvolvimento, no país e no mundo, dos tópicos tecnológicos prioritários de materiais avançados para aplicações duais

Nesta seção serão identificados os estágios de maturidade tecnológica de tópicos do Estudo com aplicação no desenvolvimento de materiais para aplicações duais – civil e defesa.

A escala de maturidade tecnológica utilizada percorre os mesmos 5 estágios: 1) Pesquisa Básica; 2) Pesquisa Aplicada; 3) Desenvolvimento Experimental; 4) Aplicação Prática Seletiva; (5) Utilização Generalizada.

São 12 (doze) os tópicos tecnológicos no tema de saúde que foram submetidos à consulta eletrônica aos 379 participantes. Desses, 129 participaram de pelo menos um dos 7 temas. O tema de saúde teve a participação de 23 especialistas.

Nos quadros a seguir está indicado, para cada tópico tecnológico, o título do assunto e o número de respondentes nesse particular tópico. O grau de maturidade tecnológica é resultado da média ponderada pelo número de votantes no estágio da escala Oslo (1 a 5) escolhido para o tópico. O grau de afastamento ou distanciamento, em ciência e tecnologia, do país referente ao resto do mundo é obtido (de forma indicativa) subtraindo-se o grau de desenvolvimento do país ao do mundo, e dividindo-se o resultado pelo nota atribuída ao estágio em que se encontra o resto do mundo.

Assunto 01: Materiais para Blindagem Balística (23 respondentes)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,9	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,2
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 47% Desenvolvimento experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 44% Utilização generalizada (5)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (UG): $(4,2 - 2,9) / 4,2 = 31\%$	

Assunto 02: Materiais para Blindagem Eletromagnética (22)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,4	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,1
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 36% Desenvolvimento experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 46% Utilização generalizada (5)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (UG): 42%	

Assunto 03: Materiais de Penetração Balística e Blindagem Nuclear (21)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,0	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,1
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 38% Pesquisa básica (1)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 57% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 53%	

Assunto 04: Materiais de Alta Densidade Energética (21)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,4	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,2
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 33% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 52% Aplicação Prática Seletiva (4)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 43%	

Assunto 05: Materiais Metálicos para Aplicações Aeroespaciais e de Defesa (22)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,6	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,4
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 41% Desenvolvimento Experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 50% Utilização generalizada (4)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (UG): 40%	

Assunto 06: Compósitos para Aplicações Aeroespaciais e de Defesa (23)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,4	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,4
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 41% Desenvolvimento Experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 50% Utilização generalizada (5)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (UG): 46%	

Assunto 07: Biomateriais para Aplicações Aeroespaciais e de Defesa (21)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 1,7	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,9
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 52% Pesquisa básica (1)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 47% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 56%	

Assunto 08/09: Processamentos Contemporâneos de Materiais (22)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,1	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,8
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 36% Pesquisa básica (1)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 59% Aplicação prática Seletiva (4)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 46%	

Assunto 10: Novos Processos de Junção e Soldagem (21)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,8	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,2
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 33% Desenvolvimento experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 48% Utilização generalizada (5)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo UG): 34%	

Assunto 11 - Título: Novos Métodos de Inspeção Não-destrutiva (21)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,7	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,3
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 42% Desenvolvimento experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 47% Utilização generalizada (5)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (UG): 38%	

Assunto 12: Simulação Computacional em Ciência e Engenharia de Materiais (21)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,4	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,4
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 48% Desenvolvimento experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 52% Utilização generalizada (5)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (UG): 46%	

Observe-se, então, a lista dos 11 tópicos de materiais avançados para aplicações na área de defesa e de tecnologias duais. A lista é ordenada do tópico de menor afastamento para o de maior afastamento da maturidade tecnológica brasileira relativa ao mundo, para cada assunto.

O tópico de *Materiais para Blindagem Balística* apresenta-se como o de menor afastamento relativo ao resto do mundo, que está no estágio de Utilização generalizada das

tecnologias de materiais (tendo nota 4,2). O Brasil (com nota 2,9) encontra-se em média, 31 pontos atrás, e está em Desenvolvimento experimental.

Assunto 01: *Materiais para Blindagem Balística* (23 respondentes); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (UG): 31%

Assunto 10: *Novos Processos de Junção e Soldagem* (21); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (UG): 34%

Assunto 11: *Novos Métodos de Inspeção Não-destrutiva* (21); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (UG): 38%

Assunto 05: *Materiais Metálicos para Aplicações Aeroespaciais e de Defesa* (22); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (UG): 40%

Assunto 02: *Materiais para Blindagem Eletromagnética* (22); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (UG): 42%

Assunto 04: *Materiais de Alta Densidade Energética* (21); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 43%

Assunto 06: *Compósitos para Aplicações Aeroespaciais e de Defesa* (23); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (UG): 46%

Assunto 08/09: *Processamentos Contemporâneos de Materiais* (22); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 46%

Assunto 12: *Simulação Computacional em Ciência e Engenharia de Materiais* (21); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (UG): 46%

Assunto 03: *Materiais de Penetração Balística e Blindagem Nuclear* (21); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 53%

Assunto 07: *Biomateriais para Aplicações Aeroespaciais e de Defesa* (21); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 56%

(6.3) Dimensões setoriais da C&T de materiais e suas correlações com os materiais avançados para aplicações duais

São identificadas, a seguir, as dimensões setoriais importantes à ciência e tecnologia de materiais por possuírem correlação com o desenvolvimento de atividades de P&D em materiais para aplicações duais (defesa e civil). O resultado está contido no quadro abaixo, que apresenta as linhas (dimensões setoriais) ordenadas decrescentemente.

O conjunto das linhas sombreadas em amarelo indica as dimensões de maior impacto para o desenvolvimento dos tópicos tecnológicos de materiais para as tecnologias sensíveis. Pode-se observar que *infra-estrutura-física (laboratórios e equipamentos)*, *recursos humanos*, *financiamento* se destacam no conjunto das dimensões importantes.

Percentuais (%) de Impacto e/ou Correlação dos Tópicos Tecnológicos nas Dimensões Setoriais	TÍTULOS											TOTALS
	01 - Materiais para Blindagem Ballística	02 - Materiais para Blindagem Eletromagnética	03 - Materiais de Penetração Ballística e Blindagem Nuclear	04 - Materiais de Alta Densidade Energética	05 - Materiais Metálicos para Aplicações Aeroespaciais e de Defesa	06 - Materiais Compositos para Aplicações Aeroespaciais e de Defesa	07 - Biomateriais para Aplicações Aeroespaciais e de Defesa	08 - Processamento de Materiais a Laser	09 - Processamento de Materiais a Plasma	10 - Novos Processos Metalúrgicos	11 - Novos Processos de Junção e Soldagem	
Tecnologias de materiais	1 8	2 0	2 2	2 0	1 9	1 9	1 8	1 6	1 5	1 1	1 0	188
Infra-estrutura física (laboratórios, equipamentos entre outros)	1 2	1 7	1 6	1 6	1 4	1 6	1 6	1 6	1 3	1 6	1 6	168
Recursos humanos	1 1	1 4	1 4	1 3	1 3	1 3	1 5	1 3	1 3	1 2	1 8	149
Financiamento	1 2	1 2	1 1	1 4	1 2	1 1	1 3	1 1	1 1	1 5	1 3	135
Demanda de mercado	1 3	1 0	1 0	5	1 1	8	8	1 1	1 1	8	8	103
Tecnologias em geral	6	7	8	1 0	7	6	7	1 0	1 2	1 2	1 3	9 8
Retorno ou lucratividade do investimento em P&D	1 0	3	3	8	8	3	6	1 1	7	7	4	7 0
Dinâmica de competitividade da cadeia produtiva	4	3	3	0	8	8	5	7	7	9	8	6 2
Ambiente econômico	2	3	5	5	5	7	3	3	6	6	6	5 1
Suprimento de matéria-prima	4	3	5	6	1	6	6	4	3	3	3	4 4
Política-Legal-Regulatória	2	3	2	3	0	2	0	0	1	2	0	1 5
Social-Cultural-Demográfica	3	0	1	3	0	0	0	0	0	0	2	9
Meio Ambiente	0	1	2	0	0	0	3	0	0	0	0	6
Tendências de consumo/vendas	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Outros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Capítulo 7 Prioridades de P&D de Materiais Avançados para Sistemas Tribológicos

(7.1) Relevância industrial de tópicos tecnológicos de materiais na tribologia

26% dos especialistas em materiais optaram por trabalhar com o Tema VI – Materiais avançados e tribologia. Eles receberam a seguinte solicitação na abertura do questionário:

- *Avalie 7 tópicos de materiais no tema de tribologia (tecnologias sobre atrito, desgaste e lubrificação) quanto à relevância industrial em três marcos temporais: 2012, 2017 e 2022.*

O proponente dos tópicos para o tema de tribologia foi o Prof. José Daniel Biasoli de Mello, que utilizou documentos produzidos especialmente para o Estudo para extrair a gênese das contribuições dessa fase.

A transcrição seguinte contextualizou para o participante da consulta a importância de P&D e de investimentos que propiciem a inovação industrial e a superação de desafios de setores produtivos brasileiros que signifiquem vantagem econômica para o país:

Perdas na atividade industrial, causadores de danos ambientais, têm origem expressiva nos fenômenos tribológicos envolvendo atrito, desgaste e má lubrificação. Estes são ainda mal compreendidos e, tradicionalmente, pouco tratados no âmbito das engenharias no país.

Estatísticas revelam que desperdícios financeiros devido a desgastes, da ordem de 1 a 6% do PIB, poderiam ser evitados na atividade produtiva. Cerca de 20% dessas perdas têm, na atualidade, condições de serem evitadas, bastando-se a aplicação de técnicas de tribologia já dominadas em outros países.

Os ganhos ambientais da aplicação de conceitos de ponta da tribologia são de larga escala, dada a magnitude das movimentações de matéria na indústria, em especial em setores da economia primária, como a mineração e a siderurgia. Diversas formas de impacto ambiental, associadas ao desgaste podem ser enumeradas: o descarte de lubrificantes; o consumo de recursos não renováveis, como elementos de liga, pela oxidação e degradação; e as emissões de poluentes, são algumas delas.

Talvez porque a tribologia possa ser tratada como um corte transversal em diversas áreas do conhecimento, países mais industriais têm políticas voltadas

ao ensino de graduação e pós-graduação, para publicações técnicas e programas de P&D expressivos na área. Ter um programa de longo prazo voltado para a pesquisa fundamental em tribologia, reunindo físicos, químicos, médicos, biólogos e engenheiros tem sido uma recomendação recorrente no Brasil.

Uma vez que interações superficiais controlam e governam o funcionamento de praticamente todo dispositivo desenvolvido pelo homem, preconiza-se que, pelo viés da inovação decorrente das oportunidades e desafios em tribologia, é possível construir uma estratégia que incentive a competitividade da indústria de forma diferenciada.

Não obstante, há indicações de que se deve favorecer também o estudo clássico do comportamento tribológico de materiais nos mais diversos sistemas mecânicos. Exemplificando: estudos podem auxiliar na seleção de materiais utilizados na confecção de componentes mecânicos e também na definição de condições ideais de trabalho, possibilitando a redução de custos de manutenção e de reposição de peças, além de economia de escala devido ao aumento da vida dos componentes e do próprio equipamento.

Este tema objetiva identificar nichos de oportunidades em P&D industrial e espaços estratégicos dos materiais avançados em ambientes da tribologia, para recomendação de políticas públicas explícitas e consistentes com o desenvolvimento socioeconômico projetado para o país.

O especialista consultado indicou, então, a relevância industrial dos tópicos tecnológicos que foram prospectados pelo CGEE como importantes para o desenvolvimento da tribologia.

A seguir, são apresentados os 7 tópicos tecnológicos com graus de dependência no desenvolvimento da tribologia. Além dos descritores (*manchete, força motriz, implicação futura*) dos tópicos, os 7 quadros apresentam a relevância industrial (segundo um percentual de até 30 especialistas) no marcos de 2012, 2017, 2022.

Assunto 01 - Título: *Revestimentos tribológicos multifuncionais para componentes mecânicos*

Manchete: A eficiência de cerca de 70% dos sistemas industriais mecânicos pode ser muito aumentada aplicando-se revestimentos tribológicos multifuncionais a revestimentos moles, através de P&D e de transferência de tecnologia da escala laboratorial.

Força Motriz: Componentes mecânicos sujeitos ao contato e movimento relativo, face ao caráter superficial dos fenômenos envolvidos, são naturalmente passíveis de otimização pelo

uso de revestimentos/modificações superficiais como comprovado pelo forte domínio tecnológico e sucesso prático das ferramentas de corte para usinagem, revestidas com TiN desde 1969. Atualmente, cerca de 75% das ferramentas comercializadas são revestidas. Dificilmente um único revestimento/modificação consegue conferir todas as características superficiais desejadas, de modo que revestimentos/modificações multifuncionais, ou seja, com múltiplas fases e/ou camadas com diferentes funções, precisam ser desenvolvidos e aplicados. Por outro lado, implicações técnicas e econômicas tornam imperioso, no caso dos componentes mecânicos, o uso de substratos moles para facilitar a fabricação/redução de custos. Desenvolver metodologias e processos de aplicação de revestimentos em substratos moles via processos multifuncionais de engenharia de superfície combinando camadas com objetivos específicos, constitui a chave para o uso generalizado de revestimentos tribológicos em componentes mecânicos.

Implicação Futura: Aumento da vida útil e redução das perdas por atrito e desgaste de sistemas mecânicos pela generalização do uso de revestimentos multifuncionais aplicados a substratos moles.

Recomendação: Apoiar iniciativas que, pela interação sinérgica entre a Tribologia e a Engenharia e Ciências de Materiais, levem ao desenvolvimento de revestimentos multifuncionais aplicados a revestimentos moles.

Induzir iniciativas que promovam a transferência da escala laboratorial para componentes apresentando dimensões maiores e geometria mais complexa produzidos em larga escala com tolerâncias estreitas e reprodutibilidade.

Participantes: 30

Relevância Industrial: (1 a 5) (MR)	2012	2017	2022
3,9	3,6	3,9	4,2

Assunto 02 - Título: *Topografia de superfície como agente de otimização tribológica*

Manchete: O desempenho industrial de superfícies mecânicas, óticas, físicas e biológicas pode ser muito aumentado através de técnicas de microtexturização, requerendo investimentos científicos sobre os mecanismos envolvidos e P&D de métodos de texturização custos-efetivos.

Força Motriz: Fenômenos superficiais desempenham um papel decisivo no comportamento de componentes de engenharia. A modificação da topografia superficial, gerando um micro relevo particular, tem sido usada com sucesso com o objetivo de aumentar o desempenho de superfícies em vários setores: Mecânica, Ótica, Física, Biológicas, e, evidentemente, face ao seu caráter superficial, a Tribologia. O avanço recente das técnicas de microfabricação, que permitem a obtenção de estruturas com tamanhos da ordem de micrômetros e até nanômetros, tem sido uma forte força impulsora no desenvolvimento de técnicas de microtexturização. O desempenho tribológico de superfícies texturizadas é melhorado devido a (i) aprisionamento das partículas que são geradas de desgaste, evitando que elas permaneçam na interface entre as superfícies deslizantes, (ii) ao aumento da capacidade de retenção de lubrificante devido ao aprisionamento de lubrificante dentro dos vales que constituem a microtopografia e (iii) ao aumento da pressão hidrodinâmica do lubrificante. Existe um enorme potencial de aplicação industrial para a microtexturização, com grande impacto no desempenho e capacidade funcional de superfícies.

Implicação Futura: Desenvolver e/ou melhorar a capacidade funcional de superfícies através da criação de uma microtextura controlada, em diversas aplicações: tribológicas (redução/aumento do atrito, melhora da lubrificação, remoção/controle de tamanho dos resíduos de desgaste e redução do atrito estático por forças de menisco – micro/nano tribologia), mecânicas (aumento de resistência à fadiga e dureza, geração de superfícies abrasivas, controle de arraste em aplicações aero e hidrodinâmicas e aumento de forças adesivas - indústria

de adesivos), óticas (redução de brilho, controle da refletividade, aumento da absorção de luz e manipulação de sinais óticos,), físicas (aumento da transferência de calor, controle de tensão superficial - hidrofobicidade) e biológicas (melhora da integração óssea, aumento da adesividade de próteses e manipulação de biomoléculas).

Recomendação: Implantar ações promovendo o estudo, através de abordagens fundamentais, dos mecanismos envolvidos na alteração do desempenho de superfícies texturizadas e desenvolver novos métodos de texturização rápidos e baratos, que possam ser usados em escala industrial.

Participantes: 30

Relevância Industrial: (1 a 5) (MR)	2012	2017	2022
3,6	3,4	3,7	3,8

Assunto 03 - Título: *Lubrificação sólida*

Manchete: O crescente emprego de lubrificação sólida na indústria automobilística e de eletrodomésticos sugere a oportunidade de desenvolvimentos de conceitos de tribologia, de engenharia microestrutural e de processamento de materiais autolubrificantes economicamente viáveis e de elevada vida útil.

Força Motriz: A sempre crescente necessidade de sistemas energeticamente mais eficientes tem aumentado, consideravelmente, a severidade dos contatos tribológicos. A lubrificação é umas formas mais eficientes de reduzir atrito e desgaste. Em contatos extremamente severos ou em aplicações que não permitam a utilização de lubrificantes líquidos convencionais, uma das alternativas mais promissoras tem sido a lubrificação sólida, conseguida através de materiais autolubrificantes que podem ser tanto aplicados na superfície do componente quanto incorporados na sua própria composição. Conceitos tribológicos aplicados em conjunto com conhecimentos de engenharia micro estrutural e de processamento de materiais constituem ferramenta poderosa no desenvolvimento e otimização de materiais auto lubrificante simples, economicamente viáveis e que apresentem, devido ao constante reabastecimento do lubrificante sólido, uma vida útil elevada. Existe conhecimento teórico e uma enorme demanda de mercado, além de pressão ecológica.

Implicação Futura: Uso crescente na indústria automobilística e de eletro-domésticos com a generalização do uso de lubrificação sólida total (substituindo completamente a lubrificação líquida convencional) ou parcial, que será possível somente através das otimizações da qualidade superficial (se o lubrificante sólido for um filme superficial), da distribuição de fases (se o lubrificante sólido for incorporado à estrutura do componente, formando um compósitos) e da micro estrutura / topografia (aditivos). Produção em baixas temperaturas, larga escala de produção com tolerâncias estreitas e reprodutibilidade.

Recomendação: Induzir atividades que, aplicando conceitos tribológicos em conjunto com conhecimentos de engenharia micro estrutural e processamento de materiais, desenvolvam e otimizem materiais auto lubrificantes.

Participantes: 30

Relevância Industrial: (1 a 5) (MR)	2012	2017	2022
3,7	3,4	3,8	3,8

Assunto 04 - Título: <i>Materiais tribologicamente avançados para setores primários da economia</i>			
Manchete: Para o desenvolvimento de materiais de alto desempenho, para setores primários da economia nacional, é necessário fortalecer uma rede de recursos humanos que faça avançar a aplicação de novos conceitos tribológicos multidisciplinares.			
Força Motriz: A aplicação de conceitos de tribologia pode desenvolver materiais mais econômicos para setores primários da economia, como a indústria mecânica pesada, a siderurgia e os setores agrícola e sucro-alcooleiro. Setores fundamentais da economia nacional, quando utilizam materiais “clássicos” produzem grandes benefícios socioeconômicos. Porém estes setores primários estão “fora de moda” cientificamente, com conseqüentes hiatos científicos, tecnológicos e mesmo de formação de mão de obra especializada. Existe grande possibilidade de aplicação de novas metodologias que envolvam conceitos de tribologia que permitiriam um desenvolvimento significativo das indústrias deste setor. Existe uma alta demanda (vastas quantidades de materiais associada a processos de fabricação de baixo custo) nos setores mecânico, de mineração, siderúrgico, agrícola e sucroalcooleiro. Mão de obra (altamente) qualificada insuficiente.			
Implicação Futura: Manter, ampliar e tornar mais produtiva, competitiva e rentável a produção dos setores primários no Brasil.			
Recomendação: Estimular e implantar um programa que, enfatizando a formação de recursos humanos, avance a aplicação de novos conceitos multidisciplinares, inclusive tribológicos, no desenvolvimento de materiais de alto desempenho para os setores primários da economia nacional.			
Participantes: 28			
Relevância Industrial: (1 a 5) (MR)	2012 3,4	2017 3,6	2022 3,7

Assunto 05 - Título: <i>Oportunidades em Tribologia como Agente de Inovação no Desenvolvimento de Materiais</i>			
Manchete: A solução de danos ao meio ambiente e de perdas na economia (até 5% do PIB), associados ao descarte e desgaste no ambiente produtivo, passa pela existência de uma rede articulada de P&D que fortaleça a multidisciplinaridade na abordagem de problemas tribológicos.			
Força Motriz: Custos associados ao desgaste e ao atrito são significativos tanto ecológica quanto economicamente (1 a 5% PIB). Atrito e desgaste não são propriedades intrínsecas dos materiais envolvidos, mas sim características dos sistemas tribológicos impostos. Este forte caráter sistêmico do atrito e do desgaste, associado à complexidade, natureza evolutiva e superficial e irreversibilidade dos fenômenos tribológicos fazem com que a abordagem de problemas tribológicos, inclusive e em particular o desenvolvimento e otimização de tribomateriais de alto desempenho, necessitem de uma abordagem multiescalar/disciplinar para serem bem sucedidos.			
Implicação Futura: Estabelecer, pelo viés da inovação decorrente das oportunidades e desafios identificados em tribologia associada à transversalidade pelos outros seis temas prioritários, uma estratégia que leve à competitividade do país de forma diferenciada no desenvolvimento de materiais tribológicos de alto desempenho.			
Recomendação: Realizar uma oficina para identificar potenciais participantes, suas competências e potencialidades e, em conseqüência, uma avaliação mais realista dos recursos necessários para a indução de uma rede nacional de tribologia (multidisciplinar privilegiando a interação entre a tribologia e a engenharia e ciência dos materiais) envolvendo a academia,			

centros de pesquisa e o setor produtivo:

Implantar um programa estável de formação de recursos humanos em tribologia com o estabelecimento de metas a serem cumpridas pelos grupos acadêmicos da rede que deverão, de forma diferenciada, receber apoio financeiro das agências governamentais.

Este programa deve ser entendido como de relevância nacional e incluído entre as tecnologias de importância estratégica e considerado um investimento altamente compensador capaz de trazer benefícios sociais, ecológicos e econômicos.

Participantes: 30

Relevância Industrial: (1 a 5) (MR)	2012	2017	2022
3,8	3,6	3,8	3,9

Assunto 06 - Título: Desenvolvimento de modelos e de metodologias de caracterização tribológica *in situ* em ambiente controlado e em tempo real

Manchete: O desenvolvimento de materiais avançados de alto desempenho passa pela formulação de modelos e metodologias de caracterização tribológica em tempo real, que considere a produção de tribômetros, tanto em nível de uma única asperidade quanto micro e macroscópico do ambiente, dos produtos de desgaste e das interações químicas na interface de desgaste.

Força Motriz: A maioria dos estudos existentes em tribologia restringem-se a apenas parte das variáveis envolvidas nos fenômenos tribológicos. Fatores como o meio ambiente, o papel dos produtos de desgaste e as interações químicas na interface de desgaste são poucas vezes considerados. Porém, estes fatores são chaves para um entendimento mais fundamental dos processos tribológicos. Não existe conhecimento que permita explicar aspectos macro tribológicos com base na compreensão dos fenômenos dissipativos de energia na interface entre sólidos e dos mecanismos de desgaste em níveis atomísticos e moleculares. O desenvolvimento nesta área ainda é incipiente, inclusive internacionalmente, permitindo oportunidades de vantagem competitiva para o País.

Implicação Futura: Levar em consideração a influência dos níveis atomísticos e moleculares, ambiente e produtos de desgaste nos aspectos macro tribológicos tratando, desta forma, a tribologia como um corte transversal através de diversas áreas do conhecimento (em particular Ciências e Engenharia de Materiais) em analogia com o que aconteceu com a corrosão.

Recomendação: Implantar ações que levem ao desenvolvimento de tribômetros permitindo tanto em nível de uma única asperidade quanto micro e macroscopicamente a análise *in situ* do efeito do ambiente, dos produtos de desgaste e das interações químicas na interface de desgaste.

Apoiar ações para estabelecer análise de diferentes escalas de dimensões em particular pelo acoplamento de análises na escala atomística com modelos do contínuo através de abordagens híbridas hierarquizadas bem como pela extensão da capacidade de caracterização de tribômetros por toda a faixa de escalas.

Aprimorar a interação de diferentes grupos de forma que a multidisciplinaridade seja favorecida em particular pela existência de fortes vínculos entre os desafios experimentais e teóricos.

Participantes: 29

Relevância Industrial: (1 a 5) (MR)	2012	2017	2022
3,7	3,6	3,8	3,8

Assunto 07 - Título: <i>Estudo de biotribosistemas</i>				
Manchete: Uma abordagem multidisciplinar envolvendo conceitos médico-biológicos associados à ciência e engenharia de materiais complementados pela utilização de características biomiméticas e tribológicas podem levar o país a uma liderança em biotribomateriais de maior desempenho e menor custo industrial.				
Força Motriz: O corpo humano contém um grande número de superfícies interagindo em movimento relativo e que estão sujeitas a desgaste e lubrificação. Neste caso, o ambiente aquoso presente impõe um sem número de variáveis cujo efeitos ainda não são bem conhecidos e entendidos pela tribologia “clássica”, o que torna o desenvolvimento dos biotribomateriais uma área de grande importância e potencialidade. Um entendimento completo do desempenho de componentes biomecânicos que possam substituir órgãos naturais somente pode ser conseguido ao se conhecer o atrito, o regime de lubrificação operante e os mecanismos de desgaste, tanto nos órgãos naturais em funcionamento dentro do corpo humano quanto nos dispositivos biomecânicos artificiais. Pouco conhecimento na área e pouco pessoal qualificado. Pouca tradição de trabalho multidisciplinar.				
Implicação Futura: Uma abordagem multidisciplinar envolvendo conceitos médico biológicos associados à ciência e engenharia de matérias complementados pela utilização de características biomiméticas e tribologia certamente levarão ao desenvolvimento de bio tribo materiais de maior desempenho e menor custo.				
Recomendação: Fomentar ações visando o estabelecimento de projetos envolvendo equipes multidisciplinares com vistas ao desenvolvimento de bio tribo materiais de alto desempenho e baixo custo.				
Percentual de Participantes: 29				
Relevância Industrial: (1 a 5) (MR)	2012	2017	2022	
3,7	3,5	3,8	3,9	

Abaixo, os tópicos tecnológicos, definidos como prioritários a partir dos resultados dos quadros anteriores quanto à relevância industrial para desenvolvimento da tribologia, significando um potencial de obtenção de economias de escala em sistemas produtivos e funcionais onde participam fenômenos de atrito, lubrificação e desgaste de materiais.

Assunto 01: *Revestimentos tribológicos multifuncionais para componentes mecânicos*; (30 participantes); Relevância Industrial (RI): 3,9 (MR)

Assunto 05: *Oportunidades em Tribologia como Agente de Inovação no Desenvolvimento de Materiais*; (30); RI: 3,8 (MR)

Assunto 03: *Lubrificação sólida*; (30); RI: 3,7 (MR)

Assunto 06: *Desenvolvimento de modelos e de metodologias de caracterização tribológica in situ em ambiente controlado e em tempo real*; (29); RI: 3,7 (MR)

Assunto 07: *Estudo de biotribosistemas*; (29); RI: 3,7 (MR)

Assunto 02: *Topografia de superfície como agente de otimização tribológica*; (30); RI: 3,6 (MR)

Assunto 04: *Materiais tribologicamente avançados para setores primários da economia*; (28); RI: 3,6 (MR)

(7.2) Estágio de desenvolvimento, no país e no mundo, dos tópicos tecnológicos prioritários de materiais da tribologia

Nesta seção serão identificados os estágios de maturidade tecnológica de tópicos do Estudo relacionados à tribologia.

A escala de maturidade tecnológica utilizada percorre cinco estágios: 1) Pesquisa básica; 2) Pesquisa aplicada; 3) Desenvolvimento experimental; 4) Aplicação prática seletiva; (5) Utilização generalizada.

São 7 (sete) os tópicos tecnológicos no tema de tribologia que foram submetidos à 379 e-mails de especialistas para participar da consulta estruturada. Desses, 129 participaram de, pelo menos, um dos 7 temas. O tema de tribologia teve a participação de 21 especialistas.

Nos quadros que se seguem, estão indicados, para cada tópico tecnológico, o título do assunto e o número de informantes. O grau de maturidade tecnológica é resultado da média ponderada pelo número de votantes no estágio da escala Oslo escolhido para o tópico. O grau de afastamento ou distanciamento, em ciência e tecnologia, do país referente ao resto do mundo foi obtido (de forma indicativa) subtraindo-se o grau de desenvolvimento do país do grau do mundo, e dividindo-se o resultado pelo nota atribuída ao estágio em que se encontra o resto do mundo, na opinião dos consultados.

Assunto 01: Revestimentos tribológicos multifuncionais para componentes mecânicos (22 participantes)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,4	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,2
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 45% Desenvolvimento experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 50% Aplicação básica seletiva (4)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (ABS): $(4,18 - 2,41) / 4,2 = 42\%$	

Assunto 02: Topografia de superfície como agente de otimização tribológica (21)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,0	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,1
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 45% Desenvolvimento experimental (3)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 66% Aplicação Básica Seletiva (4)
Afastamento da &T do país ref. Mundo (ABS): 51%	

Assunto 03: Lubrificação sólida (20)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,2	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,0
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 40% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 50% Aplicação Básica Seletiva (4)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (ABS): 47%	

Assunto 04: Materiais tribologicamente avançados para setores primários da economia (21)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,1	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,9
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 38% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 57% Aplicação básica seletiva (4)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (ABS): 47%	

Assunto 05: Oportunidades em Tribologia como Agente de Inovação no Desenvolvimento de Materiais (21)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,5	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,1
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 33% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 57% Aplicação Básica Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (ABS): 40%	

Assunto 06: Desenvolvimento de modelos e de metodologias de caracterização tribologica in situ em ambiente controlado e em tempo real (21)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 1,5	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,6
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 57% Pesquisa básica (1)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 53% Aplicação Básica Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (ABS): 56%	

Assunto 07: Estudo de biotribosistemas (20)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,8	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,8
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 60% Pesquisa básica (1)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 55% Aplicação Básica Seletiva (4)
Afastamento C&T do país ref. Mundo (ABS): 61%	

Dos quadros acima, gerou-se a lista ordenada dos 7 tópicos em tribologia. A seqüência inicia do tópico de menor afastamento para o de maior afastamento da maturidade tecnológica no país relativa ao mundo.

O tópico *Oportunidades em Tribologia como Agente de Inovação no Desenvolvimento de Materiais* apresenta-se como o de menor afastamento relativo ao resto do mundo, que está no estágio de Aplicação prática seletiva com nota 4,1). O Brasil (com nota 2,1) encontra-se em média 40 pontos atrás, e está no estágio de Pesquisa básica.

Assunto 05: *Oportunidades em Tribologia como Agente de Inovação no Desenvolvimento de Materiais* (21); Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 40%

Assunto 01: *Revestimentos tribológicos multifuncionais para componentes mecânicos* (22 participantes); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 42%

Assunto 03: *Lubrificação sólida* (20); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 47%

Assunto 04: *Materiais tribologicamente avançados para setores primários da economia* (21); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 47%

Assunto 02: *Topografia de superfície como agente de otimização tribológica* (21); Afastamento da &T do país ref. Mundo (APS): 51%

Assunto 06: *Desenvolvimento de modelos e de metodologias de caracterização tribológica in situ em ambiente controlado e em tempo real* (21); Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 56%

Assunto 07: *Estudo de biotribosistemas* (20); Afastamento C&T do país ref. Mundo (APS): 61%

(7.3) Dimensões setoriais da C&T de materiais e suas correlações com os materiais na tribologia

São identificadas, a seguir, as dimensões setoriais importantes à ciência e tecnologia de materiais por possuírem correlação com o desenvolvimento de atividades de P&D em tribologia. O resultado está contido no quadro abaixo, que tem as linhas (dimensões setoriais) ordenadas decrescentemente.

O conjunto das linhas sombreadas em amarelo indica as dimensões de maior impacto para o desenvolvimento dos tópicos tecnológicos de tribologia. Pode-se observar que *recursos humanos, infra-estrutura-física (laboratórios e equipamentos), financiamento* se destacam no conjunto das dimensões importantes.

Percentuais (%) de Impacto e/ou Correlação dos Tópicos Tecnológicos nas Dimensões Setoriais	Tecnologias Tribológicas							TOTALS	
	01 - Revestimentos tribológicos multifuncionais para componentes mecânicos	02 - Topografia de superfície como agente de otimização tribológica	03 - Lubrificação sólida	04 - Materiais tribologicamente avançados para setores primários da economia	05 - Oportunidades em Tribologia como Agente de Inovação no Desenvolvimento de Materiais	06 - Desenvolvimento de modelos e de metodologias de caracterização tribológica in situ em ambiente controlado	07 - Estudo de biotribosistemas	TOTALS	TOTALS
Tecnologias de materiais	20	16	1 8	1 5	1 5	1 5	1 8	1 1 7	
Recursos humanos	10	11	1 2	1 8	1 7	1 5	1 6	9 9	
Infra-estrutura física (laboratórios, equipamentos, entre outros)	13	14	9	1 0	1 1	1 5	1 5	8 7	
Financiamento	11	7	7	1 2	9	1 4	1 3	7 3	
Tecnologias em geral	8	14	9	8	6	1 2	8	6 5	
Retorno ou lucratividade do investimento em P&D	12	11	6	7	7	9	6	5 8	
Demanda de mercado	7	5	1 2	9	7	9	8	5 7	
Dinâmica de competitividade da cadeia Produtiva	6	8	1 0	6	7	4	5	4 6	
Ambiente econômico	6	7	5	5	7	3	3	3 6	
Meio Ambiente	4	4	7	2	8	3	2	3 0	
Suprimento de matéria-prima	3	3	5	2	2	1	2	1 8	
Social-Cultural-Demográfica	1	1	0	0	2	1	4	9	
Política-Legal-Regulatória	1	0	0	3	1	0	2	7	
Tendências de consumo/vendas	1	1	3	1	1	0	0	7	
Outros	0	0	0	0	0	0	0	0	

Capítulo 8 Prioridades de P&D de Materiais Avançados para Aplicações Eletrônicas, Magnéticas e Fotônicas

(8.1) Relevância industrial de tópicos tecnológicos de materiais nas áreas de eletrônica, magnetismo e fotônica

Durante a pesquisa eletrônica junto a especialistas de materiais, 26% dos consultados optaram por trabalhar o Tema VII - Materiais Avançados para Aplicações Eletrônicas, Magnéticas e Fotônicas -, receberam a seguinte solicitação na abertura do questionário:

- *Avalie 13 tópicos de materiais para aplicações eletrônicas, magnéticas e fotônicas quanto à relevância industrial em 3 marcos temporais: 2012, 2017 e 2022.*

O proponente dos tópicos para o tema de aplicações eletrônicas, magnéticas e fotônicas foi o Prof. Celso P. de Melo, que utilizou documentos produzidos sob encomenda do Estudo, na fase de construção do panorama do tema, para extrair a gênese das contribuições dessa fase.

A transcrição seguinte contextualizou, para o participante da consulta, a importância de P&D e de investimentos que propiciem a inovação industrial e a superação de desafios de setores produtivos brasileiros que signifiquem vantagem econômica para o país:

O mercado mundial de semicondutores movimenta anualmente quase 300 bilhões de dólares. O Brasil importou, em 2006, 12 bilhões de dólares de semicondutores, aparelhos e componentes eletrônicos, 20% a mais que em 2005. Ao longo das últimas décadas, observou-se o crescimento exponencial do número de componentes integrados em um mesmo chip.

A extraordinária engenhosidade humana é responsável pelo desenvolvimento contínuo de materiais avançados e dispositivos que até o momento têm permitido a integração de componentes em escala sempre crescente. Apesar dos progressos contínuos no desenvolvimento de materiais, design e modos de manufatura, estudos prospectivos da indústria de microeletrônica listam a demanda em prazos cada vez mais curtos por tecnologias ainda inexistentes, fazendo antever que até 2015, quando a indústria deverá se tornar integralmente de base nanotecnológica, abordagens inteiramente novas estejam implantadas.

O mercado mundial de aplicações de ímãs permanentes deve beirar 12 bilhões de dólares em 2010. E o de armazenamento de dados, 10 bilhões de

dólares. Neste último, com agregação de tecnologias de semicondutores, software, e outras, o mercado supera 100 bilhões de dólares anuais. O faturamento da indústria brasileira de materiais magnéticos gira em 100 milhões de dólares anuais. A produção é principalmente de chapas de aço silício, da Acesita; e de ímãs de ferrite de bário fabricados por duas empresas, a brasileira Supergauss Produtos Magnéticos e a multinacional Constanta-Phillips. Aplicações e desafios de P&D de materiais magnéticos ocupam engenheiros, cientistas de materiais, físicos e químicos, da academia e da indústria, em estreita cooperação. Aplicações de destaque são: desenvolvimento de novos materiais magnéticos; desenvolvimento de novas aplicações tecnológicas; compreensão das origens microscópicas das propriedades magnéticas dos materiais; e o estudo das propriedades termodinâmicas e das excitações dinâmicas dos sistemas magnéticos.

O mercado mundial para fotônica cresceu mais de 40% em 2004, alcançando 236 bilhões de dólares. O crescimento de componentes foi responsável por 17% e o de produtos fotônicos por 42% desse faturamento. O potencial de mercado da fotônica é valorizado em todo o mundo, e diversos países têm programas expressivos em P&D de fotônica. Em 2004, a Coreia do Sul investiu mais de 30% do orçamento de C&T em eletrônica e fotônica, atingindo 9,3 bilhões de dólares. Especialistas brasileiros recomendam um programa nacional em fotônica. Embora o país ainda não participe da cadeia produtiva mundial em fotônica, novos materiais fotônicos vêm surgindo, significando oportunidades de certa liderança brasileira no domínio de algumas tecnologias.

Este tema objetiva identificar nichos de oportunidades de P&D de materiais avançados para aplicações eletrônicas, magnéticas e fotônicas, para recomendação de políticas públicas explícitas e consistentes com o desenvolvimento socioeconômico projetado para o país.

Assunto 01 - Título: *Diodos Eletroluminescentes Orgânicos (OLEDs)*

Manchete: O país pode desenvolver indústria de mostradores orgânicos, com tecnologia própria, capaz de atender o mercado interno e externo de *displays* para celulares, eletrônicos portáteis e de mesa, e aparelhos de televisão de diferentes tamanhos, caso haja um programa tecnológico de domínio da preparação de mostradores planos e implantação de linha de produção em larga escala de *displays* com alto tempo de vida e baixo custo.

Força Motriz: Enquanto os diodos eletroluminescentes orgânicos (OLEDs) têm surgido como materiais promissores para o desenvolvimento de *displays* de tela plana – tanto de pequenas quanto de grandes dimensões – devido à facilidade de construção de dispositivos pela técni-

ca de impressão por jato de tinta sobre substratos flexíveis, o Brasil dispõe no momento de recursos humanos qualificados para implementar o domínio da tecnologia em suas várias etapas.

Implicação Futura: Desenvolvimento de uma indústria nacional de mostradores orgânicos, com tecnologia própria, capaz de atender o mercado interno e externo de *displays* para celulares, eletrônicos portáteis e de mesa, e aparelhos de televisão de diferentes tamanhos.

Recomendação: Dominar a tecnologia de preparação de mostradores planos à base de OLEDs e implementar linha de produção em larga escala de displays com alto tempo de vida e baixo custo.

Percentual de Participantes: (97% = 30 respondentes)

Relevância Industrial:	(3,8) (MR)	2012 3,4	2017 3,8	2022 4,1
-------------------------------	----------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Assunto 02 - Título: *Eletrônica Molecular*

Manchete: Caso a eletrônica molecular venha de fato a se tornar a tecnologia dominante na era pós-silício, o Brasil poderá competir em melhores condições de igualdade tanto em seu desenvolvimento científico quanto tecnológico e, para tanto, deve-se investir de maneira seletiva no desenvolvimento da capacitação nacional na área.

Força Motriz: A eletrônica molecular tem sido considerada com uma das opções mais prováveis para uso na nanoeletrônica, a tecnologia sucedânea da microeletrônica baseada no silício. Vários grupos brasileiros têm dado contribuições relevantes à área.

Implicação Futura: Caso a eletrônica molecular venha de fato a se tornar a tecnologia dominante na era pós-silício, o Brasil poderá competir em melhores condições de igualdade tanto em seu desenvolvimento científico quanto tecnológico.

Recomendação: Investir de maneira seletiva no desenvolvimento da capacitação nacional na área.

Percentual de Participantes: (28)

Relevância Industrial:	(3,6) (MR)	2012 3,1	2017 3,6	2022 4,1
-------------------------------	----------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Assunto 03 - Título: *Nanotubos de Carbono*

Manchete: Sensores, *displays* e dispositivos podem vir a ser fabricados no país com base nas propriedades peculiares dos nanotubos de carbono, mediante o fortalecimento de grupos de pesquisa com atuação na área, e fomento à inovação através da interação com o setor produtivo para o desenvolvimento de aplicações.

Força Motriz: Os nanotubos de carbono são materiais avançados que apresentam uma série de propriedades eletrônicas peculiares que podem ser exploradas para a construção de novos dispositivos. Há competência científica brasileira na área.

Implicação Futura: Sensores, *displays* e dispositivos podem vir a ser fabricados com base nas propriedades peculiares dos nanotubos de carbono.

Recomendação: Fortalecer grupos de pesquisa com atuação na área, estimular a inovação pelo fomento de sua interação com o setor produtivo para o desenvolvimento de aplicações.

Percentual de Participantes: (28)

Relevância	(3,5)	2012	2017	2022
-------------------	--------------	-------------	-------------	-------------

Industrial: (MR)	3,2	3,6	3,8
-------------------------	-----	-----	-----

Assunto 04 - Título: Exploração de ferritas e fabricação de magnetos

Manchete: Deve-se racionalizar a venda da ferrita bruta brasileira (de pureza ~90%), que é exportada a preço de *commodity* e, então, importada com preço de produto beneficiado, e instalar estrategicamente plantas de beneficiamento do material para a fabricação de magnetos duros e macios com diversas aplicações comerciais.

Força Motriz: Usam-se as ferritas para fabricação de magnetos duros e macios. As aplicações são extensas, principalmente em motores e geradores elétricos, passando por alto-falantes, microfones, dispositivos eletro-acústicos e comutadores, filtros, núcleos de transformadores de rf, geradores de rf, além de medidores. O Brasil vende grande quantidade de ferrita de alta pureza (~90%) bruta, que é transportada para países como a China, onde o minério é moído a pó e prensado, sendo vendido, em seguida, para o mercado mundial, incluindo o brasileiro, com preço de produto beneficiado. Isto torna evidente que há mercado interno e externo para consumir este produto obtido através de simples beneficiamento.

Implicação Futura: A fabricação dos magnetos incrementará a atividade industrial do setor, principalmente nas localidades onde a extração da ferrita é feita, o que aumentará o padrão social da região. A prosperidade da indústria propiciará o refinamento de métodos e processos, elevando o grau tecnológico da atividade industrial.

Recomendação: Reestruturar, de forma racionalizada, a extração da ferrita e instalar plantas de beneficiamento do material, em locais estrategicamente escolhidos, para a fabricação dos magnetos (moagem do minério e prensagem do pó).

Percentual de Participantes: (29)

Relevância Industrial: (3,6) (MR)	2012	2017	2022
	3,4	3,7	3,6

Assunto 05 - Título: Nanoestruturas magnéticas para aplicações biomédicas

Manchete: O país pode inovar em aplicações biomédicas com o uso de nanoestruturas magnéticas incentivando programas de transferência do conhecimento acadêmico para o setor médico-hospitalar através de pequenas empresas inovadoras de base tecnológica.

Força Motriz: Numa das técnicas conhecida como magnetohipertemia, as nanopartículas são facilmente transportadas até o local da neoplasia e em seguida aquecidas até temperaturas da ordem de 42°C sob a aplicação de um campo magnético alternado. O objetivo é causar destruição das células cancerosas. O transporte das nanopartículas pode ser realizado com precisão utilizando o aumento de contraste provocado na imagem por ressonância magnética. No Brasil, esta técnica está sendo desenvolvida por vários grupos brasileiros com competência tanto na preparação dessas nanoestruturas, quanto em sua caracterização e uso em aplicações biomédicas.

Implicação Futura: Melhoria na qualidade do atendimento médico em hospitais públicos e privados através de técnicas inovadoras geradas em instituições nacionais.

Recomendação: Estruturar programa para que o estoque de conhecimento disponível na academia possa vir a ser de fato utilizado pelo setor médico brasileiro, através do surgimento de pequenas empresas inovadoras de base tecnológica.

Percentual de Participantes: (30)

Relevância Industrial: (3,6) (MR)	2012	2017	2022
	3,4	3,7	3,7

Assunto 06 - Título: Multicamadas magnéticas				
Manchete: O Brasil possui mão-de-obra para produzir industrialmente multicamadas magnéticas – uma técnica fundamental para a miniaturização de uma série de equipamentos à base dos fenômenos magnéticos e impulsionadora de estudos e aplicações da <i>spintrônica</i> -, mas carece de uma política de fortalecimento de grupos de pesquisa em magnetismo e de laboratórios de produção de nanoestruturas magnéticas.				
Força Motriz: O Brasil possui recursos humanos com competência para levar a cabo um projeto de construção de uma planta para a fabricação de multicamadas magnéticas. Este tipo de estrutura é fundamental para a miniaturização de uma série de equipamentos que se utilizam de fenômenos magnéticos. Nestes tipos de estrutura é possível observar os fenômenos de magneto-resistência gigante (Prêmio Nobel de Física de 2007), que permite detectar sinais oriundos de sistemas magnéticos ínfimos. A geração e o processamento de sinais utilizando esta técnica tem gerado aplicações cada vez mais impressionantes.				
Implicação Futura: Desenvolvimento da competência nacional na área de magnetismo, um dos pilares da física da matéria condensada. Como consequência, é possível que se nucleiem grupos para estudos e aplicações da <i>spintrônica</i> , área da ciência que o Brasil não pode se colocar como mero observador dos fatos.				
Recomendação: Implantação de uma política de fortalecimento de grupos de pesquisa em magnetismo no País, em adição à instalação de um laboratório nacional com facilidades de fabricação de nanoestruturas magnéticas, cujas atividades sejam voltadas para a indústria.				
Percentual de Participantes: (29)				
Relevância Industrial:	(3,7) (MR)	2012	2017	2022
		3,6	3,8	3,8

Assunto 07 - Título: Nanofios magnéticos				
Manchete: O país pode ser um <i>player</i> na tecnologia de armazenamento de dados em nanofios magnéticos (origem da memória universal em computadores), para o que, recomenda-se incrementar as competências existentes nas universidades brasileiras através do fomento de redes de cooperação.				
Força Motriz: O armazenamento convencional de informações na forma de discos rígidos não deverá sobreviver por muitos anos. Uma das alternativas divulgadas pela IBM é a gravação e processamento de dados utilizando padrões magnéticos (domínios) que se formam em nanofios. Estes domínios são facilmente manipuláveis utilizando corrente com polarização de spin. Densidades de gravação superiores a um Terabyte/pol ² serão facilmente obtidos por esta técnica, que substituirá as memórias de acesso aleatório de semicondutores.				
Implicação Futura: A implicação futura é a existência de uma memória universal que substituirá o disco rígido e a memória RAM com altas densidade e velocidade, incorporando a não-volatilidade das memórias magnéticas.				
Recomendação: Incrementar as competências existentes nas universidades brasileiras através do fomento de redes cooperativas entre os grupos de pesquisa existentes.				
Percentual de Participantes: (29)				
Relevância Industrial:	(3,7) (MR)	2012	2017	2022
		3,3	3,8	4,0

Assunto 08 - Título: Ferrofluidos				
--	--	--	--	--

Manchete: A tecnologia de ferrofluidos, que permite a criação de dispositivos mecânicos de baixas perdas com aplicações aeroespaciais e duais, poderá ter papel importante no Brasil, onde existem vários grupos desenvolvendo atividades acadêmicas e de engenharia, necessitando que se crie redes cooperativas e incubação de atividades empresariais.

Força Motriz: Fluidos magnéticos são líquidos que possuem uma alta resposta à aplicação de um campo magnético. São suspensões coloidais de nanopartículas magnéticas (principalmente óxidos magnéticos) com tamanhos da ordem de 10 nm. Estes materiais vêm sendo utilizados em aplicações aeroespaciais, como selantes, carreadores de drogas, alto-falantes de alta fidelidade, tribologia, centrífugas, etc. É uma indústria relativamente estabelecida nos países desenvolvidos, mas que poderá ter um papel importante no Brasil, onde existem vários grupos desenvolvendo atividades, não apenas acadêmicas, mas de aplicação tecnológica.

Implicação Futura: Criação de dispositivos mecânicos de baixas perdas e aplicações na indústria de aeronáutica e aeroespacial. É também uma tecnologia dual com aplicações civis e em defesa.

Recomendação: Criar redes cooperativas que incrementem as interações no meio acadêmico e incentivar a incubação de empresas por estudantes e pesquisadores na área.

Percentual de Participantes: (28)

Relevância Industrial: (R)	(3,2)	2012	2017	2022
		2,9	3,3	3,5

Assunto 09 - Título: Semicondutores nanoestruturados para células fotovoltaicas

Manchete: O Brasil deve investir imediata e maciçamente no domínio completo da tecnologia de fabricação e na produção nacionalizada de células fotovoltaicas de qualidade, através de uma política para escala de produção deste tipo de fonte energética na matriz energética do país, priorizando as regiões mais carentes.

Força Motriz: É consenso que o país anda próximo do limite de sua capacidade de produzir energia, freqüentemente tendo que recorrer a usinas termelétricas para suprir suas necessidades, em caso de baixa na produção das hidrelétricas. Tal fato gera dependência exterior e pode até causar desconfortos diplomáticos (caso recente: gás natural boliviano). Este problema pode ser enfrentado através de um programa governamental que estimule o uso maciço de células fotovoltaicas semicondutoras (baseadas em silício amorfo, silício cristalino ou filmes orgânicos finos), especialmente convenientes para uso no caso de sistemas isolados. Mesmo que estas estruturas não sejam consideradas “eficientes”, elas representam fonte de energia limpa, sem emissão de CO₂, o que é um apelo extremamente relevante e duradouro. Para esta tecnologia, há pouquíssimos competidores do Brasil nas regiões de maior insolação do mundo. É inaceitável que, num país como o nosso, com seus níveis de insolação característicos, tanta energia luminosa seja desperdiçada.

Implicação Futura: Desenvolvimento econômico e social de regiões carentes do País; Melhoria com qualidade (fonte limpa) do nível de conforto e de segurança da matriz energética brasileira, o que contribui para diminuir os riscos de investimentos no País, dentre outras inúmeras conseqüências.

Recomendação: Investir *imediate e maciçamente* no domínio completo da tecnologia de fabricação e na produção nacionalizada de células fotovoltaicas com um mínimo de qualidade, no contexto de uma política de introdução em escala deste tipo de fonte na matriz energética brasileira, que se inicie privilegiando as regiões mais carentes do País. Produzir patentes.

Percentual de Participantes: (28)

Relevância Industrial: (MR)	(4,0)	2012	2017	2022
		3,6	4,0	4,3

Assunto 10 - Título: <i>Silício poroso</i>			
Manchete: Deve-se investir na ciência e tecnologia do silício poroso, um material estratégico para fotônica e sensores, inclusive para células fotovoltaicas; e, sabendo-se que o país produz a maior parte do silício fotônico do mundo, faz necessário criar políticas que torne o silício poroso um material base para dispositivos que atendam diversas aplicações de fotônica e sensores.			
Força Motriz: O silício poroso tem se mostrado muito promissor em estudos para aplicação em guias de onda, filtros ópticos, detectores de UV, fotodetectores em geral e LED's, no caso da fotônica. Devido às suas características estruturais, também tem se mostrado interessante para aplicações como sensores de umidade, gases e vapores químicos e suporte mecânico para catalisadores. Além disto, os processos de manipulação do silício poroso podem ser compatibilizados com aqueles usados para lida com silício monocristalino, de uso corrente. Alto potencial para uso em células fotovoltaicas. O Brasil produz a maior parte do silício fotônico do mundo.			
Implicação Futura: A tecnologia do silício poroso está em seu início, e o domínio de tecnologias relacionadas propiciará vantagens tecnológicas que se refletirão em vários setores da indústria e da sociedade.			
Recomendação: Criar condições (política pública) para tornar o silício poroso um material base para dispositivos concretos nas diversas aplicações mencionadas (fotônica e sensores). Patentes.			
Percentual de Participantes: (28)			
Relevância Industrial: (R)	2012	2017	2022
	3,1	3,4	3,5

Assunto 11 - Título: <i>Pontos quânticos semicondutores em medicina e diagnóstico</i>			
Manchete: Porque alguns grupos de pesquisa no Brasil já dominam o processo de fabricação de nanoestruturas semicondutoras fotoestáveis em ambiente fisiológico, é possível desenvolver-se uma atividade industrial farmacêutica especializada através de apoios a tais competências.			
Força Motriz: Alguns grupos de pesquisa no Brasil já dominam o processo de fabricação de nanoestruturas semicondutoras fotoestáveis em um ambiente fisiológico. Estas partículas (pontos e bastões quânticos) podem ser funcionalizados para apresentar afinidade com determinados tipos de moléculas e/ou organelas, possibilitando o seu imagético óptico após excitação com a luz de um laser, ou exibir propriedades fluorescentes que permitam o desenvolvimento de kits de diagnóstico rápido. Estas estruturas também podem ser usadas nas terapias fotodinâmicas, como carreadores das moléculas foto-ativáveis. Como os semicondutores apresentam um grande momento de dipolo elétrico, sua excitação e fluorescência são muito eficientes, o que pode aumentar a eficiência da excitação das drogas para terapia fotodinâmica.			
Implicação Futura: Desenvolvimento de uma atividade industrial farmacêutica especializada.			
Recomendação: Apoiar os grupos de pesquisa que estudam a síntese, a funcionalização, a biocompatibilidade e as propriedades ópticas das estruturas, assim como fomentar a interação entre estes grupos em nível científico e entre estes grupos e a indústria, em nível aplicado.			
Percentual de Participantes: (28)			
Relevância Industrial: (MR)	2012	2017	2022
	3,2	3,6	3,7

Assunto 12 - Título: <i>Fibras ópticas microestruturadas</i>			
Manchete: Porque nas fibras óticas microestruturadas de núcleo sólido a geração de luz com espectro contínuo por mais do que uma oitava é altamente eficiente, seu domínio no país é de grande importância para a metrologia e o diagnóstico biomédico.			
Força Motriz: Tais estruturas propiciam o confinamento da luz em dimensões transversais muito pequenas (~1µm) por uma longa distância (centenas de metros), incrementando enormemente a intensidade da interação entre a radiação e a matéria. Nas fibras microestruturadas de núcleo oco, é possível inserir materiais líquidos e gasosos, possibilitando seu uso como dispositivos sensíveis a concentrações inacessíveis aos que atualmente são usados. Nas fibras de núcleo sólido, a geração de luz com espectro contínuo por mais do que uma oitava (supercontínuo), de extrema importância para a metrologia e o diagnóstico biomédico, é muito eficiente.			
Implicação Futura: O domínio das técnicas de fabricação com qualidade dos diversos tipos de fibras microestruturadas impulsionará muitas áreas tecnológicas, que certamente apresentarão vários desdobramentos e gerarão mais conhecimento como subproduto.			
Recomendação: Fomentar o domínio das técnicas de fabricação das fibras microestruturadas e estimular o desenvolvimento de tecnologias fotônicas (sensores e metrologia) baseadas na estrutura.			
Percentual de Participantes: (27)			
Relevância Industrial: (3,9) (MR)	2012 3,5	2017 4,0	2022 4,2

Assunto 13 - Título: <i>Cromóforos funcionais para terapias fotodinâmicas</i>			
Manchete: Deve-se nuclear um pólo brasileiro de desenvolvimento de drogas para terapias fotodinâmicas à base de cromóforos funcionais e, em seqüência, validar procedimentos de redução de efeitos colaterais no combate a vários tipos de câncer, promovendo, assim, a menor dependência externa de drogas foto-ativáveis funcionalizadas.			
Força Motriz: As terapias fotodinâmicas são uma forma eficiente de se combater vários tipos de câncer, de forma específica e com pouquíssimos efeitos colaterais. Em alguns casos, como doença no canto de olho, ela é a única terapia possível. Para tal forma de tratamento, é necessário usar drogas foto-ativáveis funcionalizadas. Atualmente, o Brasil importa a quase totalidade da droga dos EUA e da Rússia. Entretanto, os estudos sobre a terapia estão avançando com sucesso, o que a vem popularizando e a consolidando como tratamento para câncer. Assim, a tendência é que necessitemos cada vez de mais drogas, ficando cada vez mais dependentes do exterior para tratar os doentes.			
Implicação Futura: Além de tratar doentes com mais qualidade (não necessitarão de se submeter a tratamentos químicos e físicos extremamente agressivos), incrementar-se-á a indústria química/farmacêutica (nacional!), o que sempre traz bônus para vários ramos da atividade econômica do País.			
Recomendação: Fomentar a pesquisa de novas substâncias para terapias fotodinâmicas e, em seqüência, validar procedimentos terapêuticos. Nuclear um pólo industrial brasileiro de drogas para terapias fotodinâmicas, com vistas ao mercado internacional. Patentes.			
Percentual de Participantes: (28)			
Relevância Industrial: (3,3) (R)	2012 3,1	2017 3,4	2022 3,5

Abaixo, os tópicos tecnológicos, definidos como prioritários a partir dos resultados dos quadros anteriores, quanto à relevância industrial para desenvolvimento de materiais avançados para aplicações eletrônicas, magnéticas e fotônicas.

Assunto 09: *Semicondutores nanoestruturados para células fotovoltaicas*; Participantes: (28); RI: 4,0 (MR)

Assunto 12: *Fibras ópticas microestruturadas*; Participantes: (27); RI: 3,9 (MR)

Assunto 01: *Diodos Eletroluminescentes Orgânicos (OLEDs)*; Participantes: (30 respondentes); RI – Relevância Industrial: 3,8 (MR)

Assunto 07: *Nanofios magnéticos*; Participantes: (29); RI: 3,7 (MR)

Assunto 06: *Multicamadas magnéticas*; Participantes: (29); RI: 3,7 (MR)

Assunto 05: *Nanoestruturas magnéticas para aplicações biomédicas*; Participantes: (30); RI: 3,6 (MR)

Assunto 04: *Exploração de ferritas e fabricação de magnetos*; Participantes: (29); RI: 3,6 (MR)

Assunto 02: *Eletrônica Molecular*; Participantes: (28), RI: 3,6 (MR)

Assunto 11: *Pontos quânticos semicondutores em medicina e diagnóstico*; Participantes: (28); RI: 3,5 (MR)

Assunto 03: *Nanotubos de Carbono*; Participantes: (28), RI: 3,5 (MR)

Assunto 08: *Ferrofluidos*; Participantes: (28); RI: 3,2; (R)

Assunto 10: *Silício poroso*; Participantes: (28); RI: 3,3 (R)

Assunto 13: *Cromóforos funcionais para terapias fotodinâmicas*; Participantes: (28); RI: 3,3 (R)

(8.2) Estágio de desenvolvimento, no país e no mundo, dos tópicos tecnológicos prioritários de materiais para aplicações eletrônicas, magnéticas e fotônicas

Nesta seção serão apresentados os estágios de maturidade tecnológica de tópicos do Estudo relacionados aos materiais avançados para aplicações eletrônicas, magnéticas e fotônicas.

A escala de maturidade tecnológica utilizada percorre os cinco estágios da escala Oslo: 1) Pesquisa básica; 2) Pesquisa aplicada; 3) Desenvolvimento experimental; 4) Aplicação prática seletiva; (5) Utilização generalizada.

São 13 (treze) os tópicos tecnológicos no tema de eletrônica, magnética e fotônica e que foram submetidos a 379 *e-mails* de convidados para participar da consulta estruturada. Desses, 129 participaram de pelo menos um dos 7 temas. O tema de tribologia teve a participação de 24 especialistas consultados.

Nos quadros a seguir estão indicados, para cada tópico tecnológico, o título do assunto e o número de especialistas.. O grau de maturidade tecnológica é resultado da média ponderada pelo número de votantes no estágio da escala Oslo. O grau de afastamento ou distanciamento, em ciência e tecnologia, do país referente ao resto do mundo foi obtido (de forma indicativa) subtraindo-se o grau de desenvolvimento do país do grau do mundo, e dividindo-se o resultado pelo nota atribuída ao estágio em que se encontra o resto do mundo, na opinião dos consultados.

Assunto 01: Diodos Eletroluminescentes Orgânicos (OLEDs) - (24 respondentes)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,1	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,0
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 38% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 63% Aplicação Básica Seletiva (4)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (ABS): $(4,0 - 2,1 = 1,9) / 4,0 = 48\%$	

Assunto 02: Eletrônica Molecular - (24)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 1,7	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,3
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 50% Pesquisa básica (1)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 54% Desenvolvimento experimental (3)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (DE): 46%	

Assunto 03: Nanotubos de Carbono - (24)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 1,9	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,6
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 58% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 46% Aplicação Básica Seletiva (4)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (ABS): 47%	

Assunto 04: Exploração de ferritas e fabricação de magnetos - (23)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,7	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 4,0
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 39% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 44% Aplicação Básica Seletiva (4)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (ABS): 48%	

Assunto 05: Nanoestruturas magnéticas para aplicações biomédicas - (24)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 1,8	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,5
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 46% Pesquisa básica (1)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 46% Aplicação Básica Seletiva (4)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (ABS): 49%	

Assunto 06: Multicamadas magnéticas - (23)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,2	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,8
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 39% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 39% Desenvolvimento experimental (3)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (DE): 42%	

Assunto 07: Nanofios magnéticos - (23)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,0	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,4
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 39% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 39% Aplicação Básica Seletiva (4)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (ABS): 41%	

Assunto 08: Ferrofluidos (22)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 1,8	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,5
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 50% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 59% Desenvolvimento experimental (3)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (DE): 49%	

Assunto 09: Semicondutores nanoestruturados para células fotovoltaicas - (22)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,0	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,8
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 46% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 63% Aplicação Básica Seletiva (4)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (ABS): 47%	

Assunto 10: Silício poroso - (22)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 1,95	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,68
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 50% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 73% Aplicação Básica Seletiva (4)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (ABS): 47%	

Assunto 11: Pontos quânticos semicondutores em medicina e diagnóstico - (22)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 2,09	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,68
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 46% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 68% Aplicação Básica Seletiva (4)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (ABS): 43%	

Assunto 12: Fibras ópticas microestruturadas - (21)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 1,90	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,90
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 48% Pesquisa aplicada (2)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 52% Aplicação Básica Seletiva (4)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (ABS): 51%	

Assunto 13: Cromóforos funcionais para terapias fotodinâmicas - (22)	
Grau de desenvolvimento - país (1 a 5) 1,68	Grau de desenvolvimento - mundo (1 a 5) 3,41
Estágio (1 a 5) cf. opinião de 50% Pesquisa básica (1)	Estágio (1 a 5) cf. opinião de 41% Desenvolvimento experimental (3)
Afastamento da C&T do país ref. Mundo (DE): 51%	

Dos quadros acima, gerou-se a lista ordenada dos 13 tópicos em materiais para aplicações eletrônicas, magnéticas e fotônicas. A seqüência tem início do tópico de menor afastamento para o de maior afastamento da maturidade tecnológica no país relativa ao mundo.

O tópico *Nanofios magnéticos*, por exemplo, apresenta-se como o menos atrasado relativo ao resto do mundo, que está no estágio de Aplicação prática seletiva (com nota média de 3,4). O Brasil (com nota média de 2,0) encontra-se a 41 pontos percentuais atrás, e encontra-se no estágio de Pesquisa aplicada.

Assunto 07: *Nanofios magnéticos* - (23); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 41%

Assunto 06: *Multicamadas magnéticas* - (23); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (DE): 42%

Assunto 11: *Pontos quânticos semicondutores em medicina e diagnóstico* - (22); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 43%

Assunto 02: *Eletrônica molecular* - (24); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (DE): 46%

Assunto 03: *Nanotubos de carbono* - (24); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 47%

Assunto 09: *Semicondutores nanoestruturados para células fotovoltaicas* - (22); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 47%

Assunto 10: *Silício poroso* - (22); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (ABS): 47%

Assunto 04: *Exploração de ferritas e fabricação de magnetos* - (23); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 48%

Assunto 05: *Nanoestruturas magnéticas para aplicações biomédicas* - (24); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 49%

Assunto 08: *Ferrofluidos* (22); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (DE): 49%

Assunto 12: *Fibras ópticas microestruturadas* - (21); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (APS): 51%

Assunto 13: *Cromóforos funcionais para terapias fotodinâmicas* - (22); Afastamento da C&T do país ref. Mundo (DE): 51%

(8.3) Dimensões setoriais da C&T de materiais e correlações com os materiais avançados para aplicações eletrônicas, magnéticas e fotônicas

São identificadas a seguir as dimensões setoriais importantes à ciência e tecnologia de mais forte correlação com o desenvolvimento de atividades de P&D materiais avançados para aplicações eletrônicas, magnéticas e fotônicas. O resultado está contido no quadro abaixo, que tem as linhas (dimensões setoriais) ordenadas decrescentemente.

O conjunto das linhas sombreadas em amarelo indica as dimensões de maior impacto para o desenvolvimento dos tópicos tecnológicos em eletrônica, magnética e fotônica. Pode-se observar que *infra-estrutura-física (laboratórios e equipamentos)*, *recursos humanos*, *financiamento* se destacam no conjunto das dimensões importantes.

Percentuais (%) de Impacto e/ou Correlação dos Tópicos Tecnológicos nas Dimensões Setoriais	Tópicos Tecnológicos													TOTALS
	01 - Diodos Eletroluminescentes Orgânicos (OLEDs)	02 - Eletrônica Molecular	03 - Nanotubos de Carbono	04 - Exploração de ferritas e fabricação de magnetos	05 - Nanoestruturas magnéticas para aplicações biomédicas	06 - Multicamadas magnéticas	07 - Nanofios magnéticos	08 - Ferrofluidos	09 - Semicondutores nanoestruturados para células fotovoltaicas	10 - Silício poroso	11 - Pontos quânticos semicondutores em medicina e diagnósticos	12 - Fibras ópticas microestruturadas	13 - Cromóforos funcionais para terapias fotodinâmicas	
Infra-estrutura física (laboratórios, equipamentos entre outros)	13	17	15	11	14	18	18	16	15	14	15	14	17	197
Tecnologias de materiais	15	16	18	14	15	16	16	17	14	16	13	15	12	197
Recursos humanos	13	19	17	12	16	15	15	16	11	15	15	15	17	196
Financiamento	10	13	14	11	14	15	16	17	14	13	15	14	12	178
Tecnologias em geral	6	10	7	5	9	9	10	9	8	5	9	10	10	107
Demanda de mercado	13	7	10	9	19	6	4	6	8	7	6	6	5	106
Retorno ou lucratividade do investimento em P&D	8	5	7	6	6	6	10	6	4	3	10	6	4	81
Dinâmica de competitividade da cadeia produtiva	7	3	4	10	5	5	5	4	2	4	8	6	2	65
Suprimento de matéria-prima	4	2	3	6	3	3	1	4	3	8	1	4	6	48
Política-Legal-Regulatória	3	2	3	5	3	2	3	1	5	3	3	2	5	40
Ambiente econômico	2	3	1	8	3	3	2	3	4	2	1	1	1	34
Tendências de consumo/vendas	6	2	2	0	2	2	0	1	2	3	1	1	1	23
Social-Cultural-Demográfica	0	0	0	0	1	0	0	0	5	2	3	3	6	20
Meio Ambiente	1	2	0	2	0	0	0	1	5	1	0	3	0	15
Outros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

ANEXO I Lista de convidados e participantes da consulta estruturada

Abaixo a lista de convidados a participar da consulta estruturada deste Estudo. A consulta esteve disponível aos listados no período de 05/05/2008 a 30/05/2008. O número de convidados foi de 379, e o daqueles que responderam, 122, o que equivale a 32,19%. Segundo a literatura, acima de 30% a pesquisa é considerada eficaz.

1. Adão Benvindo da Luz, adaobluz@cetem.gov.br, CETEM, Recursos naturais, pt
2. Adilson Luiz Chinelatto, adilson@uepg.br, Tecnologias sensíveis
3. Adley Forti Rubira, afrubira@uem.br, UEM
4. Adrian Fernández, afernand@ine.gob.mx, Instituto Nacional de Ecologia, Energia
5. Adriano Moehlecke, moehleck@puccrs.br, Núcleo Tecnológico de Energia Solar
6. Aelcio Zangrandi, aelcio@feg.unesp.br, UNES, Tribologia
7. Ailton de Souza Gomes, asgomes@ima.ufrj.br, UFRJ, Energia
8. Alain Jean Isoré, alain.isore@villaresmetals.com.br, Villares Metals
9. Alcides Lopes Leão, alcidesleao@fca.unesp.br, UNESP, Energia
10. Aldalea Lopes Brandes Marques, aldalea@quimica.ufma.br, Recursos naturais
11. Alexandre Malta Rossi, rossi@cbpf.br, Saúde
12. Alfredo Miranda de Góes, goes@icb.ufmg.br, Saúde
13. Alfredo Tiburcio Nunes Pires, alfredotiburcio@pesquisador.cnpq.br, CNPq, Polímeros
14. Aloísio Nelmo Klein, klein@emc.ufsc.br, UFSC, Tribologia
15. Amauri Garcia, amaurig@fem.unicamp.br, UNICAMP, Metais/metalurgia
16. Amélia Severino Ferreira E Santos, ameliafs@ipt.br, Meio ambiente
17. Amilton Sinatora, amilton.sinatora@villares.com.br, USP, Tribologia
18. Ana Helena de Almeida Bressiani, abressia@ipen.br, IPEN, Saúde
19. Ana Paula Bax, fundamentalassociacao@gmail.com, Meio ambiente
20. Ana Paula Fonseca Albers, ap.albers@uol.com.br, Tecnologias sensíveis
21. André Paulo Tschiptschin, antschip@usp.br, USP
22. Andrea Moura Bernardes, amb@ufrgs.br, UFRGS, Eletrônica, Magnética e Fotônica
23. Anelise Leal Vieira Cubas, cubas@qmc.ufsc.br, Meio ambiente
24. Ângela de Mello Ferreira Guimarães, angelamello@des.cefetmg.br, Meio ambiente
25. Ângelo Caporalli Filho, caporalli@feg.unesp.br, Tribologia
26. Ângelo Fernando Padilha, padilha@usp.br, USP, Metais/metalurgia
27. Ângelo Luiz Gobbi, gobbi@Inls.br, Bernardi, GENIUS
28. Anna Cristina Barbosa Dias de Carvalho, annacbdc@bol.com.br, Saúde
29. Antonio Azevedo da Costa, aac@df.ufpe.br, Eletrônica, Magnética e Fotônica
30. Antonio Carlos de Freitas Esteleta, epvinagre1@mmm.com, 3M do Brasil
31. Antônio Carlos Figueira Galvão, agalvao@cgee.org.br, CGEE
32. Antonio Carlos Guastaldi, guastald@iq.unesp.br, UNESP, Saúde

33. Antonio Carlos Vieira Coelho, acvcoelh@usp.br, Meio ambiente
34. Antonio Celso Spinola Costa, pgquim@ufba.br, Recursos naturais
35. Antônio Claret Soares Sabioni, sabioni@iceb.ufop.br, UFOP
36. Antonio de Santana Santos, assantos@uesc.br, Tecnologias sensíveis
37. Antonio Eduardo Clark Peres, aecperes@demet.ufmg.br, UFMG, Minas/minérios
38. Antonio Eduardo Martinelli, aemart@uol.com.br, USP, Metais/metalurgia
39. Antonio Ferreira da Silva, ferreira@fis.ufba.br, UFBA, Recursos naturais
40. Antonio Figueiredo, afigueiredo@if.usp.br, USP, Cristais líquidos
41. Antônio Jorge Abdalla, abdalla@ieav.cta.br, Tecnologias sensíveis
42. Antonio José do Nascimento Dias, ajndias@int.gov.br, Saúde
43. Antonio Melki Jr., melki@inb.gov.br, Indústrias Nucleares do Brasil, Energia
44. Antonio Sergio Cavalcante Esperidião, esperidi@ufba.br, UFBA, Recursos naturais
45. Arnaldo Freitas Camarão, arnaldo.camarao@uol.com.br, Energia
46. Benjamim de Melo Carvalho, benjamim@uepg.br, Tecnologias sensíveis
47. Bruno Topel - Heliodinâmica AS, heliodin@terra.com.br, Energia
48. Caio Mário Castro de Castilho, caio@ufba.br, Recursos naturais
49. Carla Valéria Martins Rodrigues, carlavaleria.rodrigues@gmail.com, Saúde médico- odontológica
50. Carlos Afonso Nobre, nobre@cptec.inpe.br, INPE
51. Carlos Alberto Alves Cairo, ccairo@iae.cta.br, Meio ambiente
52. Carlos Alexandre dos Santos, carlos.santos@pucrs.br, PUCRS Energia
53. Carlos Augusto Caldas de Moraes, cmoraes@cgee.org.br, CGEE, Brasil /pt DF
54. Carlos Augusto Silva de Oliveira, carlosa@emc.ufsc.br, Eletrônica, magnetismo e fotônica
55. Carlos Calmanovici, carlos.calmanovici@braskem.com.br, Braskem
56. Carlos de Moura Neto, mneto@ita.br, ITA, Tecnologias sensíveis
57. Carlos Eduardo Dantas de Matos, carlos.eduardo@oxiteno.com.br, Oxiteno
58. Carlos Eduardo Morelli Tucci, tucci@iph.ufrgs.br, UFRGS
59. Carlos Frederico de Oliveira Graeff, graeff@fc.unesp.br, UNESP, Saúde médico- odontológica
60. Carlos Hoffmann Sampaio, sampaio@ufrgs.br, UFRGS, Minas/ minérios
61. Carlos José Fernandes Granado, cgranado@uepg.br, Tecnologias sensíveis
62. Carlos Kenichi Suzuki, suzuki@fem.unicamp.br, UNICAMP, Recursos naturais
63. Carlos Kiyam, kiyam@feg.unesp.br, Tribologia
64. Carlos Mammana, carlos.mammana@cenpra.gov.br, Cenpra
65. Carlos Mario Garcia, garcia@lactec.org.br, Energia
66. Carlos Mauricio Lepiensi, lepiensm@fisica.ufpr.br, UFPR, Tribologia
67. Carlos Pérez Bergmann, bergmann@ufrgs.br, USP, Cerâmica
68. Carlos R. R. Mattos, carlos.mattos@br.michelin.com, Plantações Michelin da
69. Bahia
70. Carmen Luísa Barbosa Guedes, carmen@uel.br, Recursos naturais
71. Cauê Ribeiro de Oliveira, caue@cnpdia.embrapa.br, EMBRAPA, Tecnologias sensíveis

72. Célia Aparecida Lino dos Santos, clsantos@ipt.br, IPT, Tribologia
73. Célio Xavier, cexavier@usp.br, Meio ambiente
74. Celso Antonio Barbosa, celso.barbosa@villaresmetals.com.br, Villares Metals
75. Celso Carlino Maria Fornari Junior, celso@uesc.br, Tecnologias sensíveis
76. Celso Pinto de Melo, UFPE, Eletrônica, Magnetismo e Brasil /celso@df.ufpe.br
77. Fotônica DF
78. Celso Pinto de Melo, UFPE, celso@df.ufpe.br Eletrônica, magnetismo e fotônica
79. César Augusto Sales Barbosa, casales@iqm.unicamp.br, Recursos naturais
80. César Leporini, cesar.leporini@degussa.com, Evonik Degussa, Meio ambiente
81. Cherlio Scandian, cherlios@npd.ufes.br, Tribologia
82. Christiana Andrade Pessoa, capessoa@uepg.br Tecnologias sensíveis
83. Cícero Wellington Brito Bezerra, cicero@ufma.br, Recursos naturais
84. Claudemiro Bolfarini, cbolfa@ufscar.br, UFSCar Tribologia
85. Claudio Shyinti Kiminami, kiminami@power.ufscar.br, Energia
86. Cosme Roberto Moreira da Silva, cosmeroberto@gmail.com Meio ambiente
87. Cristiano Krug, ckrug@if.ufrgs.br, UFRGS Eletrônica, magnetismo e fotônica
88. Cristina Guedes Facina, square@dglnet.com.br
89. Cristina Tristão de Andrade, ctandrade@ima.ufrj.br, Saúde médico-odontológica
90. Dagoberto Brandão Santos, dsantos@demet.ufmg.br, UFMG Minas/ minérios
91. Daniel Soares de Almeida, dsalmeida@iae.cta.br, Meio ambiente
92. Danieli Aparecida Pereira Reis, danielireis@hotmail.com Meio ambiente
93. Danilo Maciel Barquete, danilo@uesc.br Tecnologias sensíveis
94. Delson Torikai, delson.torikai@poli.usp.br Recursos naturais
95. Demetrio Werner Soares, werner@unifei.edu.br, UNIFEI
96. Derval dos Santos Rosa, derval.rosa@saofrancisco.edu.br, Energia
97. Deyse Elisabeth Ortiz Suman Carpenter, carpenter@furb.br, Eletrônica, magnetismo e fotônica
98. Dílson Cardoso dilson@power.ufscar.br, UFSCAR, Energia
99. Dílson Silva dos Santos, dilson@metalmat.ufrj.br, Energia
100. Dimitrios Samios, dsamios@iq.ufrgs.br, UFRGS, Polímeros
101. Edgar Dutra Zanotto, dedz@power.ufscar.br, UFSCar, Cerâmica
102. Edison Bittencourt, e_bittencourt@uol.com.br, Associação Brasileira da
103. Indústria Têxtil – ABIT, Recursos naturais
104. Edmilton Gusken, gusken@fem.unicamp.br, UNICAMP, Recursos naturais
105. Eduardo de Albuquerque Brocchi, ebrocchi@dcm.puc-rio.br, PUC - Rio Recursos naturais
106. Eduardo di Mauro, dimauro@uel.br, Recursos naturais
107. Eduardo Emrich Soares, eduardo@biominas.org.br, Fundação Biominas
108. Eduardo Miranda Ethur, eduardome@univates.br Meio ambiente
109. Eduardo Tomanick, eduardo.tomanik@br.mahle.com, Mahle Metal Leve

110. Eduardo Torres Serra, etserra@cepel.br, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica Energia
111. Eguiberto Galego, egalego@ipen.br, IPEN Eletrônica, magnetismo e fotônica
112. Elcio Schuhmacher, elcio@furb.br, Eletrônica, magnetismo e fotônica
113. Elita Urano Carvalho, elitaucf@ipen.br Energia
114. Elizete Regina Nicolini, nicolini72@yahoo.com.br Inovação & Tecnologia
115. Elson Longo da Silva, dels@power.ufscar.br, UFSCar
116. Elyas Medeiros, elyasmedeiros@cgee.org.br, CGEE
117. Emilia Satoshi Miyomam, esmiyseo@ipen.br, IPEN, Energia
118. Emilson Gonçalves Paulo, emilson@ipqm.mar.mil.br, Oficial da Marinha
119. Ennio Peres da Silva, lh2ennio@ifi.unicamp.br, UNICAMP, Energia
120. Érico Teixeira Neto, erico.teixeira@oxiteno.com.br,
121. Ernesto Costa de Paula, ecosta@cgee.org.br, CGEE
122. Ernesto Rafael Gonzalez, ernesto@iqsc.usp.br, USP Energia
123. Ester Schmidt Rieder, esterrieder@terra.com.br, Eletrônica, magnetismo e fotônica
124. Estevam Vitorio Spinace, espinace@ipen.br, Energia
125. Evaldo Jose Corat, corat@las.inpe.br, Tribologia
126. Everaldo Nassar Moreira, enassar@unifor.br, Saúde médico- odontológica
127. Fabio Coral Fonseca, cfonseca@ipen.br, Energia
128. Fábio do Carmo Bragança, braganca@iqm.unicamp.br, Recursos naturais
129. Fathi Aref Ibrahim Darwish, fadarwish@poscivil.uff.br, Energia
130. Fernando Antônio Freitas Lins, fernando.lins@mme.gov.br, Ministério de Minas e Energia
131. Energia
132. Fernando Antonio Madeira, fernando.madeira@cetec.br, Energia
133. Fernando Cosme Rizzo Assunção, rizzo@cgee.org.br, CGEE
134. Fernando Costa E Silva Filho, Saúde médico, fcsf@biof.ufrj.br Odontológica
135. Fernando de Brito Mota, fbmota@fis.ufba.br, Recursos naturais
136. Fernando dos Santos Ortega, fortega@univap.br, Tecnologias sensíveis
137. Fernando Gabriel da Silva Araújo, fgabriel@iceb.ufop.br, UFOP pt
138. Fernando Galembeck, fernagal@iqm.unicamp.br, UNICAMP, Recursos Naturais
139. Fernando Jose Gomes Landgraf, f.landgraf@usp.br, USP, Metais/metalurgia
140. Fernando Luis Bastian, fbastian@metalmat.ufrj.br Saúde médico- odontológica
141. Fernando Sanches Albavera, fernando.sanchez-albavera@cepal.org, Cepal Energia
142. Fernando Soares Lameiras, fsl@cdtn.br, CDTN
143. Flavio Giovanetti Albuquerque, falbuquerque@cgee.org.br, CGEE
144. Flávio Vasconcelos de Souza, fvasconcelos@golder.com.br, Golder Associates Brasil Ltda Meio ambiente
145. Francisco Cristóvão Lourenço de Melo, frapi@iae.cta.br Tecnologias sensíveis
146. Francisco José Correia Braga, fjcbraqa@ipen.br, IPEN Energia
147. Francisco Piorino Neto, fpiorino@iae.cta.br, Meio ambiente
148. Francisco Rolando Valenzuela Diaz, frrvdiaz@usp.br, Meio ambiente

149. Franco Dani Rico Amado, fdramado@uesc.br, Tecnologias sensíveis
150. Gerhard Ett, gerhard@eletrocell.com.br, Electrocell Energia
151. Germano Tremiliosi Filho, germano@iqsc.usp.br, USP Energia
152. Gilberto Goissis, ggoissis@terra.com.br, Braile Biomédica Ltda, Saúde médico-odontológica
153. Gilberto M. Jannuzzi, jannuzzi@fem.unicamp.br, Nipe/Unicamp Energia
154. Gilson Krause, gilson.krause@promon.com.br, Promon Energia
155. Glória Dulce de Almeida Soares, gloria@metalmat.ufrj.br, PEMM – UFRJ, Saúde Médico- odontológica
156. Graciela Ines Bolzon de Muniz, gbmunize@ufpr.br, Energia
157. Guilherme da Silva Sineiro, gsineiro@ipqm.mar.mil.br
158. Guilherme Marco de Lima, guilherme_m_lima@embraco.com.br, Embraco Tribologia
159. Gustavo Augusto Pinto, gustavo.pinto@evonik.com, Evonik Degussa
160. Hamilton Ferreira Gomes de Abreu, hamilton@ufc.br, Eletrônica, magnetismo e fotônica
161. Heber Carlos Ferreira, heber.ferreira@pq.cnpq.br, UFCG Argilas
162. Hélio Cordeiro de Miranda, helio.miranda@cnpq.br, Eletrônica, magnetismo e fotônica
163. Helio Goldenstein, hgoldens@usp.br, USP Metais/metalurgia
164. Helio Wiebeck, hwiebeck@usp.br, USP Meio ambiente
165. Heloisa Cajon Schumacher, helosch@iqm.unicamp.br, UNICAMP Recursos naturais
166. Heloísa Martins Carvalho Andrade, handrade@ufba.br Recursos naturais
167. Henara Lillian Costa, ltm-henara@ufu.br, Tribologia
168. Herman Sander Mansur, hmansur@uol.com.br,
169. Hidetoshi Takaishi, takiishi@ipen.br, IPEN, Eletrônica, magnetismo e fotônica
170. Himilcon de Castro Carvalho, himilcon@aeb.gov.br, AEB Meio ambiente
171. Holmer Savastano Junior, holmersj@usp.br, USP Energia
172. Hugo Altomonte, hugo.altomonte@cepal.org, Cepal Energia pt
173. Hugo Borelli Resende, hresende@embraer.com.br, Embraer
174. Humberto Gracher Riella, riella@eng.ufsc.br, Energia,
175. Ignacy Sachs, ignacy.sachs@ehess.fr, USP Energia
176. Ilza Lobo, lobo@uel.br, Recursos naturais
177. Isaías Macedo, isaiasmacedo22@terra.com.br, Unicamp Energia
178. Ítalo Odone Mazali, mazali@iqm.unicamp.br, UNICAMP
179. Ivan Napoleão Bastos, inbastos@iprj.uerj.br, Saúde médico-pt odontológica
180. Ivani de Souza Bott, bott@puc-rio.br, Eletrônica, magnetismo e fotônica
181. Jacobus Swart, jacobus@fee.unicamp.br, CENPRA
182. Jailson Bittencourt de Andrade, jailsong@ufba.br Recursos naturais
183. Jan Vatauvuk, janvatauvuk@uol.com.br, Tribologia
184. Jane Zoppas Ferreira, jane.zoppas@ufrgs.br Eletrônica, magnetismo e fotônica
185. Jarbas Caiado Castro Neto, jarbas@opto.com.br, Opto Eletrônica
186. Jayme Vasquez Cortez, apabor@apabor.org.br ou APABOR
187. João de Brito, joao.brito@bunge.com, Bunge Fertilizantes S.A.

188. João Roberto Moro, joaomoro@terra.com.br Tribologia
189. Jorge Otubo, jotubo@ita.br, ITA Tecnologias sensíveis
190. Jorge Rubio, jrubio@ufrgs.br, UFRGS Minas/ minérios
191. Jorgen Leeuwestein, jorgenml@yawl.com.br, Energia
192. José Antonio Colaço Gomes Covas, jcovas@dep.uminho.pt, Eletrônica, magnetismo e fotônica
193. José Arana Varela, varela@iq.unesp.br, UNESP Cerâmica
194. José Augusto Marcondes Agnelli, agnelli@power.ufscar.br, UFSCAR Meio ambiente
- 195.
196. José Carlos Bressiani, jbressia@ipen.br, IPEN Energia Brasil / pt
197. José Carlos Bressiani, jbressia@ipen.br, IPEN Energia
198. José Carlos da Rocha, josecarl@int.gov.br Saúde médico- odontológica
199. José Daniel Biasoli de Mello, ltm-demello@ufu.br Tribologia
200. Jose Daniel Biasoli de Melo, ltm-demello@ufu.br UFU Tribologia
201. Brasil / pt MG
202. José Ellis Ripper, ripper@asga.com.br, AsGa
203. Jose Farias de Oliveira, oliveira@metalmat.ufrj.br, Meio ambiente
204. José Galizia Tundisi, jgt.iie@iie.com.br, Instituto Internacional de Ecologia
205. José Goldemberg, goldemb@iee.usp.br, USP Energia
206. José Guilherme Maia, gmaia@ufpa.br, UFPA
207. Jose Marcos Sasaki, sasaki@fisica.ufc.br, Eletrônica, magnetismo e fotônica
208. José Maria Corrêa Bueno, jmcb@power.ufscar.br, UFSCAR Energia
209. Jose Mauro Granjeiro, jmgranjeiro@vm.uff.br, Saúde médico- odontológica
210. José Octávio Armani Paschoal, apaschoal@ccb.org.br, IPEN Recursos naturais
211. José Roberto Berretta, berretta@ipen.br, IPEN, Aplicações eletrônicas, magnéticas e fotônicas
212. José Vitor Candido de Souza, vitor@las.inpe.br, Meio ambiente
213. Joseluis Samaniego, joseluis.Samaniego@cepal.org, Cepal Energia
214. Judith Pessoa de Andrade Feitosa, (Látex), judith@dgoi.ufc.br,
215. Kátia Regina Cardoso, katiarc@univap.br, Tecnologias sensíveis
216. Kleber Alcanfor, kalcanfor@cgee.org.br, CGEE,
217. Kleber Franke Portella, portella@lactec.org.br, Energia
218. Kwadwo Osseo-Asare, asare@matse.psu.edu, Tribologia
219. Lalgudi Ramanathan, lalgudi@ipen.br, IPEN Energia
220. Lauralice de Campos Franceschini Canale, lfcanele@sc.usp.br, USP Tribologia
221. Lauro Tatsuo Kubota, kubota@iqm.unicamp.br,
222. Lélío Fellows Filho, lelio@cgee.org.br, CGEE
223. Leonam dos Santos Guimarães, leonam@eletronuclear.gov.br, Eletronuclear
224. Tecnologias sensíveis
225. Leonardo Magalhães Nunes da Silva, leonardo.magalhaes@defesa.gov.br, Ministério da defesa Meio ambiente
226. Leonardo Menezes lmenezes@df.ufpe.br, Eletrônica, magnetismo e fotônica
227. Lucia Carvalho Pinto de Melo, lmelo@cgee.org.br, CGEE,

228. Lúcia Vieira Santos, santoslv@las.inpe.br, INPE Tribologia
229. Luciana Almeida da Silva, las@ufba.br, UFBA Recursos naturais
230. Luis Alberto Avaca, avaca@iqsc.usp.br, USP Energia
231. Luis Antônio Genova, lgenova@ipen.br, IPEN Saúde
232. Luis Antonio Pinheiro, lapinheiro@uepg.br, Tecnologias sensíveis
233. Luís Felipe Guimarães de Souza, lfelipe@cefet-rj.br, Eletrônica, magnetismo e fotônica
234. Luis Filipe Carvalho Pedroso de Lima, lfilipe@ipen.br, Eletrônica, magnetismo e fotônica
235. Luis Marcelo Tavares, tavares@metalmat.ufrj.br, Recursos naturais
236. Luis Rogério de Oliveira Hein, rhein@feg.unesp.br, Tribologia
237. Luiz Antonio Pessan, pessan@ufscar.br, Eletrônica, magnetismo e fotônica
238. Luiz Augusto B. Cortez, cortez@reitoria.unicamp.br, Unicamp Energia
239. Luiz Augusto Horta Nogueira, horta@unifei.edu.br, Unifei Energia
240. Luiz Carlos Casteletti, castelet@sc.usp.br, Tribologia
241. Luiz Carlos Pereira, lula@metalmat.ufrj.br, Saúde médico- odontológica
242. Luiz Eduardo Lopes, luizel@ipt.br, IPT Tecnologias sensíveis
243. Luiz Henrique Capparelli Mattoso, mattoso@cnpdia.embrapa.br, EMBRAPA Polímeros
244. Luiz Henrique de Almeida, lha@metalmat.ufrj.br, Energia
245. Luiz Paulo Mendonça Brandão, brandao@me.eb.br, IME
246. Luiz Sérgio Marcelino Gomes, Saúde médico, ce-secrot@com4.com.br odontológica
247. Lusinete Pereira Barbosa, luzinete@net.ipen.br, IPEN Eletrônica, magnetismo e fotônica
248. Magali Silveira Pinho, magalipinho@yahoo.com.br, Energia
249. Manlio Coviello, manlio.coviello@cepal.org, Cepal Energia
250. Manoel Fernandes Martins Nogueira, mfmn@ufpa.br, UFPa, Energia
251. Manoel Regis L. V. Leal, regislv@energiabr.org.br, Cenea Energia
252. Mara Lise Zanini, mlzanini@pucrs.br, PUC-RS Saúde médico- odontológica
253. Mara Regina Rizzatti, marar@pucrs.br, PUC-RS Saúde
254. Marcelo Aparecido Chinelatto, mchinelatto@ccdm.ufscar.br, Eletrônica, magnetismo e fotônica
255. Marcelo Camargo Severo de Macedo, mcamargo@npd.ufes.br, Tribologia
256. Marcelo Ferreira da Silva, marcelosilva@unir.br, Eletrônica, magnetismo e fotônica
257. Marcelo Ganzarolli de Oliveira, mgo@iqm.unicamp.br, Saúde médico- odontológica
258. Marcelo Knobel, knobel@ifi.unicamp.br, UNICAMP Tribologia
259. Marcelo Linardi, mlinardi@ipen.br, Energia
260. Márcia Maria Rippel, gau@iqm.unicamp.br, Recursos naturais
261. Márcio de Miranda Santos, mmiranda@cgee.org.br, CGEE
262. Marco Cremona, cremona@fis.puc-rio.br, PUC-Rio e INMETRO Eletrônica, magnetismo e fotônica
263. Marcos Dias da Silva, marcos@las.inpe.br, Meio ambiente

264. Marcos Farina de Souza, mfarina@anato.ufrj.br, UFRJ Saúde médico- odontológica
265. Marcos José Marques, mjmarques@inee.org.br, Inee Energia
266. Marcos Vinicius Soares Pereira, marcospe@dcmm.puc-rio.br, PUC Energia
267. Marcus Luiz Pontarolli, pflow@uol.com.br, Plastflow Ltda, Tecnologias sensíveis
268. Marcus Vinicius Pereira Remédio, pmpr@iris.ufscar.br, Meio ambiente
269. Maria Aparecida Pinheiro dos Santos, cidarta.cidarta@gmail.com, IPQM Tecnologias sensíveis
270. Maria do Carmo de Andrade Nono, maria@las.inpe.br, Tribologia
271. Maria do Carmo Gonçalves, maria@iqm.unicamp.br, UNICAMP
272. Maria Elvira do Rego Barros Bello, merbbello@uesc.br, Tecnologias sensíveis
273. Maria Fidela de Lima Navarro, mflnavar@usp.br, Saúde médico- odontológica
274. Maria Helena Robert, helena@fem.unicamp.br, Unicamp
275. Maria Luisa Gregori, mloug2003@yahoo.com.br, Energia
276. Maria Regina Calil, maria.calil@saofrancisco.edu.br,
277. Maria Virginia Gelfuso, virginia@unifor.br, Saúde médico- odontológica
278. Maria Zanin, dmza@power.ufscar.br, Meio ambiente
279. Marize Varella de Oliveira, marizeva@int.gov.br, Saúde médico- odontológica
280. Martha Fogliato Santos Lima Richter, mfsf@ulbra.br, Eletrônica, magnetismo e fotônica
281. Masahiro Tomiyama hiro@joinville.udesc.br Recursos naturais
282. Mauricio Leonardo Torem torem@dcmm.puc-rio.br, PUC-RIO Minas/ minérios
283. Maurício Pazini Brandão, pazini@ita.br, ITA Tecnologias Sensíveis
284. Maurício Ribeiro Baldan, baldan@las.inpe.br, Tribologia
285. Miguel Ângelo de Carvalho, mac@villares.com.br, Villares
286. Miguel Jafelicci Junior, jafeli@iq.unesp.br, UNESP
287. Mirabel Cerqueira Rezende, mirabel@iae.cta.br, Tecnologias sensíveis
288. Miriam Ines Marchi, mimarchi@univates.br, Meio ambiente
289. Mônica Maria de Abreu Mendonça, Schvartzman, monicas@cdtn.br, CDTN
290. Nara Regina de Souza Basso, nrbass@puhrs.br, PUC RJ Saúde médico- odontológica
291. Neide Aparecida Mariano, neide.mariano@saofrancisco.edu.br, Saúde médico-odontológica
292. Neide Kazue Kuromoto, kuromoto@fisica.ufpr.br, Saúde médico- odontológica
293. Neidenêi Gomes Ferreira, neidenei@las.inpe.br, Tribologia
294. Nelcy della Santana Mohallem, nelcy@ufmg.br,
295. Nelia Ferreira Leite, nelia@las.inpe.br, INPE, Tribologia
296. Neurivaldo José de Guzzi Filho, neurivaldo@uesc.br, Tecnologias sensíveis
297. Newton Pimenta Neves Jr., nevesjr@ifi.unicamp.br, UNICAMP Energia
298. Olivério Moreira de Macedo Silva, silvaoliva@bol.com.br Meio ambiente
299. Osmar A. A. Cunha, ocunha@rohmmaas.com, Rohm & Haas

300. Osvaldo Bezerra Carioca, carioca@ufc.br UFCE Meio ambiente
301. Osvaldo Mitsuyuki Cintho, omcintho@uepg.br, Tecnologias sensíveis
302. Oswaldo Luiz Alves, ovalves@iqm.unicamp.br,
303. Otaciro Rangel Nascimento, ciro@if.sc.usp.br, Recursos naturais
304. Ovídio Richard Crnkovic, mregina@sc.usp.br, USP Tribologia
305. Paola Egert Ortiz, ortiz@unisul.br, Meio ambiente
306. Paulo César de Moraes, pcmor@unb.br, UNB, Saúde médico- odontológica
307. Paulo Emilio Valadão Miranda, pmiranda@metalmat.ufrj.br, UFRJ Energia
308. Paulo M. Kuniyoshi, paulo.kuniyoshi@oxiteno.com.br, Oxiteno S/A
309. Paulo Mordente, paulo.mordente@br.mahle.com, Tribologia pt
310. Paulo Neilson Marques dos Anjos, pauloneilson@uesc.br, Tecnologias sensíveis
311. Paulo Osório Ribeiro Caldeira Brant, pobrant@magnesita.com.br, Magnesita S/A
312. Paulo Rangel Rios, prrios@metal.eeimvr.uff.br, Eletrônica, magnetismo e fotônica
313. Paulo Sergio de Saire Balsamo, pbalsamo@acesita.com.br,
314. Arcelor Mittal Acesita, Inox Brasil
315. Pedro Augusto de Souza Lopes Cosentino, pacosen@gmail.com, Oficial do Exército, CTEEx Tecnologias sensíveis
316. Pedro José de Castro, castro@plasma.inpe.br, INPE Meio ambiente
317. Pérsio de Souza Santos, persio.santos@poli.usp.br, USP Meio ambiente
318. Pinhas Cohen, pinhas@dfi.com.br, DFL Indústria e Comércio Ltda,
319. Radovan Borojevic, radovan@histo.ufrj.br, UFRJ, Saúde médico- odontológica
320. Rafael Arromba de Sousa, rsousa@iqm.unicamp.br Recursos naturais
321. Raul Almeida Nunes, nunes@dcmm.puc-rio.br, Recursos naturais
322. Regina Celi Pereira dos Santos, regceli@terra.com.br, IPqM Tecnologias sensíveis pt
323. Regina Célia Reis Nunes, rcnunes@ima.ufrj.br, UFRJ
324. Reginaldo Muccillo, muccillo@usp.br, IPEN, Energia
325. Renato Ribeiro Ciminelli, renato.ciminelli@tecnologia.mg.gov.br, Tribologia
326. Ricardo Aurélio da Costa, racosta@itatex.com.br, ITATEX Recursos naturais
327. Ricardo Mendes Leal Neto, lealneto@ipen.br, Energia
328. Roberto Binder, Saúde médico - roberto_binder@embraco.com.br odontológica
329. Roberto da Costa Lima, roberto@metalmat.ufrj.br, Energia
330. Roberto Fernandes Silva Andrade, randrade@ufba.br, Recursos naturais
331. Roberto Marques, rmlima@ipen.br, Energia
332. Rochel Montero Lago, rochel@ufmg.br,
333. Rodrigo Fernando Bianchi, bianchi@iceb.ufop.br, UFOP pt
334. Rogério Cerqueira Leite, cerqueiraleite@uol.com.br, Unicamp Energia
335. Ronaldo Sergio de Biasi, rsbiasi@ime.eb.br, IME
336. Rosamel Melita Muñoz Riofano, romemuri@sc.usp.br, Tribologia
337. Roselena Faez, faez@pq.cnpq.br, Tecnologias sensíveis
338. Rubens Belfort Junior, eyebr@webmail.epm.br, Saúde médico- odontológica
339. Rubens Caram Júnior, rcaram@fem.unicamp.br, UNICAMP Me-tais/metallurgia

340. Rubens Nunes de Faria Jr., rfaria@ipen.br, IPEN, Eletrônica, magnetismo e fotônica
341. Ruth Marlene Campomanes Santana, ruth.santana@ufrgs.br, Meio ambiente
342. Ruy Salvari Baumer, presidencia@baumer.com.br, COMSAUDE/FIESP,
343. Samuel Fayade Filho, dpn@inb.gov.br, Indústrias Nucleares Brasileira
344. Samuel Marcio Toffoli, toffoli@usp.br, USP, Meio ambiente
345. Sandra Andrea Cruz, sandra.cruz@ufabc.edu.br, Meio ambiente
346. Sandro Donnini Mancini, mancini@sorocaba.unesp.br, UNESP, Meio ambiente
347. Saul Suslick, suslick@ige.unicamp.br, UNICAMP
348. Sebastião Vicente Canevarolo Junior, caneva@power.ufscar.br, UFSCAR
Eletrônica, magnetismo e fotônica
349. Sergey Philippov, sfilippov@iprj.uerj.br, Eletrônica, magnetismo e fotônica
350. Sergio Camargo, camargo@metalmat.ufrj.br, Tribologia
351. Sérgio Colle, colle@emc.ufsc.br; UFSC
352. Sergio Neves Monteiro, sergio.neves@pq.cnpq.br,
353. Sérgio Souto Maior Tavares, ssmtavares@terra.com.br, Eletrônica, magnetismo e fotônica
354. Sidnei Paciornik, sidnei@dcomm.puc-rio.br, PUC – RJ, Eletrônica, magnetismo e fotônica
355. Silmara das Neves, silmara.neves@saofrancisco.edu.br,
356. Silvana V. S. Goissis, vana_vargas@hotmail.com.br, Saúde médico- odontológica
357. Simone Stülp, stulp@univates.br, Meio ambiente
358. Sônia Maria Araújo Castelo Branco, soniacb@terra.com.br, Eletrônica, magnetismo e fotônica
359. Sonia Maria Zanetti, zanettism@gmail.com, Meio ambiente
360. Sônia Regina H. de Melo Castanho, srmello@ipen.br, IPEN, Recursos naturais
361. Spero Morato, spero@lasertools.com.br,
362. Taís Munhoz Machado Garcia de Oliveira, tais@metalmat.ufrj.br, Saúde médico- odontológica
363. Thomas Richter, epsantos@bentonit.com.br, Bentonit União Nordeste, Ind. e Com. Ltda.,
364. Tomás Jeferson Alves de Melo, tomas@dema.ufcq.edu.br, Eletrônica, magnetismo e fotônica
365. Tomaz Toshimi Ishikawa, ishikawa@power.ufscar.br, Energia
366. Tsuneharu Ogasawara, ogasawat@metalmat.ufrj.br, Saúde médico- odontológica
367. Ulf Schuchardt, ulf@iqm.unicamp.br, UNICAMP, Energia
368. Vadson Bastos do Carmo, vadson.bastos@dedini.com.br, Dedini, Energia
369. Valmor Roberto Mastelaro, valmor@if.sc.usp.br, USP, Tecnologias sensíveis
370. Vanya Márcia Duarte Pasa, vanya@ufmg.br, Recursos naturais
371. Virginia Sampaio Teixeira Ciminelli, ciminelli@demet.ufmg.br, UFMG, Meio ambiente
372. Vladimir Jesus Trava-Airoldi, vladimir@las.inpe.br, Tribologia
373. Wagner de Rossi, wderossi@ipen.br, IPEN, Aplicações eletrônicas, magnéticas e fotônicas
374. Waldemar Augusto de Almeida Macedo, wmacedo@cbtn.br,

375. Waldir Ristow Júnior, waldyr@steelinject.com.br, STEELINJECT
376. Walter Jose Botta Filho, wjbotta@power.ufscar.br, UFSCar, Energia
377. Walter Sano , sano@if.usp.br, IF-USP, Recursos naturais
378. Wander Vasconcelos, wlv@demet.ufmg.br, UFMG, Meio Ambiente
379. Wanderley Ferreira, wanderley.ferreira@kemira.com, KEMWATER Brasil S/A
380. Wilfred Brandt, wbrandt@brandt.com.br, Brant, Meio Ambiente
381. Wilson Acchar, acchar@dfte.ufrn.br, UFRN
382. Yara Csordas, csordas.yara@cpkelco.com, Kelco do Brasil
383. Yone Vidotto França, yvfranca@ipen.br, Energia
384. Zehbour Panossian, zep@ipt.br, IPT, Tribologia
385. Zuleica C. Castilhos zcastilhos@cetem.gov.br, CETEM, Recursos naturais

REFERÊNCIAS

1. REVISTA ELETRÔNICA TECNOLOGIA. São Paulo, 21/08/2007, *Ministério da Ciência e Tecnologia discute plano de ação com indústrias*.
2. CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. *Dados estratégicos sobre tecnologias emergentes de aproveitamento sustentável de biomassa e de recursos naturais e a inovação em materiais avançados deles derivados*. Estudo Prospectivo de Materiais Avançados, Brasília: CGEE, 2007. 100p.
3. CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. *Materiais avançados para a geração e armazenamento de energia*. Estudo Prospectivo de Materiais Avançados, Brasília: CGEE, 2007. 70p.
4. CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. *Novas tecnologias de materiais para aplicações ambientais*. Estudo Prospectivo de Materiais Avançados, Brasília: CGEE, 2007. 71p.
5. CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. *Materiais avançados para a saúde integral*. Estudo Prospectivo de Materiais Avançados, Brasília: CGEE, 2007. 92p.
6. CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. *Materiais avançados para tecnologias sensíveis*. Estudo Prospectivo de Materiais Avançados, Brasília: CGEE, 2007. 109p.
7. CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. *Oportunidades em tribologia como agente de inovação no desenvolvimento de materiais*. Estudo Prospectivo de Materiais Avançados, Brasília: CGEE, 2007. 72p.

Brasília, Junho/2008