

F O T Ô N I C A

MAPEAMENTO DOS PRINCIPAIS SEGMENTOS DO ECOSSISTEMA DE FOTÔNICA NO BRASIL

BRASÍLIA - 2020

Autores

José Maria Mascheroni | Eng. MSc/Consultor Responsável

Ana Maria Navarro Barbosa | Engenheira Mecatrônica

Arthur Raulino Kretzer | Engenheiro Mecatrônico



SECRETARIA DE
EMPREENDORISMO
E INOVAÇÃO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



Presidente da República

Jair Messias Bolsonaro

Ministro da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações

Marcos Cesar Pontes

Secretário-Executivo

Julio Francisco Semeghini Neto

Secretário de Empreendedorismo e Inovação

Paulo Cesar Rezende de Carvalho Alvim

Diretor de Tecnologias Estruturantes - DETEC

Eduardo Soriano Lousada

Coordenador-Geral de Desenvolvimento e Inovação em Tecnologias Estratégicas

Felipe Silva Bellucci

Coordenadora de Inovação em Tecnologias Convergentes e Habilitadores

Luciana Landim Carneiro Estevanato

MAPEAMENTO DOS PRINCIPAIS SEGMENTOS DO ECOSSISTEMA DE FOTÔNICA NO BRASIL

BRASÍLIA - 2020

AUTORES

José Maria Mascheroni

Eng. MSc | Consultor Responsável
josemascheroni@gmail.com
Florianópolis/SC
Brasil

Ana Maria Navarro Barbosa

Engenheira Mecatrônica
am_nb96@hotmail.com
Florianópolis/SC
Brasil

Arthur Raulino Kretzer

Engenheiro Mecatrônico
arthur.raulino.kretzer@gmail.com
Florianópolis/SC
Brasil

F
O
T
Ô
N
I
C
A

Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

Secretaria de Empreendedorismo e Inovação (SEMPI)

Departamento de Tecnologias Estruturantes (DETEC)

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

Esplanada dos Ministérios, Bloco E, Sala 355, Brasília-DF, CEP 70.067-900, Brasil.

Telefone: (61) 2033-7424

Email: cgtc@mctic.gov.br

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

Felipe Silva Bellucci - Tecnologista

Helyne Gomes de Paiva - Assistente em C&T

Luciana Landim Carneiro Estevanato - Tecnologista

Marcondes Moreira De Araújo – Analista em C&T

Paulo Frank Bertotti - Assistente em C&T

Sandra Pacheco Renz - Analista em C&T

Autores

José Maria Mascheroni - Eng. MSc / Consultor Responsável

Ana Maria Navarro Barbosa - Engenheira Mecatrônica

Arthur Raulino Kretzer - Engenheiro Mecatrônico

Uso e Divulgação dos Dados: As informações e as opiniões expressas nesta publicação são de inteira responsabilidade de seus autores e não refletem, necessariamente, a visão do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.

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

M395m Mascheroni, José Maria.

Mapeamento dos principais segmentos do ecossistema de fotônica no Brasil / José Maria Mascheroni ; Ana Maria Navarro Barbosa ; Arthur Raulino Kretzer--Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2020.
147 p.: il.

ISBN: 978-65-87432-02-1

1. Fotônica. 2. Inovação tecnológica. 3. Desenvolvimento tecnológico. 4. Segmentação de mercado. I. Mascheroni, José Maria. II. Barbosa, Ana Maria Navarro. III. Kretzer, Arthur Raulino. IV. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. V. Secretaria de Empreendedorismo e Inovação. VI. UNESCO.

CDU 535

SUMÁRIO

1 Apresentação	07
2 Fotônica	09
2.1 Conceito Geral	09
2.2 Segmentos de Mercado	10
2.3 Mercado Global	11
3 Metodologia	13
3.1 Ecossistema Científico	15
3.2 Ecossistema Tecnológico	16
3.3 Ecossistema de Negócios	17
4 Análise dos Segmentos de Mercado	18
4.1 Display	19
4.2 Comunicação	22
4.3 Tecnologia da Informação	27
4.4 Fotovoltaicos	32
4.5 Tecnologia Médica e das Ciências da Vida	37
4.6 Medição e Visão de Máquina	42
4.7 Iluminação	47
4.8 Tecnologia de Produção	52
4.9 Defesa e Segurança	57
4.10 Componentes e Sistemas Ópticos	62
4.11 Biofotônica	67
5 Resultados obtidos para cada ecossistema	72
5.1 Ecossistema Científico	72
5.1.1 Dados do Web of Science (WOS)	72
5.1.2 Dados do CNPq	75
5.1.3 Informações obtidas por meio de questionários aplicados aos grupos de pesquisa	78
5.1.4 Considerações Finais do Ecossistema Científico	84
5.2 Ecossistema Tecnológico	87
5.2.1 Dados do WIPO	87
5.2.2 Considerações Finais do Ecossistema Tecnológico	89
5.3 Ecossistema de Negócios	90
5.3.1 Considerações Finais do Ecossistema de Negócios	92
5.4 Relações entre Ecossistemas	93

SUMÁRIO

6 Direcionamento dos Investimentos	96
6.1 Parcerias Público-Privadas	96
6.2 Incentivos Governamentais identificados	97
6.2.1 Plataforma Pesquisa Saúde	97
6.2.2 FAPESP	98
6.3 Recomendações	100
6.3.1 Proposta para participação no comércio internacional	100
6.3.2 Inovação Secundária	101
 7 Roadmap	 102
7.1 Região Centro-oeste	103
7.2 Região Nordeste	105
7.3. Região Norte	107
7.4 Região Sul	109
7.5 Região Sudeste	111
 8 Referências Bibliográficas	 114
 9 Contato e Interlocução	 116
Apêndice A - Detalhamento Metodológico	117
Apêndice B - Palavras-chaves utilizadas para a pesquisa	126
Apêndice C - Lista de Equipamentos e Softwares	131
Apêndice D - Fabricantes Nacionais	141
Apêndice E - Grupos de pesquisas que participaram do estudo	145

1. APRESENTAÇÃO

A Coordenação-Geral de Desenvolvimento e Inovação e Tecnologias Estratégicas (CGTE/DETEC/SEMPI/MCTIC) em parceria com a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, UNESCO, vem por meio do Edital nº06/2018, do Projeto 914BRZ2023 propor um estudo para avaliar os impactos econômicos e sociais prospectivos dos investimentos em Fotônica no Brasil.

O objetivo da pesquisa é a elaboração de relatórios técnicos, mapeamentos e levantamento de dados e informações das instituições científicas e tecnológicas, bem como dos setores público e privado relacionados à pesquisa, ao desenvolvimento e à inovação, envolvendo a área de Fotônica. Tal estudo fornecerá subsídios para a formulação de políticas públicas para a área de Fotônica, alinhadas ao Plano de Ação de Ciência, Tecnologia e Inovação em Tecnologias Convergentes e Habilitadoras do MCTIC, de modo a melhor atender aos objetivos do desenvolvimento econômico e social do País.

O Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, subdividido em quatro volumes correspondentes aos temas Nanotecnologia, Materiais Avançados, Fotônica e Tecnologias para Manufatura Avançada. (MCTIC, 2019).

O Plano de Ação citado acima faz parte da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (Encti 2016-2022).

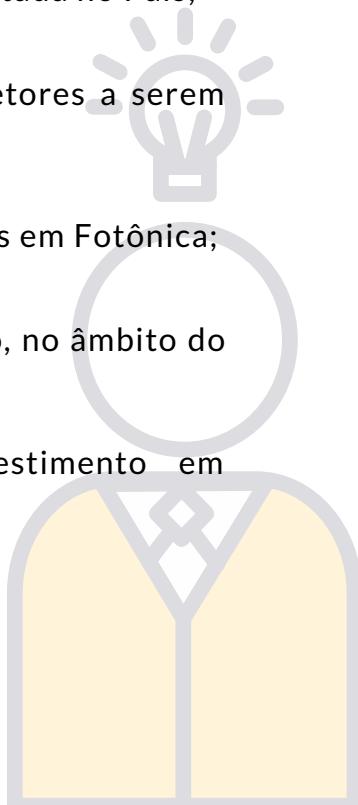
Essa Estratégia é o principal instrumento de orientação estratégica de médio e longo prazo para implementação de políticas públicas na área de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) e tem como objetivo principal alçar o País a um novo patamar de desenvolvimento, por meio da construção de uma sociedade do conhecimento. Além dos desafios nacionais para a CT&I, dos eixos estruturantes e dos pilares fundamentais, a Encti 2016-2022 elenca 12 temas considerados estratégicos para o desenvolvimento da capacidade científica, tecnológica e de inovação nacional, entre elas as Tecnologias Convergentes e Habilitadoras. (MCTIC, 2019).

Para maiores informações sobre ao Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, correspondente ao estudo de Fotônica, acessar o Volume III do referido Plano (1).

A pesquisa realizada tem como objetivo analisar as competências científicas e tecnológicas do país em Fotônica, mapeando a infraestrutura e a capacidade técnico-científico-profissional instalada no Brasil para ser utilizada no mapeamento da utilização de recursos financeiros, desenvolvendo assim um documento que possa ser divulgado para a comunidade científica e tecnológica e que ilustre a situação da Fotônica no Brasil.

Dentro deste contexto, foram elencados os principais tópicos que serão abordados no presente estudo e análise. São eles:

- a | Competência em Fotônica identificada e instalada no País, incluindo tanto o mapeamento da infraestrutura quanto a capacidade técnico-científico-profissional;
- b | Setores da economia brasileira demandantes de soluções tecnológicas em Fotônica;
- c | Serviços prestados a empresas e a outros Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs);
- d | Projetos conjuntos academia-empresa e com outros entes públicos e privados;
- e | Levantamento da propriedade intelectual em Fotônica depositada no País;
- f | Panorama do mercado nacional de Fotônica e potenciais setores a serem priorizados na política pública de Fotônica;
- g | Potencial econômico que pode ser gerado pelos investimentos em Fotônica;
- h | Identificação de oportunidades em Fotônica para priorização, no âmbito do comércio internacional;
- i | Roadmap de desenvolvimento e necessidades de investimento em tecnologias críticas;





2. FOTÔNICA

2.1. CONCEITO GERAL



A Fotônica é o campo da ciência que estuda a luz e suas aplicações abordando sua geração, emissão, detecção, transmissão, processamento, modulação e amplificação.

Derivada do grego “fotos” que significa luz, a fotônica surgiu para congregar as áreas de pesquisa que possuem como objetivo utilizar a luz para desempenhar funções específicas. Ela está presente em diversas áreas, tendo aplicações nos setores da saúde, comunicação, industrial, militar e muitos outros.

As tecnologias empregadas pela área da fotônica abordam desde produtos do dia a dia, como impressoras, televisores, controles remotos, displays e LEDs até aplicações industriais e de pesquisa, como lasers, painéis fotovoltaicos, componentes ópticos, sensores, câmeras em geral, escâneres 3D e diversos outros.

O mercado da fotônica envolvendo produtos e aplicações nas áreas de medicina e saúde, comunicações, eficiência energética e fabricação avançada permite que a economia mundial movimente anualmente trilhões de dólares.

Os produtos fotônicos são utilizados numa variada gama de setores, similarmente aos produtos eletrônicos, com uma elevada tendência de crescimento dos produtos.

Considerando esta realidade, a coordenação estratégica entre indústria, academia e governo é essencial para o desenvolvimento sustentável deste setor na economia nacional.

2.2. SEGMENTOS DE MERCADO



As aplicações de fotônica podem ser classificadas em diversos segmentos da indústria, por conta disso, foi proposto uma classificação abordada pela Associação Européia Photonics21 no Market Research Study Photonics 2017 (2) com a finalidade de organizar o estudo e agrupar as tecnologias.



Display

Displays, LCD, Displays de Plasma, Displays OLEDs, Display de vidro e cristal líquido e outros.



Comunicação

Fibras ópticas, Lasers para transmissão de dados e etc.



Tecnologia da Informação

Câmeras digitais e escâneres, Copiadoras e impressoras ópticas-laser, multi funções, Escâneres de códigos de barras, Câmeras modulares para integração em dispositivos, Sensores de imagem – CMOS e CCD e outros.



Fotovoltaicos

Células solares e Módulos solares.



Tecnologia Médica e das Ciências da Vida

Lentes para óculos e lentes de contato, Sistemas Laser para terapia médica e estética, Endoscópios, Microscópios, Visão artificial para aplicações médicas, Oftalmologia e outros sistemas de diagnóstico, Sistemas para diagnóstico in-vitro e farmacêuticos, Escâneres galvanométricos e etc.



Illuminação

Lâmpadas, Lâmpadas de LEDs, OLEDs, Conversores para LEDs e OLEDs.



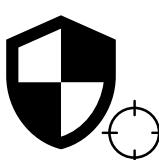
Medição e Visão de Máquina

Sistemas de visão de máquina e componentes, Espectrômetros e módulos espectrométricos, Sensores Binários, Sistemas de medição para semicondutores, Sistemas de medição para comunicações ópticas, Sistemas de medição para outras aplicações.



Tecnologia de Produção

Lasers para processamento de materiais, Corte, gravação, solda e texturização, Sistemas litográficos (IC, FPD, Mask), Lasers para manufatura aditiva, Escâneres e lentes objetivas.



Defesa e Segurança

Sistemas de visão e imagem, Sistemas de visão noturna e infravermelho, Sistemas de monitoração/segurança militar, Sistemas de radar, Sistemas teleguiados, Display para aviônica, Sensores de imagem, Lasers para defesa e aeronáutica.



Componentes e Sistemas Ópticos

Lentes, Telescópios, Prismas.



Biofotônica

Fototerapia, pinça óptica, biologia celular, biofotônica, microscopia, biópsia óptica, tomografia óptica.

2.3. MERCADO GLOBAL DE FOTÔNICA



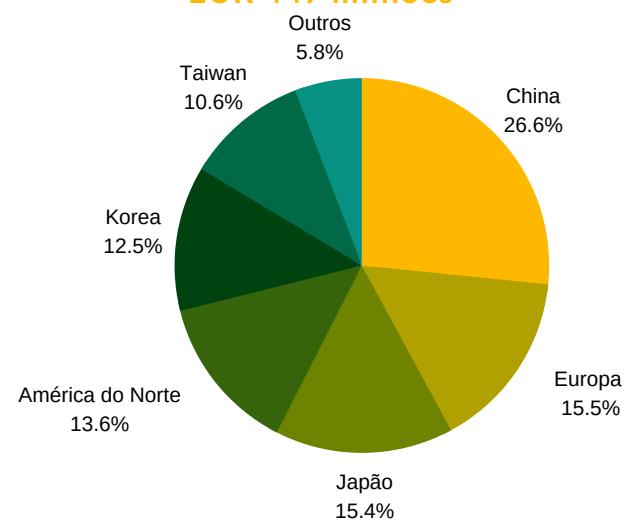
Segundo dados retirados da Associação Européia Photonics 21, em 2015, o valor de mercado global de produtos fotônicos representou 447 milhões de euros, com um crescimento (CAGR) de 6,2% nos últimos 4 anos. Partindo de uma análise macroeconômica, segundo o Market Research Study: Photonics 2017, no mundo, o mercado de fotônica se concentra nos EUA, Europa e países da Ásia.

Países asiáticos como China, Japão, Coréia, Taiwan e alguns outros países asiáticos, incluindo Filipinas, Malásia, Cingapura, Tailândia e Índia contabilizam quase 70% da produção de fotônicos.

A China é o grande líder no mercado, com uma parcela de 26,5%, O segundo líder em valor de mercado é a Europa com 15,5% seguido do Japão (15,4%), América do Norte (13,6%), Coréia do Sul (12,5%) e Taiwan (10,6%). Outros países produtores de fotônicos incluem Israel, Turquia, Austrália, África do Sul e Brasil correspondem a 5,8% do mercado.

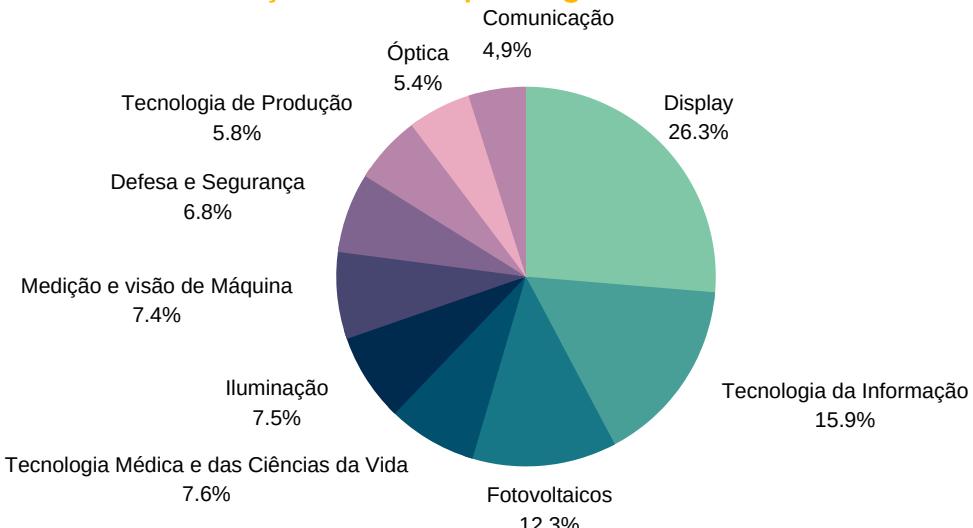
Mercado Global de Fotônica, 2015

EUR 447 milhões



Fonte: Adaptado de Market Research Study: Photonics 2017.

Produção Mundial por Segmentos - 2015



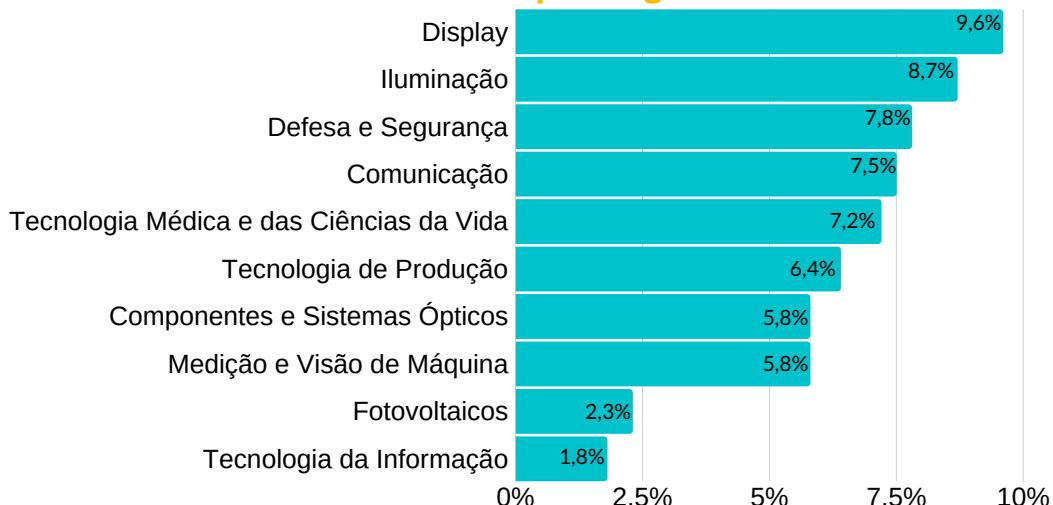
Fonte: Adaptado de Market Research Study: Photonics 2017.

Os segmentos que possuem a maior fatia do mercado global são, em ordem, Displays, Tecnologia da Informação e Fotovoltaicos.

Em 2015, também foi notado um crescimento da área de Defesa e Segurança devido ao aumento das tensões mundiais ao longo dos últimos anos que culminou no aumento dos gastos militares de diversos governos. Em 2015, também foi notado um crescimento da área de Defesa e Segurança devido ao aumento das tensões mundiais ao longo dos últimos anos que culminou no aumento dos gastos militares de diversos governos.

O gráfico ao lado ilustra os dados apresentados pelo Market Research Study: Photonics 2017 para o crescimento mundial dos segmentos da Fotônica em 2015.

Crescimento Mundial por Segmentos - 2015



Fonte: Adaptado de Market Research Study: Photonics 2017.

Utilizando o mercado e a produção Européia na área de Fotônica como referência, eles possuem, 15,5% (EUR 69,3 Bilhões) do valor de mercado global e atuam, com participação mais significativa, nos segmentos de Tecnologia de Produção e Medição e Visão de Máquina (dados foram retirados do Market Research Study: Photonics 2017).

Participação da Europa na área de Fotônica - 2015

Segmentos de atuação	Valor de Mercado Global (Bilhões de EUR)	Mercado Global (%)	Valor de Mercado da Europa (Bilhões de EUR)	Produção Européia (%)	Participação da Europa no Mercado Global (%)
Display	EUR 117,6	26,3%	EUR 1,7	2,5%	1,4%
Comunicação	EUR 22,0	4,9%	EUR 4,1	5,9%	18,6%
Tecnologia da Informação	EUR 71,0	15,9%	EUR 2,5	3,6%	3,5%
Fotovoltaicos	EUR 55,1	12,3%	EUR 2,6	3,8%	4,7%
Tecnologia Médica e das Ciências da Vida	EUR 33,8	7,6%	EUR 9,6	13,9%	28,4%
Medição e Visão de Máquina	EUR 33,2	7,4%	EUR 11,7	16,9%	35,2%
Iluminação	EUR 33,4	7,5%	EUR 8,3	12,0%	24,9%
Tecnologia de Produção	EUR 26,1	5,8%	EUR 13,1	18,9%	50,2%
Defesa e Segurança	EUR 30,2	6,8%	EUR 7,9	11,4%	26,2%
Componentes e Sistemas Ópticos	EUR 24,1	5,4%	EUR 7,8	11,3%	32,4%
TOTAL	EUR 446,5	100,0%	EUR 69,3	100,0%	15,5%

Fonte: Adaptado de Market Research Study: Photonics 2017.

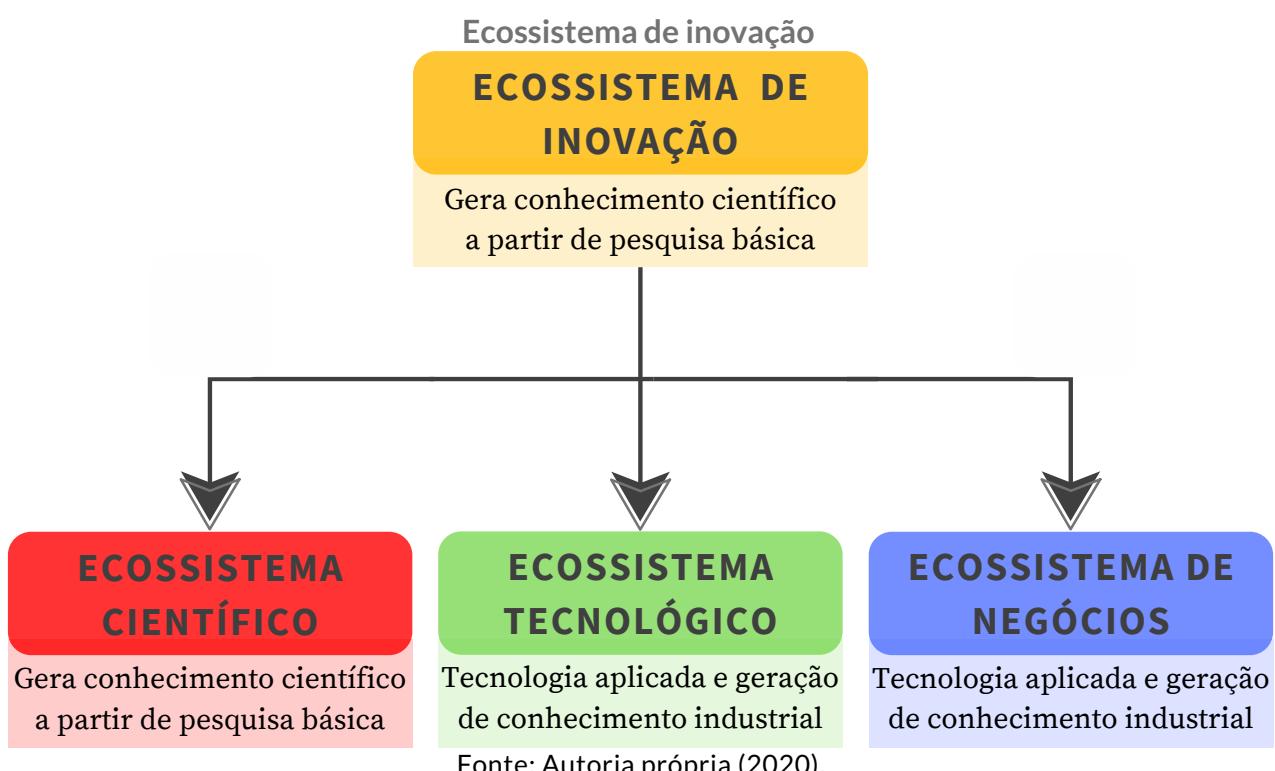
Com esses dados é possível traçar um paralelo com o ecossistema brasileiro e traçar medidas para o amadurecimento da fotônica no Brasil com o intuito de fomentar o comércio nacional e internacional.

3. METODOLOGIA

A metodologia aqui proposta busca analisar o ecossistema de inovação nas áreas de ciência, tecnologia e negócios tendo como caso de estudo a Fotônica no Brasil com o objetivo de avaliar os impactos econômicos e sociais prospectivos dos investimentos em Fotônica no país.

Com o intuito de organizar e dividir os dados que serão analisados recorre-se a uma metodologia que divide as áreas de interesse em ecossistemas. Tem-se um ecossistema de inovação que compreende as áreas de conhecimento, tecnologia e negócios. Ele é considerado como um componente indispensável para melhorar a capacidade de inovação de corporações, indústrias, regiões e nações individuais. (JACKSON, 2011 apud XU. G et al., 2017).

O ecossistema de inovação tem como base possibilitar o desenvolvimento tecnológico e de inovação a partir de 3 ecossistema: científico, tecnológico e de negócios. O diagrama abaixo ilustra a iteração entre eles.



O ecossistema da científico diz respeito a um sistema que gera conhecimento a partir da pesquisa básica. O ecossistema tecnológico produz conhecimento industrial que gera propriedade intelectual. Por último, o ecossistema de negócios desenvolve produtos e serviços e realiza proposições de valor.

Destaca-se que os ecossistemas devem trabalhar em conjunto para que se conectem os diferentes atores que o compõem, como as universidades, indústrias, o governo e outros para que seja possível criar um cenário de desenvolvimento tecnológico e de inovação.

O estudo abordará questões do ecossistema científico através do mapeamento das publicações de artigos utilizando-se de palavras-chaves. A partir disso será possível analisar diversos aspectos da fotônica dentro das universidades como, por exemplo, as principais áreas de interesse para os pesquisadores, o crescimento das pesquisas e outros.

O ecossistema tecnológico será analisado com uma abordagem semelhante ao utilizado anteriormente. Ele será mapeado a partir de palavras chaves de patentes publicadas no Brasil para verificar, por exemplo, o interesse das indústrias e as potenciais áreas de crescimento da fotônica.

No ecossistema de negócios será analisado nas empresas os setores de atuação, a capacidade técnico-científica, os agentes de financiamento dos projetos de fotônica, estados em que a empresa está presente, composição de capital nacional ou internacional, estados que mais demandam os produtos de fotônica por segmento, desenvolvimento dos estados e regiões em cada segmento e outros.

Por fim, a metodologia analisará os três ecossistemas citados (científico, tecnológico e de negócios) separadamente e também as interações entre eles para que seja possível analisar um cenário global da situação real da Fotônica no país por setor. Isso permite mapear quais setores possuem um ecossistema de inovação.

Novas inovações tecnológicas, ou conhecimento, são geradas por meio de ecossistemas dinâmicos e complexos que incluem não apenas empresas, mas também agências governamentais, indústrias, universidades, institutos de pesquisa e assim por diante. (FRENKEL e MAITAL, 2014 apud XU. G et al., 2017).

Pode-se considerar também "O desenvolvimento em ciência, tecnologia e negócios geralmente é assíncrono, às vezes começa em um segmento e evolui para os outros." (Xu. G et al., 2017).

Tipos de Ecossistemas de Inovação



Desenvolvido

Os três ecossistemas possuem boas interações, gerando conhecimento, patentes e negócios, melhorando a qualidade de vida da população.



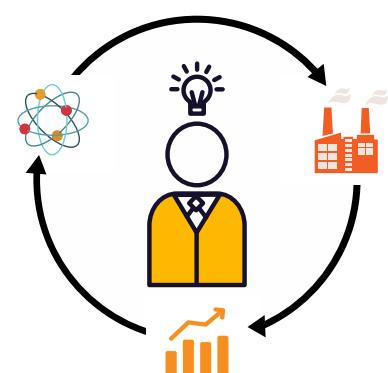
Em desenvolvimento

Um dos ecossistemas está ausente ou não interage com os outros, provocando descompasso e lentidão nos resultados do ecossistema de inovação.



Não desenvolvido

Nenhum ou somente um ecossistema está presente, de modo que os resultados são fortemente deficitários.



O detalhamento metodológico completo está disponível para visualização no Apêndice A.

3.1. ECOSISTEMA CIENTÍFICO



O ecossistema científico gera conhecimento a partir da pesquisa e se desenvolve principalmente em universidades e centros de pesquisa públicos e privados. De maneira geral a análise do ecossistema científico será realizada a partir da coleta de informações de banco de dados de artigos científicos e de grupos de pesquisas.

Informações gerais da análise do Ecossistema Científico

- **Objetivo:**
 - Analisar o ecossistema científico a partir do mapeamento dos artigos científicos e dos grupos de pesquisas relacionados a Fotônica no Brasil;
- **Público-alvo:**
 - Instituições de Ensino e de Ciência e Tecnologia Nacionais;
- **Tipo de dados:**
 - Artigos científicos que foram publicados em eventos nacionais e internacionais que tenham autores brasileiros vinculados a Instituições de Ensino e ICTs no Brasil;
 - Grupos de pesquisas brasileiros cadastrados no Centro Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e que estejam vinculados com Instituições de Ensino no Brasil.
- **Período da análise:**
 - de 2008 até 2018;
- **Buscadores:**
 - Web of Science (WOS): banco de dados de artigos científicos;
 - CNPq: banco de dados de grupos de pesquisas no Brasil.
- **Técnica de coleta de dados:**
 - Palavras chaves, questionários, entrevistas e a utilização de um software que automatiza a coleta de dados desenvolvido pela equipe.
- **Resultados Esperados:**
 - Quantidade de artigos científicos publicados por brasileiros vinculados com Instituições de Ensino brasileiras;
 - Quantidade de grupos de pesquisas trabalhando com Fotônica no Brasil;
 - Avanço da pesquisa em Fotônica e análise do crescimento/decrescimento das áreas de Fotônica dentro de Instituições de Ensino brasileiras;
 - Áreas de interesse do setor científico;
 - Análise do avanço da pesquisa por macroregiões brasileiras;
 - Análise da quantidade de instituições que possuem pesquisa em Fotônica;
 - Quantidade de pesquisadores e estudantes atuando com Fotônica no Brasil;
 - Relacionamento com empresas privadas.

Os resultados específicos provenientes dos buscadores utilizados (WOS e CNPq) serão detalhados nos próximos tópicos. Por fim, com os dados obtidos através da análise descrita será possível obter resultados e informações do cenário acadêmico, ou científico da Fotônica no Brasil.

3.2. ECOSISTEMA TECNOLÓGICO



O ecossistema tecnológico é formado por ICTs e empresas que, para resguardar sua produção tecnológica fazem o seu registro da propriedade intelectual do que foi desenvolvido.

O ecossistema tecnológico, que se concentra na tecnologia aplicada e gera conhecimento industrial, pode ser examinado usando a análise de patentes. As informações de patentes contêm informações técnicas úteis e detalhadas e são um indicador útil das estratégias tecnológicas adotadas por empresas individuais em resposta às condições de mercado. (SUZUKI, 2011 apud XU, G et al., 2017).

Informações gerais da análise do Ecossistema Tecnológico

- **Objetivo**
 - Analisar o ecossistema tecnológico a partir do mapeamento das patentes, cruzando os dados com empresas e instituições;
- **Público-alvo**
 - Empresas brasileiras, Instituições de Ensino e Pesquisa que desenvolvem produtos na área de Fotônica.
- **Tipo de dados:**
 - Patentes que possuem alguma ligação com a área de Fotônica;
- **Período da análise:**
 - de 2008 até 2018
- **Buscadores:**
 - World Intellectual Property Organization (WIPO);
- **Técnica de coleta de dados:**
 - Palavras chaves
- **Resultados Esperados:**
 - Quantidade de patentes;
 - Tipo de aplicantes das patentes (pessoa física, jurídica ou instituições de ensino);
 - Avanço do interesse da indústria em determinadas áreas;
 - Análise do crescimento/decrescimento das áreas de fotônica para o desenvolvimento de novas patentes.

Nos próximos tópicos a metodologia utilizada para a coleta de dados será detalhada e, a partir dos dados extraídos da análise acima espera-se obter informações sobre o setor tecnológico da Fotônica no Brasil.



3.3. ECOSISTEMA DE NEGÓCIOS

O ecossistema de negócios é o encarregado de gerar resultado econômico através do conhecimento industrial contribuindo na cadeia de valor para a melhoria de vida e bem estar da população. Para analisar este ecossistema é necessário obter dados de segmento de atuação, organização e geração de valor das empresas. Isso permite a mensuração dos recursos alocados pela indústria e pelos serviços nos setores da fotônica, revelando o esforço empreendido pelas companhias nessa área.

Os ecossistemas de negócios são comumente vistos como orientados pelo mercado e, portanto, focados na aprendizagem experimental e na troca de informações em cadeias de valor em busca de redução de custos e melhoria de qualidade. (Barclay et al., 2014 apud XU. G et al., 2017).

Informações gerais do Ecossistema de Negócios

- **Objetivo:**
 - Analisar o ecossistema de negócios a partir do mapeamento das empresas.
- **Público-alvo:**
 - Empresas que possuem alguma ligação com a área de fotônica, desde a pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias até a comercialização de produtos e prestação de serviços. Patentes que possuem alguma ligação com a área de Fotônica.
- **Tipo de dados:**
 - Fabricantes nacionais que desenvolvem produtos Fotônicos;
 - Empresas que comercializam e/ou prestam serviços para produtos Fotônicos.
- **Período da análise**
 - Dados de 2020.
- **Buscadores:**
 - Plataforma e-SIC (Sistema Eletrônico do Serviço de Informação ao Cidadão);
 - Plataformas do Governo Federal;
 - Cadastro na Sociedade brasileira de ótica e fotônica - SBFOTON;
 - Pesquisa online.
- **Técnica de coleta de dados:**
 - Questionários com empresas;
 - Entrevistas;
 - Busca por mecanismos de pesquisa online.
- **Resultados Esperados:**
 - Capacidade técnico-científica das empresas;
 - Locais de atuação das empresas
 - Segmentos de atuação das empresas.



4. ANÁLISE DOS SEGMENTOS DE MERCADO

Nos próximos tópicos será abordado o desenvolvimento individual de cada segmento no ecossistema científico, tecnológico, de negócios e de inovação.



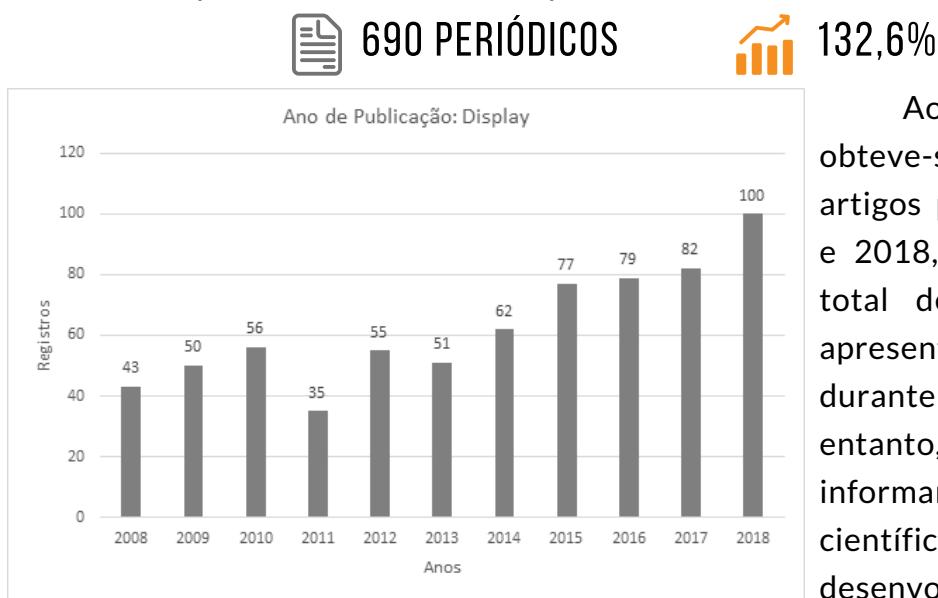
4.1. DISPLAY

Para a categoria de displays, estão inclusos monitores de tela plana e LCD. Hoje eles estão presentes no volumoso mercado de smartphones e também são utilizados em eletrodomésticos para exibição das horas e configurações do equipamento.

01 ECOSISTEMA CIENTÍFICO - Dados do Web Of Science



O primeiro segmento a ser analisado é o de Displays. Para este caso as palavras-chave utilizadas na pesquisa estão relacionadas a displays LCD, LED, OLED, Plasma, de Cristal Líquido, monitores de tela plana e seus similares.



Fonte: Adaptado de Web Of Science (12/08/2019).

Ao final da pesquisa obteve-se um total de 690 artigos publicados entre 2008 e 2018, com um crescimento total de 132,6%. Os dados apresentaram certa oscilação durante os anos iniciais, no entanto, estes registros informam que o ecossistema científico está em constante desenvolvimento.

As informações importantes retiradas do WOS são:

- De maneira geral, o segmento de Displays se mostrou abrangente nas categorias de base do setor tecnológico, de modo que 66,7% de artigos estão inseridos na categoria de Ciências Físicas e 54,6% e 54,3% nas categorias de Tecnologia e Ciências da Vida e Biomedicina, respectivamente. Por fim, estes dados indicam que os displays estão sendo empregados em diferentes segmentos da indústria.
- As Áreas de Pesquisa que merecem destaque são as áreas da Física e Química, com 35,9% e 35,1% dos artigos respectivamente. Além disso, as áreas de Ciência dos Materiais, Engenharia e Óptica também foram frequentemente citadas. É importante destacar que os periódicos podem ser inseridos em pelo uma Categoria Geral e Área de Pesquisa, por conta disso, o somatório percentual de ambas as análises não resulta em 100%.
- A USP possui o maior registro de pesquisadores com publicações, totalizando 344 registros. Na sequência há a UNESP com 117 e a UNICAMP com 111 registros.
- A região sudeste se mostrou a mais desenvolvida neste segmento, possuindo 66,5% dos registros. Este dado é esclarecedor pois as instituições que mais se destacaram encontram-se nesta região. As regiões Sul e Nordeste apresentaram registros significativamente inferiores, com 17,0% e 10,5% respectivamente. Como dados gerais, a UFRGS, UFSC, UFPR, UFSM e UEM apresentaram registros que auxiliaram no desenvolvimento da região Sul.

- Já para a região Nordeste, a UFPE, UFPB, UFC, UFRPE, UFBA e UFAL se destacam como universidades que auxiliam no desenvolvimento do ecossistema científico da região.
- Por fim, cerca de 97,7% dos periódicos foram publicados em inglês.



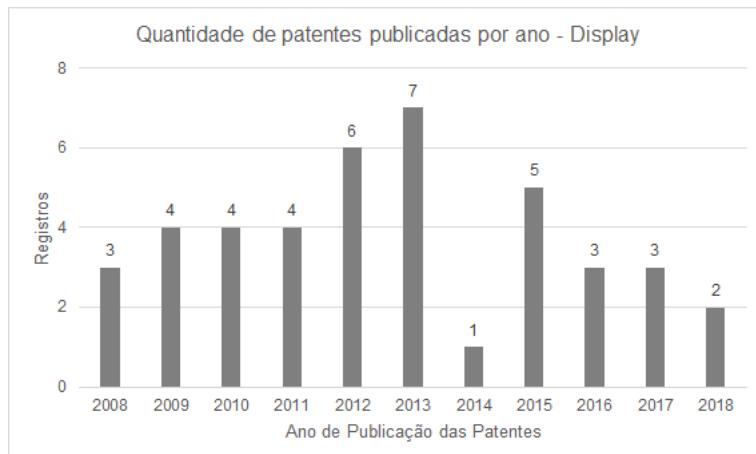
Foram inúmeras tentativas realizadas pela equipe com o intuito de coletar dados referente ao segmento de display no diretório do CNPq, no entanto, nenhuma pesquisa retornou bons resultados. Por conta disso, este é o único segmento (dos 11 aqui descritos) que não possui informações referentes aos grupos de pesquisas.

02 ECOSSISTEMA TECNOLÓGICO - Dados do WIPO



As palavras-chaves inseridas no buscador referem-se a displays (led, lcd e plasma) e seus similares. Após as pesquisas obteve-se um resultado de 42 patentes publicadas entre 2008 e 2018 em todo território nacional.

42 REGISTROS DE PATENTES



Fonte: Adaptado de WIPO (27/03/2020).

Abaixo estão as universidades brasileiras que contribuíram para o desenvolvimento do ecossistema tecnológico do segmento.

A aplicação de patentes realizadas por pessoa física obteve o maior índice de registros, totalizando 29 patentes, as realizadas por pessoas jurídicas somam 10 patentes e, por fim, as aplicações realizadas por instituições de ensino totalizam apenas 3 patentes.

Instituição Brasileira	FAPEMIG	UFRGS	IMPA
Quantidade de patentes	1	1	1

03 ECOSSISTEMA DE NEGÓCIOS



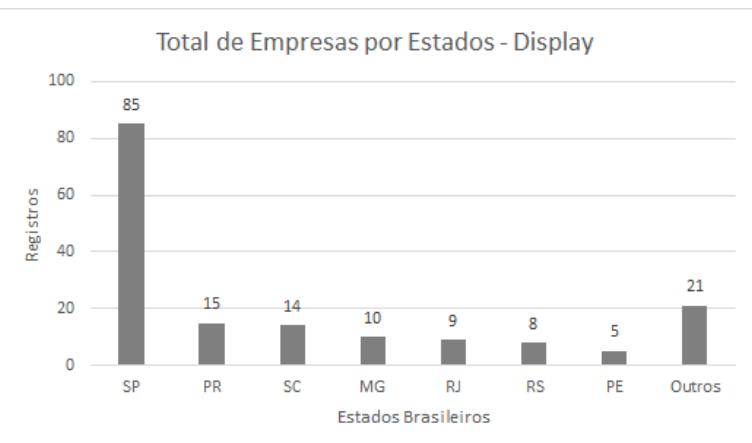
167 EMPRESAS NACIONAIS

11 FABRICANTES NACIONAIS

90 EMPRESAS ESTRANGEIRAS

Foram encontradas 167 empresas de display distribuídas no país. Entretanto, existem algumas produtoras nacionais dessa tecnologia para aplicações médicas e como produto básico para a construção de máquinas ou sistemas eletrônicos. Ao total foram localizados 11 produtoras nacionais, tendo 8 no estado de SP, e 1 em MG, PR e RJ. Dessa forma esse mercado é marcado por empresas no final da cadeia de valor. Além disso foram localizadas 90 empresas estrangeiras atuando no mercado nacional. Em resumo, das 167 empresas identificadas, apenas 11 destinam-se a produção desta tecnologia e 156 somente comercializam produtos.

A divisão por estados é ilustrada no gráfico ao lado. De maneira geral as empresas se concentram na região Sudeste (totalizando 62,9% das empresas). Na sequência há a região Sul com 22,2% das empresas. As regiões Nordeste, Centro-oeste e Norte, somam juntas 15,0% das empresas.



Fonte: Autoria própria (Fevereiro de 2020).

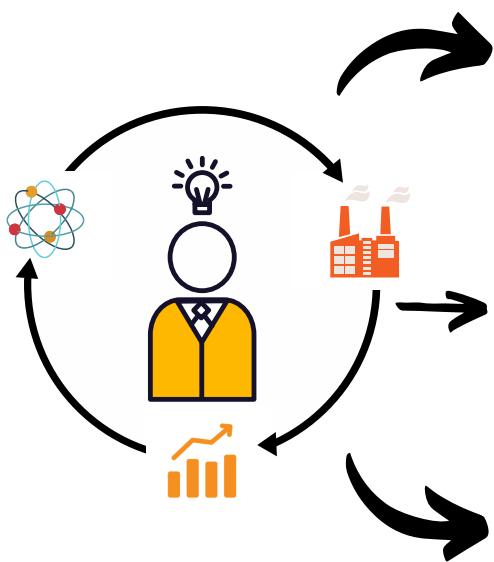
Em Display, notou-se uma presença grande de produtos importados que são revendidos no Brasil, como monitores e televisões. Além disso, displays também são necessários em eletrodomésticos, máquinas industriais, carros e variados outros mercados.

Os fabricantes nacionais que foram identificados são:



No Apêndice D estão listados todos os fabricantes nacionais identificados.

04 ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO



O ecossistema científico só pode ser avaliado a partir dos dados dos periódicos publicados, tendo isso como base, tem-se que a pesquisa está centralizada na região Sudeste, em especial em SP. Incentivar a pesquisa e a inovação secundária nas demais regiões (e na Sudeste também) iria estimular o desenvolvimento do ecossistema.

Dentre os segmentos analisados este foi o que apresentou um dos maiores registros de patentes publicadas, ficando em terceiro colocado em relação a todos os segmentos, no entanto, esses registros ainda são baixos. Planos de incentivo de parcerias público/privadas podem incentivar o aumento deste número.

De acordo com o observado, esse é um segmento que há muito potencial de expansão para atender as cadeias globais de valor, já que displays estão presentes em produtos de volume, como monitores, televisões, smartphones e smartwatches, por isso, esse segmento possui a maior fatia do mercado global de fotônica.

4.2. COMUNICAÇÃO

No ramo de comunicações a Fotônica é amplamente utilizada em redes de fibra óptica, laser para transmissão de dados, redes industriais, multiplexadores, comutadores, amplificadores ópticos e outros. As redes de fibra óptica são filamentos transparentes e flexíveis fabricados a partir de materiais não condutores (vidro ou plástico) onde, de forma simplificada, um feixe de luz é emitido em uma extremidade e, por meio de sucessivas reflexões dentro da fibra, o feixe a percorre por completo.

01 ECOSSISTEMA CIENTÍFICO - Dados do Web Of Science



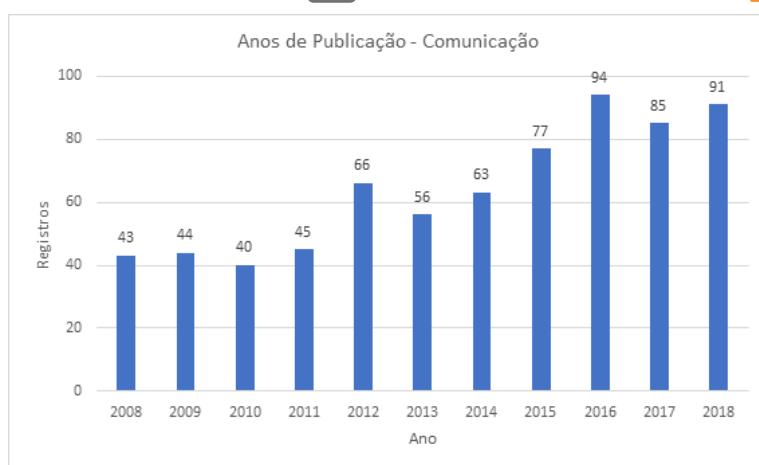
Para o segmento de comunicações buscaram-se artigos relacionados a comunicação por fibra óptica, laser para a transmissão de dados e similares.



704 PERIÓDICOS



111,6%



Fonte: Adaptado de WOS (12/08/2019).

No intervalo compreendido entre os anos de 2008 a 2018 verificou-se que o segmento apresentou um crescente avanço na publicação de periódicos. Ao todo foram publicados 704 artigos neste período, com um crescimento de 111,6%. Do total de artigos, 98,3% foram publicados em inglês.

As informações importantes retiradas do WOS são:

- Possui foco principal nas categorias de Tecnologia, (90,6% dos artigos) e Ciências Físicas (84,2% dos artigos). Isso é pertinente já que este segmento se refere a transmissão de dados, comunicação por fibra óptica e seus similares. É importante destacar que os artigos podem ser inseridos em pelo menos uma categoria geral.
- As áreas de Óptica e Telecomunicação apresentam os maiores índices com 64,6% e 56,8% dos artigos. Além disso, as áreas de Engenharia, Ciência da Computação, Física e Comunicação também se destacaram e são primordiais para o avanço deste segmento. Assim como ocorreu anteriormente, os artigos podem ser inseridos em pelo menos uma área de pesquisa, por conta disso a somatória percentual não resulta em 100%.
- A UNICAMP possui a maior quantidade de pesquisadores trabalhando neste segmento, totalizando 219 pesquisadores com publicações. Isso se deve pelo fato dela ser um polo tecnológico em diversas áreas. Além disso em Campinas há também o LNLS que impulsiona a pesquisa na região. Na sequência, há a USP com 179 pesquisadores e a UFPE com 79.
- A Região Sudeste possui os maiores índices de publicações (67,9%) visto que nesta região estão presentes as instituições com as maiores quantidades de publicações. Na sequência está a região Nordeste, com 18,5% e Sul com 7,7%. As regiões Centro-oeste e Norte, somam juntas, 5,8% da publicação dos periódicos.

- As universidades UFPE, UFCE, UPE, UFCG, UFBA e UFAL somam esforços para o desenvolvimento da região Nordeste. Já para a região Sul, UTFPR, UEL, UFPR e UFSC se destacam no desenvolvimento do segmento.

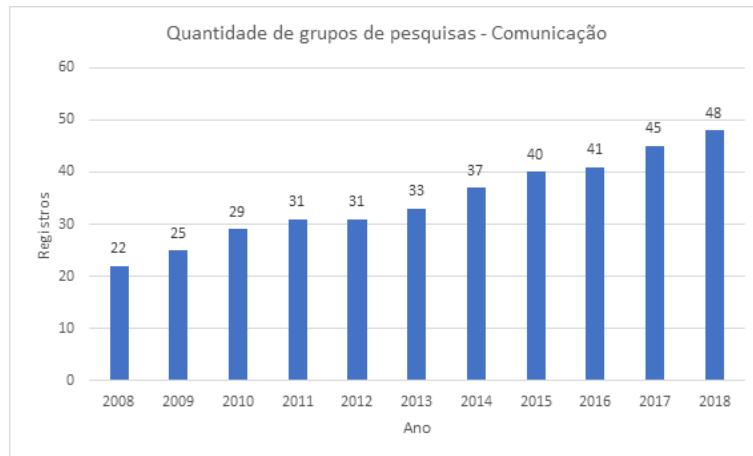
02 ECOSSISTEMA CIENTÍFICO - Dados do CNPq



A partir de dados extraídos do CNPq, há 48 grupos trabalhando com o segmento de Comunicação. Do total, 35 são certificados, 11 também estão certificados, no entanto, não são atualizados há mais de 12 meses e apenas 2 estão em preenchimento.



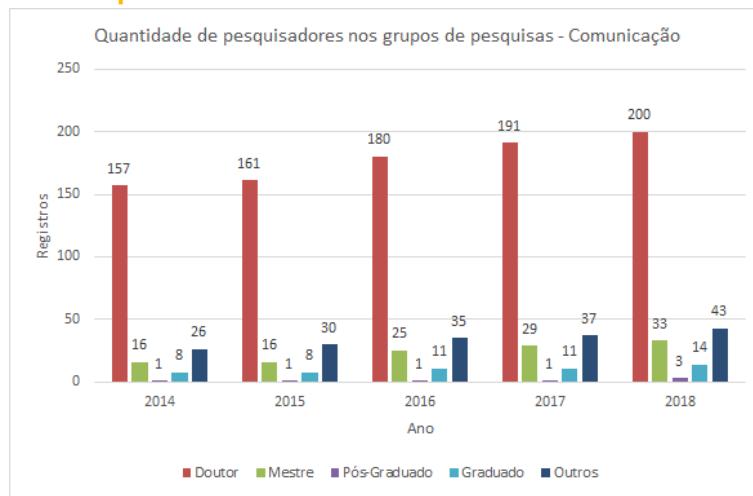
118,2%



Fonte: Adaptado de CNPq (31/10/2019).

Houve um crescimento de 118,2% nos grupos, de maneira que, durante todos os anos analisados, não houve nenhuma queda nos dados e a quantidade de grupos aumentou a cada ano. Com estas informações, tem-se que o segmento apresenta um ecossistema científico em desenvolvimento.

- Pesquisadores e Estudantes**

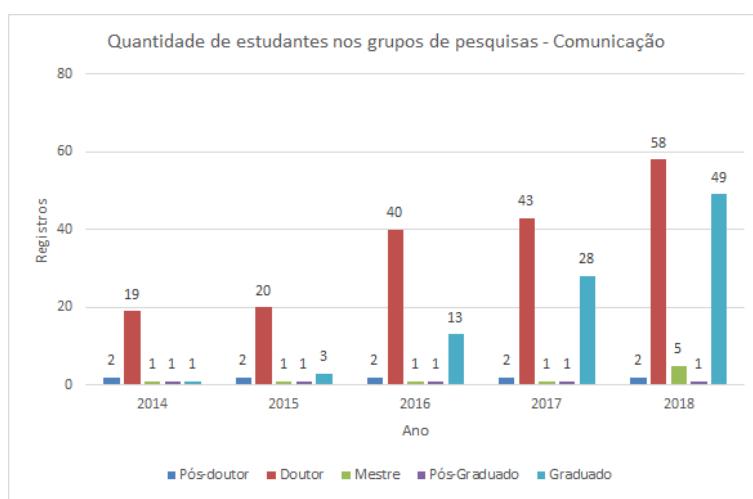


Fonte: Adaptado de CNPq (31/10/2019).

293 PESQUISADORES

40,9%

Ao todo foram identificados 293 pesquisadores com um crescimento de 40,9% entre 2014 e 2018. De maneira geral, os doutores compreendem 68,3% do total, seguido dos outros e mestres, com 14,7% e 11,3% dos pesquisadores, respectivamente.

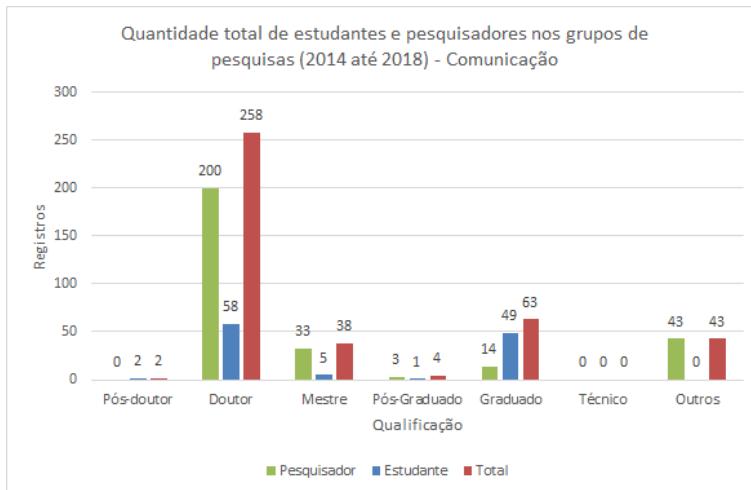


Fonte: Adaptado de CNPq (31/10/2019).

115 ESTUDANTES

379,2%

Encontrou-se um total de 115 estudantes com um crescimento de 379,2% de 2014 a 2018. As categorias de doutores e graduandos compõem quase que a totalidade de estudantes, onde, cada um possui, respectivamente, 50,4% e 42,6% dos estudantes.



Fonte: Adaptado de CNPq (31/10/2019).

Por fim, os profissionais identificados (estudantes e pesquisadores) totalizaram 408 contribuintes com um crescimento de 75,9% entre os anos de 2014 e 2018. É compreensível afirmar que os doutores apresentam a maior parcela de contribuição, totalizando 63,2% do total, seguido pelos graduados, com 15,4%.

• Parcerias

Foram identificadas 95 instituições e/ou empresas parceiras aos 48 grupos de pesquisas. Abaixo estão os grupos de maiores destaque devido a quantidade de parcerias.

Grupo	Infraestrutura de Redes	Comunicações	Eletromagnetismo Aplicado
Instituição	CPQD	UFCG	UFPA
Cidade	Campinas	Campina Grande	Belém
UF	SP	PB	PA
Parcerias	34	10	10

• Regiões Brasileiras

A região Nordeste possui 41,7% dos grupos, seguido das regiões Sudeste e Sul, com 33,3% e 18,8% respectivamente. As outras regiões não obtiveram valores significativos. Os estados que mais se destacaram foram SP com 9 grupos, PR com 6 grupos, CE e PE com 5 grupos cada e AL, BA, MG e RJ com 3 grupos cada. Em resumo, foram identificados grupos em 16 estados brasileiros mais o Distrito Federal.

• Equipamentos e Softwares

Apenas 8 grupos possuem dados referente aos equipamentos (16,7% dos grupos), resultando em um total de 32 equipamentos. Já para os softwares apenas 25% dos grupos (12 grupos) possuem estes dados, totalizando 30 softwares. O primeiro grupo informado foi o que apresentou a maior quantidade de equipamentos e o segundo a maior quantidade de softwares. A sequência de dados é disposta da seguinte forma: Nome do grupo de pesquisa, Instituição de Ensino e/ou Departamento, Cidade/Estado: Equipamento ou Software.

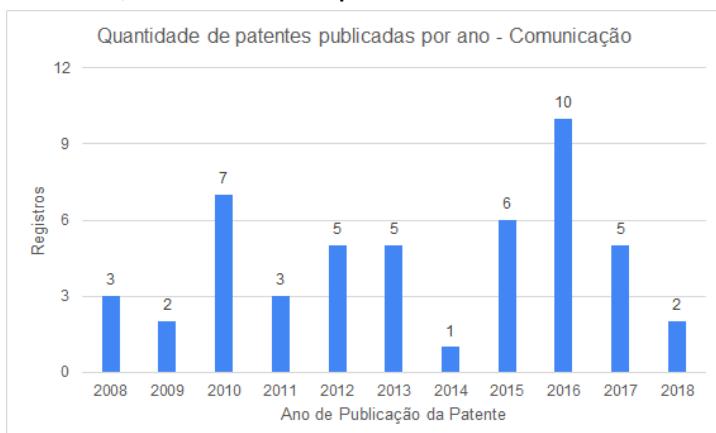
- Fotônica, UNIV/Departamento de Eletrônica e Sistemas, Recife/PE: Analisador de espectros ópticos 2; Analisador de rede vetorial manual até 50 GHz; Analisador de rede vetorial manual até 6 GHz; Analisador de rede vetorial até 6 GHz; Laser infravermelho de femtossegundo; Máquina de prototipagem de placas de circuito de micro-ondas ; Analisador de redes até 8.5 GHz; Analisador de espectros elétricos até 4 GHz; Analisador de rede vetorial até 70 GHz; Tomógrafo por coerência óptica ; Analisador de espectros ópticos 1;
- Laboratório de Eletromagnetismo Computacional, UNIV/Instituto de Estudos Avançados - IEAv, São José dos Campos/SP: COMSOL; OptiBPM - Optiwave; RSOFT - Suite; HFSS - High Frequency Structue Simulation; CST - Studio Suite; Photon Design - Suite; FEKO - Em Simulation Software;

A lista completa dos grupos que informaram os equipamentos e softwares estão disponíveis no Apêndice C. É importante destacar que os equipamentos e softwares descritos não condizem com toda a capacidade do segmento pois foram poucos grupos que possuíam esta informação atualizada no diretório de grupos de pesquisa do CNPq.

03 ECOSISTEMA TECNOLÓGICO - Dados do WIPO



Foram identificadas 49 patentes publicadas entre os anos de 2008 e 2018. Nota-se que o ecossistema tecnológico apresentou uma quantidade elevada de patentes, no entanto, ele ainda não apresenta muita estabilidade.



49 REGISTROS DE PATENTES

Os registros realizados por pessoas jurídicas totalizaram 28 pedidos, na sequência há os pedidos realizados por instituições de ensino (14 pedidos). Por fim, os registros de pessoas físicas somam 7 pedidos.

Fonte: Adaptado de WIPO (27/03/2020).

Abaixo estão listadas as 5 universidades brasileiras que contribuíram para o desenvolvimento do ecossistema. Durante a pesquisa 3 universidades internacionais foram identificadas, por conta disso, 3 patentes pertencem a elas.

Instituição Brasileira	UFPA	UNICAMP	PUC-RIO	UFMG	Fiocruz	UNESP
Quantidade de patentes	5	2	1	1	1	1

04 ECOSISTEMA DE NEGÓCIOS



3884 EMPRESAS
ANATEL



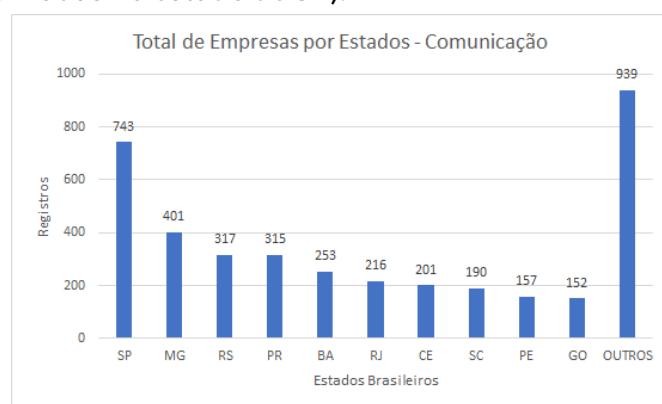
21 FABRICANTES
NACIONAIS



14 EMPRESAS
ESTRANGEIRAS

A presença de núcleos de pesquisa na região de São Carlos em SP favorecem a existência de variadas empresas nacionais fabricantes de fibra-óptica e outros componentes para essa indústria. Foram localizadas 22 empresas brasileiras que trabalham diretamente com a fabricação de tecnologias relacionadas a comunicação, em especial com fibra óptica (cerca de 81,0% delas estão localizadas no estado de SP).

Foram encontradas 3884 empresas cadastradas pela Agência Nacional de Telecomunicações, ANATEL (3) (gráfico abaixo). As empresas citadas acima trabalham com a instalação e manutenção de sistemas de fibra ótica no Brasil. Cerca de 19,1% estão no estado de SP.



Fonte: Adaptado de ANATEL (Fevereiro de 2020).

3 Agência Nacional de Telecomunicações, ANATEL. Empresas cadastradas pela ANATEL para trabalharem com Fotônica no Brasil. Disponível em: <<https://www.anatel.gov.br/paineis/acessos/panorama>>. Acesso em de fev. 2020.

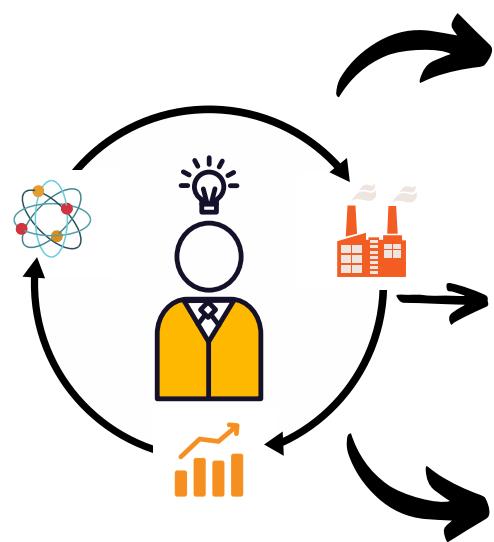
Em resumo a região Sudeste possui 37,2% das empresas, seguida das regiões nordeste e Sul com 27,3% e 21,2% das empresas. Também foram localizadas 14 empresas estrangeiras que comercializam produtos do segmento no Brasil. O setor de comunicações assim como o de iluminação é bastante desenvolvido nacionalmente, não existindo muito espaço para uma expansão significativa sem aumento do mercado consumidor nacional. Por fim, O setor de comunicações possui um grande volume empresas de prestação de serviços nacionais e internacionais de telefonia, internet e televisão com fibra ótica. Isso gera uma enorme demanda por infraestrutura devido ao tamanho do território brasileiro e seu mercado consumidor de informação.

Alguns dos fabricantes nacionais que foram identificados foram:



No Apêndice D estão listados todos os fabricantes nacionais identificados.

05 ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO



O ecossistema científico está em crescente avanço, fato que pode ser justificado pelos periódicos e grupos de pesquisas identificados. No entanto, é importante notar que a região sudeste apresentou os maiores registros de publicações. Isso pode ser justificado pelo fato da região apresentar uma melhor infraestrutura e um maior volume de recursos financeiros, enquanto a região nordeste possui os maiores registros de grupos de pesquisas.

O ecossistema tecnológico não apresenta uma curva de crescimento satisfatória e os registros de patentes foram muito oscilatórios. Nota-se que as instituições de ensino detêm da menor parcela de participação, por conta disso, parcerias entre instituição/empresa tende a desenvolver mais o ecossistema.

O setor de comunicações possui um grande volume de empresas de prestação de serviços nacionais e internacionais de telefonia, internet e televisão com fibra ótica. Isso gera uma enorme demanda por infraestrutura devido ao tamanho do território brasileiro e seu mercado consumidor de informação.

4.3. TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Os produtos de tecnologia da informação incluem impressoras e copiadores ópticos, câmeras digitais, escâneres, leitores de códigos de barras, discos ópticos, sensores de imagens e módulos de câmeras que são amplamente utilizados em smartphones. Em leitores de códigos de barras é emitido um feixe de luz vermelha que reconhece as barras por meio da cor ou da ausência dela, nesse caso, as barras pretas absorvem a luz emitida pelo leitor e as barras brancas o refletem, com isso há o reconhecimento do código por um receptor de luz.

01 ECOSISTEMA CIENTÍFICO - Dados do Web Of Science



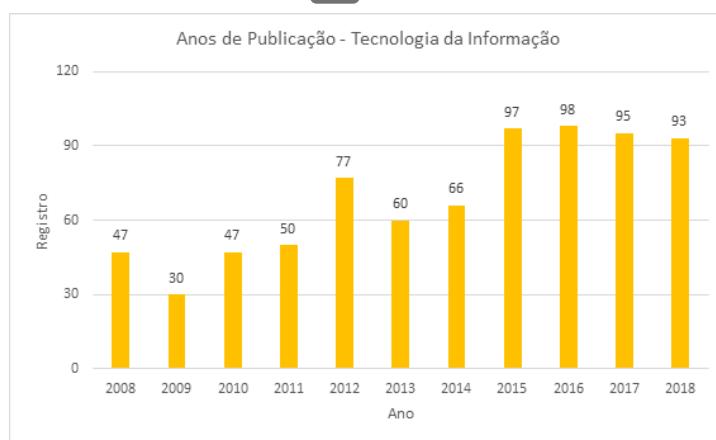
Neste caso obteve-se um total de 760 artigos publicados tendo como base palavras-chave que estavam relacionadas a câmeras, câmeras digitais, scaners, impressoras, impressoras a laser e copiadoras que estejam associados de alguma maneira com laser ou óptica ou prismas. O crescimento do segmento de 2008 a 2018 foi de 97,9%.



760 PERIÓDICOS



97,9%



Fonte: Adaptado de WOS (12/08/2019).

É interessante notar que de 2015 a 2018 os registros apresentaram certa estabilidade, ou seja, com poucas variações em relação a quantidade de artigos publicados, demonstrando que o ecossistema científico está se estabilizando mas ainda está se desenvolvendo. Por fim, 95,5% dos artigos foram publicados em inglês.

As informações importantes retiradas do WOS são:

- Apesar de ser um segmento com várias linhas de pesquisa, os maiores índices estão relacionados à categoria de Tecnologia e Ciências Físicas compreendendo, respectivamente, 83,3% e 74,5% dos artigos registrados. Isso se deve pelo fato de que estas duas categorias englobam as áreas de Engenharia, Instrumentos e Instrumentação, Ciência da Computação, Óptica e Comunicação que são as áreas de pesquisa que possuem os maiores registros de dados. Destaca-se que um único periódico pode ser inserido em pelo menos uma categoria geral e área de pesquisa.
- A Universidade de São Paulo (USP) lidera o ranking de instituições, totalizando 323 pesquisadores com publicações. Na sequência estão listadas a UNICAMP, UFRJ e UNESP cada uma com 107, 98 e 82 pesquisadores.
- A região sudeste apresentou o maior índice de pesquisadores (74,8% dos registros). Na sequência, as regiões Sul e Centro-oeste obtiveram registros muito inferiores (19,1% e 4,6% cada uma, respectivamente). As universidades UFRGS, UFPR, UFSC e UTFPR somam esforços para o desenvolvimento da região Sul e a UFG e a EMPRAPA somam esforços para a região centro-oeste.

- Infelizmente, a região nordeste registrou apenas 1,4% do total tendo a UFPE como instituição de destaque. Por fim, a região norte não obteve nenhum registro.

02 ECOSISTEMA CIENTÍFICO - Dados do CNPq



De acordo com o diretório de grupos de pesquisas do CNPq, há cadastrados na plataforma 30 grupos com pesquisas na área de TI. Dentre os 30 grupos localizados, 23 estão certificados e 6 também são certificados, no entanto, não são atualizados a mais de 12 meses. Por fim, apenas 1 grupo ainda está em situação de preenchimento.



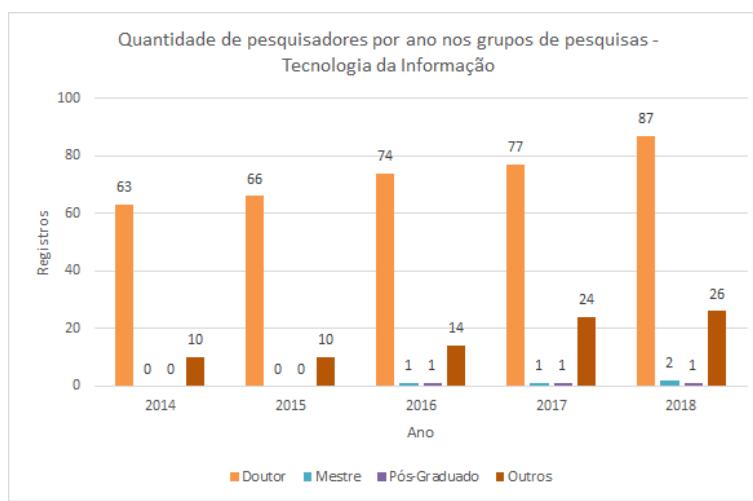
30 GRUPOS

76,5%

De 2008 a 2018, os grupos apresentaram um crescimento de 76,5%. É interessante verificar que a quantidade de grupos não decaiu em nenhum ano, fato este que está em sintonia com a publicação de periódicos, certificando o desenvolvimento do ecossistema científico para o presente segmento.

Fonte: Adaptado de CNPq (14/02/2020).

• Pesquisadores e Estudantes

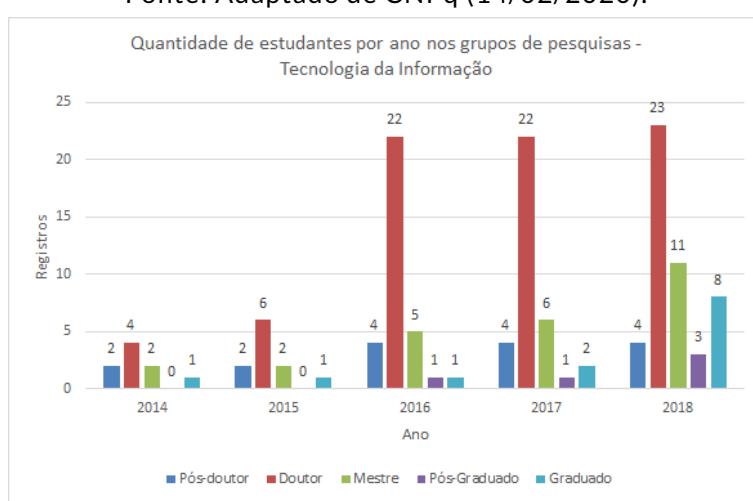


Fonte: Adaptado de CNPq (14/02/2020).

116 PESQUISADORES

58,9%

Foram identificados 116 pesquisadores trabalhando com TI com um crescimento de 58,9% de 2014 a 2018. A parcela mais significativa pertence os doutores com 75% do total, seguido da categoria de outros com 22,4% dos registros.



Fonte: Adaptado de CNPq (14/02/2020).

49 ESTUDANTES

444,4%

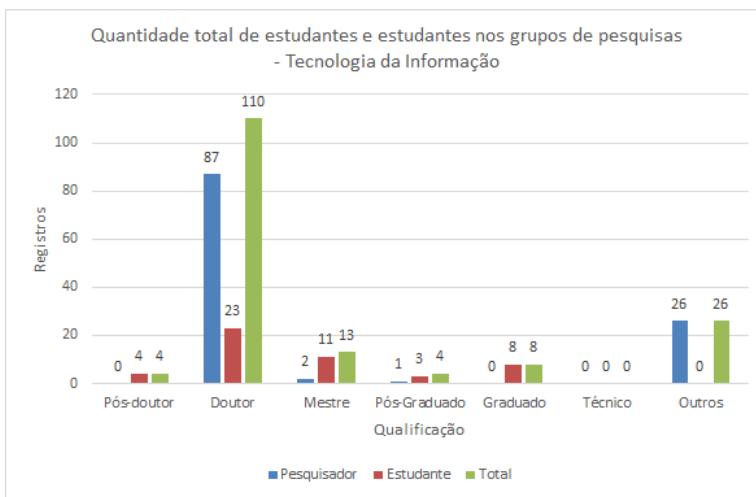
Cerca de 46,9% dos estudantes pertencem a categoria de doutores, 22,4% aos mestres e 16,3% aos graduandos. De maneira geral, foram identificados 49 estudantes com um crescimento de 444,4% de 2014 a 2018.



165 PROFISSIONAIS



101,2%



Fonte: Adaptado de CNPq (14/02/2020).

Como resultado da pesquisa, foram identificados 165 profissionais trabalhando neste segmento. A categoria que mais se destacou foi a de doutores, compreendendo 66,7% do total. Por fim, os profissionais identificados como "Outros" totalizaram 15,8% dos profissionais.

- **Parcerias**

Foram identificadas 40 instituições e/ou empresas parceiras aos 30 grupos identificados. Os grupos que mais se destacaram devido a quantidade de parceria foram:

Grupo	Melhoramento Vegetal	Grupo de Pesquisa em Engenharia de Software - GPES/ITA	Grupo de Estudo e Pesquisa em Análise de Registros da Região Amazônica - GEPARRA
Instituição	UFRPE	ITA	UNIR
Cidade	Recife	São José dos Campos	Ji-Paraná
UF	PE	SP	RO
Parcerias	5	5	5

- **Regiões Brasileiras**

A região Sudeste é a que mais se destaca com 36,7% do total de grupos (11 grupos). Na sequência estão as regiões Nordeste e Sul com 20,0% dos grupos cada (6 grupos cada). A região Norte possui 13,3% dos grupos e a região Centro-oeste possui apenas 10,0%. Em relação aos estados que mais se destacam tem-se: MG com 5 grupos; PE, RS e SP com 3 grupos; DF, PR e RJ com 2 grupos. Apesar da região Sudeste comportar a maioria dos grupos, é interessante avaliar que a pesquisa não está centrada somente nesta região, e que as regiões Nordeste e Sul também possuem registros significativos. Em resumo, 16 estados brasileiros mais o Distrito Federal possuem grupos de pesquisas atuantes no desenvolvimento do segmento.

- **Equipamentos e Softwares**

Somente 1 grupo possuía informações dos equipamentos disponíveis, com isso obteve-se a identificação de apenas 2 equipamentos. O grupo é descrito da seguinte maneira: Nome do grupo de pesquisa, Instituição de Ensino e/ou Departamento, Cidade/Estado: Equipamento.

- IMAGO - Grupo de Pesquisa em Visão Computacional, Computação Gráfica e Processamento de Imagens, UNV/Departamento de Informática, Curitiba/PR: Scanner Minolta VIVID 910 e Scanner 3D Breuckmann.

Já para os softwares, 5 grupos possuíam esta informação no CNPq, de modo que foi possível localizar 11 softwares. A descrição do grupo com a maior quantidade de softwares é realizado semelhante ao anterior, onde o equipamento é substituído pelo software.

- Grupo de Estudo e Pesquisa em Análise de Registros da Região Amazônica - GEPARRA, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná/RO: Software R; R studio; Python; GENES;

A lista completa dos grupos que informaram os softwares estão disponíveis no Apêndice C. É importante destacar que os equipamentos e softwares descritos não condizem com toda a capacidade do segmento pois foram poucos grupos que possuíam esta informação atualizada no diretório de grupos de pesquisa do CNPq.

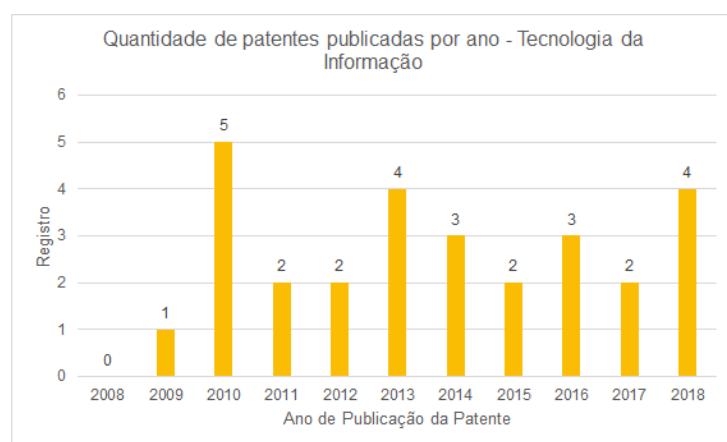
03 ECOSSISTEMA TECNOLÓGICO - Dados do WIPO



Encontrou-se um total de 28 patentes publicadas entre 2008 e 2018 para o presente segmento. A busca realizada por palavras-chaves diz respeito a câmeras, impressoras, scanners e copiadoras que estejam, de alguma maneira, relacionadas com componentes e sistemas ópticos e laser.



28 REGISTROS DE PATENTES



Obteve-se um total de 15 pessoas jurídicas registrando patentes seguido de 10 pessoas físicas e 3 instituições de ensino. Em dados gerais, as instituições de ensino registraram apenas 10,7% do total de patentes, índice baixo visto que há muita pesquisa no segmento.

Fonte: Adaptado de WIPO (27/03/2020).

Abaixo estão listadas as 3 universidades brasileiras citadas acima.

Instituição Brasileira	CNEN	UNICAMP	Fiocruz
Quantidade de patentes	1	1	1

04 ECOSSISTEMA DE NEGÓCIOS



253 EMPRESAS NACIONAIS



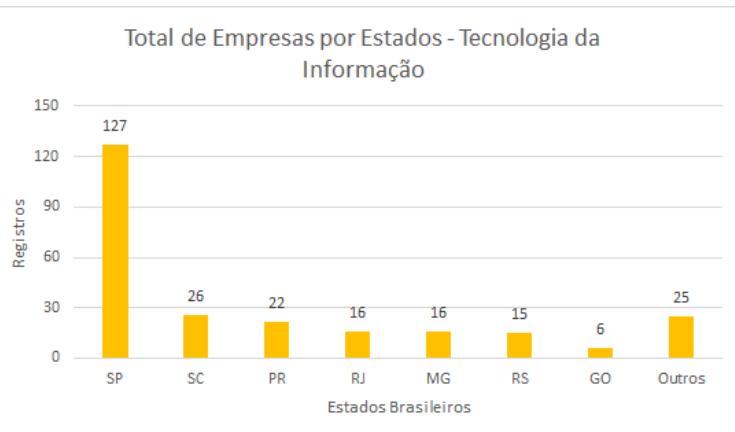
15 FABRICANTES NACIONAIS



51 EMPRESAS ESTRANGEIRAS

Este segmento possui a presença de muitos fabricantes internacionais. O Brasil basicamente revende essas tecnologias no varejo (impressoras laser, escanners, câmeras digitais) e também para empresas (leitores biométricos, câmeras de vigilância e escaneres de códigos de barras/QR codes). Mesmo assim há a presença de algumas empresas nacionais produtoras de leitores biométricos para controle de entrada em locais de acesso restrito e leitores de código de barras para o forte setor de varejo no mercado interno. Nesse setor houveram mais fabricantes em Minas Gerais (totalizando 5 empresas), contrariando a tendência de São Paulo, onde foram identificadas 2 empresas. Além disso PR possui 3 produtores, SC possui 2 e RS, RJ e AM apenas 1 empresa cada.

De maneira geral, foram identificadas 253 empresas nacionais atuando no mercado brasileiro e 51 empresas estrangeiras. Das 253 empresas brasileiras, 238 trabalham apenas com venda, terceirização e manutenção e apenas 15 trabalham com a produção de equipamentos.



Fonte: Autoria própria (Fevereiro de 2020).

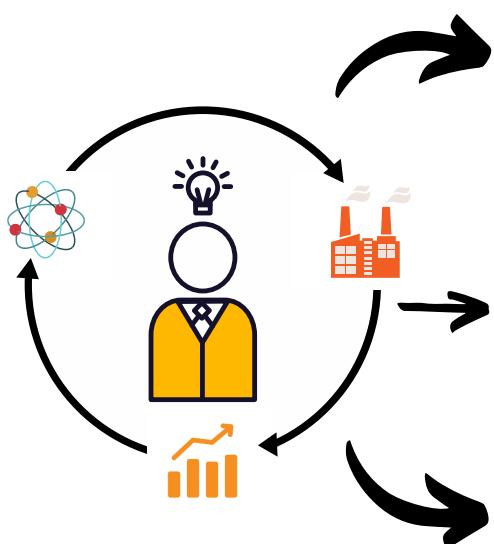
Como essas empresas possuem, geralmente, sede na região Sudeste, ela apresenta uma forte posição neste segmento. A região Sudeste comporta 64,0% das empresas, a região Sul 24,9%, a região Centro-oeste 5,1%, Nordeste 4,0% e Norte apenas 2,0%.

Alguns dos fabricantes nacionais que foram identificados são:



No Apêndice D estão listados todos os fabricantes nacionais identificados.

05 ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO



O ecossistema científico ainda está em desenvolvimento. Uma análise interessante a ser realizada é que a região Sudeste possui os maiores registros de publicações de periódicos e de grupos de pesquisas, ilustrando que a região já apresenta um ecossistema científico estável e desenvolvido, no entanto, as outras regiões ainda merecem atenção e incentivos a pesquisa.

De modo geral, o ecossistema tecnológico ainda está se desenvolvendo. Seria interessante explorar a inovação secundária para o desenvolvimento de novas aplicações para a indústria no geral.

Esse é um setor com potencial de crescimento derivado da existência de grandes empresas brasileiras de varejo e da tendência mundial por e-commerce que se caracteriza pela velocidade de entrega, determinada, em grande parte, pela capacidade de gestão de estoque e logística, que são fortemente influenciados pelas tecnologias fotônicas de informação.

4.4. FOTOVOLTAICOS

Na área de fotovoltaicos há a utilização de células solares e módulos fotovoltaicos que convertem a luz do sol em energia elétrica. Eles estão se tornando um atrativo para os consumidores por utilizarem energias limpas e, a longo prazo amortecer ou zerar a conta de luz. Devido ao alto custo dessa tecnologia ela ainda não tornou tão difundida no país, no entanto, a China tem expandido com força sua presença nesse mercado nos últimos anos e os preços das placas fotovoltaicas estão diminuindo.

01 ECOSISTEMA CIENTÍFICO - Dados do Web Of Science



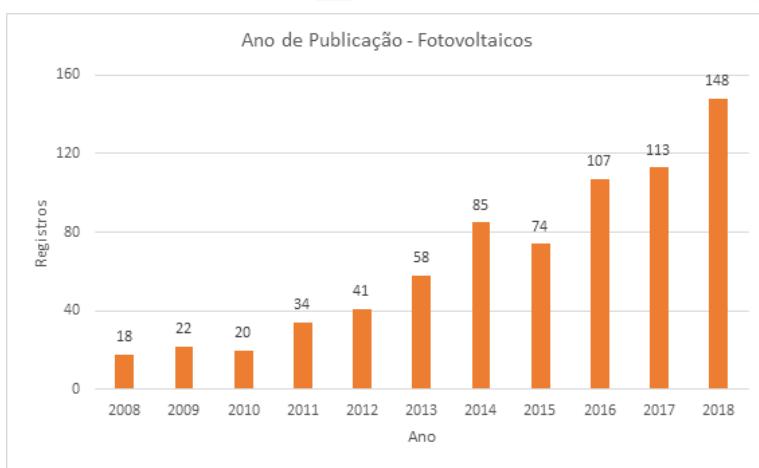
Para o segmento de fotovoltaicos utilizou-se como base palavras-chave como painéis fotovoltaicos, módulos solares, células solares, eficiência de energia e seus similares.



720 PERIÓDICOS



722,2%



Fonte: Adaptado de WOS (12/08/2019).

Obteve-se um total de 720 registros de artigos publicados. Comparando o ano de 2008 e 2018 o segmento apresentou um crescimento de 722,2%, evidenciando o crescimento da tecnologia de fotovoltaicos dentro das instituições. Em resumo, 95,6% dos periódicos foram publicados em inglês.

As informações importantes retiradas do WOS são:

- As Categorias Gerais que mais se destacaram foram Tecnologia e Ciências Físicas. Elas estão presentes em 83,9% e 83,3% dos periódicos, respectivamente.
- As 5 primeiras áreas de pesquisa (Ciência dos Materiais, Engenharia, Física, Energia e Combustíveis e Química) apresentam uma grande quantidade de registros quando comparado com as demais. Elas compreendem, respectivamente, 57,1%, 54,4%, 52,1%, 48,9% e 48,2% dos periódicos. Isso se dá pelo fato de que a construção e o funcionamento de equipamentos fotovoltaicos têm como base essas áreas. Assim como já citado antes, um único periódico pode ser inserido em pelo menos uma Categoria Geral e em pelo menos uma Área de Pesquisa.
- A USP lidera as instituições, novamente, seguida da UNICAMP, UNESP e UFPR. Cada uma totalizou 245, 187, 143 e 104 pesquisadores, respectivamente.
- A região Sudeste compreende 63,3% dos registros, fato este que pode ser justificado pelo fato de que as instituições no ranking das pesquisas estão localizadas nesta região. Na sequência a região Sul possui 30,3% dos registros, (menos da metade da região Sudeste), com a UFPR, UFSC, UFRGS, UTFPR, UEL, UFSM, PUC-RS e PUC-PR colaborando no desenvolvimento do ecossistema científico nesta região.

02 ECOSSISTEMA CIENTÍFICO - CNPq



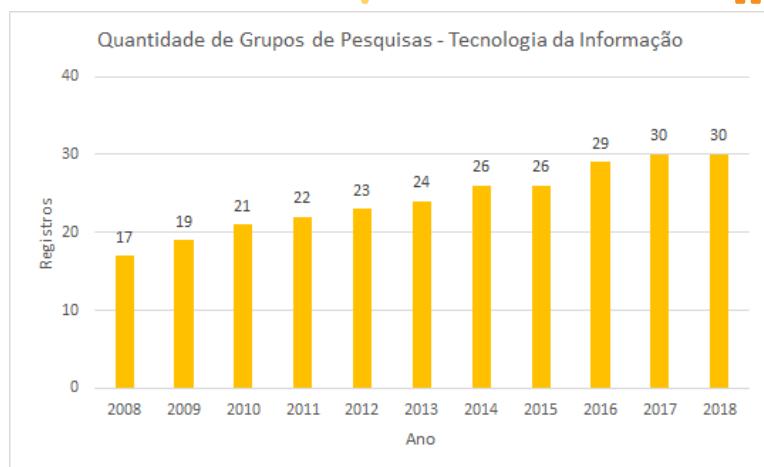
De acordo com o diretório de grupos de pesquisas do CNPq, há cadastrados na plataforma 75 grupos com pesquisas na área de fotovoltaicos. Dentre os 75 grupos localizados, 44 estão certificados e 23 também são certificados, no entanto, não são atualizados a mais de 12 meses. Por fim, apenas 8 grupos ainda estão em situação de preenchimento.



75 GRUPOS



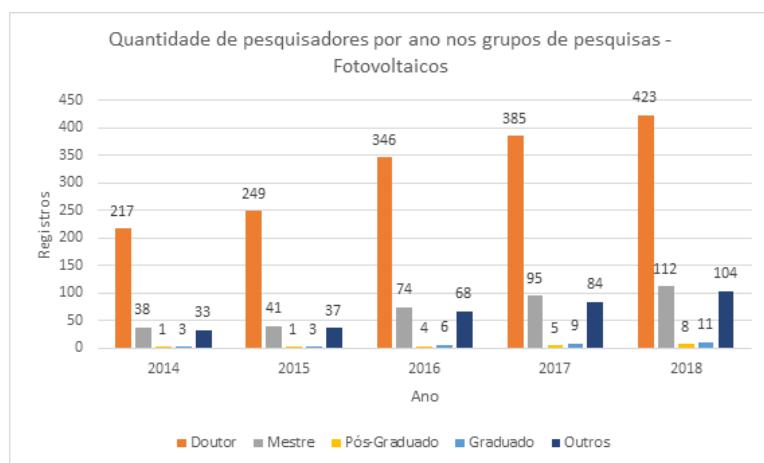
141,9%



Fonte: Adaptado de CNPq (30/10/2019).

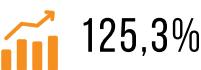
Foram identificados 75 grupos com um crescimento de 141,9%. É interessante analisar que não houve nenhuma queda durante a pesquisa, evidenciando o crescimento do segmento dentro das instituições de ensino, além de estar em sintonia com as publicações de periódicos abordadas anteriormente.

- Pesquisadores e Estudantes**



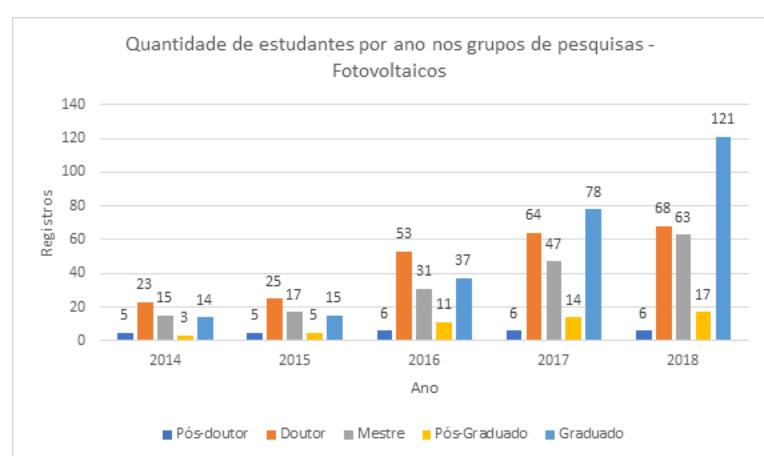
Fonte: Adaptado de CNPq (30/10/2019).

658 PESQUISADORES



125,3%

Encontrou-se um total 658 pesquisadores trabalhando com o segmento de Fotovoltaicos em 2018. Eles apresentaram um crescimento de 125,3% de 2014 a 2018. Os doutores totalizam 64,3% dos pesquisadores, seguido dos mestres com 17,0%.



Fonte: Adaptado de CNPq (30/10/2019).

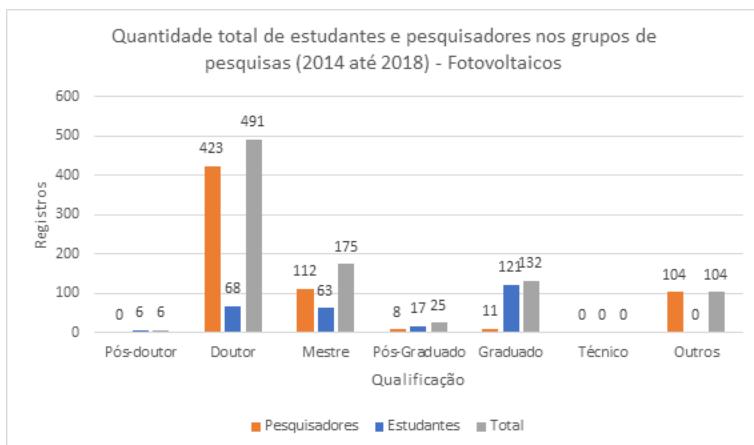
275 ESTUDANTES



358,3%

Foram identificados 275 estudantes em 2018 e, de 2014 a 2018, eles obtiveram um crescimento de 358,3%. Houve um crescimento muito significativo do número de graduandos envolvidos nos grupos de pesquisa, em que se efetivou um crescimento de 764,3%, que somam 44,0% dos estudantes.

933 PROFISSIONAIS



Fonte: Adaptado de CNPq (30/10/2019).

 165,1%

Por fim, foram identificados 933 profissionais, dos quais 70,5% pesquisadores e 29,5% são estudantes. Juntos, eles obtiveram um crescimento de 165,1%. A parcela mais significativa está com os doutores, com 52,6% dos profissionais. Na sequência estão os mestres e graduando com 18,8% e 14,1% respectivamente.

- **Parcerias**

Foram identificadas 83 instituições e/ou empresas parceiras aos 75 grupos identificados. Os grupos que mais se destacaram devido a quantidade de parcerias foram:

Grupo	Análise Estrutural e Dinâmica	BIOTEC	Grupo de Energia Solar	Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais
Instituição	IPUC/PUC Minas	IFCE	Escola de Engenharia	URI - Erechim
Cidade	Belo Horizonte	Jaquaribe	Porto Alegre	Erechim
UF	MG	CE	RS	RS
Parcerias	7	5	5	5

- **Regiões Brasileiras**

Os estados de PR e SP concentram o maior número de grupos de pesquisa, cada um é responsável por 12% do montante desse segmento (9 grupos cada). Outros estados das regiões Sul e Sudeste brasileiro também se destacaram, como MG (7), RS (6) e SC (6). Além disso estados da região Nordeste também estão contribuindo para o desenvolvimento do segmento, como BA (5), PE (5), CE (4), PB (3), RN (3) e AL (2). Como consequência da divisão dos grupos por estados, a região Nordeste possui 30,7% dos grupos, Sudeste e Sul estão empatadas com 28,0% dos grupos, Norte possui 10,7% e a região Centro-oeste detêm apenas 2,7% dos grupos. Em resumo, 18 estados brasileiros possuem grupos de pesquisas atuando no desenvolvimento do segmento.

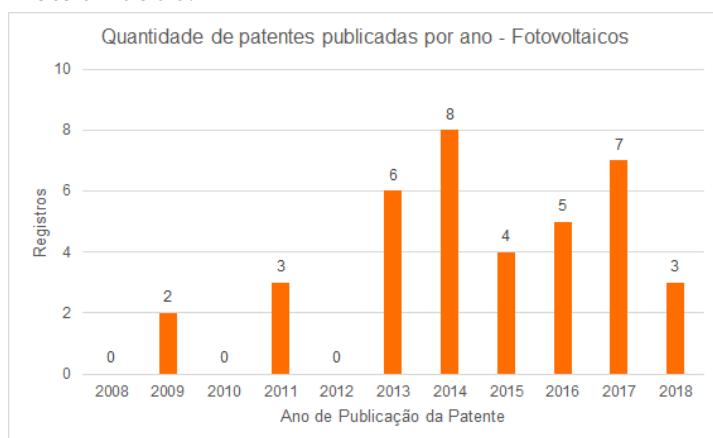
- **Equipamentos e Softwares**

Ao total, 20% do total de grupos (15) listaram os equipamentos e softwares disponíveis, totalizando 48 equipamentos e 37 softwares. Alguns dos equipamentos citados foram: Simulador Solar - SOLSIM, Edifício Solar fotovoltaico de energia positiva, Usina Solar Fotovoltaica de 3 MWp (projeto de P&D estratégico ANEEL-Tectebel-UFSC, Câmara climática, Simulador Solar Flash, Planta didática para controle de processos, Fotoluminescência e outros. Alguns dos softwares citados foram: Matlab, TERMOSIM, TERMODIM, Ansys, COMSOL Multiphysics, SolidWorks, EnergyPlus, RADIASOL 2, NI-Labview e outros. Como há muitos grupos com informações de equipamentos e softwares, no Apêndice C eles descritos detalhante, com isso é possível analisar cada grupo individualmente.

03 ECOSSISTEMA TECNOLÓGICO - WIPO



Foram identificadas 38 patentes publicadas entre os anos de 2008 e 2018. Assim como ocorreu nos segmentos anteriores, o ecossistema tecnológico ainda apresenta certa instabilidade.



Fonte: Adaptado de WIPO (27/03/2020).

Abaixo estão listadas as 3 universidades brasileiras citadas acima. Devido aos altos registros identificados no ecossistema científico, se esperava um número maior de instituições de ensino atuantes no depósito de patentes.

Instituição Brasileira	PUC-RS	UNICAMP	UFAL
Quantidade de patentes	2	1	1

04 ECOSSISTEMA DE NEGÓCIOS



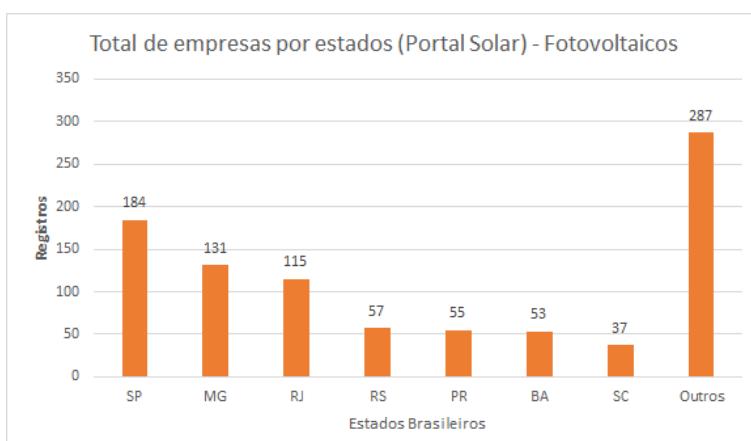
 919 EMPRESAS
PORTAL SOLAR⁴

 5 FABRICANTES
NACIONAIS

 7 EMPRESAS
ESTRANGEIRAS

Os demandantes desse setor são empresas buscando matrizes energéticas limpas e redução nos custos energéticos e residências que buscam reduzir ou anular a conta de luz com a geração de energia solar. Esse é um mercado hoje dominado pelos chineses, que baixaram muito o custo dessa tecnologia e praticamente retiraram os europeus do mercado, com isso a indústria brasileira de fotovoltaicos também sofreu duras perdas. Esse setor é extenso e foi encontrada uma base de dados de empresas no Portal Solar (4). Foram localizadas 919 empresas que comercializam e/ou fabricam produtos relacionados a Fotovoltaicos.

Nota-se que SP comporta 20,0% do total de empresas (que comercializam e fabricam). Na sequência encontram-se MG (14,3%) e RJ (12,5%). De maneira geral, a região Sudeste comporta 48,5% das empresas, a região Nordeste 18,4%, a Sul 16,2% e a Centro-oeste e Norte, 10,6% e 6,3%, respectivamente.



Fonte: Adaptado de Portal Solar (Fevereiro de 2020).

O mercado de fotovoltaicos tem forte presença estrangeira majoritariamente chinesa na produção de células (foram localizadas 7 empresas internacionais atuando no mercado interno), porém há alguns fabricantes nacionais (5), localizados em SP (4) e SC (1) que conseguem se manter competitivos no mercado.

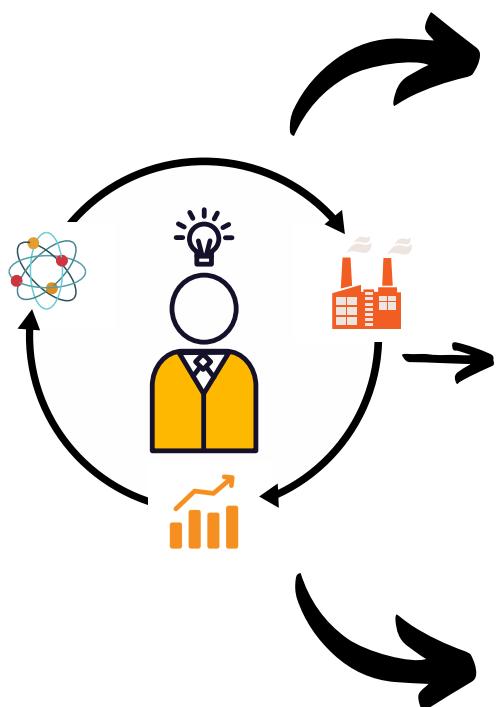
Esta tecnologia tende a ser muito utilizada pelo fato de ser uma energia limpa, no entanto, devido ao seu alto custo, ela ainda não está muito presente nas residencias brasileiras.

Os fabricantes nacionais que foram identificados são:



No Apêndice D estão listados todos os fabricantes nacionais identificados.

05 ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO



Uma das possibilidades do crescimento do ecossistema científico pode ser justificado porque o aumento das pesquisas neste segmento está ligado com o intuito de baratear esta tecnologia tornando-a mais acessível a população além da preocupação em exibir sua eficiência em relação aos outros tipos de energias. Além disso, o segmento possui forte presença n as regiões Nordeste, Sudeste e Sul não estando concentrado em apenas uma.

O ecossistema tecnológico não apresentou resultados tão satisfatórios quanto o científico, visto que as instituições de ensino foram as que obtiveram as menores participações nos registros de patentes. Espera-se mais parcerias instituição/empresa para fomentar a ligação entre ambos desenvolvendo assim os ecossistemas.

A forte presença brasileira nesse mercado se encontra em serviços de projeto e instalação desses sistemas para uso residencial em geração distribuída e em geração concentrada de energia. Os fabricantes se concentram em São Paulo e os serviços se concentram no Nordeste e Sudeste, existindo ainda um potencial de crescimento no Centro-Oeste e Nordeste, pois é onde há o maior potencial energético para essa tecnologia.

4.5. TECNOLOGIA MÉDICA E DAS CIÊNCIAS DA VIDA

Na área da medicina ela está presente em sistemas lasers terapêuticos e estéticos, na remoção de tatuagens, em sistemas de imagens médicas computadorizadas, microscópios e monitores. Um exemplo prático de sua utilização é na realização de exames médicos, como a tomografia. Também é utilizado em análises químicas, como a detecção de fluidos com a utilização de luz negra e até mesmo em cirurgias a laser para a remoção de pedra nos rins ou cirurgias de correção de miopia.

01 ECOSISTEMA CIENTÍFICO - WOS



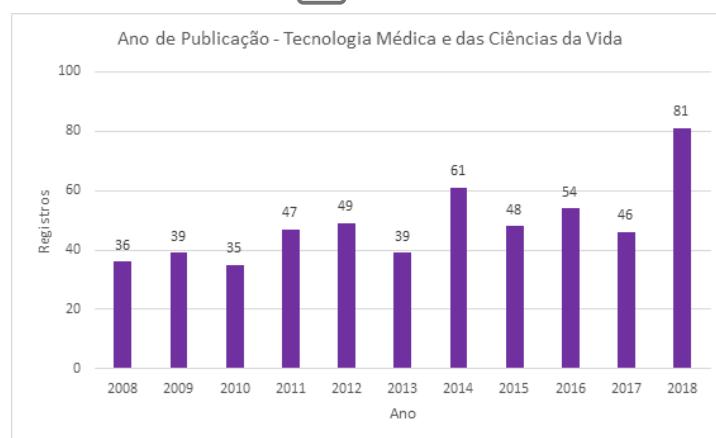
Utilizou-se palavras-chave que envolvem desde tratamentos estéticos, médicos e dermatológicos que utilizam laser no seu funcionamento até tecnologias médicas, lentes, óculos, microscópios e similares. Foram identificados 535 periódicos de 2008 a 2018, com um crescimento de 125%. Cerca de 97,4% deles foram publicados em inglês.



535 PERIÓDICOS



125,0%



Fonte: Adaptado de WOS (14/08/2019).

As informações importantes retiradas do WOS são:

- A Categoria de Ciências da Vida e Biomedicina está presente em 75,0% dos artigos seguida da categoria de Tecnologia e Ciências Físicas com 71,0% e 62,8% respectivamente. O fato da primeira categoria ter apresentado bom desempenho só evidencia que a pesquisa realizada está pertinente com o segmento. O fato das outras duas categorias terem alcançado bons resultados nos diz que este segmento está usufruindo cada vez mais da tecnologia para seu bem maior.
- A área de Engenharia se destacou com 44,7% dos artigos, justificando que há muitas pesquisas envolvendo automação da área médica de modo que isso auxilie a equipe médica durante as operações, consultas e exames. Além disso, as áreas de Óptica, Física, Microscopia e Ciência dos Materiais apresentaram bons registros pelo fato de que a área médica aborda diferentes áreas e possui muitas frentes de pesquisa. Destaca-se que um único periódico pode ser inserido em pelo menos uma categoria geral e em pelo menos uma área de pesquisa.
- A USP lidera a pesquisa deste segmento com 297 pesquisadores com publicações seguido da UNIFESP (85), UNICAMP (81) e UNESP (61). É interessante analisar que mesmo a segunda colocada possui registros muito inferiores que a USP.

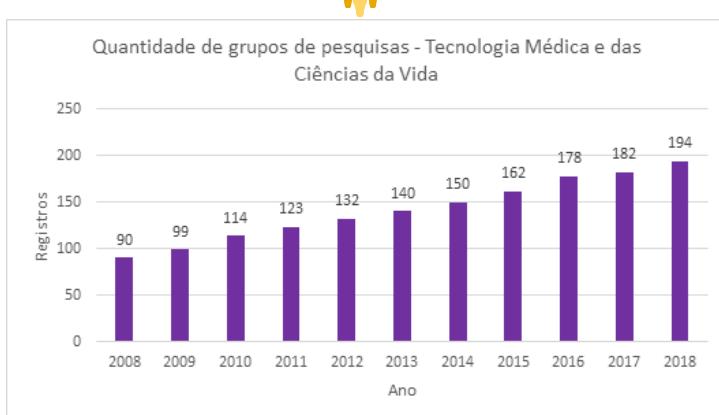
De maneira geral, o segmento apresentou algumas oscilações, no entanto, elas não foram muitos significativos até 2017, quando os registros quase que dobraram. Espera-se que os dados aumentem pois o segmento ainda está em crescimento e possui muitas aplicações na medicina.

- A região Sudeste apresentou resultados elevados quando comparada as outras regiões, totalizando 78,4% dos periódicos. Na sequência está a região Sul com 10,9% (UFRGS, UFSC e UFPR estão na liderança auxiliando no desenvolvimento do região). A região Nordeste detém apenas 7,5% dos pesquisadores (UFPE, UFB, UFRGN e UFC são as universidades de maior destaque). A região centro-oeste obteve apenas 3,2% (UNB e UFG somam esforços para o desenvolvimento desta região) e, por fim, a região Norte não apresentou nenhum registro.

02 ECOSISTEMA CIENTÍFICO - CNPq



A partir do diretório do CNPq foram identificados 194 grupos de pesquisas. Do total, 114 estão certificados, 68 também são certificados, porém, não são atualizados a mais de 12 meses e, por fim, 12 estão em preenchimento.

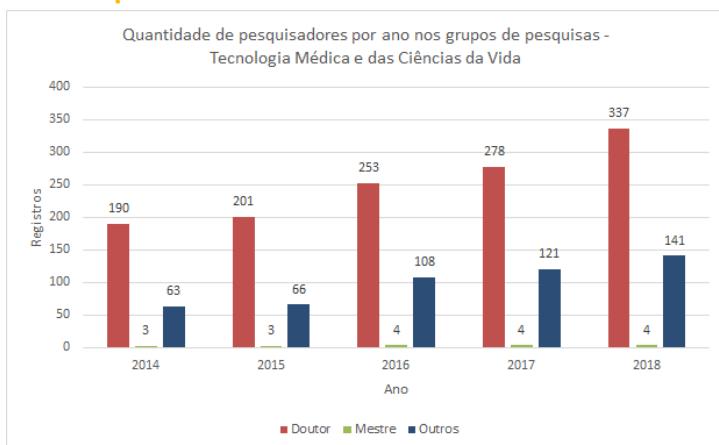


115,6%

De maneira geral o segmento apresentou um crescimento de 115,6%. É interessante verificar que o crescimento apresentado pelos artigos foi muito semelhante ao obtido pelos grupos de pesquisa, evidenciando a harmonia de dados e o desenvolvimento do ecossistema.

Fonte: Adaptado de CNPq (04/11/2019).

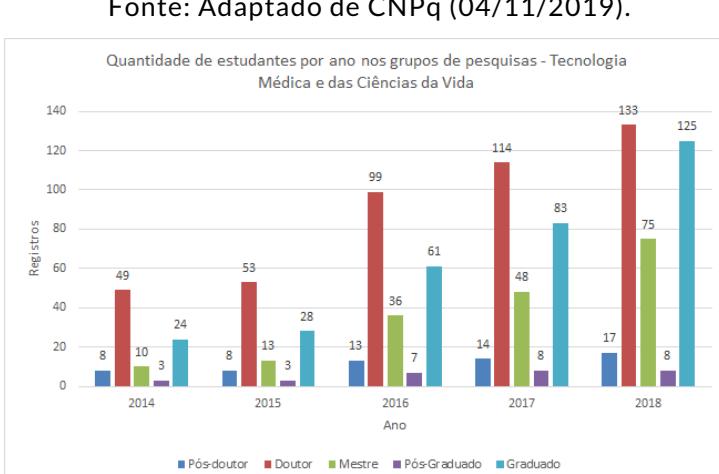
• Pesquisadores e Estudantes



482 PESQUISADORES

88,3%

Os mestres não apresentaram nenhuma mudança significativa, por outro lado, os doutores e outros apresentaram um grande avanço. Os doutores passaram de 190 para 337, um crescimento de 77,4%, já para os outros, o crescimento foi de 123,8%.



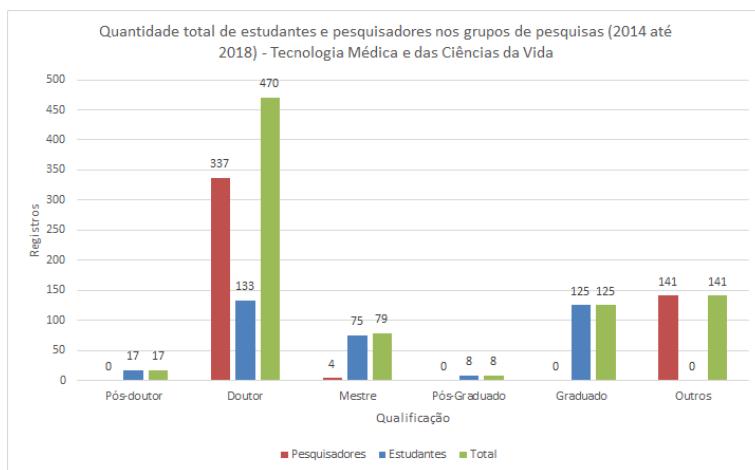
358 ESTUDANTES

280,9%

Os doutores correspondem a 37,2% do total e obtiveram um crescimento de 171,4%. Os mestres são 20,9% do total e cresceram 650,0% e, por fim, os graduandos equivalem a 34,9% do total e cresceram 420,8% de 2014 a 2018.

Fonte: Adaptado de CNPq (04/11/2019).

 840 PROFISSIONAIS

 140,0%


Fonte: Adaptado de CNPq (04/11/2019).

- **Parcerias**

Foram identificadas 147 instituições e/ou empresas parceiras aos 194 grupos identificados. Os grupos que mais se destacaram devido a quantidade de parcerias foram:

Grupo	GAPEC - Grupo Acadêmico de Pesquisas Clínicas	Física de Materiais	Grupo de Optoeletrônica Molecular (LOEM)	Metrologia Química e Eletroquímica
Instituição	ICT-Unifesp	UEFS	PUC-RIO	
Cidade	São José dos Campos	Feira de Santana	Rio de Janeiro	Duque de Caxias
UF	SP	BA	RJ	RJ
Parcerias	9	6	6	6

- **Regiões Brasileiras**

O estado de SP detém de 20,1% dos grupos (39), seguido do estado do PR e MG, cada um com 14,9% (29) e 10,3% (20), respectivamente. Os estados de PE, RJ e RS também merecem destaque pois possuem, respectivamente, 15 grupos (7,7%), 14 grupos (7,2%) e 13 grupos (6,7%). Como consequência a região Sudeste detém os maiores registros de grupos (37,6%) seguido das regiões Nordeste e Sul com 25,3% e 23,7%, respectivamente. De maneira geral, 22 estados brasileiros mais o Distrito Federal estão presentes na pesquisa do segmento.

- **Equipamentos e Softwares**

Apenas 39 grupos (20%) possuíam a informação de equipamentos disponíveis, já para os softwares, apenas 24 (12,4%) haviam a disposição a descrição dos softwares. Como resultado final, encontrou-se um total de 124 equipamentos e 56 softwares, os maiores registros obtidos dentre todos os segmentos analisados. Alguns dos equipamentos citados foram: Espectofotômetros, Espectrômetros, Cromatógrafos, Microscópios, Calorímetros, Analisador Elementar CHNS, Analisador Térmico, Sistema de medida de fluorescência Transiente, Laser pulsado ns, Espectrofluorímetro, Microscópio óptico invertido, Drones, Analisador de Carbono Órgânico total e nitrogênio e muitos outros. Alguns dos softwares citados foram: Matlab, ORCA COMSOL, LABView, Gaussian, Cadence, ES-Tetris, OPTIWave, Quantum Express, stellarium e outros. Para maiores informações acessar o Apêndice C onde estão descritos os grupos de pesquisas citados neste tópico com seus respectivos equipamentos e softwares.

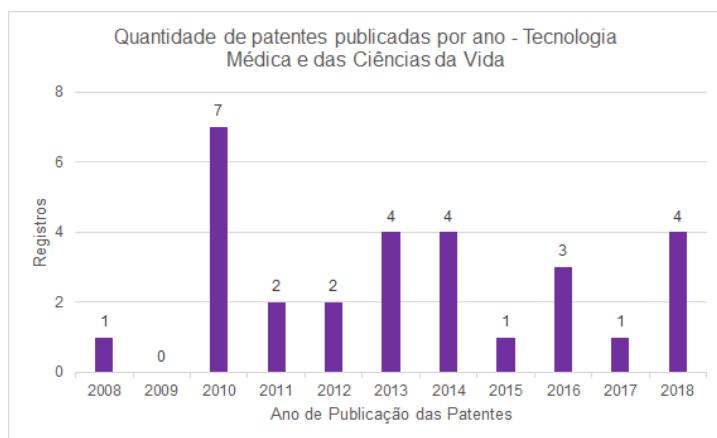
Com um crescimento de 140,0%, foram identificados 840 profissionais trabalhando (42,6% estudantes e 57,4% pesquisadores). A parcela de profissionais mais significativa está com os doutores (56,0%), seguido dos outros (16,8%) e graduandos (14,9%).

03 ECOSISTEMA TECNOLÓGICO - WIPO



Foram identificadas 29 patentes publicadas entre 2008 e 2018. Os resultados foram oscilatórios, não acompanhando o desenvolvimento do ecossistema científico.

29 REGISTROS DE PATENTES



Fonte: Adaptado de WIPO (27/03/2020).

Pessoas jurídicas registraram 13 patentes (44,8%), instituições de ensino totalizaram 10 patentes (34,5%) e, por fim pessoas físicas somaram 6 patentes (20,7%). Em resumo, o ecossistema tecnológico ainda está em desenvolvimento e não apresenta muita sintonia com o desenvolvimento do ecossistema científico.

Abaixo estão listadas as universidades brasileiras que auxiliaram no desenvolvimento do ecossistema tecnológico. Destaque para a UFMG que totalizou 6 patentes (a mesma quantidade que todas as pessoas físicas registraram)

Instituição Brasileira	UFMG	UNICAMP	UFRJ	UNESP	Fundação Antônio Prudente
Quantidade de patentes	6	1	1	1	1

04 ECOSISTEMA DE NEGÓCIOS



 **304 EMPRESAS NACIONAIS**

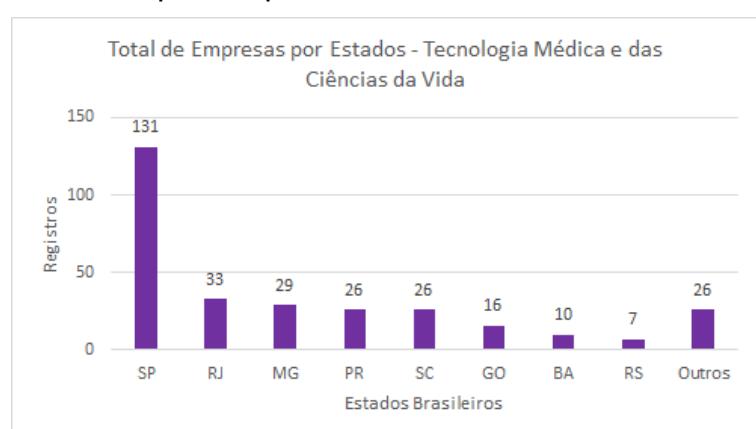
 **18 FABRICANTES NACIONAIS**



11 EMPRESAS ESTRANGEIRAS

O segmento inclui tratamentos estéticos, que por sua vez possui um mercado muito amplo no Brasil composto por franquias e pequenos negócios ligados diretamente ao consumidor final. Isso fomenta a disponibilidade de fornecedores de equipamentos nacionais que atendam a essa demanda elevada por máquinas de tratamento estético.

Foram localizadas 304 empresas brasileiras que trabalham com o segmento no país. Do total das empresas, 18 trabalham com pesquisa e desenvolvimento e 286 trabalham exclusivamente com vendas de produtos e/ou prestação de serviços. Das 18 empresas que trabalham com P&D, 17 estão em SP e 1 em MG.



Fonte: Autoria própria (Fevereiro de 2020).

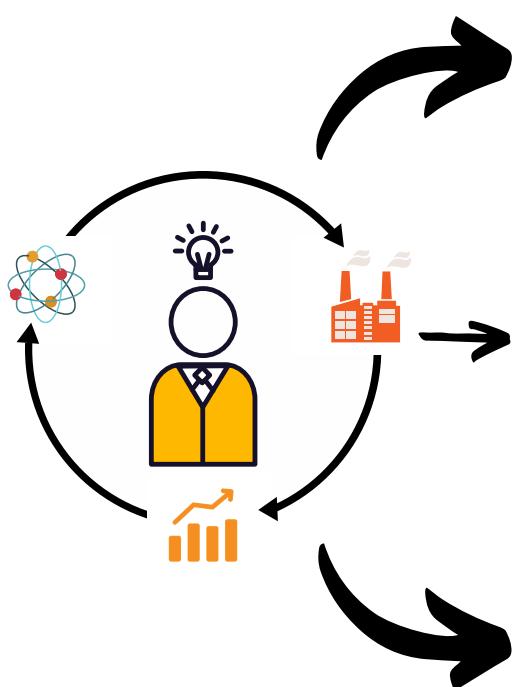
Vale ressaltar que foram encontradas poucas empresas estrangeiras nesse segmento, porém isso pode estar relacionado a dificuldade de obter informações dos fabricantes de equipamentos que existem nas clínicas atualmente (foram localizadas 11 empresas internacionais atuando no mercado interno). Este é um setor com grande potencial de crescimento para atender a demanda interna por saúde. Além disso, as tecnologias médicas que envolvem laser tendem a ser mais precisas durante o tratamento gerando menores problemas aos pacientes. Percebeu-se que no Nordeste há a presença de muitos institutos médicos, porém a concentração de clínicas de estética está no Sul e Sudeste. A região mais desenvolvida é a Sudeste com, 64% de empresas, seguida da região Sul com 19,4%, Nordeste com 6,6%, Centro-oeste com 6,6% e Norte com 2,3% do total de empresas.

Alguns dos fabricantes nacionais que foram identificados são:



No Apêndice D estão listados todos os fabricantes nacionais identificados.

05 ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO



Como análise geral do ecossistema científico pode-se afirmar que o crescimento da publicação de periódicos é proporcional ao crescimento de grupos de pesquisas. Além disso a região Sudeste é a que possui um ecossistema científico mais estável, no entanto as outras merecem atenção para que também atinjam os resultados da região Sudeste.

Os resultados do ecossistema tecnológico não foram tão satisfatórios quanto o do ecossistema científico. Os registros de patentes não apresentaram constância e não acompanharam o desenvolvimento do ecossistema científico. Apesar das instituições de ensino terem as menores publicações, a UFMG se destacou positivamente devido a quantidade de patentes publicadas.

O mercado de medicina possui presença estrangeira, mas os produtores nacionais competem no mercado nacional e internacional com equipamentos de espectroscopia, fototerapia, endoscopia e outros sistemas de imagem de uso médico. Porém esse não é o único mercado presente nesse segmento, cirurgias e tratamentos a laser são disponibilizados, não só no serviço público, como em clínicas e institutos privados. Portanto, nesse segmento há um grande mercado de serviços.

4.6. MEDIÇÃO E VISÃO DE MÁQUINA

No setor de medições e processamento de imagens tem-se a utilização de sensores fotônicos, espectrômetros e de aplicações em sistemas de medições. Dentro deste cenário, o uso da fotônica auxilia nas medições de grandezas físicas e químicas sem a necessidade de contato com o mensurando. Também está inclusa a área de visão computacional, responsável, dentre diversas outras aplicações, por realizar o controle de qualidade na indústria.

01 ECOSSISTEMA CIENTÍFICO - WOS



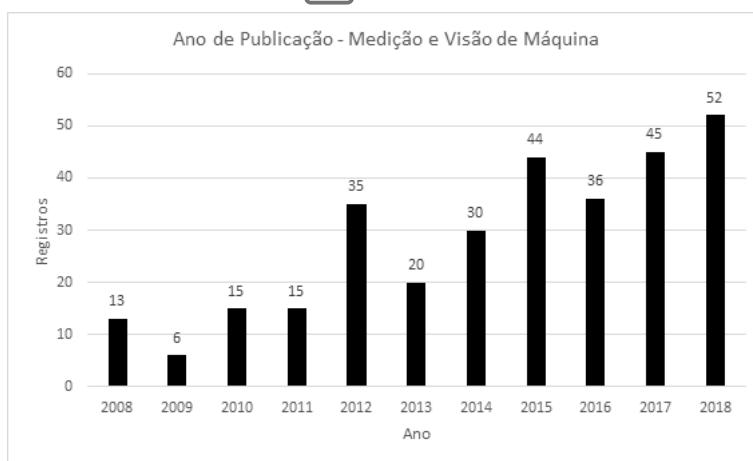
Para o presente segmento foram identificados 311 artigos. As palavras-chave utilizadas condizem com o cenário de medições utilizando laser, componentes ópticos, espectrômetros, visão computacional além de sensores ópticos o laser.



311 PERIÓDICOS



300,0%



Fonte: Adaptado de WOS (12/08/2019).

De 2008 a 2018 houve um crescimento de 300,0% na publicação de periódicos. De maneira geral, os dados oscilaram bastante ao longo da pesquisa, no entanto, de 2016 a 2018 eles apresentaram um crescimento interessante. Cerca de 99,0% dos periódicos foram publicados em inglês.

As informações importantes retiradas do WOS são:

- Cerca de 85,5% do total de artigos estão inclusos dentro da categoria de Tecnologia e 83,0% estão inclusos na categoria de Ciências Físicas. Isso já era esperado pois este segmento aborda estas duas grandes categorias para resolver problemas de medição e visão de máquina. As áreas de Engenharia, Instrumentos e instrumentação e Óptica são as com os maiores índices. Isso se deve ao fato de que as pesquisas no ramo da medição utilizam muito sensores e instrumentos ópticos com a finalidade de obter um maior desempenho e precisão durante as medições. Eles compreendem, respectivamente, 60,5%, 60,1% e 58,2% do total. Destaca-se que um único artigo pode ser inserido em pelo menos uma categoria geral e em pelo menos uma área de pesquisa.
- As universidades do estado de São Paulo foram as que obtiveram os melhores resultados. A USP lidera o ranking de instituições com 124 registros seguido da UNICAMP com 53 registros e da UNESP com 44 registros.
- Novamente a região Sudeste apresenta registros muito superiores que as outras (72,7% do total). A região Sul detém 21,5% dos registros (UTFPR, UFPR, PUC-PR, UFSC, UFRGS e UEM somam esforços para o desenvolvimento da região). A UFPE auxilia no desenvolvimento da região nordeste que possui 2,3% do total.

- A região Centro-oeste detém 3,6% do total e a INESC, EMBRAPA E UFG auxiliam no desenvolvimento dessa região. Por fim, a região Norte não obteve nenhum registro.

02 ECOSISTEMA CIENTÍFICO - CNPq



A partir do diretório de grupos de pesquisas do CNPq foram identificadas 137 grupos de pesquisas. Da quantidade total de grupos, 90 estão certificados pelo CNPq, 36 também estão certificados, no entanto, não são atualizados a mais de 12 meses. Por fim 11 grupos ainda estão em preenchimento.



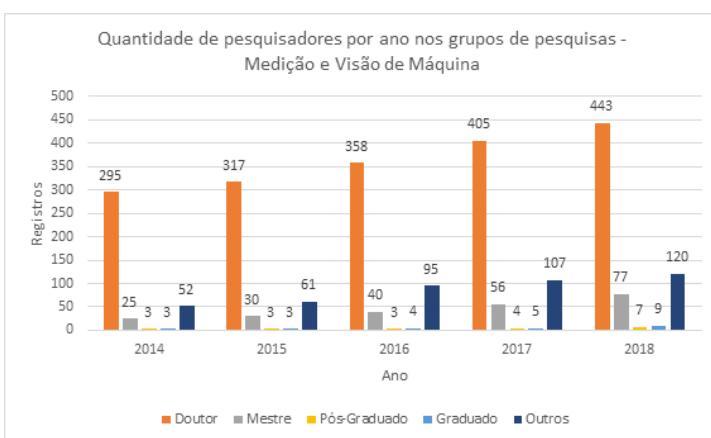
Fonte: Adaptado de CNPq (30/10/2019).



197,8%

De 2008 a 2018, houve um aumento de 197,8% na quantidade de grupos. Analisando o gráfico ano a ano, o número de grupos só aumentou, não apresentando nenhuma queda na quantidade de grupos durante a pesquisa, o que ilustra que o segmento está em constante crescimento.

• Pesquisadores e Estudantes



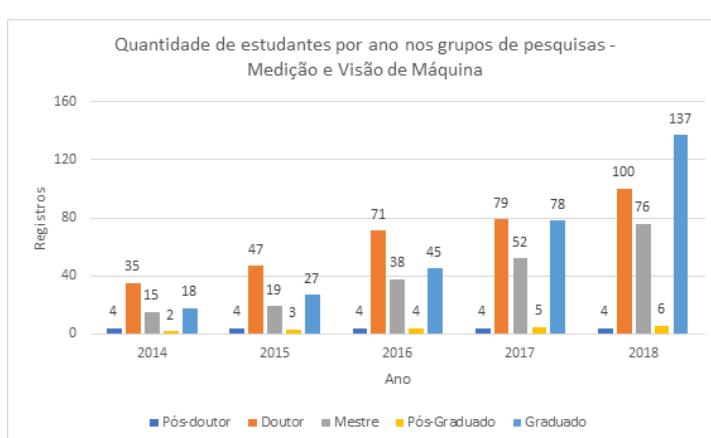
Fonte: Adaptado de CNPq (30/10/2019).

Do 656 PESQUISADORES



73,5%

Foram identificados 656 pesquisadores (um dos maiores registros identificados para todos os segmentos) com um crescimento total de 73,5%. Os doutores contemplam a maior parcela de pesquisadores, com 67,5% do total.



Fonte: Adaptado de CNPq (30/10/2019).

Do 323 ESTUDANTES

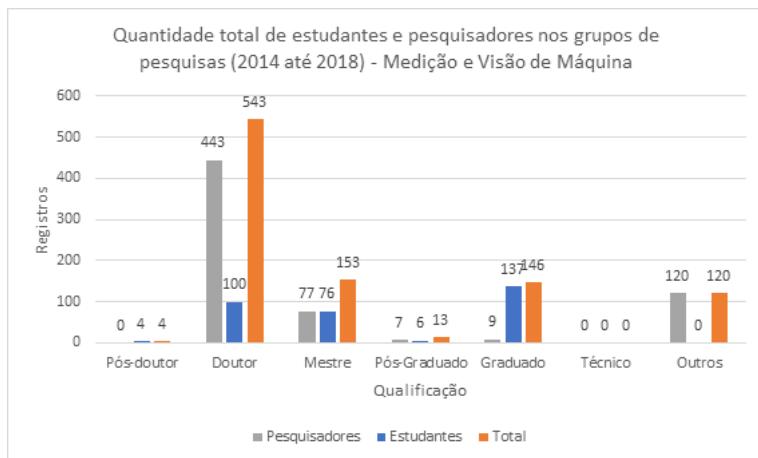


336,5%

Os estudantes aprestaram um crescimento de 336,5%, resultado este elevado comparado com os outros segmentos identificados. Os graduandos possuem a parcela mais significativa de estudantes (42,4%), seguido dos doutores e mestres com 31,0% e 23,5%.

979 PROFISSIONAIS

 111,6%



Fonte: Adaptado de CNPq (30/10/2019).

Foram identificados 979 profissionais, com um crescimento de 111,6% (33,0% estudantes e 67,0% pesquisadores). A parcela de profissionais mais significativa está com os doutores (55,5%), seguido dos mestres (15,6%) e graduandos (14,9%).

- **Parcerias**

Foram identificadas 113 instituições e/ou empresas parceiras aos 137 grupos identificados. Os grupos que mais se destacaram devido a quantidade de parcerias foram:

Grupo	Fisioterapia e Biotecnologia da Reprodução Animal	CSI - Controle e Supervisão Inteligente	Grupo de Processamento de Imagens
Instituição		IFSC	UFC
Cidade	Larvas	Florianópolis	Fortaleza
UF	MG	SC	CE
Parcerias	16	7	7

- **Regiões Brasileiras**

O estado de SP detém de 12,4% dos grupos (17), seguido do estado do MG (10,2%, ou seja, 14 grupos), PE e PR com 12 grupos cada (8,8%). A região Sudeste e Nordeste apresentam registros muito semelhantes, com 34,3% e 33,6%, respectivamente. A região Sul apesenta 19,7% dos grupos, a região Centro-oeste 9,5% e a Norte apenas 2,9% dos grupos. De maneira geral, 21 estados brasileiros mais o Distrito Federal estão presentes na pesquisa do segmento.

- **Equipamentos e Softwares**

Dos 138 grupos encontrados, apenas 10 dispunham de informações referentes aos equipamentos disponíveis, ou seja, apenas 7,3% do total. Por fim, os dados totalizaram somente 13 equipamentos. Já para a categoria de softwares, 17 grupos dispunham dessa informação (12,4% do total de grupos). Apesar do número ser pequeno, foram localizados 48 softwares a disposição dos grupos.

Alguns dos equipamentos citados foram: Simulador para treinamento de pilotos, óculos de realidade aumentada Hololens, Impressora 3D Polujet, Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Induzido por Micro-Ondas (MIPOES) e muitos outros.

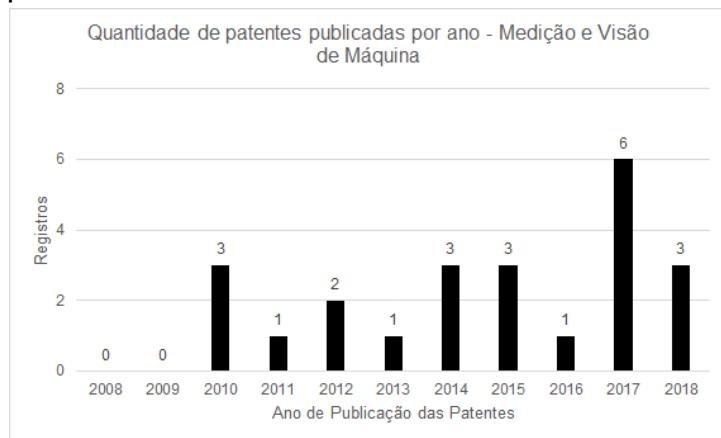
Alguns dos softwares citados foram: Proteus, Matlab, Solidworks, DQ Robotics, SiNUCA, GeoFielder, RoSoS - Robot Soccer Simulator e muitos outros.

No Apêndice C está detalhado todos os grupos de pesquisas informados acima com seus respectivos equipamentos e softwares.



03 ECOSISTEMA TECNOLÓGICO - WIPO

O presente segmento obteve um total de 23 patentes publicadas entre 2008 e 2018. Dentre as instituições de ensino que mais se destacaram, tem-se a PUC-RIO com 2 patentes.



Fonte: Adaptado de WIPO (27/03/2020).

Na sequência são listadas as instituições de ensino brasileiras que obtiveram patentes publicadas referentes ao presente segmento entre 2008 e 2018. De maneira geral, fica destoante compararmos o ecossistema tecnológico com o científico pois, apesar de ambos estarem em desenvolvimento, o tecnológico infelizmente não acompanha o crescimento do científico.

Instituição Brasileira	PUC-RIO	UFMG	UTFPR
Quantidade de patentes	2	1	1

04 ECOSISTEMA DE NEGÓCIOS



276 EMPRESAS
NACIONAIS



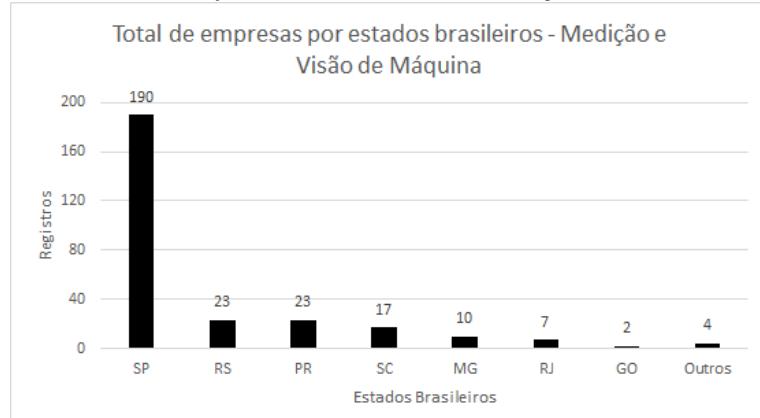
55 FABRICANTES
NACIONAIS



59 EMPRESAS
ESTRANGEIRAS

O mercado de máquinas e equipamentos de medição é dominado pelas empresas estrangeiras com representação nacional ou não, sendo muito comum o contato dos consumidores direto com a sede das empresas para importação de maquinário, serviços de manutenção e treinamento. Existem poucas empresas brasileiras que produzem, revendem ou prestam serviços nessa área revelando uma carência em máquinas de medição nesse setor. Entretanto, percebeu-se a presença de fabricantes nacionais para equipamentos menores para laboratório e uso por técnicos de campo nas áreas de construção civil.

Ao total, foram localizadas 276 empresas nacionais. Desses, 55 são empresas de P&D e produção de equipamentos e 221 destinam-se apenas à terceirização, manutenção e revenda. Das empresas produtoras, 38 estão localizadas em SP, 8 em SC, 4 no RS, 2 em MG e PR e 1 no RJ.



Fonte: Autoria própria (Fevereiro de 2020).

A região Sudeste compreende 75,0% das empresas, seguida da região Sul com 23,2%. As demais regiões, somadas, possuem apenas 1,8% das empresas.

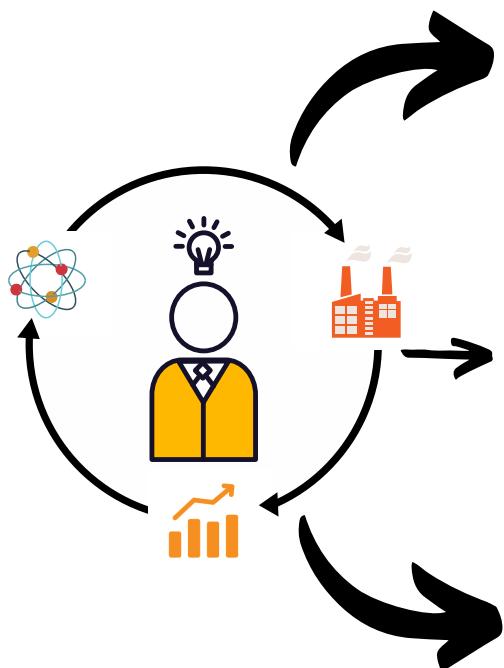
Esse segmento possui bastante importância para a indústria no que se refere a testes de qualidade e calibração de maquinário, porém os custos são muito elevados já que a maioria é de origem internacional. Nesse sentido, há um espaço para soluções nacionais que apresentem preços mais competitivos para fornecer a indústria local. Porém, no que se refere a produtos de medição para a construção e visão computacional o cenário é diferente. O Brasil apresenta muitas lojas de revenda de produtos de medição para a construção civil fabricados majoritariamente mercado internacional, porém há a presença de fabricantes nacionais no Sul, Sudeste e Centro-Oeste.

Abaixo são exibidos alguns dos fabricantes nacionais identificados:



No Apêndice D estão listados todos os fabricantes nacionais identificados.

05 ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO



Como análise geral os artigos estão centrados na região Sudeste e os grupos na região Sudeste e Nordeste (com resultados muito semelhantes). Proporcionar a divulgação da pesquisa em regiões com mais grupos de pesquisas tornará a distribuição dos periódicos proporcional a pesquisa que está sendo desenvolvida.

O ecossistema tecnológico não obteve índices tão promissores quanto o científico. Ele ainda está se desenvolvendo, por conta disso, aproximar empresas do segmento com instituições que já possuem uma base de pesquisa mais desenvolvida auxiliará a alavancar o ecossistema.

Foram identificados muitos fabricantes nacionais atuando no segmento, de maneira geral, os componentes básicos de hardware são provenientes do mercado externo, porém, a integração do sistema de visão e os softwares são de desenvolvimento nacional. O foco dessas empresas está justamente aonde há maior concentração de indústria e laboratórios, portanto Sul e Sudeste.

4.7. ILUMINAÇÃO

No setor de iluminação estão inclusas as lâmpadas incandescente, fluorescente, LED e outras. As lâmpadas LEDs, por exemplo, conseguem gerar o mesmo fluxo luminoso com uma potência muito menor que a utilizada em lâmpadas incandescentes, por conta disso as lâmpadas incandescentes estão sendo substituídas gradualmente em cidades e casas gerando uma economia de até 80% para os consumidores finais.

01 ECOSSISTEMA CIENTÍFICO - Dados do Web Of Science



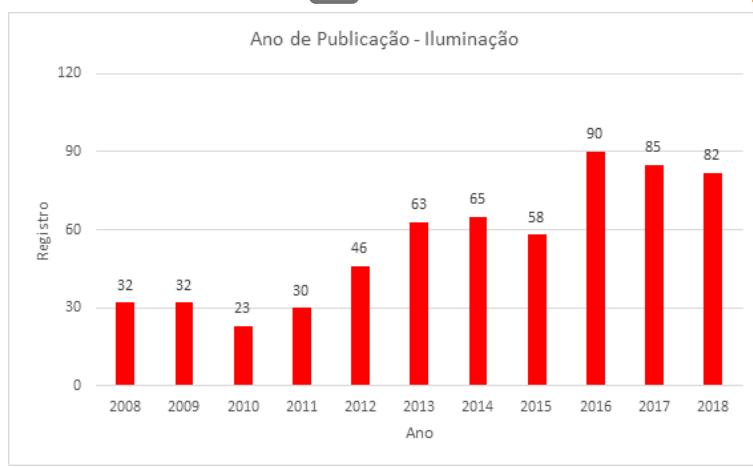
Este segmento engloba as áreas de iluminação, luz e luminescência utilizando de meios para transmitir a luz que podem ser lâmpadas incandescentes, fluorescente ou leds.



606 PERIÓDICOS



156,3%



Fonte: Adaptado de WOS (12/08/2019).

As informações importantes retiradas do WOS são:

- As principais categorias das publicações são: Ciências Físicas, Tecnologia e Ciências da Vida e Biomedicina. As outras duas categorias não obtiveram valores significantes para a pesquisa. Em dados percentuais, as principais categorias obtiveram 70,8%, 65,5% e 47,9%, respectivamente.
- Faz sentido as áreas de Química, Engenharia, Física e Ciência dos Materiais estarem liderando os resultados visto que os principais componentes deste segmento (como lâmpadas led por exemplo) estão em crescente pesquisa e aperfeiçoamento e estas áreas englobam desde sua fabricação, funcionamento e aplicação. Em resumo, elas estão presentes, respectivamente, em 38,1%, 33,0%, 33,0% e 32,7% dos artigos. Relembrando que os artigos podem ser inseridos em pelo menos uma Categoria Geral e Área, por conta disso, a somatório percentual não resulta em 100%.
- A USP possui 303 registros seguido da UNESP com 91 registros, da UNICAMP e UFSCar com 69 registros cada e da UFPE com 68 registros. Mesmo a UNESP estando em segunda colocada, os registros ainda são muito inferiores a USP, o mesmo acontece com as outras instituições. É interessante verificar que as 3 primeiras instituições estão localizadas no estado de SP.
- Cerca de 95,5% dos mesmos foram publicados em inglês.
- A região Sudeste obteve o maior índice visto que as universidades desta região obtiveram os melhores resultados. A região Sul ficou em segundo lugar e possui a UFSM, UFSC, UFPR, UEM, UFRGS e UTFPR para somar forças no desenvolvimento deste segmento nesta região.

- Para a região Centro-oeste, a UNB, UFGD, UFG, EMBRAPA e UEMS somam esforços para o desenvolvimento desta região. Já para a região Nordeste, a UFPE, UFAL, UFS, UFRPE, UFRGN, UFPB e UFMA se destacaram nas pesquisas. De maneira geral, a região sudeste, seguida das regiões sul, nordeste e centro-oeste possuem 64,6%, 16,0%, 14,6% e 4,8% respectivamente.

02 ECOSSISTEMA CIENTÍFICO - Dados do CNPq



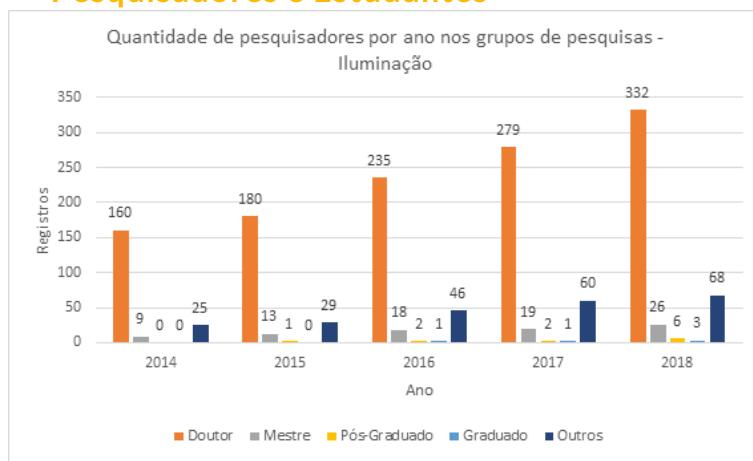
A aquisição de dados do diretório de grupos de pesquisas do CNPq resultou em um total de 93 grupos trabalhando diretamente com iluminação. Do total de grupos, 58 são certificados pelo CNPq, 27 também são certificados, no entanto, não são atualizados a mais de 12 meses e 8 estão em preenchimento.



De 2008 a 2018, a quantidade de grupos de pesquisa aumentou significativamente, havendo assim um crescimento de 165,7%. Nota-se o crescente avanço dos grupos de pesquisas, indicando progresso nas pesquisas e avanço no ecossistema científico.

Fonte: Adaptado de CNPq (01/11/2019).

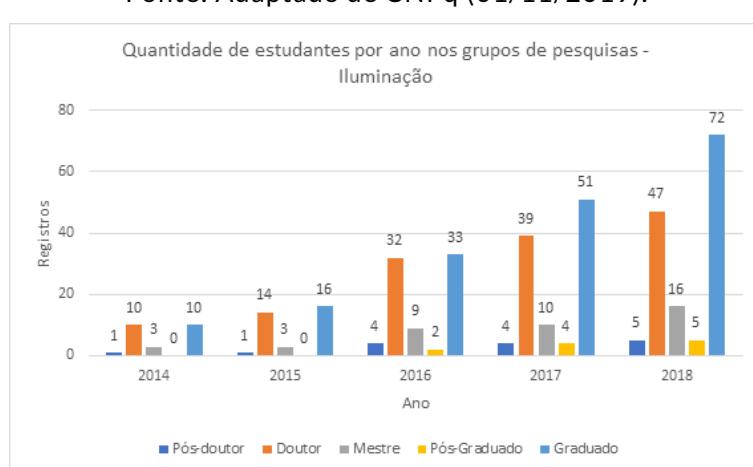
• Pesquisadores e Estudantes



Fonte: Adaptado de CNPq (01/11/2019).



Obteve-se como resultado final para o ano de 2018, um total de 435 pesquisadores, do qual a maior participação está com os doutores, com 76,3% do total. De maneira geral, a quantidade de pesquisadores apresentou um crescimento de 124,2%.



Fonte: Adaptado de CNPq (01/11/2019).



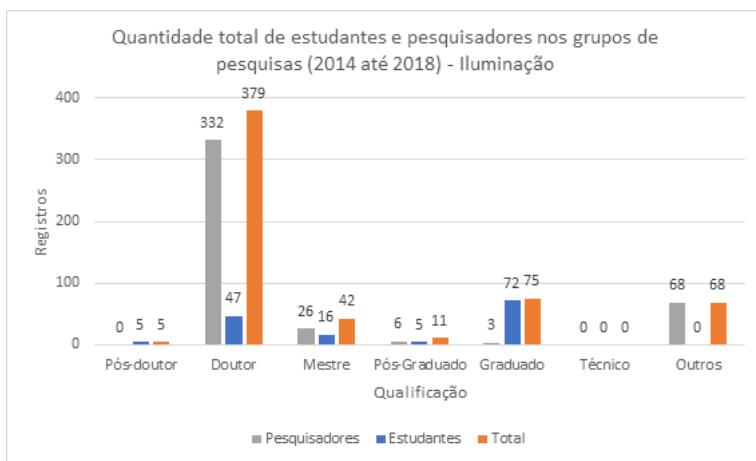
Obteve-se um total de 145 estudantes trabalhando neste segmento para o ano de 2018. Como dado geral, tem-se que a quantidade total de estudantes apresentaram um crescimento de 504,2% de 2014 a 2018.



580 PROFISSIONAIS



166,1%



Fonte: Adaptado de CNPq (01/11/2019).

Por fim, foram identificados 580 profissionais trabalhando neste segmento com um crescimento de 166,1% de 2014 a 2018. Os doutores, assim como ocorreu nos segmentos anteriores, somam a maior parcela de colaboradores (65,3% do total).

- **Parcerias**

Foram identificadas 65 instituições e/ou empresas parceiras aos 93 grupos de pesquisas. Abaixo estão os grupos de maiores destaque devido a quantidade de parcerias.

Grupo	LEPSI - Laboratório de Estudos e Pesquisas Psicanalíticas e Educacionais sobre a Infância	Qualidade ambiental, Iluminação e eficiência energética no espaço construído	Física e Processamento de Ligas Metálicas
Instituição	USP	UnB	USP
Cidade	São Paulo	Brasília	São Carlos
UF	SP	DF	SP
Parcerias	10	8	7

- **Regiões Brasileiras**

Cerca de 90% dos grupos estão localizados nas regiões Sudeste, Nordeste e Sul. Infelizmente as regiões Centro-oeste e Norte apresentarem registros muito baixos. De modo geral, 20 estados mais o Distrito Federal possuem a presença de grupos de pesquisa. Em resumo, as 3 primeiras regiões possuem, cada uma, 39,8%, 28,0% e 22,6% do total de grupos.

- **Equipamentos e Softwares**

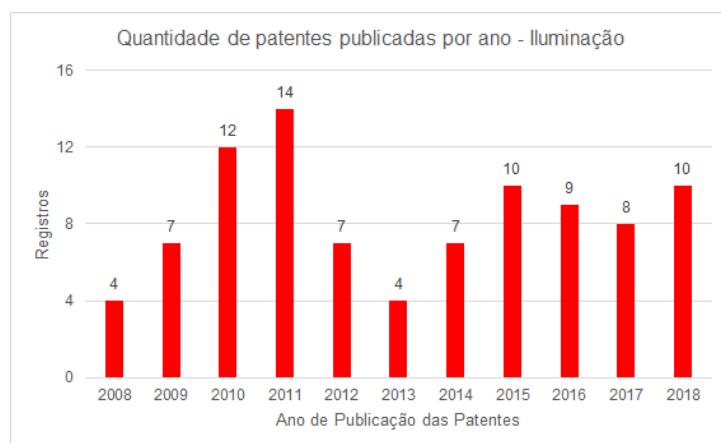
Foram identificados apenas 7 grupos que possuíam informações de equipamentos e softwares disponíveis, em resumo, apenas 7,5% dos grupos (um registro muito baixo para que seja possível comparar todo um segmento apenas com esses dados). Como resultado final, foram localizados 14 equipamentos e 13 softwares para 7 grupos de pesquisas. Alguns dos equipamentos citados foram: Sistema de difração e espalhamento de raios-x, microscópios, difratômetro de raio-x, ressonância magnética nuclear de 60 MHz, Laser Nd:YAG 1Joule/pulso e outros. Alguns dos softwares citados foram: PSIM, PLECS, TropLux, TropFac, TrpSolar, TropMask e outros.

No Apêndice C estão dispostos os grupos de pesquisas citados acima com seus respectivos equipamentos e softwares.

03 ECOSSISTEMA TECNOLÓGICO - Dados do WIPO



Encontrou-se um total de 92 patentes publicadas entre os anos de 2008 a 2018, o maior registro de todos os segmentos. Isso ocorreu porque há muitas empresas de iluminação protegendo suas ideias e invenções. Os dados informam que, tanto as empresas quanto as pessoas físicas obtiveram valores muito semelhantes para o registro de patente.



Fonte: Adaptado de WIPO (27/03/2020).

Abaixo são indicadas as instituições brasileiras que contribuíram para o desenvolvimento do ecossistema.

Instituição Brasileira	UFSCar	UNICAMP	Fiocruz	UFPE
Quantidade de patentes	2	1	1	1

04 ECOSSISTEMA DE NEGÓCIOS



158 EMPRESAS NACIONAIS



83 FABRICANTES NACIONAIS



21 EMPRESAS ESTRANGEIRAS

O mercado de iluminação possui forte presença de fabricantes nacionais, pois existe uma grande demanda por iluminação pública, de interiores, sistemas de iluminação para fotografia, artes cênicas, cinema, shows de música, arquitetura e design de interiores. Esse é um segmento em que a fabricação nacional supera a estrangeira (foram localizados 83 fabricantes nacionais e 21 empresas estrangeiras atuando no mercado interno). Dos fabricantes nacionais, 59,0% estão no estado de SP, 16,9% está no estado de SC, 9,6% no RS e 7,2% no PR (em resumo, estão nas regiões Sudeste e Sul do país).

Do total de empresas (que prestam serviços e são fabricantes) 58,2% estão localizadas em SP. Com resultados muito inferiores encontram-se SC e PR com 12,0% e 8,9%, respectivamente. Assim como ocorreu com os fabricantes nacionais, as empresas estão centradas na região Sudeste (63,9%) e Sul (27,8%).



Fonte: Autoria própria (Fevereiro de 2020).

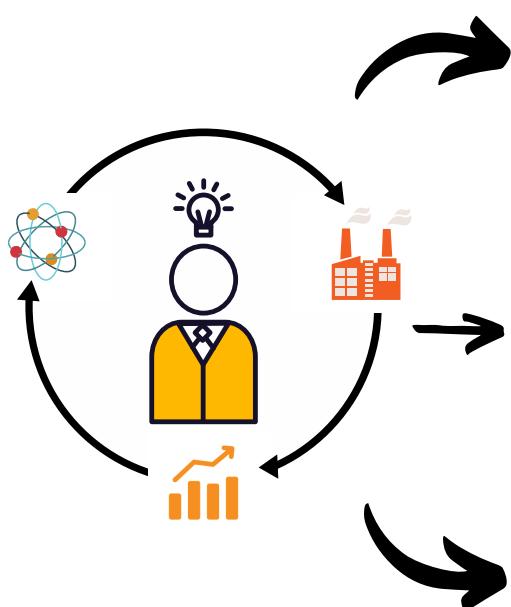
Normalmente, as empresas produzem e comercializam seus produtos diretamente, entretanto também é comum existir a revenda desses produtos em grandes lojas de varejo e em pequenos e médios negócios. A alta densidade de fabricantes nacionais nesse setor pode explicar a elevada quantidade de patentes encontradas para esse segmento.

Abaixo são exibidos alguns dos fabricantes nacionais identificados:



No Apêndice D estão listados todos os fabricantes nacionais identificados.

05 ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO



O avanço na publicação de periódicos foi similar ao crescimento dos grupos de pesquisas, no entanto a distribuição de ambos não está muito semelhante. Nos dois casos a região sudeste está na liderança, no entanto, na publicação de artigos a diferença dela para a segunda colocada é muito grande, evidenciando que a publicação está centralizada nesta região. Já para os grupos de pesquisas, tem-se um certo equilíbrio de grupos nas regiões Sudeste, Nordeste e Sul, no entanto, a Sudeste ainda está com maior destaque.

O ecossistema tecnológico foi o mais desenvolvido de todos os segmentos. Há muitas empresas de P&D atuantes no mercado nacional, no entanto, houveram poucos registros de patentes por instituições de ensino. Os ecossistemas científicos e tecnológicos são desenvolvidos, no entanto, não estão trabalhando em sintonia.

O setor de iluminação já é bastante desenvolvido no Brasil, entretanto não há a produção no país de componentes básicos de eletrônica para a produção de lâmpadas LED o que representa uma oportunidade de expansão brasileira nessa cadeia de valor.

4.8. TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO

No setor de tecnologia de produção a fotônica é utilizada em sistemas lasers para corte, gravação e texturização e solda. Neste setor as vantagens do uso da fotônica está no fato de não haver necessidade de ferramentas de contato em processos de usinagem além de poder trabalhar com superfícies complexas. Para a área de fabricação tem-se uma maior precisão e detalhamento que os processos tradicionais além da redução do tempo de trabalho.

01 ECOSSISTEMA CIENTÍFICO - Dados do Web Of Science



Compreendendo toda a área de fabricação envolvendo corte, gravação, texturização e solda utilizando laser, o segmento aborda também a produção tecnológica e processos como manufatura e a litografia que utilizam, de alguma maneira, sistemas a laser.



1234 PERIÓDICOS

111,4%



Fonte: Adaptado de WOS (12/08/2019).

Foram identificados 1234 artigos, o maior registro de todos os segmentos aqui analisados. O crescimento apresentado entre os anos de 2008 a 2018 foi de 111,4%. Cerca de 96,1% dos periódicos foram publicados em inglês.

As informações importantes retiradas do WOS são:

- A categoria de Tecnologia comprehende 80,2% dos periódicos seguido da categoria de Ciências Físicas com 69,8%, Ciências da Vida e Biomedicina com 50,5%.
- A área de Engenharia está presente em 55,4% dos artigos, além disso, área de Ciências dos Materiais também merece destaque (presente em 46,4% dos periódicos) pois é muito abordada dentro do segmento de tecnologia de produção, desde os processos de usinagem, soldagem, fundição, manufatura aditiva e outros. Por fim, as áreas de Física e Óptica foram frequentemente citadas pois englobam todo o funcionamento e a aplicabilidade de lasers (compreendem 43,4% e 35,0% dos periódicos, respectivamente). Destaca-se que um periódico pode ser inserido em pelo menos uma categoria geral e em pelo menos uma área de pesquisa.
- A USP lidera as instituições com 529 pesquisadores. Na sequência há a UNESP com 208, UNICAMP com 199 e a UFSCar com 105 pesquisadores.
- As instituições que merecem destaque estão situadas no estado de São Paulo (USP, UNESP, UNICAMP, UFSCar e UNIFESP), por conta disso a região Sudeste apresentou o maior índice de registros (71,3%). As regiões Sul e Nordeste apresentam valores semelhantes (13,7% e 10,4%, respectivamente) seguido da região centro-oeste (4,6%) e, por último, a região norte sem nenhum registro.

- Na região Sul a UFRGS, UFSC, UFPR, UTFPR, PUC-PR, UFPel e UEM somam esforços no desenvolvimento da tecnologia e na região Nordeste as principais instituições atuantes são UFBA, UFPE, UFC, UFPB, UFRGN e UFS.

02 ECOSSISTEMA CIENTÍFICO - Dados do CNPq



Foram identificados 25 grupos de pesquisas a partir do diretório do CNPq. Dos 25 grupos, 20 são certificados, 4 também são certificados, porém, não são atualizados a mais de 12 meses e, por fim apenas 1 está em preenchimento.



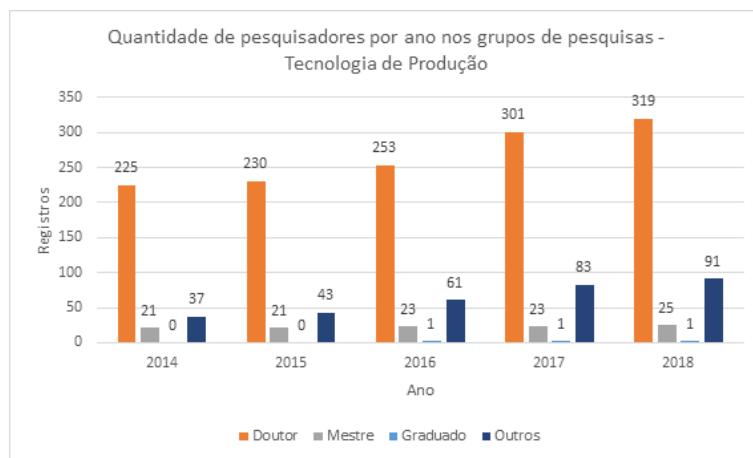
Fonte: Adaptado de CNPq (04/11/2019).



78,6%

Houve um crescimento de 78,6% em relação a quantidade de grupos de pesquisas durante os anos de 2008 a 2018. De maneira geral, durante a pesquisa foram criados apenas 11 grupos, registro este não muito significativo quando comparado com os outros segmentos.

• Pesquisadores e Estudantes



Fonte: Adaptado de CNPq (04/11/2019).

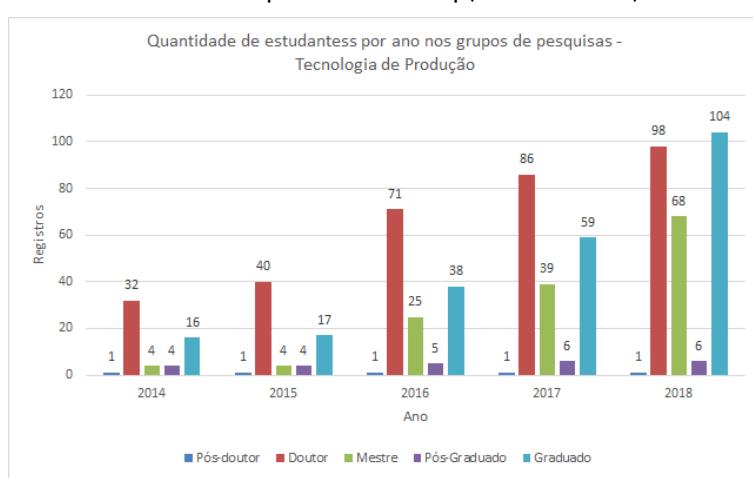


436 PESQUISADORES



54,1%

Para o ano de 2018 foram identificados 436 pesquisadores com um crescimento de 54,1% de 2014 a 2018. Os doutores compreendem quase que a totalidade de registros (73,2%) seguido dos outros com (20,9%).



Fonte: Adaptado de CNPq (04/11/2019).



277 ESTUDANTES



386,0%

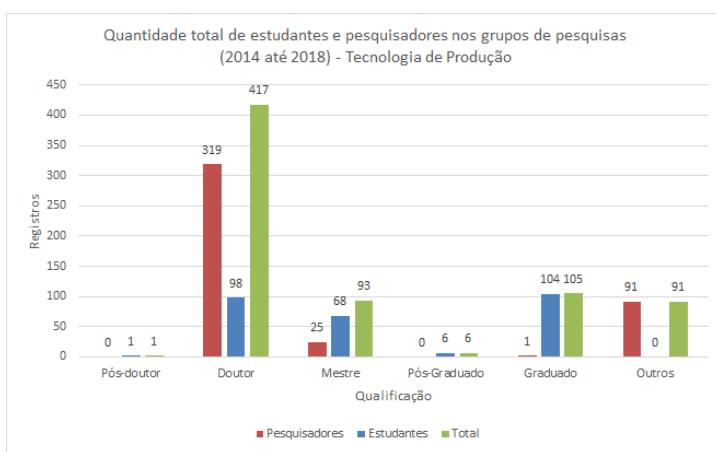
Os estudantes apresentaram um crescimento de 386,0% de 2014 a 2018. Os graduandos, doutores e mestres compreendem os colaboradores com maiores registros, cada um com 37,5%, 35,4% e 24,5%, respectivamente.



713 PROFISSIONAIS



109,7%



Fonte: Adaptado de CNPq (04/11/2019).

Foram identificados 713 profissionais, com um crescimento de 109,7% de 2014 a 2018. Do total, a parcela mais significativa está com os doutores, com 58,5% do total, seguido dos graduandos com uma parcela bem menor de pessoas, compondo 14,7% do total.

• Parcerias

Foram identificadas 12 instituições e/ou empresas parceiras aos 25 grupos de pesquisas. Abaixo está destacado o grupo que mais se destacou. Vale ressaltar que os registros de parcerias identificados foram inferiores aos dos outros segmentos.

Grupo	Bioanalítica, Microfabricação e Separações - BioMicS
Instituição	Instituto de Química de São Carlos
Cidade	São Carlos
UF	SP
Parcerias	4

• Regiões Brasileiras

Os grupos estão presentes em 44,0% na região Sudeste, seguido de 32,0% na região Sul e 16,0% e 8,0%, respectivamente, nas regiões Nordeste e Norte. Assim como aconteceu nos segmentos anteriores, a região Sudeste contempla a maioria dos grupos. O estado de SP possui 8 grupos, SC dispõe de 4 grupos, RS 3 grupos, MG e PE possuem apenas 2 grupos cada e AL, AM, CE, PA, PR e RJ dispõem apenas de 1 grupo cada estado. Em resumo 11 estados brasileiros possuem grupos de pesquisas trabalhando no desenvolvimento do segmento.

• Equipamentos e Softwares

Dos 25 grupos encontrados para o segmento, apenas 8 grupos (32% do total) possuem informações referentes aos equipamentos. Já para os softwares, apenas 2 grupos (8% do total) possuem esta informação. Por fim, foram localizados 43 equipamentos e 2 softwares.

Alguns dos equipamentos citados são: Equipamento de ensaio de dureza e desgaste, Difratômetro e estereoscópio com câmeras digitais de alta resolução, Espectrômetros de massa, Estação de processamento de materiais com laser pulsado, Feixe de íons focalizado, Sistema de litografia por feixes de elétrons, Plasma ICP e muitos outros. Os dois softwares informados são: SYSWELD-ESI e FEFF9.

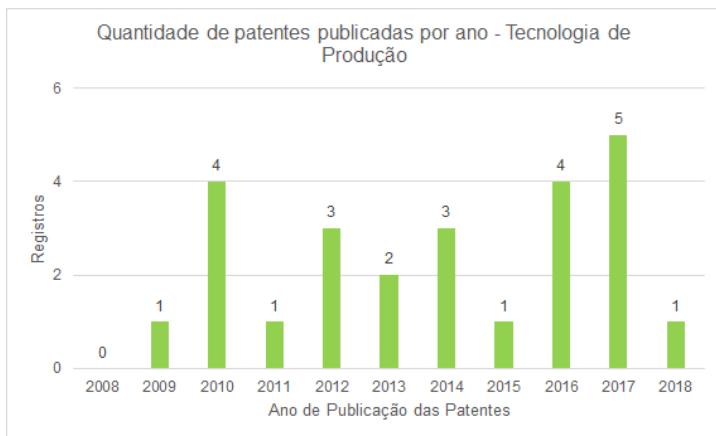
No Apêndice C todos os grupos informados acima são identificados com seus respectivos equipamentos e softwares.



03 ECOSISTEMA TECNOLÓGICO - Dados do WIPO

O segmento envolvendo tecnologia de produção obteve 25 patentes publicadas entre os anos de 2008 e 2018.

25 REGISTROS DE PATENTES



Fonte: Adaptado de WIPO (27/03/2020).

Abaixo são indicadas as instituições brasileiras que contribuíram para o desenvolvimento do ecossistema.

Instituição Brasileira	UFSCar	UFMG	PUC-RIO
Quantidade de patentes	1	1	1

Patentes publicadas por pessoas jurídicas contabilizam 13 registros. Na sequência está pessoa física com 9 patentes e, por fim, as instituições de ensino com apenas 3 publicações entre os anos de 2008 e 2018. Devido ao desenvolvimento do ecossistema científico, esperava-se que as instituições de ensino obtivessem maiores registros.

04 ECOSISTEMA DE NEGÓCIOS



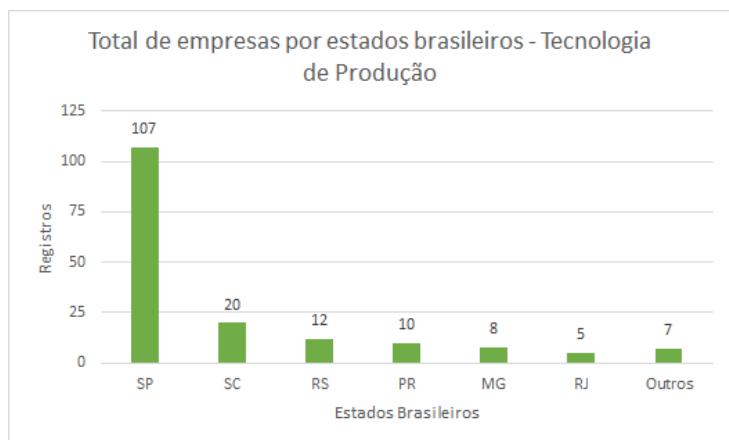
169 EMPRESAS NACIONAIS

40 FABRICANTES NACIONAIS

50 EMPRESAS ESTRANGEIRAS

Este segmento possui a presença de variados prestadores de serviço de corte e gravação a laser focados em artesanato e metalurgia. As cadeias de valor desse segmento são variadas, pois atende tanto ao consumidor final diretamente através de produtos de, por exemplo, comunicação visual, quanto a indústria de máquinas e equipamentos. Notou-se, porém, a baixa participação de outros estados nesse segmento. Acredita-se que isso se deve a demanda por esse segmento ser de forma majoritária da indústria, focada no estado de SP.

Foram localizadas 169 empresas brasileiras. Do total, 40 trabalham com P&D e 129 trabalham exclusivamente com vendas de produtos e/ou prestação de serviços. Das 40 empresas que trabalham com P&D, 80,0% estão em SP e 15,0% em SC. Do total de empresas, região mais desenvolvida é a Sudeste (71,0% das empresas), seguida da região Sul com 24,9%.



Fonte: Autoria própria (Fevereiro de 2020).

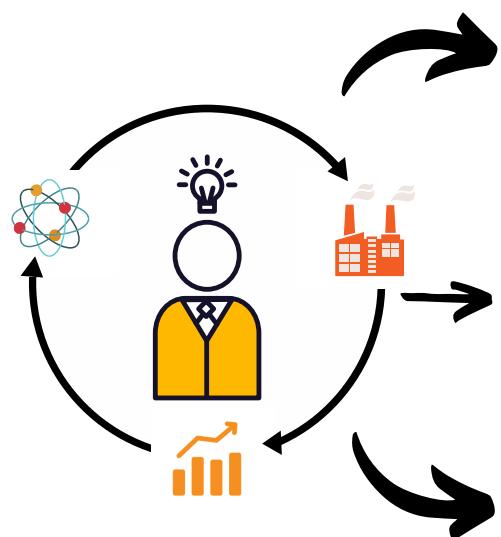
Foi notado que nos dias de hoje já existe um mercado de serviços de impressão 3D com laser para aplicações odontológicas e para prototipagem de produtos, sendo que existem fabricantes nacionais de máquinas para impressão 3D com laser e diversos importadores de máquinas de corte e gravação a laser. Os maiores demandantes desse setor são a indústria metal-mecânica, marcações de códigos para o controle de logística, corte de tecidos e comunicação visual. Além disso, há o surgimento de tecnologias de impressão 3D com laser que representam uma quebra no paradigma de produção e pode atender variados setores desde a indústria médica até a aeroespacial. Esse é um mercado que vem expandido com velocidade nos últimos anos e o Brasil tem a oportunidade de obter uma fatia desse mercado para atender a demanda interna e externa e estar presente em mais de uma parte da cadeia de valor. Por fim, foram identificadas 50 empresas internacionais atuam no mercado interno brasileiro.

Abaixo são exibidos alguns dos fabricantes nacionais identificados:



No Apêndice D estão listados todos os fabricantes nacionais identificados.

05 ECOSSISTEMA DE INOVAÇÃO



O fato de a USP sempre estar se destacando mostra como ela é um polo tecnológico importante para o país. A divulgação dos trabalhos desenvolvido por seus pesquisadores auxiliam no desenvolvimento tecnológico além de incentivarem a pesquisa em outras instituições a partir de resultados divulgados por ela.

O ecossistema tecnológico, assim como ocorreu com os outros segmentos, apresentou índices oscilatórios e que não condizem com o desenvolvimento do ecossistema científico, fato que pode ser verificado pela quantidade de instituições de ensino que depositaram patente.

Esse é um setor estratégico para o desenvolvimento de produtos e portanto, também da indústria nacional, pois permite maior eficiência produtiva e viabiliza a criação de produtos inovadores. Dessa forma, há a possibilidade de expansão desse setor para outras regiões do país e também há espaço para novos produtores de máquinas nacionais.

4.9. DEFESA E SEGURANÇA

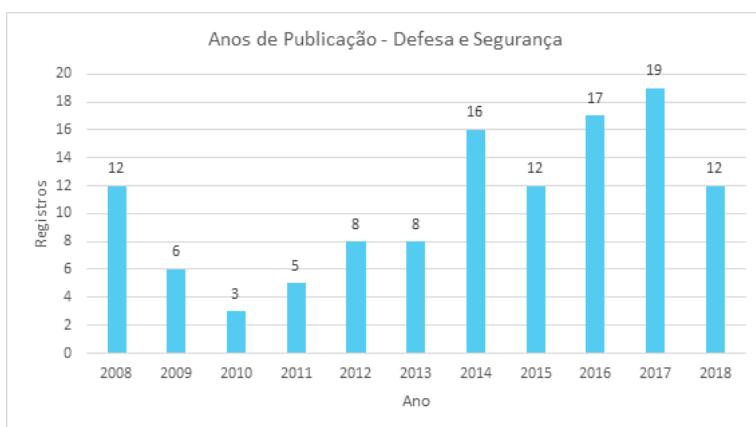
Para o setor de defesa e segurança a fotônica está presente nos sensores infravermelhos, em equipamentos de visão como binóculos, visores e câmeras, sistemas de orientação para mísseis e sistemas de comunicações para veículos militares. Nos dias de hoje estão sendo testadas diversas novas aplicações para a fotônica na área militar, como interceptação de mísseis e aviões com feixes de laser.

01 ECOSSISTEMA CIENTÍFICO - Dados do Web Of Science



Ao total 118 artigos foram encontrados a partir da combinação de palavras-chaves envolvendo defesa militar, arma, tiro, laser, óptica, visão noturna, infravermelho, radar e outros.

118 PERIÓDICOS



Fonte: Adaptado de WOS (14/08/2019).

As informações importantes retiradas do WOS são:

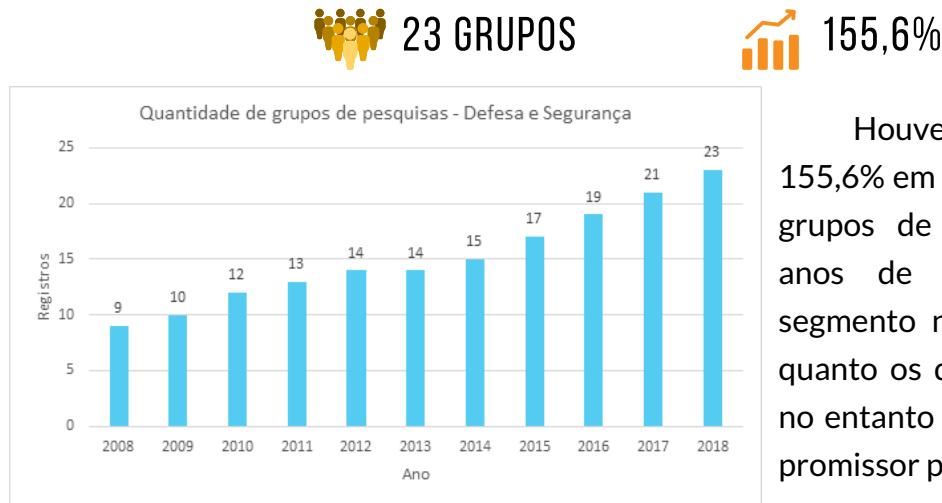
- A categoria de Tecnologia está presente em 67,8% dos artigos, seguido da categoria de Ciências Físicas com 66,9% dos artigos. As demais categorias apresentaram valores bem inferiores que as citadas anteriormente.
- A área de Engenharia é a mais presente, com 37,3% dos artigos, seguido das áreas de Física, Química, Ciência da Computação e Ciências dos Materiais. De maneira geral, as áreas não apresentaram muitas oscilações, de modo que o segmento de defesa e segurança está presente em várias áreas da tecnologia. Destaca-se novamente que um periódico pode ser inserido em pelo menos uma categoria geral em pelo menos uma área de pesquisa.
- A USP e a UNICAMP estão liderando o segmento com 34 e 24 registros de pesquisadores cada uma. As outras instituições possuem registros inferiores, no entanto, por haver poucos artigos publicados, os registros de pesquisadores também são menores que dos outros segmentos.
- A Região Sudeste possui o maior registro (80,7%), seguido da região centro-oeste (7,6%), sul (7,1%) e nordeste (4,6%) com registros muito inferiores região Sudeste. Para a região Norte não foram encontrados nenhum registro de dados. Para auxiliar no desenvolvimento da região Centro-oeste estão presentes as universidades UNB e UFG. Já para a região Sul, UFPR, UFRGS, UFSC e PUC-PR somam esforços para o desenvolvimento da região. Na região Nordeste tem-se UFC e a UFPE.
- Dentre os periódicos identificados, 94,9% do total foram publicados em inglês.

Nota-se que este segmento não possui muitas publicações, além disso, as publicações apresentaram bastante oscilação durante os anos e o registro obtido foi o menor de todos os segmentos analisados. Obteve-se, em média, 11 periódicos publicados ano.



02 ECOSISTEMA CIENTÍFICO - Dados do CNPq

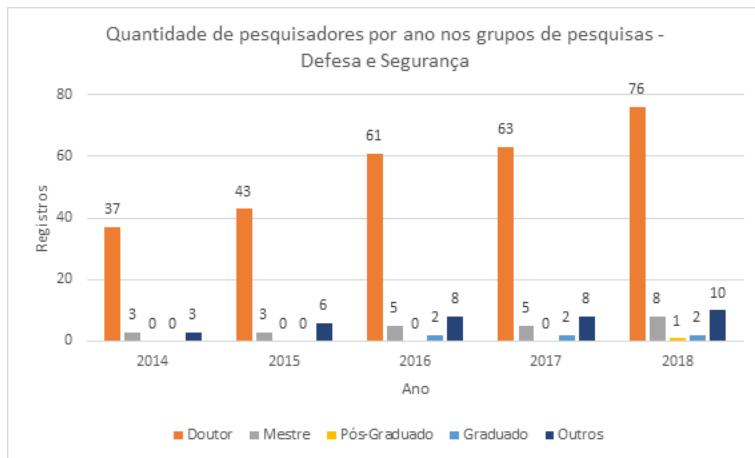
Os dados extraídos do diretório de grupos de pesquisas do CNPq informaram que há 23 grupos com pesquisas na área de defesa e segurança no Brasil. Do total de grupos, 16 são certificados pelo CNPq, 6 também são certificados, no entanto, não são atualizados a mais de 12 meses e apenas 1 está em preenchimento.



Fonte: Adaptado de CNPq (31/10/2019).

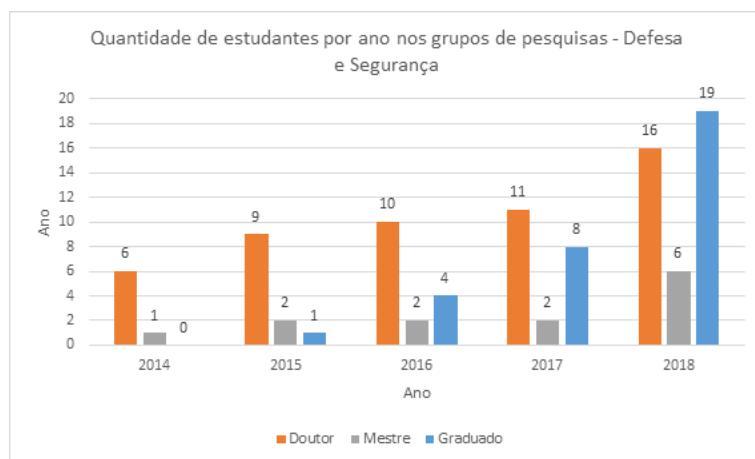
Houve um crescimento de 155,6% em relação a quantidade de grupos de pesquisas durante os anos de 2008 a 2018. Este segmento não é tão desenvolvido quanto os demais já citados antes, no entanto ele está em um cenário promissor para o crescimento

- Pesquisadores e Estudantes**



Fonte: Adaptado de CNPq (31/10/2019).

Para o ano de 2018, foram identificados 97 pesquisadores com um crescimento de 125,6% de 2014 há 2018. O crescimento mais significativo foi para os doutores, além disso eles também compreendem 78,4% dos pesquisadores



Fonte: Adaptado de CNPq (31/10/2019).

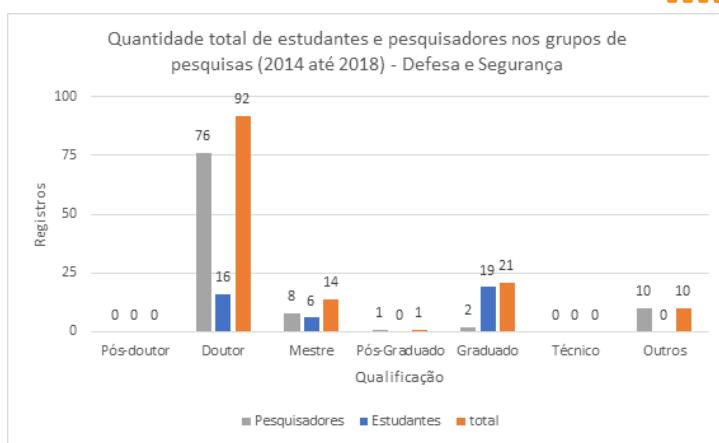
Dentre os anos de 2014 a 2018 os estudantes apresentaram um crescimento de 485,7%. É interessante analisar que no primeiro ano da pesquisa havia mais doutores do que graduandos, no entanto, no último ano da pesquisa esse resultado se inverteu, e a quantidade de graduandos se tornou superior ao de doutores.



138 PROFISSIONAIS



176,0%



Fonte: Adaptado de CNPq (31/10/2019).

Somando a quantidade de pesquisadores e estudante, há 138 pessoas trabalhando neste segmento, dos quais 66,7% são Doutores, 15,2% são graduados, 10,1% são mestres, 7,2% se encaixam na categoria de outros e apenas 0,7% é pós-graduado.

• Parcerias

Foram identificadas 17 instituições e/ou empresas parceiras aos 23 grupos de pesquisas. Abaixo estão os grupos de maiores destaque devido a quantidade de parcerias.

Grupo	Eletromagnetismo Aplicado	Laboratório James Clerk Maxwell de Micro-ondas e Eletromagnetismo Aplicado	Computação Pervasiva e Alto Desempenho	Internet do Futuro
Instituição	UFPA	IFSP	USP	UECE
Cidade	Belém	Cubatão	São Paulo	Fortaleza
UF	PA	SP	SP	CE
Parcerias	10	4	3	3

• Regiões Brasileiras

Novamente a região Sudeste está na liderança dos registros, com 43,5% do total de grupos de pesquisa. A região Nordeste está um pouco abaixo com 30,4% do total e a região Centro-oeste detêm 13,0% do total (as demais regiões apresentaram um registro muito pequeno de grupos de pesquisa). Os grupos estão divididos entre 9 estados brasileiros mais o Distrito Federal. Em dados gerais, SP possui 5 grupos, CE e RJ 4 grupos cada, DF, PR e PE 2 grupos cada estado e, por fim, MT, MG, PA e SE possuem apenas 1 grupo de pesquisa cada estado.

• Equipamentos e Softwares

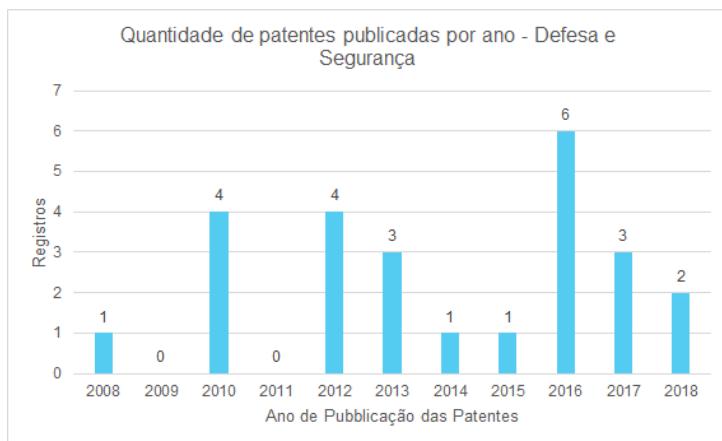
Em relação aos equipamentos apenas 2 grupos (do total de 23) possuíam esta informação no banco de dados de CNPq, totalizando apenas 3 equipamentos, são eles: Cluster Computacional. Por fim, foram localizados 16 softwares disponibilizados por 5 grupos de pesquisas (21,7% do total). Alguns dos softwares citados foram: COMSOL, CST - Studio Suite, Octave, OrCS, Pentano, SiNUCA, OMNET++ e outros.

No Apêndice C são identificados todos os grupos de pesquisas citados acima com seus respectivos equipamentos e softwares.



03 ECOSISTEMA TECNOLÓGICO - Dados do WIPO

Foram identificadas 25 patentes publicadas para o presente segmento entre os anos de 2008 e 2018. De maneira geral, a pesquisa apresentou dados que oscilaram bastante durante os anos analisados. Em dados gerais, pessoas jurídicas reuniram 12 patentes publicadas, pessoas físicas 10 e instituições de ensino brasileira apenas 3 patentes.



Fonte: Adaptado de WIPO (27/03/2020).

Abaixo são indicadas as duas instituições de ensino brasileiras que foram identificadas com patentes publicadas. Destaca-se que houve uma instituição estrangeira (que não está citada abaixo) que possui 1 registro de patente em seu nome.

Instituição Brasileira	Fiocruz	UFBA
Quantidade de patentes	1	1



25 REGISTROS DE PATENTES

Nota-se que o ecossistema tecnológico e científico apresentaram poucos registros, seria interessante eles se desenvolverem juntos para que, futuramente, os ecossistemas não ficassem muito distantes entre si como ocorreu nos segmentos anteriores.

04 ECOSISTEMA DE NEGÓCIOS



19 FABRICANTES NACIONAIS



12 EMPRESAS ESTRANGEIRAS

O segmento de Defesa e Segurança é um mercado mais restrito em que é necessário o cadastramento no Ministério da Defesa para fornecimento às forças armadas. Dessa forma, existem 189 empresas cadastradas sendo que 48 foram aprovadas de acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Materiais e de Defesa e Segurança, o Diretório ABIMDE (5). Nessa lista de aprovadas estão contabilizadas empresas nacionais e estrangeiras que atuam desde o fornecimento de roupas militares até satélites. Dentre essas, foram identificadas 19 empresas com sede no Brasil que atuam no mercado de fotônica fornecendo produtos de alta tecnologia fundamentalmente para sistemas optrônicos.

A região Sudeste comporta 84,2% das empresas, seguida da região Sul com 10,5% e da região Centro-oeste com 5,3%. Por fim, 12 empresas internacionais atuam no mercado interno brasileiro com produtos envolvendo Fotônica para o segmento de defesa e segurança.



Fonte: Adaptado do Diretório ABIMDE (Fevereiro de 2020).

5 Associação Brasileira das Indústrias de Materiais e de Defesa e Segurança. Diretório ABIMDE. Disponível em: <<http://www.abimde.org.br/diretorio-abimde>> Acesso em: fev. 2020.

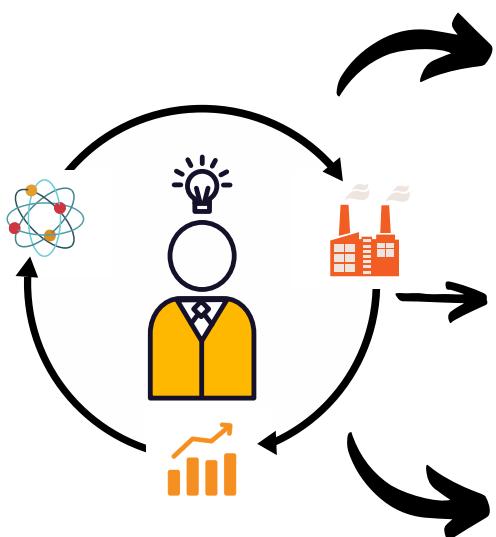
O setor de defesa possui muito potencial de crescimento, já que ainda há muita participação internacional no mercado e, do ponto de vista de soberania nacional, é importante que o país detenha a tecnologia e a capacidade de produção de equipamentos e componentes para atender às forças armadas.

Abaixo são exibidos alguns dos fabricantes nacionais retirados do Diretório ABIMDE:



No Apêndice D estão listados todos os fabricantes nacionais identificados.

05 ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO



Dentre todos os segmentos aqui descritos, este foi o que obteve o menor índice de periódicos publicados. Por outro lado, os grupos de pesquisas apresentaram um avanço um pouco mais satisfatório. Por fim, a região Sudeste detém a maior parcela de pesquisas e artigos, com isso, há a oportunidade de incentivar a pesquisa deste segmento em outras regiões.

O ecossistema tecnológico obteve resultados dentro do esperado, visto que o ecossistema científico também não obteve resultados elevados, no entanto, o segmento (como um todo) ainda precisa de mais tempo, incentivo e pesquisa para se comparar com os outros segmentos aqui descritos.

A concentração do mercado está no Sudeste, no entanto, de um ponto de vista estratégico a indústria militar poderia estar distribuída entre as regiões brasileiras para evitar o comprometimento total da capacidade de produção em caso de uma ofensiva militar nessa região.

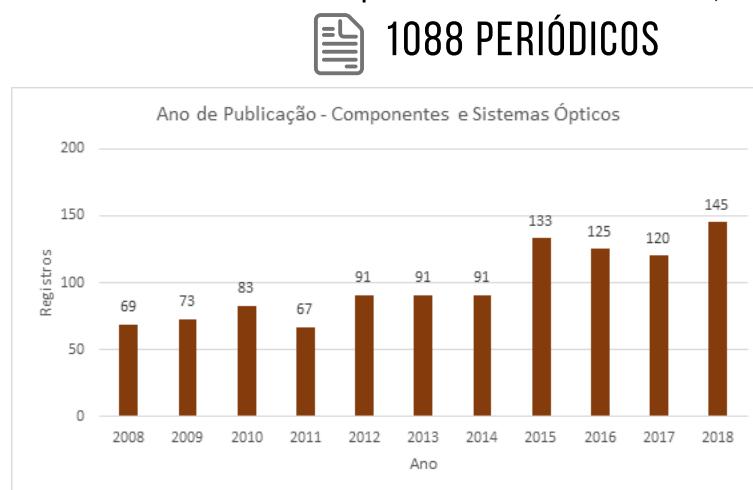
4.10. COMPONENTES E SISTEMAS ÓPTICOS

Os componentes e sistemas ópticos compreendem as lentes de telescópios, óculos, lasers, prismas e variadas outras aplicações que elas se adequam. Além disso, são compreendidos também os diversos componentes opto-elétricos e optoeletrônicos que são montados em outros equipamentos, como máquinas fotográficas e circuitos elétricos e eletrônicos. Nessa categoria ainda estão inclusos todos os equipamentos ópticos não enquadrados em categorias anteriores, como lasers utilizados em novas áreas de pesquisas.

01 ECOSISTEMA CIENTÍFICO - Dados do Web Of Science



Para sua análise do ecossistema científico utilizou-se de palavras-chaves relacionadas a componente ópticos como lentes e prismas além de equipamentos que fazem o uso desses componentes como câmeras, telescópios, microscópios e lasers.



110,1%

Este segmento apresentou um elevado índice de artigos publicados (1088) e um crescimento significativo de 2008 a 2018 (110,1%). Do total de periódicos, 86,2% foram publicados em inglês.

Fonte: Adaptado de WOS (12/08/2019).

As informações importantes retiradas do WOS são:

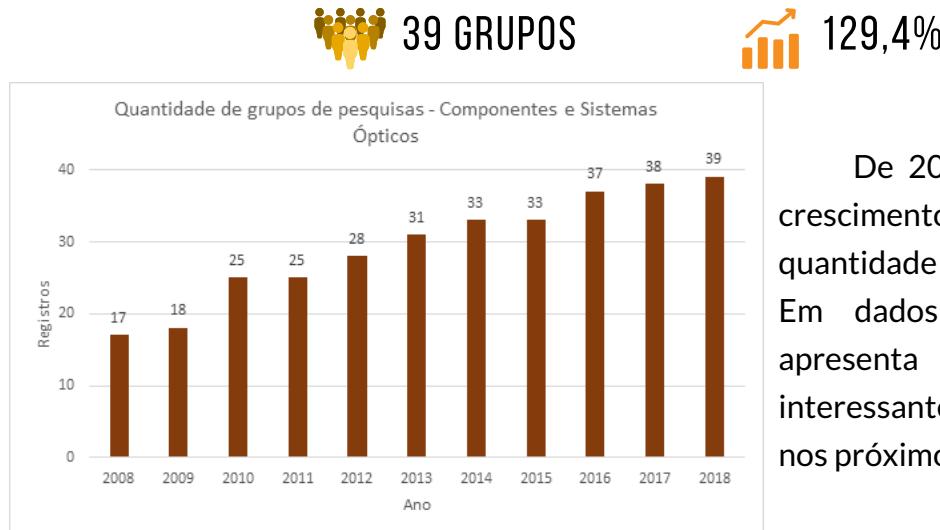
- A categoria de Ciências Físicas está presente em 75,4% dos artigos, fato este que é importante pois ilustra que a pesquisa realizada está dentro do esperado já que este segmento trata de componentes e sistemas ópticos. A categoria da Tecnologia presente em 60,9% dos artigos
- A área de Astronomia e Astrofísica foi a que apresentou o maior registro (45,3% dos artigos). Este dado é interessante pois mostra que esta área está presente dentro das instituições além de mostrar também que o país possui pesquisas envolvendo microscópios e sistemas para a análise do universo e do sistema solar. A área de Instrumentos e Instrumentação, Óptica, Física, Engenharia e Ciência dos Materiais também são promissoras pois estão presentes em muitos componentes ópticos na metrologia e em componentes e sistemas ópticos. Novamente, os artigos podem ser inseridos em pelo menos uma categoria geral e em pelo menos uma área de pesquisa.
- Novamente, a USP lidera como a instituição que possui o maior número de pesquisadores, com 532 registros. Na sequência encontram-se a UFRGS e a UFRJ com registros inferiores (206 e 130, respectivamente), mas ainda assim relevante.

- A região sudeste apresentou o maior índice de pesquisadores seguido da região sul, cada uma com 76,5% e 23,5% dos registros, respectivamente. Para a região Sul, UFRGS, UFPR e UFSC somam esforços para o desenvolvimento da região.

02 ECOSSISTEMA CIENTÍFICO - Dados do CNPq



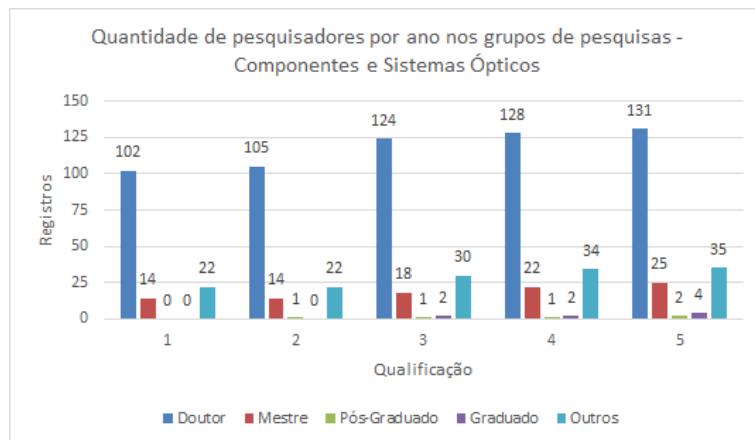
A aquisição de dados do diretório de grupos de pesquisas do CNPq retornou um total de 39 grupos de pesquisa. De todos os grupos encontrados, 25 são certificados pelo CNPq, 10 também são certificados, no entanto, não são atualizados a mais de 12 meses e 4 ainda estão em fase de preenchimento.



Fonte: Adaptado de CNPq (01/11/2019).

De 2008 há 2018 houve um crescimento de 129,4% na quantidade de grupos de pesquisa. Em dados gerais, o segmento apresenta um desenvolvimento interessante e tende a evoluir mais nos próximos anos.

• Pesquisadores e Estudantes

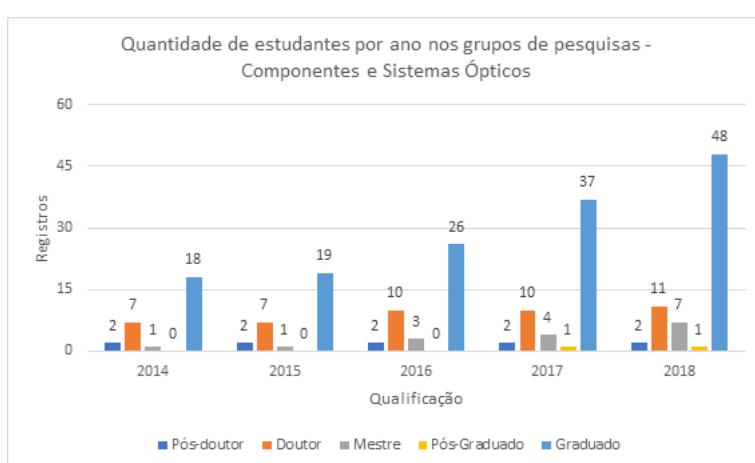


Fonte: Adaptado de CNPq (01/11/2019).

197 PESQUISADORES

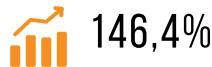


Em 2018 foram identificados 197 pesquisadores trabalhando neste segmento. Eles apresentaram um crescimento de 42,8% de 2014 a 2018. A parcela mais significativa de pesquisadores está com os doutores, somando 66,5% do total.



Fonte: Adaptado de CNPq (01/11/2019).

69 ESTUDANTES



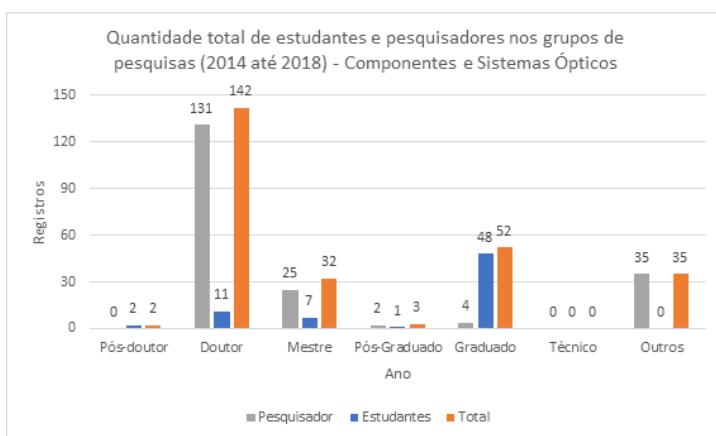
Em 2018 foram identificados 69 estudantes com um crescimento de 146,4% de 2014 a 2018. Os graduandos compreendem 69,6% do total, além disso, eles apresentaram um crescimento significativo de 166,7% de 2014 a 2018.



266 PROFISSIONAIS



60,2%



Fonte: Adaptado de CNPq (01/11/2019).

Obteve-se como resultado final 266 pesquisadores e estudantes trabalhando no segmento. A formação que apresentou mais registros foi a dos doutores (53,4%) e graduados (19,5%). Em dados gerais, os profissionais obtiveram um crescimento de 60,2% de 2014 a 2018.

• Parcerias

Foram identificadas 39 instituições e/ou empresas parceiras aos 39 grupos de pesquisas. Apesar da quantidade de parceiros ser igual a quantidade de grupos, isso não implica que cada grupo possui um parceiro. Abaixo estão os grupos de maiores destaque devido a quantidade de parcerias.

Grupo	Laboratórios de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia - LEPTEN	Grupo de Astrofísica	Telecomunicações	Projetos, fabricação e processos de materiais estratégicos da Área de Defesa
Instituição	UFSC		UEL	ITA
Cidade	Florianópolis	Florianópolis	Londrina	São José dos Campos
UF	SC	SC	PR	SP
Parcerias	9	5	4	4

• Regiões Brasileiras

As regiões Sudeste e Sul, juntas, possuem quase que a totalidade de grupos de pesquisa. Cada um possui, respectivamente, 41,0% e 36,0%. A região Nordeste, possui apenas 7 dos 39 grupos (18,0%) e a Centro-oeste apenas 2 grupos (5,0%). Infelizmente, não foram encontrados grupos na região Norte do país. Em resumo, 11 estados brasileiros mais o DF possuem grupos de pesquisa. Os estados que mais se destacam são: SP com 9 grupos, SC com 6 grupos, PR e RJ com 5 grupos cada e BA e RS com 3 grupos cada.

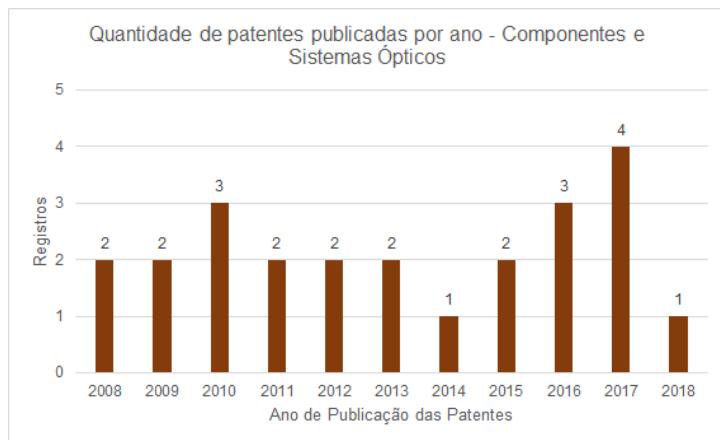
• Equipamentos e Softwares

Dos 39 grupos de pesquisas identificados, apenas 9 grupos (23,1% do total) possuíam os dados dos equipamentos disponíveis, por conta disso foram localizados apenas 17 equipamentos. Por fim, obteve-se um total de 10 grupos de pesquisas (25,6% do total) com informações referentes aos softwares disponíveis, resultando em um total de 31 softwares. Alguns dos equipamentos citados foram: Laser de alta potência/energia, Perfilômetro Ótico, Analisador de parâmetros de semicondutores, Planetário Móvel e outros. Alguns dos softwares citados foram: COMSOL, OptiBPM - Optiwave, Solidworks, Celestia, Stellarium, Matlab e muitos outros. No Apêndice C são identificados todos os grupos de pesquisas citados acima com seus respectivos equipamentos e softwares.



03 ECOSISTEMA TECNOLÓGICO - Dados do WIPO

O segmento de componentes e sistemas ópticos obteve um total de 24 patentes publicadas entre 2008 e 2018.



Fonte: Adaptado de WIPO (27/03/2020).



24 REGISTROS DE PATENTES

As patentes publicadas por empresas e pessoas físicas obtiveram quase os mesmos índices, tendo como análise final 10 e 9 registros respectivamente (ou 41,7% e 37,5% respectivamente). As instituições de ensino obtiveram 20,8% do total, ou seja, apenas 5 patentes publicadas.

Abaixo são indicadas as duas instituições de ensino brasileiras que foram identificadas. Destaca-se que houveram duas instituições estrangeiras (que não estão citadas abaixo) que possuem 1 registro de patente em seus nomes.

Instituição Brasileira	UFSCar	UFMG	PUC-RIO
Quantidade de patentes	1	1	1

04 ECOSISTEMA DE NEGÓCIOS



184 EMPRESAS NACIONAIS



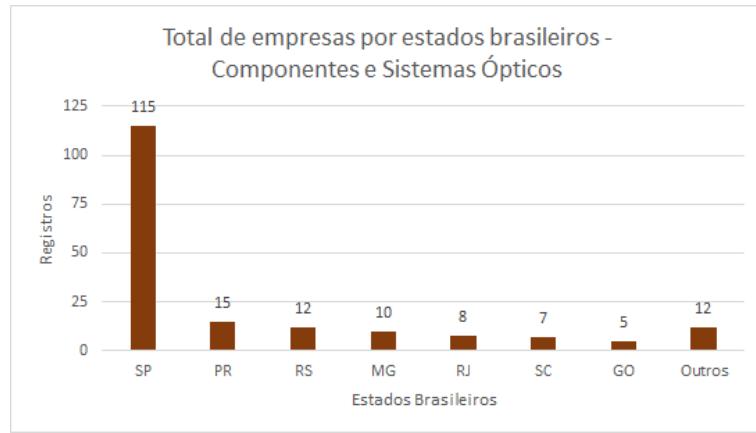
33 FABRICANTES NACIONAIS



50 EMPRESAS ESTRANGEIRAS

O Brasil se dedica a revenda de itens importados e a manutenção desses componentes. Além disso possui uma variada presença de pequenos negócios de comércios eletrônicos espalhados por todo o território nacional focados no mercado de hobbistas que desenvolvem seus próprios circuitos eletrônicos para aplicações diversas. Além disso são comercializados componentes de base para a aplicação em equipamentos de fotônica para uso médico e industrial.

Foram localizadas 184 empresas brasileiras. Do total das empresas, 33 trabalham com pesquisa e desenvolvimento e 151 trabalham exclusivamente com vendas de produtos e/ou prestação de serviços. Das 33 empresas que trabalham com P&D, 94,0% estão em SP e 3,0% em SC e RJ.



Fonte: Autoria própria (Fevereiro de 2020).

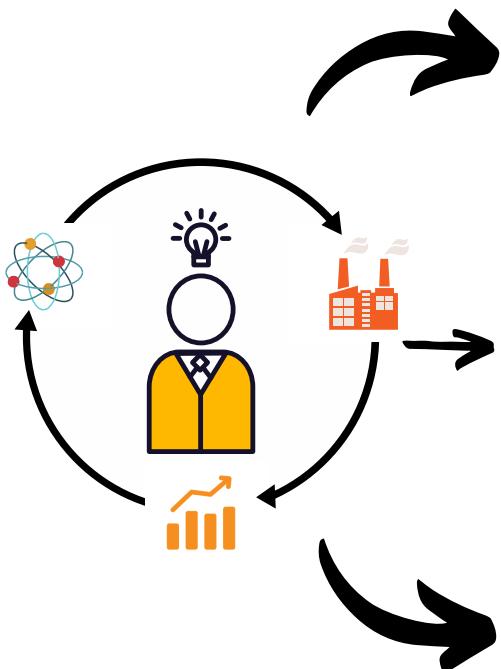
De maneira geral, a região Sudeste possui quase que a totalidade de empresas, com 72,8% do total. Na sequência encontra-se a região Sul com 18,5%. As regiões Nordeste e Centro-oeste possuem o mesmo registro (3,8%). Por fim, foram identificados 50 empresas internacionais que atuam no mercado interno brasileiro.

Abaixo são exibidos os fabricantes nacionais identificados:



No Apêndice D estão listados todos os fabricantes nacionais identificados.

05 ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO



O ecossistema científico apresentou uma elevada quantia de artigos publicados que, em suma, está focada no estado de SP, por outro lado, os grupos de pesquisas, estão melhor distribuídos nas regiões Sudeste e Sul. Esses indicadores ilustram que os grupos do Sudeste estão divulgando mais frequentemente suas pesquisas.

Os indicadores do ecossistema tecnológico não estão em sintonia com o ecossistema científico. Além disso, dentre os três tipos de aplicantes analisados, as instituições de ensino foram as que apresentaram o menor registro, destacando que há muitas pesquisas, no entanto, há poucas patentes. Seria interessante fomentar a interação de ambos os ecossistemas para incentivar o desenvolvimento do segmento.

Este é um segmento que possui muita presença de fabricantes internacionais, tanto de lentes para fotografia e astronomia quanto componentes optoeletrônicos. Porém há algumas exceções que são empresas que fabricam componentes optoeletrônicos e ópticos nacionais, entretanto possuem uma parcela pequena de mercado.

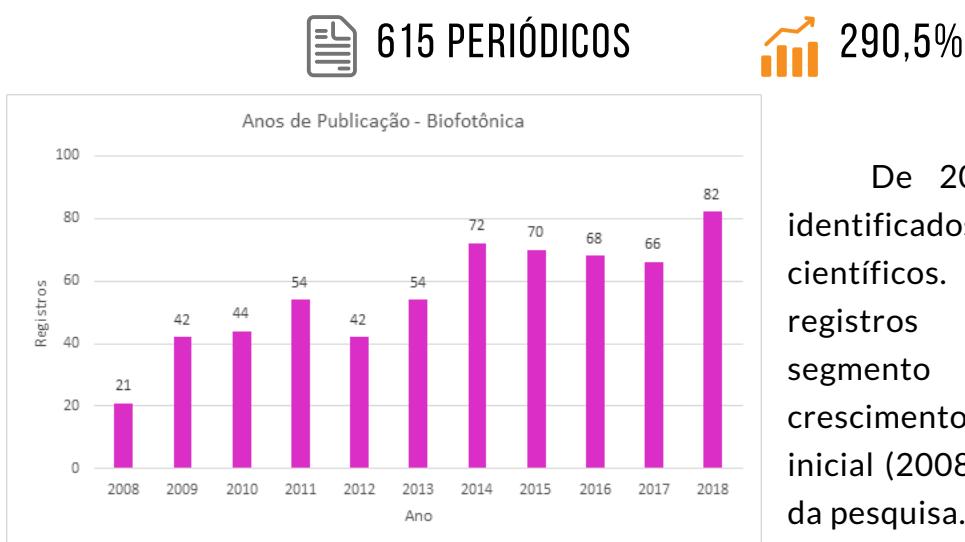
4.11. BIOFOTÔNICA

A biofotônica trata da aplicação da luz, no espectro visível e quase invisível, para estudar os tecidos biológicos, células e moléculas. A sensibilidade intrínseca do tecido biológico à luz, devido a interações elásticas e inelásticas, combinadas com o desenvolvimento do laser, componentes ópticos e detectores sofisticados, permitiram o desenvolvimento desta técnica. As pesquisas atuais compreendem na aplicação de métodos de imagem biofotônicos, como tomografia de coerência óptica, microscopia multifotônica, imagem vibracional, espectroscopia de infravermelho, tomografia óptica difusa e imagem de macroescala multimodal para diagnóstico não invasivo e imagens durante a cirurgia de tumores de mama e gânglios linfáticos.

01 ECOSSISTEMA CIENTÍFICO - Dados do Web Of Science



Para esta análise a pesquisa foi realizada com palavras-chave relacionadas a fototerapia, pinças ópticas e biofotônica.



Fonte: Adaptado de WOS (15/08/2019).

De 2008 a 2018 foram identificados 615 artigos científicos. Analisando os registros da pesquisa, o segmento apresentou um crescimento de 290,5% do ano inicial (2008) ao ano final (2018) da pesquisa.

As informações importantes retiradas do WOS são:

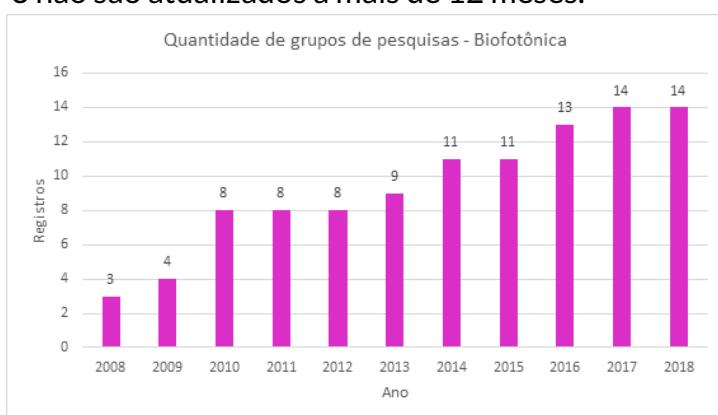
- Por se tratar de um segmento muito abrangente, os ramos da Ciência que envolvem ciências da vida, biomedicina e tecnologia apresentaram valores significativos. A categoria de Ciências da Vida e Biomedicina está presente em 95,3% dos artigos, a categoria de Tecnologia está presente em 52,7% e, por fim, a categoria de Ciências Físicas detêm 38,0% dos periódicos.
- Assim como era o esperado, a área de pesquisa com o maior registro está relacionada com a área médica, sendo assim, a área de Cirurgia compreende 42,6% dos artigos. Na sequência está a área de Engenharia presente em 40,0% dos artigos. Destaca-se novamente que os artigos podem ser inseridos em pelo menos uma categoria geral e em pelo menos uma área de pesquisa.
- A USP está na liderança das universidades, seguido da UNINOVE, UFBA e UNIFESP. Em dados gerais, cada instituição possui, respectivamente, 401, 146, 134 e 108 pesquisadores com publicações.
- De todos os periódicos identificados, 97,1% foram publicados em inglês.

- A região sudeste lidera novamente os maiores registros de desenvolvimento do segmento seguido das regiões nordeste e sul. Em dados percentuais, tem-se que as 3 regiões possuem, cada uma, respectivamente, 79,3%, 11,6% e 7,6% do total. Como instituição de destaque da região Sudeste tem-se: USP, UNINOVE, UNIFESP, UNESP, UFSCar e UNICAMP. Para a região Nordeste, as universidades que mais se destacaram foram: UFBA, UFPE, UFRGN e UFC. Já para a região Sul UFRGS, UEL, UFSC e UCS somam esforços para o desenvolvimento da região.

02 ECOSSISTEMA CIENTÍFICO - Dados do CNPq



Há cadastrados no diretório do CNPQ, 14 grupos de pesquisas que possuem áreas de pesquisa relacionadas com Biofotônica. Dentre os grupos citados, todos estão certificados e 3 não são atualizados a mais de 12 meses.

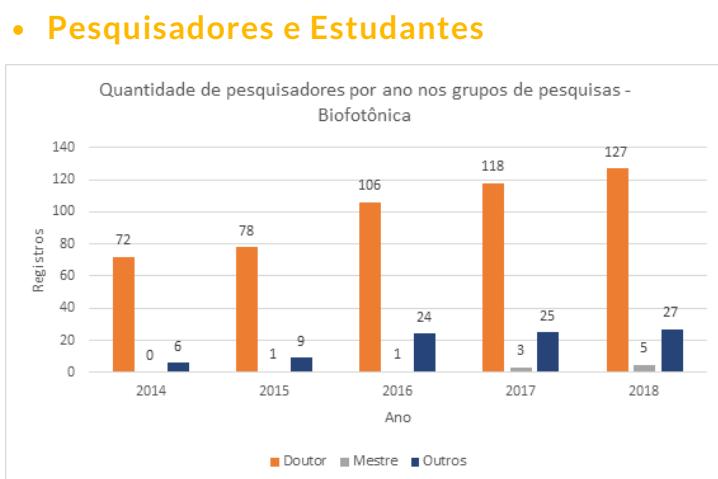


Fonte: Adaptado de CNPq (30/10/2019).

14 GRUPOS

366,7

A quantidade de grupos de pesquisas do segmento aumentou significativamente, resultando em um crescimento de 366,7% de 2008 a 2018, não havendo assim, nenhum declínio nos registros, ilustrando que o ecossistema está em expansão.

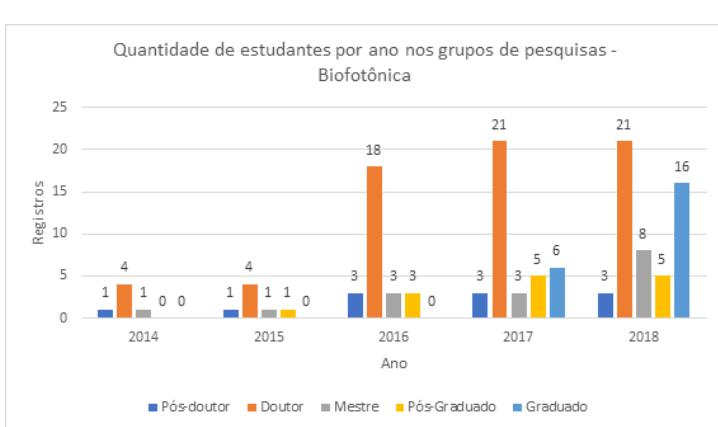


Fonte: Adaptado de CNPq (30/10/2019).

159 PESQUISADORES

103,8%

Dos 159 pesquisadores identificados em 2018, a parcela mais significativa pertence aos doutores, com 79,9% do total. De maneira geral, os pesquisadores obtiveram um crescimento de 103,8% entre 2014 e 2018.



Fonte: Adaptado de CNPq (30/10/2019).

53 ESTUDANTES

783,3%

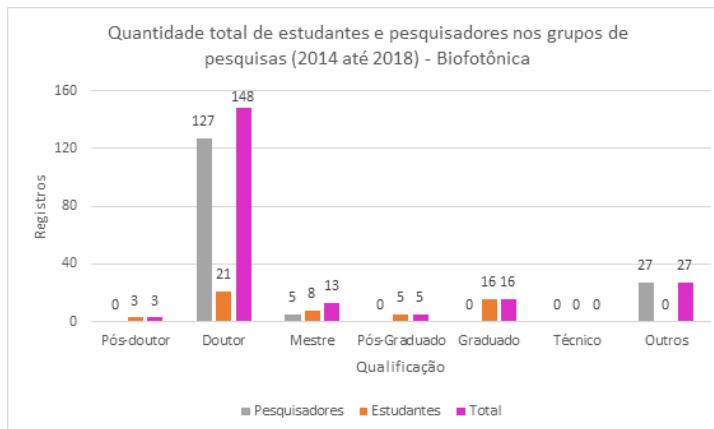
Os estudantes apresentaram um crescimento significativo, de modo que em 2014 haviam apenas 6 e, em 2018, o registro estava em 53. Os Doutores, Graduandos e Mestres compreendem a maioria dos registros, com 39,6%, 30,2% e 15,1% do total.



212 PROFISSIONAIS

BIOFOTÔNICA

152,4%



Fonte: Adaptado de CNPq (30/10/2019).

- **Parcerias**

Foram identificadas apenas 10 instituições e/ou empresas parceiras aos 14 grupos de pesquisas. Abaixo estão listados os 4 grupos que indicaram as parcerias que possuem.

Grupo	Biofotônica nas Ciências da Saúde e Biológicas	Produtos Naturais e Sintéticos	Biofotônica e Neuromodulação	Biofotônica e Óptica Não Linear
Instituição	Faculdade de Odontologia	UESPI	UNIFAP	UAM
Cidade	Salvador	Teresina	Macapá	São José dos Campos
UF	BA	PI	AP	SP
Parcerias	6	2	1	1

- **Regiões Brasileiras**

A região Sudeste se destaca das demais, ela possui cerca de 57,1% dos grupos de pesquisa. Na sequência encontra-se a região Nordeste com 21,4%. As outras regiões possuem apenas 1 grupo de pesquisa cada, registrando 7,1% do total cada uma. De maneira geral, apenas 7 estados brasileiros contemplam grupos de pesquisas relacionados a Biofotônica, são eles: SP com 7 grupos, PI com 2 grupos e AP, BA, MS, PR e RJ com apenas 1 grupo cada.

- **Equipamentos e Softwares**

Do total de 14 grupos identificados, apenas 2 possuíam a informação de equipamentos, com isso, foram descritos apenas 4 equipamentos. Para os softwares, apenas 1 grupo indicou esta informação, tendo como resultado final apenas 4 softwares. Na sequência são indicados os grupos citados anteriormente. A sequência de dados é disposta da seguinte forma: Nome do grupo de pesquisa, Instituição de Ensino e/ou Departamento, Cidade/Estado: Equipamento ou software.

- **Equipamentos**

- BIOLUMINESCÊNCIA E BIOFOTONICA, Sorocaba/SP: Camara de fotodetecção; Espectroluminometro ultrasensivel;
- FotoNanoBio, Campus Curitiba, Curitiba/PR: Laser de Nd:YAG; DLS - particle size analyzer;

- **Software**

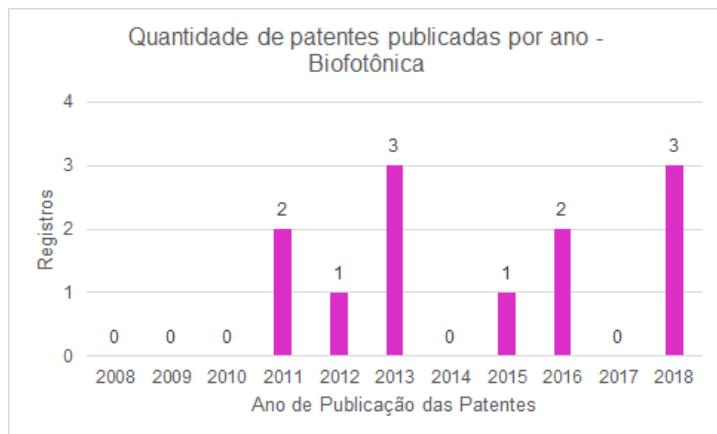
- Ambientes Virtuais e Tecnologias Assistenciais, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Mogi das Cruzes/SP: Blender 3D; MATLAB; Tool box image processing; Tool box Signal processing;



03 ECOSSISTEMA TECNOLÓGICO - Dados do WIPO

Foram identificadas apenas 12 patentes publicadas entre os anos de 2008 e 2018, o menor registro de todos os segmentos analisados. Em resumo, pessoas físicas somaram 3 patentes e pessoa jurídica apenas 1 patente.

12 REGISTROS DE PATENTES



As instituições de ensino totalizaram 8 patentes publicadas (66,7%), a maior participação de instituições para todos os segmentos.

Destaca-se que, somente a UFMG detém 6 patentes. Este dado é muito promissor pois ilustra que os ecossistemas estão em sintonia e trabalhando juntos.

Fonte: Adaptado de WIPO (27/03/2020).

Abaixo são indicadas as 2 instituições de ensino brasileiras identificadas. Uma instituição estrangeira (que não está citada abaixo) possui 1 registro de patente em seu nome.

Instituição Brasileira	UFMG	UFOP
Quantidade de patentes	6	1

04 ECOSSISTEMA DE NEGÓCIOS



195 EMPRESAS
NACIONAIS



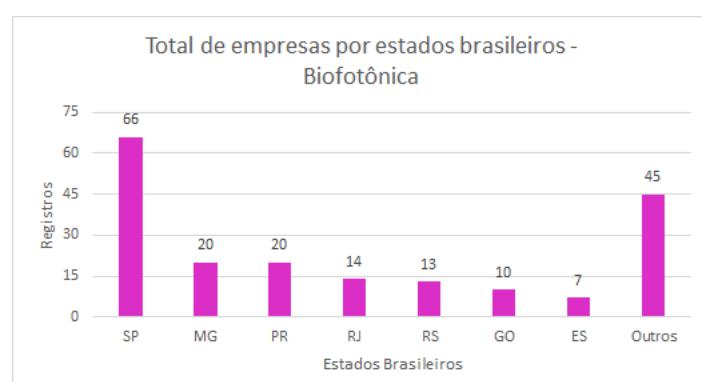
7 FABRICANTES
NACIONAIS



17 EMPRESAS
ESTRANGEIRAS

No segmento de biofotônica se observou uma divergência entre a definição de biofotônica desse relatório com a definição dos fabricantes e fornecedores de serviços. A pesquisa desconsidera como parte da biofotônica: terapias laser, procedimentos estéticos e tratamentos diversos com LED, lasers e similares. Porém, o termo biofônica também é utilizado para esses casos entre os participantes do mercado. Dessa forma optou-se por classificar as empresas de acordo com as definições dessa pesquisa. Nesse segmento estão presentes clínicas e institutos que realizam exames e diagnósticos médicos não invasivos a partir de equipamentos que utilizam luz, infravermelho e laser. A distribuição por estados dessas empresas está destacada na Figura abaixo.

De maneira geral, foram identificadas 195 empresas nacionais. Do total, apenas 7 de destinam a P&D, todas no estado de SP. Em dados percentuais, do total de empresas identificadas, 54,9% estão na região Sudeste, 20,0% na região Sul, 11,8% na região Nordeste, 11,3% no Centro-oeste e apenas 2,1% na região Norte.



Fonte: Autoria própria (Fevereiro de 2020).

Alguns fabricantes estrangeiros também se mostram presentes nesse mercado, de modo que foram identificadas 17 empresas estrangeiras atuando no mercado nacional.

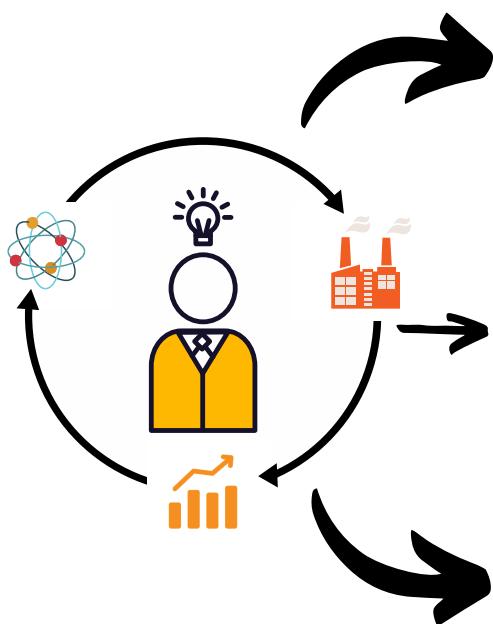
O mercado de diagnósticos não invasivos tem muito potencial para desenvolvimento com o intuito de substituir os diversos métodos atuais e facilitar a identificação de doenças. Como exemplo, há uma tendência de acessórios, como relógios inteligentes, que monitoram a saúde das pessoas aos usuários partir de informações como batimentos cardíacos, teor de oxigênio no sangue e outros indicadores biológicos, o que serve como histórico para análise de médicos e até mesmo inteligências artificiais, que podem propor diagnósticos e tratamentos mais adequados para cada paciente.

Abaixo são exibidos os fabricantes nacionais identificados:



No Apêndice D estão listados todos os fabricantes nacionais identificados.

05 ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO



O ecossistema científico apresentou registros que indicam o desenvolvimento do ecossistema. Tanto os grupos de pesquisas quanto a publicação de artigos estão em maior quantidade na região Sudeste. As regiões Sul e Nordeste apresentaram índices baixos, no entanto, são regiões que podem auxiliar no desenvolvimento e na propagação do segmento.

O ecossistema tecnológico obteve baixos registros, no entanto, ele se mostrou promissor pois as instituições de ensino participaram ativamente para o seu desenvolvimento, destacando assim a sintonia entre o ecossistema científico e tecnológico. Apesar dos números serem otimistas, ainda assim é necessário fomentar o segmento para alavancar seu crescimento.

Alguns fabricantes nacionais estão presentes nesse mercado fornecendo equipamentos para o mercado interno e externo. A demanda do setor é proveniente das clínicas para exame e diagnóstico presentes em todo o território nacional, do serviço público de saúde e para a pesquisa em universidades.

5. RESULTADOS OBTIDOS PARA CADA ECOSISTEMAS

5.1. ECOSISTEMA CIENTÍFICO



O ecossistema científico de cada um dos 11 segmentos da fotônica foram analisados a partir de 3 buscadores de dados distintos. Nos diagramas abaixo são descritos os buscadores e as informações retiradas de cada um.



5.1.1. Dados do Web of Science (WOS)



Ao final da análise obteve-se um total de 7381 artigos publicados entre 2008 e 2018 para os 11 segmentos da Fotônica com um crescimento de 155,9%.

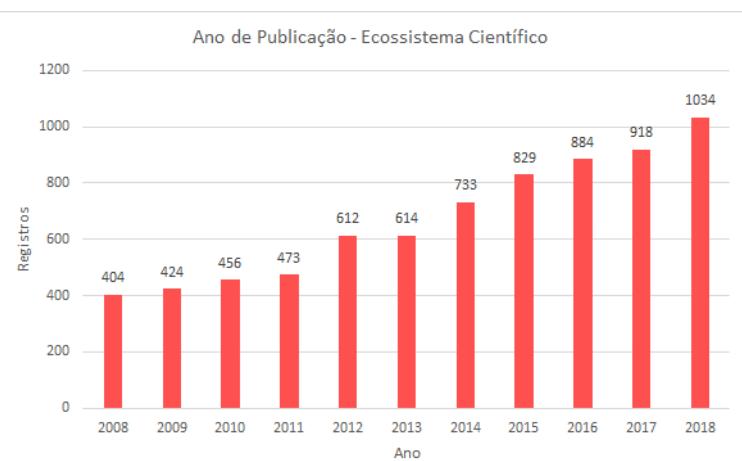


7 381 PERIÓDICOS



155,9%

A publicação de periódicos apresentou uma curva de crescimento interessante sem decaimentos ao longo da pesquisa. Isso ilustra o crescimento dos segmentos da Fotônica dentro das instituições, demonstrando sua importância e seu reconhecimento dentro dos grupos de pesquisas nacionais.



Fonte: Adaptado de WOS (dados de 12, 14 e 15 de agosto de 2019).

Os segmentos de mais destaque devido a quantidade elevada de periódicos são:



Tecnologia de Produção

1234 Periódicos Publicados entre 2008 e 2018;



Componentes e Sistemas Ópticos

1088 Periódicos Publicados entre 2008 e 2018;



Tecnologia da Informação

760 Periódicos Publicados entre 2008 e 2018.

• Categorias Gerais

Dentre as 5 Categorias Gerais disponíveis, a que merece mais destaque é a de Tecnologia e Ciências Físicas, presentes em 75,5% e 70,9% dos periódicos, respectivamente. Destaca-se que os artigos podem ser inseridos em mais de uma categoria geral, deste modo a somatória das porcentagens não resulta em 100,0%.

75,5% Tecnologia

70,9% Ciências Físicas

Como dados gerais, as outras 3 categorias são descritas na sequência.

- Ciências da Vida e Biomedicina: 44,9%;
- Ciências Sociais: 14,2%;
- Artes e Humanidades: 0,6%.

• Áreas de Pesquisa

Como era esperado, as áreas envolvendo Engenharia, Óptica e Física estão na liderança dos artigos já que a Fotônica está diretamente relacionada a estas áreas, desde seu entendimento até sua aplicação. As demais áreas como Química, Ciência dos Materiais, Instrumentos e Instrumentação e outras também possuem sua importância já que todas, de certa forma, auxiliam no avanço das pesquisas da Fotônica em seus diferentes segmentos.

A tabela ao lado ilustra as principais áreas de pesquisas identificadas e a presença delas (%) no total de periódicos. Assim como ocorre com as categorias gerais, um único artigo pode ser inserido em mais de uma área de pesquisa.

Áreas de Pesquisa	%
Engenharia	41,0%
Óptica	31,6%
Física	31,4%
Ciência dos Materiais	26,5%
Química	20,9%

Fonte: Adaptado de WOS (dados de 12, 14 e 15 de agosto de 2019).

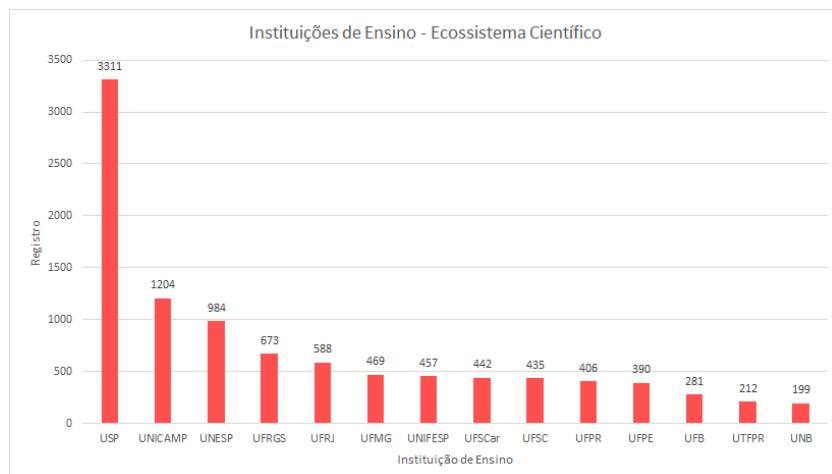
• Instituições de Pesquisa

As instituições que obtiveram os maiores registros de pesquisadores com publicações durante os anos de 2008 a 2018 são ilustrados abaixo. Os pesquisadores quantificados são todos aqueles que são autores de periódicos, além disso, caso um único pesquisador tenha o nome em mais de um periódico, esse índice foi somado aos registros de sua respectiva instituição. De maneira geral, as instituições da região sudeste e sul foram as que obtiveram melhores resultados.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

A USP liderou as pesquisas durante as análises dos segmentos, de modo que, dos 11 segmentos analisados ela ficou na liderança de 10 deles, apenas para o segmento de comunicação que a UNICAMP ficou na liderança.

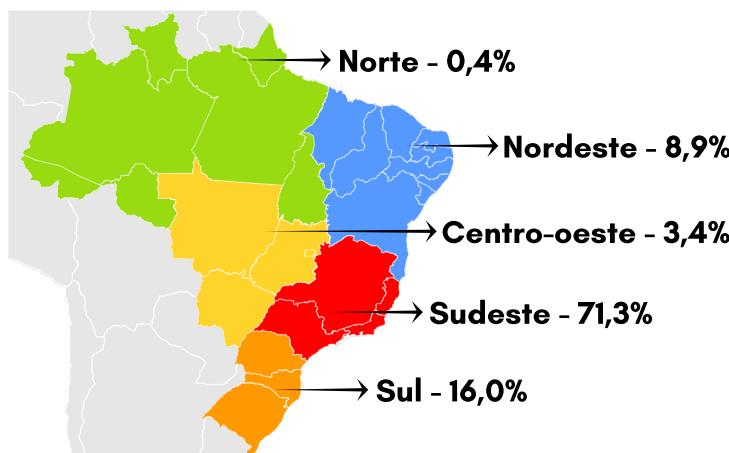


Fonte: Adaptado de WOS (dados de 12, 14 e 15 de agosto de 2019).

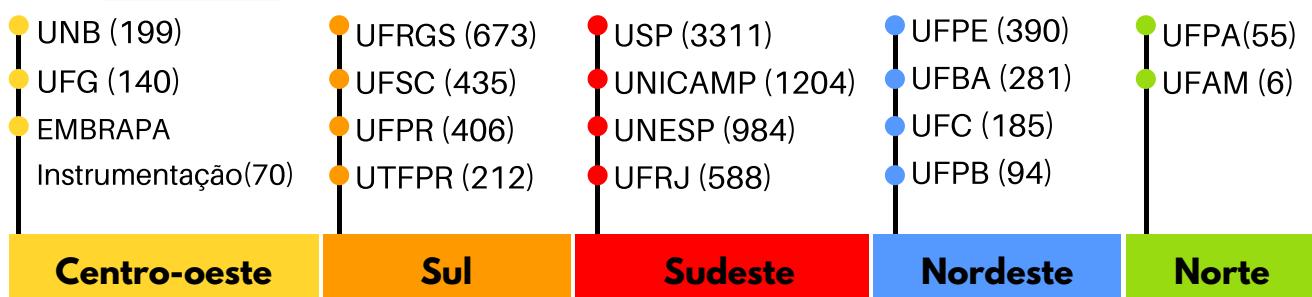
Deste modo já era esperado que a USP liderasse a análise final das instituições. A UNICAMP e a UNESP também obtiveram bons índices, no entanto, ainda são muito inferiores que a USP. É interessante verificar que as 3 instituições de destaque estão na região Sudeste, destacando assim o potencial de publicações e pesquisa da região e um ecossistema científico desenvolvido.

• Regiões Brasileiras

A partir dos dados informados anteriormente referente as instituições de ensino, foi possível realizar um mapeamento por regiões brasileiras. Nota-se a forte presença da região sudeste no desenvolvimento das pesquisas relacionadas a Fotônica. O detalhamento referente a essa região e as outras regiões brasileiras estão ilustradas na sequência exibindo assim a participação de cada uma nas publicações de periódicos, sendo este dado indicado pelo índice percentual.



Na sequência são exibidas as instituições de ensino de cada região que mais se destacaram devido a quantidade de pesquisadores com publicações (esta informação está indicada ao lado no nome da instituição entre parênteses).



• Idioma

Cerca de 95,1% dos periódicos identificados foram publicados em inglês.



5.1.2. Dados do CNPq

Esta seção tem como intuito englobar todas as informações referentes aos resultados da aquisição de dados do diretório de grupos de pesquisas do CNPq. São exibidos gráficos simplificados com a finalidade de facilitar a visualização dos dados e o acompanhamento do desenvolvimento da Fotônica ao longo dos anos.

A partir do diretório de grupos de pesquisas do CNPq foram identificados 678 grupos ativos com um crescimento de 138,7% entre os anos de 2008 e 2018.

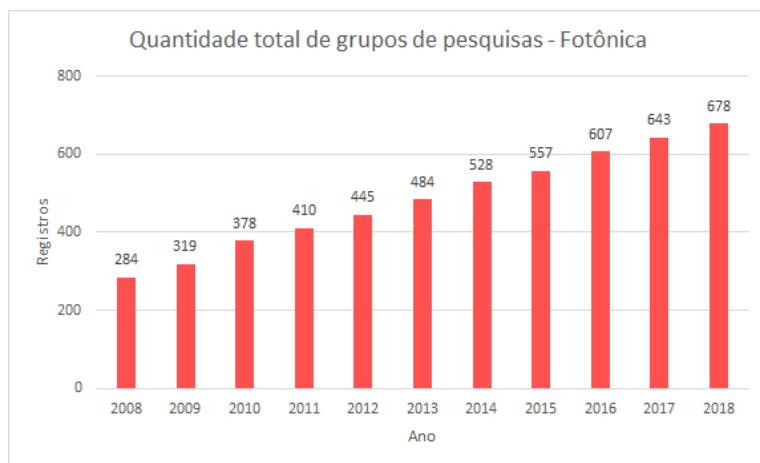


678 GRUPOS DE PESQUISAS



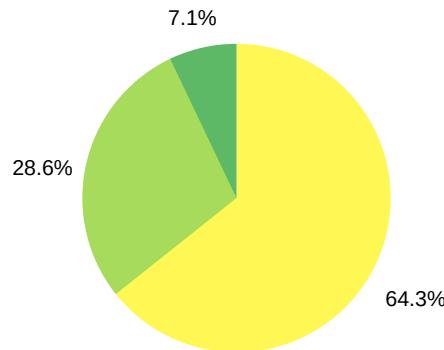
138,7%

Os grupos de pesquisas são fundamentais para o avanço da pesquisa de Fotônica no Brasil. Eles trabalham em torno de linhas de pesquisa relacionadas a Fotônica com o objetivo de desenvolver a pesquisa e o ecossistema científico no Brasil.



Fonte: Adaptado de CNPq (30/10/2019, 31/10/2019, 01/11/2019, 04/11/2019 e 14/02/2020).

A situação final dos grupos de pesquisas identificados no diretório de grupos de pesquisas CNPq está subdividido da seguinte maneira.



- Certificado: 436 grupos (64,3%)
- Certificado - não atualizado há mais de 12 meses: 194 grupos (28,6%)
- Em preenchimento: 48 grupos (7,1%)

Foram identificadas 621 instituições e/ou empresas parceiras aos grupos de pesquisas. Destaque para os segmentos abaixo que possuem uma elevada quantidade de parceiros. Na análise individual de cada segmento os grupos que possuem as maiores quantidades de parceiras são identificados.



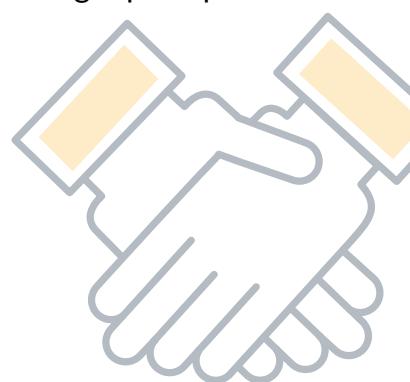
Tecnologia Médica e das Ciências da Vida
194 Grupos de Pesquisas - 147 Parceiros



Medição e Visão de Máquina
137 Grupos de Pesquisas - 113 Parceiros



Comunicação
48 Grupos de Pesquisas - 95 Parceiros



• Pesquisadores e Estudantes

A descrição dos pesquisadores e estudantes, assim como todos os profissionais identificados a partir do diretório de grupos de pesquisa do CNPq que atuaram com Fotônica de 2014 a 2018 são detalhados a seguir:

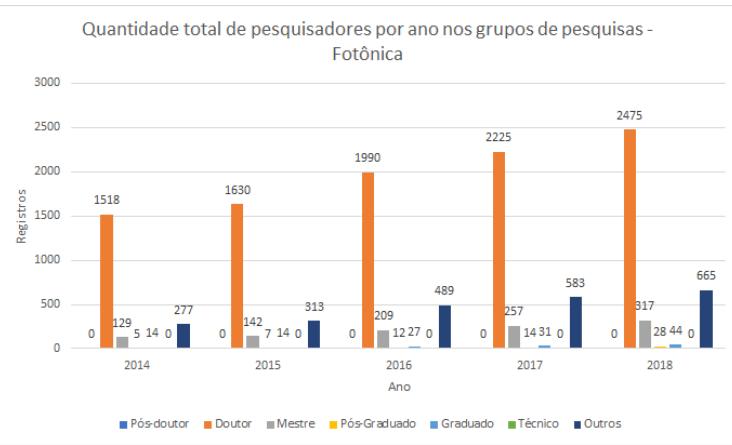


3529 PESQUISADORES



81,6%

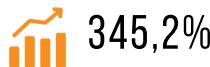
A maior parcela de pesquisadores pertence aos doutores com 70,1% seguido dos outros com 18,8% do total, resultado este muito inferior aos doutores. Os segmentos de Fotovoltaicos e Medição e Visão de Máquina foram os que se destacaram, com 658 e 656 pesquisadores, respectivamente.



Fonte: Adaptado de CNPq (30/10/2019, 31/10/2019, 01/11/2019, 04/11/2019 e 14/02/2020).

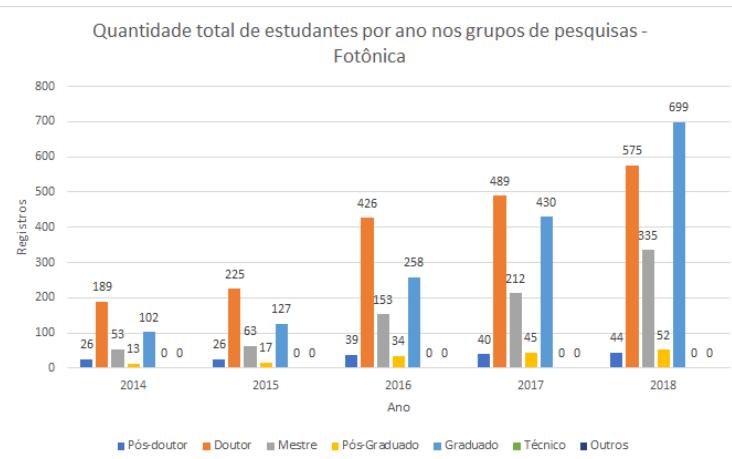


1705 ESTUDANTES



345,2%

Dos 1705 pesquisadores identificados, os graduandos e doutores compreendem as maiores parcelas, com 41,0% e 33,7% do total. Os segmentos de Tecnologia Médica e das Ciências da Vida e Medição e Visão de Máquina possuem os maiores registros, totalizando 358 e 323 pesquisadores cada.



Fonte: Adaptado de CNPq (30/10/2019, 31/10/2019, 01/11/2019, 04/11/2019 e 14/02/2020).

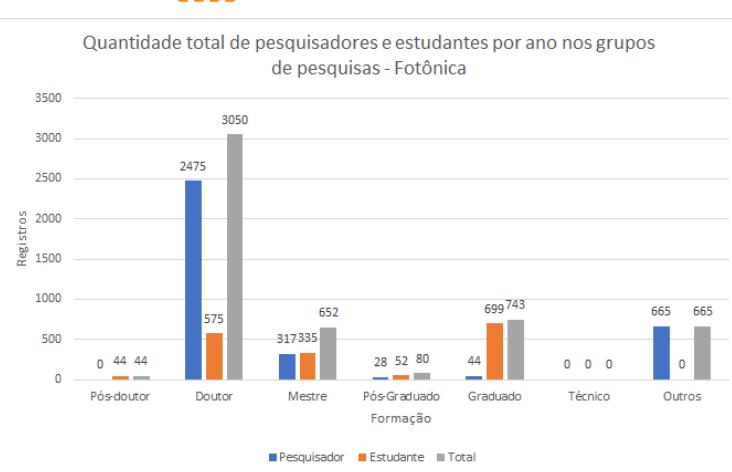


5234 PROFISSIONAIS



125,0%

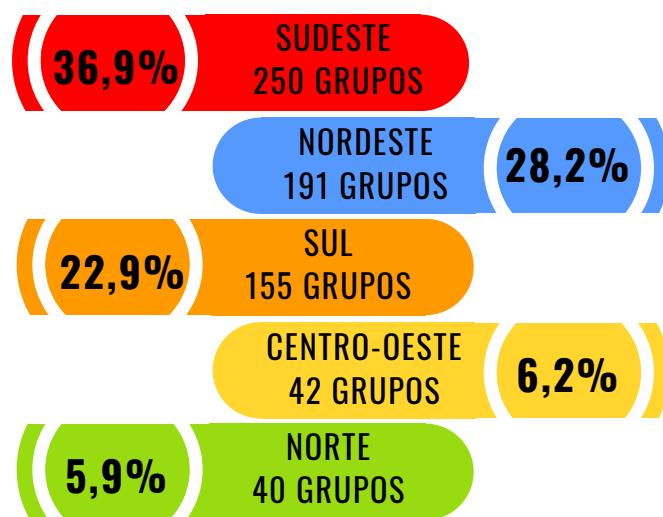
Reunindo os estudantes e pesquisadores associados aos grupos de pesquisas tem-se os profissionais atuando com Fotônica no Brasil. Os pesquisadores totalizam 67,4% dos profissionais, enquanto os estudantes somam 32,6%. Os doutores se destacam dentre os profissionais com uma parcela de 58,3% do total.



Fonte: Adaptado de CNPq (30/10/2019, 31/10/2019, 01/11/2019, 04/11/2019 e 14/02/2020).

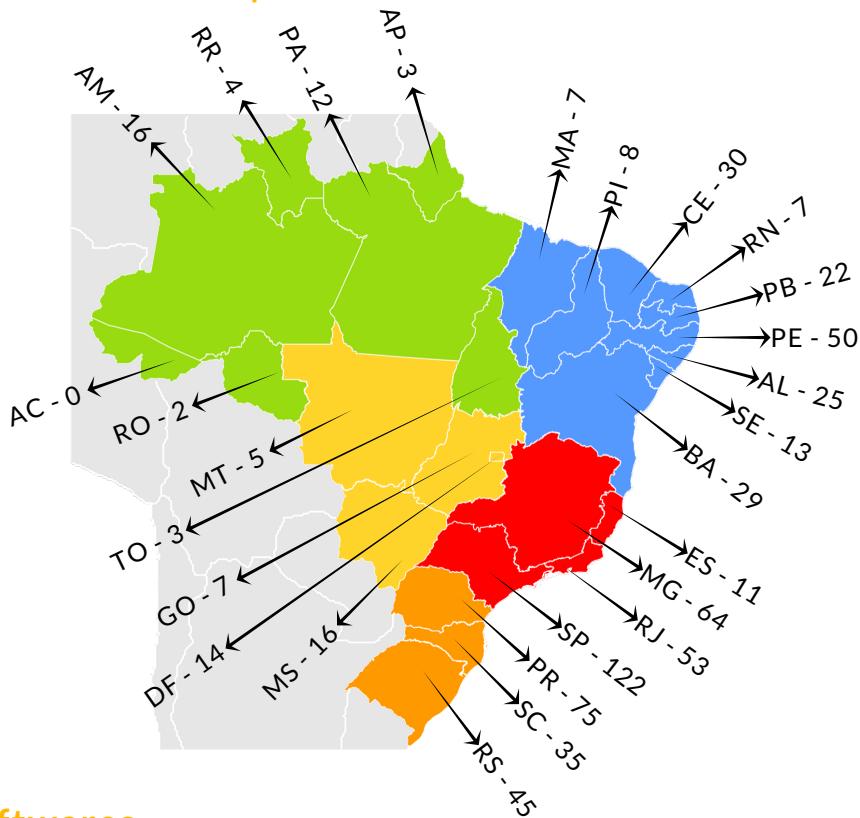
• Distribuição por Estados e Regiões Brasileiras

A distribuição geográfica dos grupos de pesquisa está diretamente relacionada com a distribuição dos segmentos e das atividades em Fotônica no país. A região Sudeste se destaca positivamente pois concentra 36,9% dos grupos, com destaque para o estado de São Paulo. Este cenário pode ser justificável pelo fato de que está é a região mais desenvolvida do país, recebendo muitos incentivos a pesquisa, tendo assim um solo fértil para a pesquisa e a inovação no Brasil.



Descrição da quantidade de grupos por estado brasileiro.

DESTAQUE PARA OS ESTADOS DE SÃO PAULO, PARANÁ E MINAS GERAIS, COM 122, 75 E 64 GRUPOS, RESPECTIVAMENTE. OS ESTADOS DA REGIÃO NORTE FORAM OS DE MENORES REGISTROS DE GRUPOS. NA REGIÃO NORDESTE OS ESTADOS DE PERNAMBUCO E CEARÁ SE DESTACAM, PARA A REGIÃO CENTRO-OESTE RESSALTO PARA ESTADO DE MS E, POR FIM, PARA A REGIÃO SUL ÊNFASE PARA O PARANÁ.



• Equipamentos e Softwares

A quantidade de grupos de pesquisas que possuíam as informações de equipamentos e softwares na plataforma do CNPq são poucos. Em resumo 101 grupos (14,9% do total) haviam descritos os equipamentos disponíveis, totalizando 300 itens. Já para os softwares, 98 grupos (14,5% do total) indicaram 248 softwares disponíveis. Por fim, na análise de cada segmento, que está descrito nos próximos capítulos, são indicados os principais grupos de pesquisa e os equipamentos e softwares que estão associados a eles.

No Apêndice C estão descritos os grupos de todos os segmentos que indicaram os equipamentos e softwares, com suas respectivas informações.



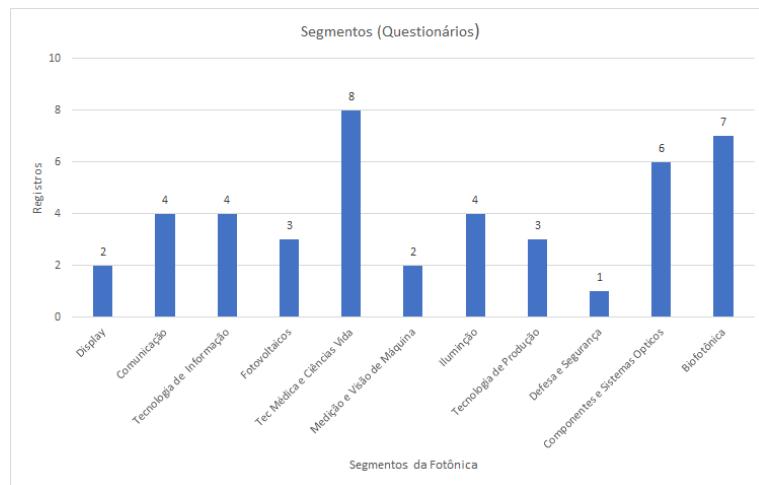
5.1.3. Informações obtidas por meio de questionários aplicados aos grupos de pesquisa

No Apêndice E estão descritos os grupos e pesquisas que participaram do questionário.

• Segmentos de Mercado

Os segmentos de mercado dispostos no questionários são 11 já citados no presente documento. Destaca-se que um mesmo grupo pode informar mais de um segmento de atuação. Os dados obtidos são dispostos no gráfico abaixo.

O segmento de Tecnologia Médica e Ciências da Vida foi o que obteve o melhor índice, estando presente em 61,5% dos grupos, na sequência há o segmento de Biofotônica e Componentes e Sistemas Ópticos com 53,8% e 46,2% dos grupos, respectivamente.



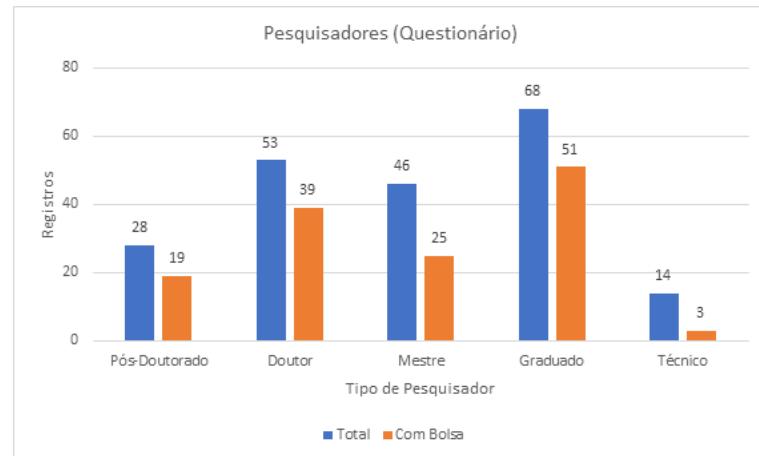
Fonte: Autoria própria (Fevereiro de 2020).

Como análise geral, os segmentos que obtiveram 4, 3, 2 registros representam 30,8%, 23,1% e 15,4% dos grupos, respectivamente. Por fim, o segmento de Defesa e Segurança obteve o menor índice, representando apenas 7,7% dos grupos analisados.

• Pesquisadores

A partir de dados extraídos dos questionários tem-se 209 pesquisadores trabalhando com fotônica nos 13 grupos analisados. Dos 209 pesquisadores informados, apenas 137 possuem bolsa de pesquisa, ou seja, 65,6% do total.

O gráfico ao lado ilustra os resultados obtidos. Como análise geral tem-se que, do total de bolsas informadas (131), 13,9% são para pós-doutorado, 28,5% para doutor, 18,2% para mestre, 37,2% para graduado e, por fim, 2,2% para técnico.



Fonte: Autoria própria (Fevereiro de 2020).

• Prestação de Serviços

Em relação a prestação de serviços dos grupos de pesquisas para as empresas, apenas 6 grupos responderam a esta pergunta no questionário, de modo que, 3 afirmaram que prestam algum tipo de serviço e 3 responderam que não prestam serviços a empresas. Os 3 grupos que responderam que prestam serviços são listados abaixo, onde o último grupo informou as empresas que usufruem de serviços do grupo e não o tipo de serviço é oferecido.

- **Laboratório de Materiais Fotônicos LAMF/UNESP:** Caracterização espectroscópica de materiais;
- **Instituto SENAI de Inovação em Sistemas de Manufatura e Processamento a Laser/SENAI-SC:** Elaboração e execução de projetos de pesquisa aplicada (PD&I), com maturidades tecnológicas (TRL) entre 3-7;
- **Instituto SENAI de Inovação em Sistemas de Manufatura e Processamento a Laser/SENAI-SC:** Estudo de viabilidade tecnológica para prospecção de projetos de PD&I;
- **Instituto SENAI de Inovação em Sistemas de Manufatura e Processamento a Laser/SENAI-SC:** Análise e caracterização de materiais (morfologia, topografia, composição química, propriedades mecânicas, resistência à corrosão, medições dimensionais).
- **Grupo de Fotônica/IFSC-USP:** CPFL-Paulista, Gigante Produtos Médicos, Olidef, etc.

• Parceria com Instituições

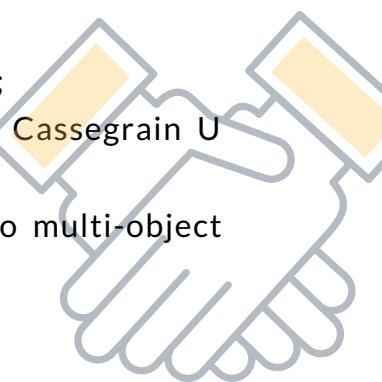
A próxima análise realizada diz respeito às parcerias que o grupo de pesquisa possui com instituição de ensino fora do Brasil. Ao todo 9 grupos informaram que possuem parcerias com instituições estrangeiras, no entanto, apenas 8 informaram os países das instituições parceiras. Ao total, 12 países foram citados durante a pesquisa, são eles: França e EUA com 10 parcerias cada país; Canadá, Portugal, Reino Unido e Alemanha com 3 parcerias cada país; Tchéquia com 2 parcerias nos grupos informados e, por fim, Japão, Holanda, Suécia, Espanha e Áustria com 1 parceria cada país. Apenas 3 grupos informaram a descrição dos projetos realizados com outras instituições, são eles:

Laboratório Nacional de Astrofísica (MCTIC)

- NAOJ(Japão) / USP e outros: Desenvolvimento do Espectrógrafo Prime Focus Spectrograph;
- UTexas(EUA) / USP: Desenvolvimento do Giant Magellan Telescope Multi-object Astronomical and Cosmological Spectrograph;
- USP: Desenvolvimento do SOAR Telescope Echelle Spectrograph;
- USP: Desenvolvimento do SOAR Adaptative Optics Module upgrade;
- USP, UFRJ, UFRN, UFMG: Desenvolvimento do Espectrógrafo Echelle de Alta Resolução para o telescópio Perkin-Elmer;

Laboratório Nacional de Astrofísica (MCTIC)

- INPE: Desenvolvimento da Simultaneous Polarimeter and Rapid Camera in Four bands;
- INPE: Desenvolvimento e instalação do telescópio Solar de 50cm;
- UK-ATC (U.Kingdon), ESO, USP e outros: Desenvolvimento do Cassegrain U Band Efficient Spectrograph (CUBES);
- Observatoire de Paris, ESO, USP e outros: Desenvolvimento do multi-object and multi-integral field spectrograph MOSAIC;
- UNIFEI, PMItajubá- Parque Científico e Tecnológico de Itajubá;
- UFSão Carlos: Fabricação de fendas ópticas em wafers de silício.

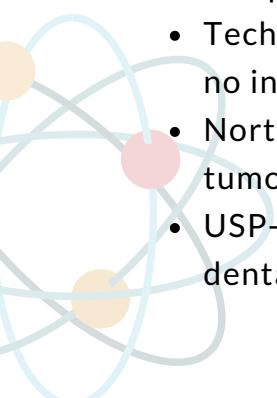


Laboratório de Óptica Biomédica - Grupo de Neurofísica (UNICAMP)

- UNICAMP: Desenvolvimento de sistema óptico vestível para monitoramento cerebral;
- UFMG: Medidas ópticas do desenvolvimento infantil saudável e doente;
- Mackenzie: Análise do toque, afeto e bem-estar social a partir de medidas ópticas;
- UFRN: Medidas da fisiologia cerebral e muscular durante o exercício físico;
- Universidade da Pennsylvania (EUA): Desenvolvimento de um sistema óptico para pacientes de AVC e em situação neurocrítica.

Grupo de Lasers do Centro de Lasers e Aplicações do IPEN

- Instituto Superior Técnico de Lisboa: Aplicações de lasers nas áreas médica, industrial e atmosférica;
- Universidade St Andrews (Reino Unido): Desenvolvimento de LEDs orgânicos para doenças negligenciadas;
- UFPE, UNIFESP, UFAB: Desenvolvimento de sistemas nanoestruturados para combater infecções;
- UFPE, UFABC: Uso de radiação ionizante e não ionizante em diagnóstico e terapia na Odontologia;
- Technological University of Dublin: Diagnóstico de tumor de pele por imagem no infravermelho;
- Northeastern University: Technological University of Dublin- Diagnóstico de tumor de tireóide por imagem no infravermelho;
- USP- Faculdade de Odontologia: Biofotônica na prevenção da cárie e erosão dental.



- **Parceria com Empresas**

Já para a parceria com empresas, 8 grupos informaram que possuem algum tipo de parceria. Foram citadas 29 empresas parceiras e os 8 grupos indicaram as empresas. Algumas das empresas citadas estão indicadas abaixo (lista completa no Apêndice E):



Em relação a descrição dos projetos que são desenvolvidos com as empresas parceiras, apenas 3 entrevistados descreveram os projetos. Os projetos estão listados na sequência seguindo a designação abaixo.

Nome grupo de pesquisa/Instituição de ensino | Empresa parceira: Projeto.

- **Laboratório de Materiais Fotônicos LAMF/UNESP | BioSmart (Araraquara-SP):** Desenvolvimento de nanomateriais
- **Laboratório de Materiais Fotônicos LAMF/UNESP | Microtube (Araraquara-SP):** Fabricação de fibras ópticas de vidro e plástico
- **Instituto SENAI de Inovação em Sistemas de Manufatura e Processamento a Laser/SENAI-SC | PETROBRAS:** Manufatura Aditiva de componentes estáticos e dinâmicos;
- **Instituto SENAI de Inovação em Sistemas de Manufatura e Processamento a Laser/SENAI-SC | PETROBRAS:** Protótipo de máquina portátil para a limpeza e texturização de superfície a laser;
- **Instituto SENAI de Inovação em Sistemas de Manufatura e Processamento a Laser/SENAI-SC | GENERAL MOTORS BRASIL:** Ferramentaria 4.0 – Deposição de metais e soldagem;
- **Instituto SENAI de Inovação em Sistemas de Manufatura e Processamento a Laser/SENAI-SC | GRANAÇO:** Laser cladding para martelos moedores na mineração;
- **Grupo de Lasers do Centro de Lasers e Aplicações do IPEN/IPEN | Biolambda:** Desenvolvimento de equipamento inteligente para aplicação clínica de fototerapias.

- Estratégia para a escolha dos temas de pesquisa**

Outro dado importante extraído dos questionários é referente as estratégias para a escolha dos temas de pesquisa. Abaixo são destacadas todas as estratégias informadas por todos os grupos de pesquisas.

<p>"Baseado em lacunas da literatura científica e demandas da sociedade que podem ser preenchidas com o conhecimento do presente grupo de pesquisa"</p> <p>Laboratório de Biofotonica - Pratavieira / Instituto de Física de São Carlos (USP)</p>	<p>"Prospecções de parcerias com indústria. Temas com o objetivo de pesquisa aplicada visando levar tecnologias para o mercado."</p> <p>Grupo de Tecnologias Ópticas (CPQD)</p>
<p>"Temas que possuam aplicações na indústria e potencial de inovação, particularmente aqueles demandados diretamente por empresas do setor industrial."</p> <p>Engenharia Óptica e Fotônica (SENAI - CIMATEC)</p>	<p>"Recursos, interesse dos alunos, nichos onde podemos ser competitivos e tecnologias estratégicas"</p> <p>LabSem (PUC-RIO)</p>
<p>"Expertise na área, players importantes e colaborativos em torno, nichos com deficiências e que podemos contribuir de forma aplicada e significativa."</p> <p>Laboratório de Óptica Biomédica / Grupo de Neurofísica (UNICAMP)</p>	<p>"Aquilo que é fronteira do conhecimento, que possa ter uma aplicação prática, que possa ser realizada com nossas instalações e equipamentos e que esteja dentro do conhecimento dos pesquisadores."</p> <p>Grupo de Lasers do Centro de Lasers e Aplicações do IPEN (IPEN)</p>
<p>"A partir da formação básica de nosso grupo (espectroscopia e Química de materiais) visando aplicações potenciais em biomedicina, biofotônica e nanofotônica";</p> <p>Laboratório de Materiais Fotônicos- LAMF / Instituto de Química (UNESP)</p>	<p>"Colaboração com outros grupos de pesquisa e Pesquisa básica na área de fronteira."</p> <p>Grupo de Fotônica (IFSC-USP)</p>
<p>"A CERTI como ICT e Instituto EmbrapII apoia o processo de Inovação de seus clientes e desenvolve assim soluções de fotônica orientadas a produtos e processos destes."</p> <p>Fundação CERTI (UFSC)</p>	<p>"Planejamento estratégico da instituição"</p> <p>Laboratório Nacional de Astrofísica (MCTIC)</p>
<p>"Buscar aplicar as técnicas ópticas em problemas de interesse na áreas de energia, ambiental e ciências da vida."</p> <p>Grupo de Óptica e Fotônica (UFMS)</p>	<p>"Aplicações para o setor produtivo do agronegócio e aplicações agroambientais."</p> <p>Grupo de Óptica e Fotônica aplicada à Agricultura e ao Meio Ambiente (Embrapa Instrumentação)</p>
<p>"Análise da demanda do mercado (desafios tecnológicos das indústrias) e matching com as expertises em processamento de materiais a laser do Instituto SENAI de Inovação (Manufatura Aditiva, Tratamento de Superfície e Soldagem e Corte)."</p> <p>Instituto SENAI de Inovação em Processamento a Laser (Instituto da Indústria - Joinville)</p>	

As falas citadas acima indicam que a estratégia para a escolha dos temas fica em torno dos recursos disponibilizados, do planejamento da instituição, de demandas e aplicações para a indústria, para o mercado e para a sociedade. Além disso eles buscam também desafios tecnológicos baseados em lacunas da literatura.

• Inovação Primária e Secundária

A próxima análise busca trazer informações se o trabalho realizado pelo grupo visa a inovação primária e/ou secundária. A Inovação primária refere-se a pesquisa de base e/ou pesquisa inédita, por outro lado, a inovação secundária refere-se a trabalhos baseados em tecnologias já existentes visando o aperfeiçoamento ou a aplicação da mesma. Dos 13 grupos que responderam ao questionários, 10 afirmaram que trabalham visando a inovação primária (76,9% do total) indicando que os grupos estão trabalhando em pesquisa inédita. Já para a inovação secundária, 12 grupos (92,3%) informaram que trabalham nessa modalidade, ou seja, desenvolvem aplicações ou o aperfeiçoamento de tecnologias que já existem. Na sequência são indicados os temas de inovação primária e secundária informado pelos grupos de pesquisa.

Inovação Secundária

"Biosensores, OLEDs, Curativos avançados, luminóforos"

Laboratório de Materiais Fotônicos- LAMF / Instituto de Química (UNESP)

"Fotônica Aplicada, como desenvolvimento de produtos baseados em componentes fotônicos: Displays, LED's, Sensores"
Fundação Certi (UFSC)

Sistemas de comunicação por fibra óptica, dispositivos ópticos em fotônica integrada, processamento digital de sinais para aplicações de telecomunicações, amplificação óptica.
Grupo de Tecnologias Ópticas (CPQD)

"espectroscopias aplicadas a materiais de interesse agroambiental e desenvolvimento de instrumentação para aplicações agroambientais"
Grupo de Óptica e Fotônica aplicada à Agricultura e ao Meio Ambiente (Embrapa Instrumentação)

"Processamento de materiais; desenvolvimento de lasers; aplicações de lasers em ciências da vida; Lidar."
Grupo de Lasers do Centro de Lasers e Aplicações do IPEN

Os desenvolvimentos estão no âmbito da pesquisa aplicada (TRL entre 3-6). Foco nas áreas de Manufatura Aditiva (Fusão Seletiva a Laser e Deposição de Metais a Laser), Tratamento de Superfície (Cladding, Tratamento Térmico e Texturização e Funcionalização) e Soldagem e Corte (Soldagem a laser e Soldagem Híbrida/Laser+Arco Elétrico).

Instituto SENAI de Inovação em Processamento a Laser (Instituto da Indústria - Joinville)

"microscopia óptica em geral, diagnóstico de doenças point-of-care, terapia fotodinâmica e sonodinâmica."

Grupo de Biofotônica - Pratavieira (IFSC-USP)

"Refração linear, sensores ópticos, etc"
(Grupo de Fotônica IFSC-USP)

"Detectores para a faixa do SWIR"

LabSem (PUC-RIO)

"Instrumentação Astronômica"

Laboratório Nacional de Astrofísica (MCTIC)

"Instrumentação em óptica."

Laboratório de Óptica Biomédica / Grupo de Neurofísica (UNICAMP)

Aplicações industriais de sensores ópticos, microscopia de varredura, sensores espectroscópios para meio ambiente.

Engenharia Óptica e Fotônica (SENAI-CIMATEC)

Inovação Primária

"Óptica não linear, Pulses ultracurtos, Espectroscopia óptica, Espectroscopia resolvida no tempo, Novas matérias, Absorção de dois fótons, etc"
Grupo de Fotônica (IFSC-USP)

"Biocombustíveis, avaliação ambiental e controle de insetos vetores"
Grupo de Óptica e Fotônica (UFMS)

"Interação da radiação laser de femtossegundos com a matéria; Membranas modelo de Leishmania para estudos de foto-oxidação. Diagnóstico de tumores por imagem micro-FTIR."
Grupo de Lasers do Centro de Lasers e Aplicações do IPEN (IPEN)

"Células solares de terceira geração, fotodetectores nanoestruturados"
LabSem (PUC-RIO)

"Problemas em aberto na área médica e/ou na prática clínica - muitas vezes considerando a realidade brasileira."
Laboratório de Óptica Biomédica / Grupo de Neurofísica (UNICAMP)

"Novas aplicações para sensores ópticos."
Engenharia Óptica e Fotônica (SENAI - CIMATEC)

"Instrumentação astronômica, Astrofísica, Fibras ópticas"
Laboratório Nacional de Astrofísica (MCTIC)

"Microscopia óptica em geral, diagnóstico de doenças point-of-care, terapia fotodinâmica e sonodinâmica."
Laboratório de Biofotonica - Pratavieira IFSC - USP)

"Interação radiação-matéria"
Laboratório de Materiais Fotônicos- LAMF / Instituto de Química (UNESP)

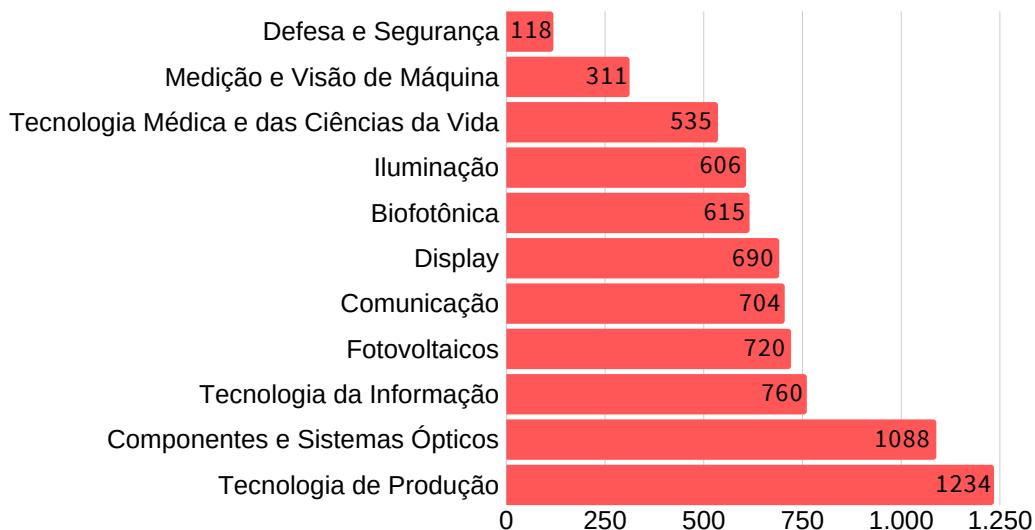
5.1.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS DO ECOSISTEMA CIENTÍFICO



Houve um notório crescimento da produção científica do país entre a maioria dos segmentos de fotônica, com exceção dos artigos relacionados ao segmento de Defesa e Segurança. Somados os segmentos, a produção de artigos apresentou um elevado crescimento entre 2008 e 2018 (155,9%) acompanhado pelo crescimento do número de pesquisadores (crescimento de 81,6%), estudantes (crescimento de 345,2%) e grupos de pesquisa (crescimento de 138,7%). A maior parte da produção científica se localiza na região Sudeste em especial em São Paulo na USP, seguida do Sul e do Nordeste. Mesmo que a USP possua a maior produção científica, há uma exceção que é o segmento de comunicações em que a maior produção científica foi na UNICAMP, um possível resultado derivado da presença do CPQD (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações) em Campinas, responsável por grande investimento no desenvolvimento desse setor. Além disso, foi observado que a produção científica está localizada nas instituições públicas de ensino e pesquisa e que há pouca ou nenhuma participação de instituições privadas.

No que se refere a atenção dada aos segmentos pelos atores do ecossistema científico representada pelo número de publicações por segmento (Figura abaixo), Tecnologia da Informação, Display e Fotovoltaicos aparecem com números sutis quando comparados a Tecnologia de Produção e Componentes e Sistemas Ópticos, mostrando uma disparidade com a tendência global do mercado de fotônica.

Produção científica total de Fotônica no Brasil por segmentos 2008-2018

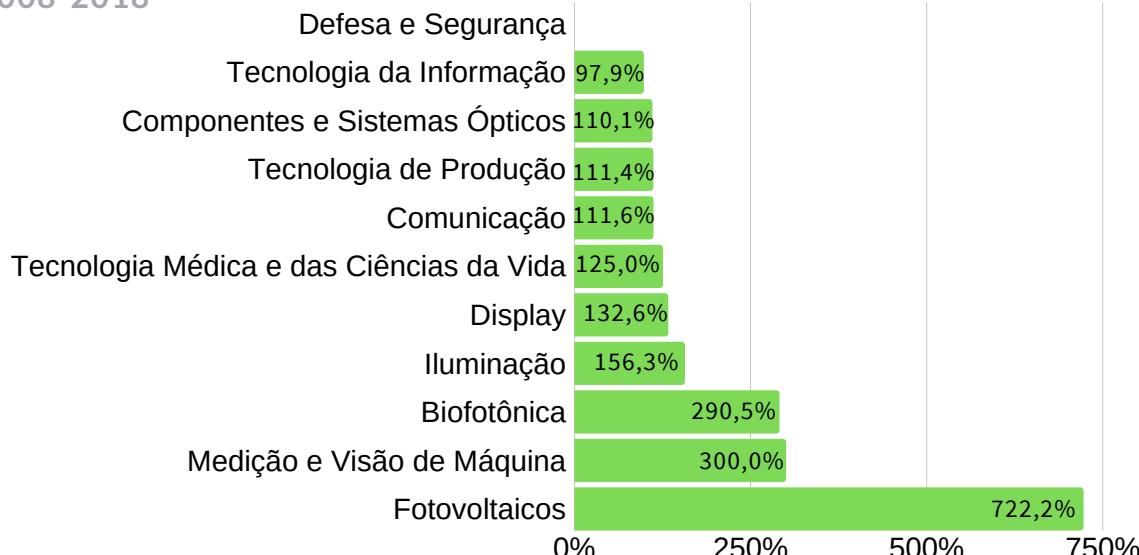


Fonte: Adaptado de WOS (dados de 12, 14 e 15 de agosto de 2019).

Analizando o gráfico acima, percebe-se que o segmento de Defesa e Segurança destoou dos outros segmentos, pois obteve uma baixa produção, que se manteve estagnada ao longo dos dez anos. Acredita-se que as pesquisas feitas nesse segmento não são publicadas para manter o sigilo do desenvolvimento de tecnologia militar no Brasil, porém pode também demonstrar um baixo investimento das forças armadas e empresas para desenvolver equipamentos militares e de segurança relacionados ao setor de Fotônica. Além disso, a produção científica total está concentrada em Componentes e Sistemas Ópticos e Tecnologias de Produção, o que mostra um potencial de desenvolvimento tecnológico e de negócios nesses segmentos pelo já fértil ecossistema científico. Entretanto, nota-se que esses não são os segmentos com maior participação no mercado global, mostrando um descompasso da produção científica com o mercado.

O gráfico ao lado ilustra o crescimento da produção científica de Fotônica no Brasil durante os anos de 2008 a 2018.

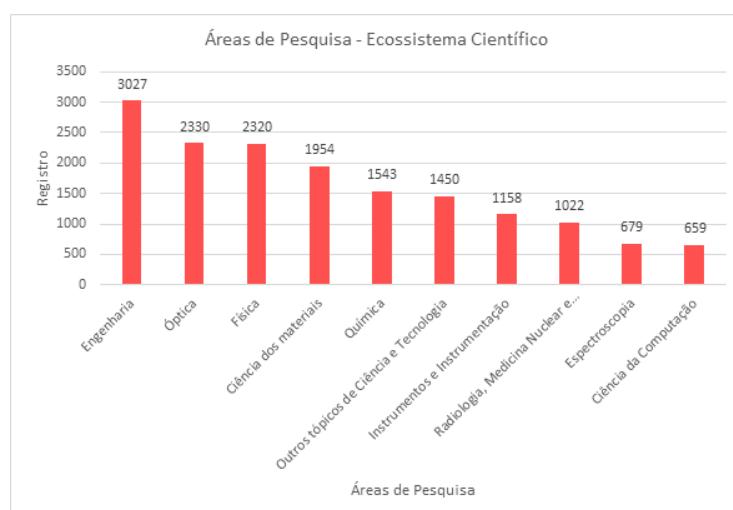
Crescimento da Produção Científica de Fotônica no Brasil por segmentos 2008-2018



Fonte: Adaptado de WOS (dados de 12, 14 e 15 de agosto de 2019).

O grande crescimento da produção de artigos no segmento de fotovoltaicos pode ser associado ao aumento da preocupação ambiental no mundo ao longo dos anos e a queda abrupta nos preços de produção de equipamentos de geração de energia solar chineses. Nota-se que houve, nesse segmento, uma baixa produção na região nordeste e norte, ocupando o terceiro e quinto lugares na produção nacional, respectivamente. Entretanto, a incidência de luz solar é maior nessas áreas, o que implica que há maior eficiência de sistemas fotovoltaicos nessa região naturalmente. Sendo assim, há uma dissonância entre a produção científica regional e o potencial que ela apresenta, pois, um ecossistema científico forte nessas regiões poderia acarretar no consequente avanço tecnológico e também no surgimento de novos negócios nessas áreas, que se beneficiariam da posição geográfica para o aproveitamento dessas tecnologias.

No que se refere a demanda de pesquisa, as principais áreas do conhecimento em que os artigos de fotônica foram publicados estão listadas no gráfico ao lado. A Engenharia se mostrou a maior demandante por pesquisa nesse segmento, seguida de Óptica e Física, o que indica que não é publicada somente pesquisa de base, mas pesquisa aplicada a diversos segmentos da engenharia.



Fonte: Adaptado de WOS (dados de 12, 14 e 15 de agosto de 2019).

Isso vai de encontro com a alta quantidade de artigos publicados no segmento de Tecnologia de Produção e Componentes e Sistemas Ópticos, pois as engenharias estão fortemente ligadas a esses dois segmentos.

Por fim, foram identificadas parcerias entre academia e empresas durante a coleta de informações via questionários aos grupos de pesquisa. Estas parcerias podem ser visualizadas entre as páginas 79 a 81 do presente documento.

5.2. ECOSSISTEMA TECNOLÓGICO



5.2.1 Dados do WIPO

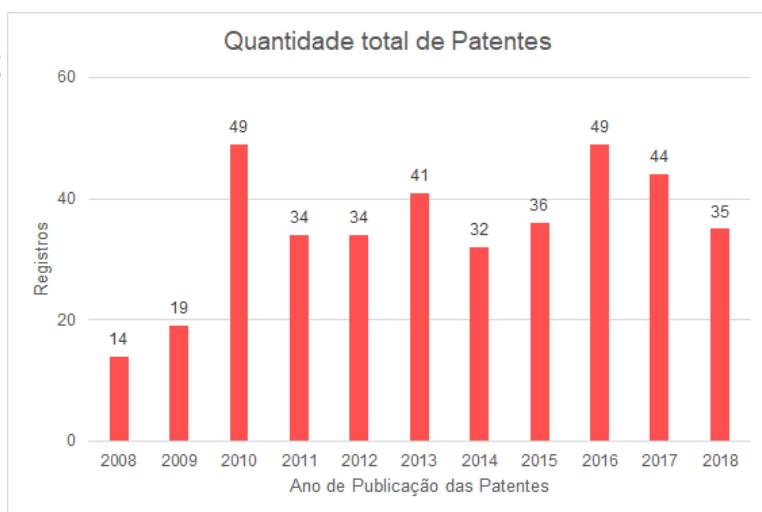


Após o extenso detalhamento de todos os 11 segmentos da fotônica que foram abordados, desenvolveram-se gráficos simplificados com o intuito de analisar o cenário nacional da fotônica no ecossistema tecnológico. De maneira geral, para cada segmento da fotônica foram analisados 2 itens diferentes para o ecossistema tecnológico: quantidade de patentes publicadas entre os anos de 2008 a 2018 e tipo de aplicantes das patentes. Ambos dos dados coletados foram extraídos do WIPO.

- **Quantidade de patentes**

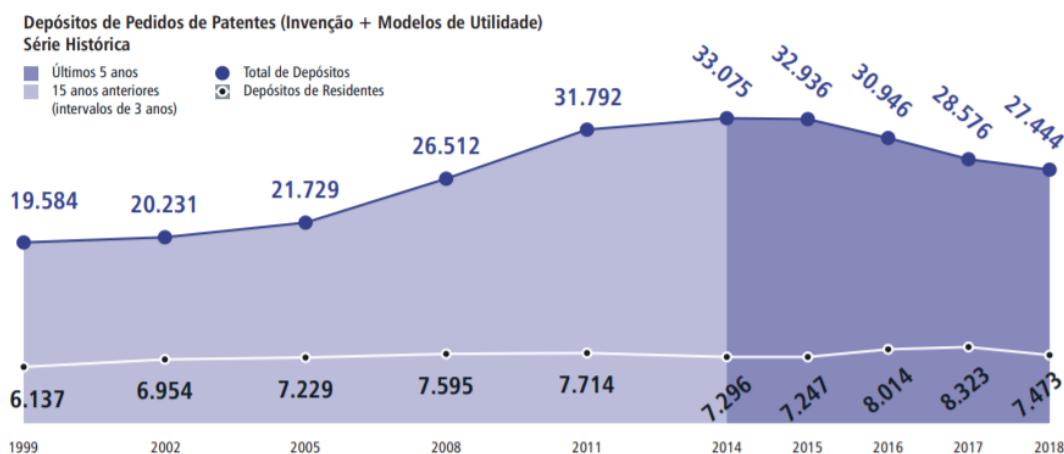
387 PATENTES PUBLICADAS

Ao final da análise obteve-se um total de 387 patentes publicados entre 2008 e 2018 para os 11 segmentos da Fotônica. O gráfico ao lado detalha a quantidade de patentes publicados anualmente para o campo de pesquisa da Fotônica.



Fonte: Adaptado de WIPO (27/03/2020).

Segundo dados retirados dos Relatórios de Atividades de 2018, 2017 e 2016 do Instituto Nacional da Propriedade Industrial, o INPI (6), de 2008 a 2018 foram realizados 83.936 patentes depositadas por residentes no Brasil. Comparando este dados com a quantidade de patentes identificadas para a Fotônica, tem-se que elas estão presente em apenas 0,5% do montante total de patentes.



Fonte: Relatório de Atividades INPI 2018, pag 18.

Os segmentos que se destacaram positivamente devido a quantidade de patentes foram:



Iluminação
92 Patentes



Comunicação
49 Patentes

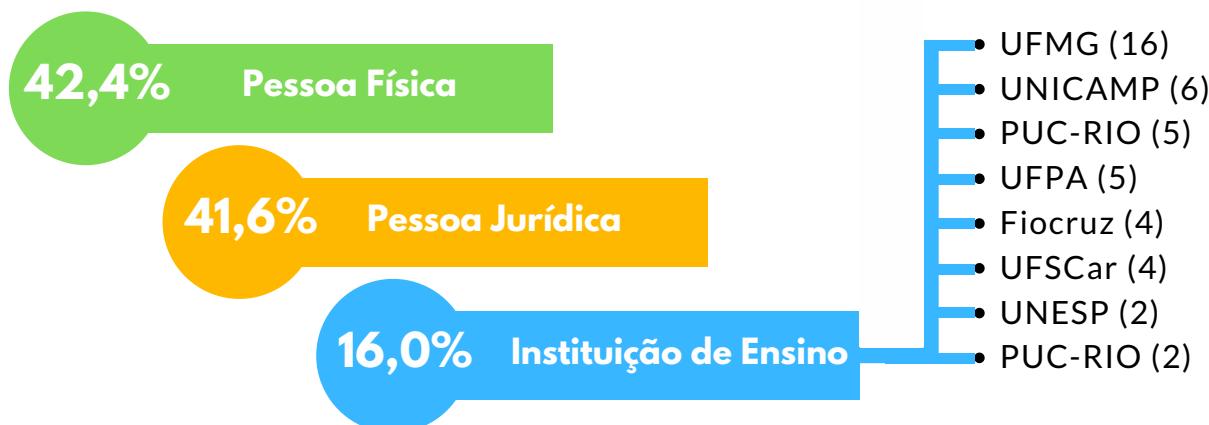


Display
42 Patentes

• Tipo de Aplicante

Por fim, a última análise realizada diz respeito ao tipo de aplicante da patente. Dentre as opções disponíveis há pessoa física, pessoa jurídica (empresas) e Instituição de ensino. As pessoas físicas totalizaram 164 patentes publicadas, pessoas jurídicas 161 patentes e, por fim, Instituições de Ensino com 62. Do total de Instituições de Ensino, 55 são brasileiras e 7 são instituições de ensino internacionais que possuem patentes publicadas no Brasil.

Abaixo são indicados as participações de cada aplicante no registros de patentes nacionais relacionadas a Fotônica.



As Instituições que totalizaram apenas 1 patente publicada foram: FAPEMIG, UFRGS, IMPA, CNEM, UFAL, UFRJ, Fundação Antônio Prudente, UTFPR, UFPE, UFBA e UFOP.

→ As Instituições de Ensino que mais se destacaram: ←



Os segmentos no qual as Instituições de Ensino apresentaram as maiores participações foram:

- █ **Biofotônica**
66,7% das patentes foram publicadas por Instituições de Ensino e/ou ICTs no Brasil.
- █ **Tecnologia Médica e das Ciências da Vida**
34,5% das patentes foram publicadas por Instituições de Ensino e/ou ICTs no Brasil.
- █ **Comunicação**
28,6% das patentes foram publicadas por Instituições de Ensino e/ou ICTs no Brasil.

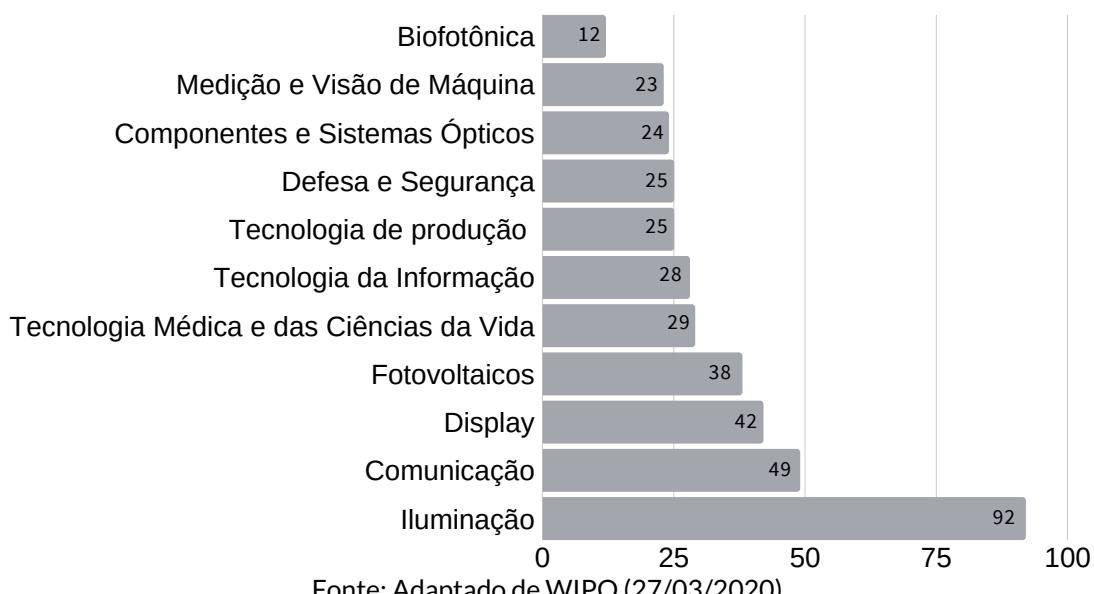


5.2.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS DO ECOSISTEMA TECNOLÓGICO

Do ponto de vista da produção tecnológica os números se mostram bastante baixos. Por comparação, a Europa gerou somente no campo da óptica 4.057 patentes em 2018, segundo a EPO (European Patent Office), enquanto que a fotônica no Brasil, somados todos os segmentos de 2008 a 2018, publicou 387 patentes. Somado a isso, não foi possível observar uma evolução no número de patentes depositadas por segmento ao longo dos anos. Porém é importante notar que a produção total de patentes no Brasil também é baixa quando comparada com os europeus, pois o país depositou ao todo 7.473 patentes em 2018 segundo o INPI.

Ao observar o número de patentes depositadas por segmento (Figura abaixo), Iluminação ganhou uma atenção desproporcional com os outros segmentos seguida por Comunicações e então Display e Fotovoltaicos em terceiro e quarto lugares, respectivamente. Tecnologia da Informação, que é o segundo maior segmento de mercado, está na sexta posição. Dessa forma o ecossistema tecnológico também está em descompasso com a tendência global de mercado.

Produção Científica de Fotônica no Brasil por segmentos 2008-2018



Fonte: Adaptado de WIPO (27/03/2020).

Esse dado representa também uma disparidade entre a produção científica e tecnológica e pode ser interpretado como uma distância entre empresas e instituições de ensino e pesquisa, pois as empresas são grandes demandantes de soluções tecnológicas e de ciência aplicada para se manterem competitivas. Isso tende a ficar mais evidente ao se observar que a produção de patentes por segmento não condiz em proporção com a produção científica. Além disso, esse dado é corroborado pela baixa quantidade de empresas nacionais que participam da produção de componentes e equipamentos de fotônica.



5.3. ECOSISTEMA DE NEGÓCIOS



**6528 EMPRESAS
NACIONAIS**



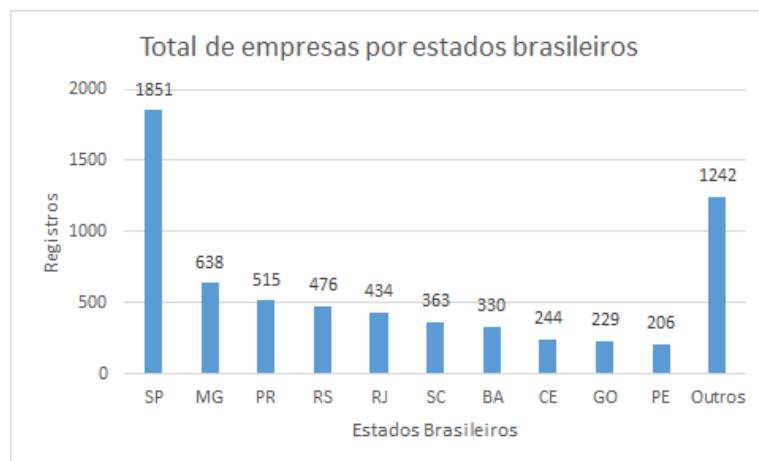
**307 FABRICANTES
NACIONAIS**



**385 EMPRESAS
ESTRANGEIRAS**

Do total de empresas nacionais identificadas, sejam elas fabricantes nacionais (307 empresas) ou vendedores, terceirizados e/ou prestadores de serviços (6.528 empresas) é possível perceber uma alta densidade de empresas nesse mercado nos estados do Sul e Sudeste, com foco especial a São Paulo a partir da distribuição das empresas pelo gráfico abaixo.

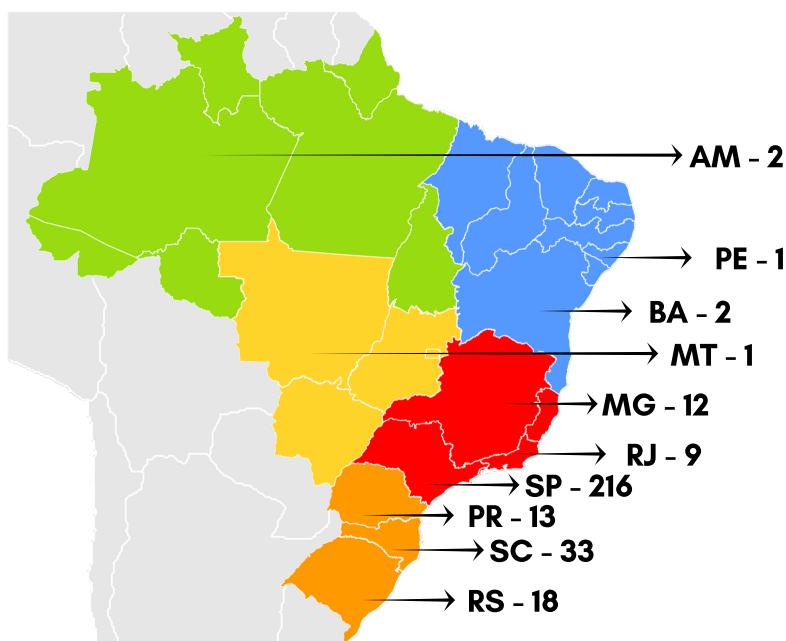
Como consequência a região Sudeste é a principal representante das empresas, com 46,5% do total. Na sequência estão as regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste com 20,7%, 20,4% e 8,1%. Por último a região Norte possui apenas 4,5% das empresas.



Fonte: Autoria própria (Fevereiro de 2020).

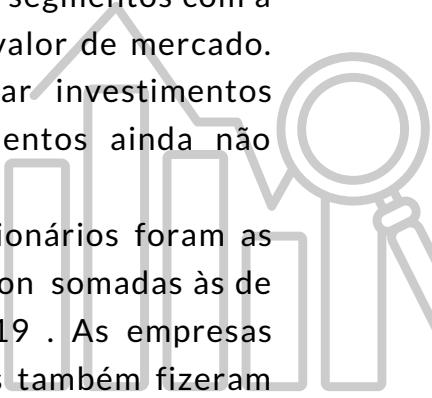
Em termos de quantidade de empresas por região, percebe-se que o Centro-Oeste e o Norte possuem baixa participação nesse setor. O que se demonstra uma oportunidade de expansão, pois a fotônica colabora também com a agricultura de precisão através da biofotônica e de tecnologias de visão de máquina.

A localização das empresas nacionais fabricantes são indicadas no mapa abaixo.



FORAM IDENTIFICADAS 307 FABRICANTES NACIONAIS DE TECNOLOGIAS FOTÔNICAS. CERCA DE 70,4% DAS EMPRESAS ESTÃO LOCALIZADAS NO ESTADO DE SÃO PAULO, SENDO ESTE, UM POLO DA TECNOLOGIA NO BRASIL. COMO ANÁLISE GERAL, NAS REGIÕES SUDESTE E SUL ESTÃO LOCALIZADOS A MAIOR PARCELA DOS FABRICANTES, COM 77,2% E 20,8% DAS EMPRESAS, RESPECTIVAMENTE.

Algumas considerações podem ser feitas a respeito dos dados coletados para o ecossistema de negócios. Os dados quantitativos da pesquisa indicam o tamanho desse mercado, porém não qualificam de fato sua grandeza, já que não mostram o faturamento dessas empresas e, portanto, a participação delas no PIB. Nesse sentido esperava-se a contribuição das empresas na coleta desses dados, entretanto, mesmo com a participação da Sociedade Brasileira de Fotônica (SBFoton), não houve disponibilidade de dados de faturamento. Além disso, não foi possível determinar a quantidade de empresas ao longo dos últimos dez anos com o propósito de levantar um histórico desse mercado em termos de resiliência das empresas e oscilações no setor, pois seria necessária da mesma forma a participação das empresas na coleta desses dados. Tendo isso em vista, é possível fazer uma comparação do mercado nacional em relação ao mercado internacional ao analisar-se as tendências de crescimento de outros países por segmentos com a quantidade de empresas no Brasil, mas não a participação em valor de mercado. Ainda assim, esse é um resultado significativo para orientar investimentos públicos e privados na expansão desse mercado para segmentos ainda não explorados pelo país.



As empresas selecionadas para a participação nos questionários foram as que estavam presentes no banco de dados de empresas da SBFoton somadas às de empresas que estavam presentes na SBFoton Conference 2019. As empresas indicadas pelos grupos de pesquisas a partir dos questionários também fizeram parte da lista. A SBFoton Conference 2019 foi realizada no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, o IPEN, em São Paulo (SP), entre os dias 7, 8 e 9 de outubro de 2019. Durante a conferência o presente projeto foi previamente apresentado, destacando-se o que está sendo desenvolvido e os resultados que seriam obtidos. Isto foi realizado com o intuito de envolver a comunidade de Fotônica, sendo ela acadêmica ou empresarial, no trabalho. Procurou-se, com isso, uma maior participação dos pesquisadores e das empresas nos questionários. A partir disso, foi firmada uma parceria com a SBFoton. Ao total foram enviados 37 questionários, no entanto, obteve-se retorno de apenas 5. As empresas que colaboraram respondendo ao questionário foram:



Para contornar a falta de informações foi realizada uma nova abordagem a partir do e-SIC, de Plataformas do Governo Federal, Fundações de amparo a pesquisa, e também a partir de palavras-chaves em buscadores da internet. Para maiores detalhes referente a metodologia abordada, acessar o Apêndice A do presente trabalho, onde há o detalhamento metodológico com a descrição da análise do ecossistema de negócios e a abordagem utilizada para contornar a falta de dados das empresas.

5.3.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS DO ECOSSISTEMA DE NEGÓCIOS



Ao se tratar do ecossistema de negócios, a falta de dados de faturamento das empresas torna difícil uma comparação acurada com o mercado global. Porém, é perceptível a tendência nacional a partir dos dados quantitativos das empresas, que, ao analisar o segmento de Displays, o Brasil possui pouca participação em produção, mas grande participação em serviços dada a demanda do grande mercado consumidor interno e a oferta de produtos fabricados no exterior por grandes e pequenas empresas de varejo, estas que também são as grandes demandantes por tecnologias de informação para controle de estoque e oferta no comércio eletrônico, que fomentam a existência de variados negócios no setor de Tecnologia da Informação. Ainda nesse setor, a atualização da indústria brasileira para a indústria 4.0 tem demandado tecnologias de controle de qualidade e rastreabilidade baseadas em visão de máquina, fomentando a existência de empresas nacionais de integração de sistemas e desenvolvimento de softwares de visão para o setor de informação.

Além disso, percebe-se que o Brasil participa pouco das primeiras etapas da cadeia global de valor em fotônica, tendo mais participação na revenda e utilização de produtos estrangeiros no mercado nacional para viabilizar negócios e serviços. Dessa forma, há espaço para crescimento da indústria de componentes e equipamentos para que o Brasil participe do início da cadeia de valor com o intuito de fomentar a tecnologia nacional, a absorção de mão de obra qualificada para atuar na indústria e possivelmente aumentar a participação no mercado internacional.





5.4. RELAÇÕES ENTRE ECOSISTEMAS

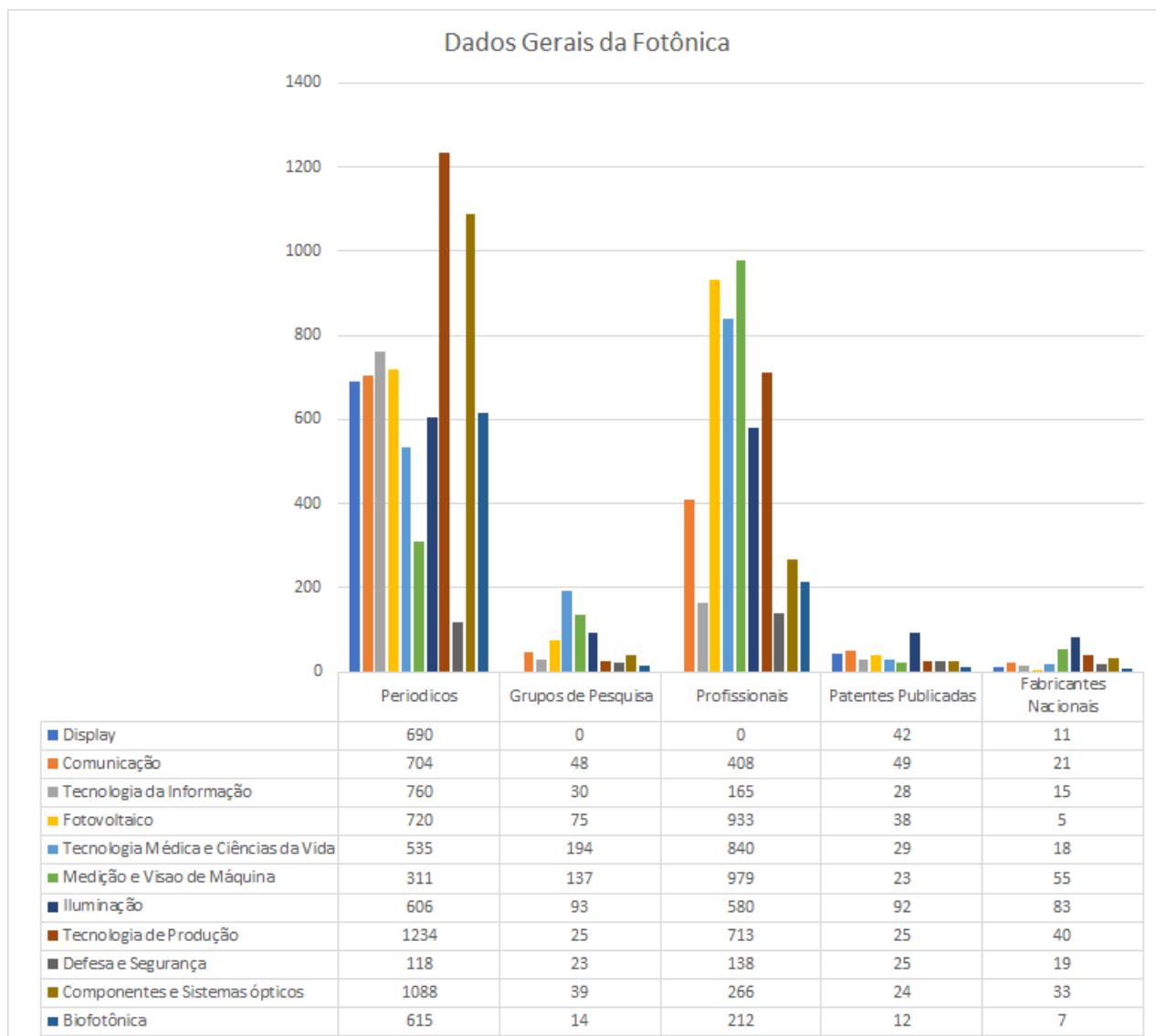
Ao focar nos ecossistemas e suas conexões, pode-se observar que, em termos de ciência, no Brasil tem crescido o número de pesquisadores e grupos de pesquisa significativamente ano após ano, mostrando a percepção dessas instituições na oportunidade representada pela demanda mundial desse mercado. Já em termos de desenvolvimento tecnológico medido pelas patentes, o Brasil está defasado em todos os segmentos. Entretanto, esse era um resultado esperado, tendo em vista que não há uma forte cultura de proteção da propriedade intelectual no país e que há baixa participação na produção tecnológica, corroborada pelos resultados encontrados do ecossistema de negócios, que demonstra pouca participação do país em produção de componentes, equipamentos e máquinas de fotônica. Esses setores industriais representam as primeiras etapas da cadeia de valor e empregam alto grau de tecnologia para produção, por isso, esse é um setor demandante de pesquisa aplicada, de desenvolvimento de produtos e de mão de obra qualificada com o intuito de manter a indústria competitiva no mercado nacional e internacional, através da otimização dos custos de produção e geração de novos produtos. Dessa maneira, é possível notar que há boa e crescente produtividade de pesquisa, que pode ser direcionada para o desenvolvimento tecnológico por meio de incentivos públicos e privados e também na aproximação de empresas e instituições de ensino e institutos tecnológicos. É importante enfatizar que as universidades ainda devem ser vetores do desenvolvimento de pesquisa de base, já que as empresas são demandantes no geral de pesquisa aplicada, tendo em vista que elas apresentam maiores chances de retorno do investimento em menores prazos.

O resultado da maior relação entre os ecossistemas é benéfico para eles, pois é um sistema que se retroalimenta, já que, na medida em que há mais investimentos públicos e privados em pesquisa e tecnologia, mais artigos são gerados, mais pesquisadores empregados e com isso mais inovação é gerada. Dessa forma, mais competitiva se torna a indústria, que por consequência gera mais valor e pode investir mais em pesquisa e inovação, servindo de fontes alternativas de financiamento de universidades e institutos tecnológicos, o que fortalece o setor como um todo. Além disso, a inovação também viabiliza a criação de novas empresas, empregando mais profissionais qualificados para atuar nesses setores. O esperado é que ao final haja um aumento no desenvolvimento social, proporcionado por salários melhores da mão de obra qualificada, e econômico, derivado da maior competitividade e geração de valor das empresas e maior poder de compra dos empregados, na região em que os ecossistemas interagem de maneira construtiva.

O gráfico abaixo ilustra uma comparação geral de todos os segmentos. Nele são destacados os principais dados obtidos ao final da pesquisa, sendo eles:

- Quantidade total de periódicos de 2008 a 2018 extraído através do WOS;
- Quantidade total de grupos de pesquisa de 2008 a 2018 extraído a partir do diretório do CNPq;
- Quantidade total de profissionais (pesquisadores e estudantes) de 2014 a 2018 extraídos do diretório do CNPq;
- Quantidade total de patentes publicadas de 2008 a 2018 extraídos do WIPO.
- Quantidade total de fabricantes nacionais extraídos em 2020 a partir de pesquisas direcionadas ao mercado.

Destaca-se que outros dados também foram coletados, no entanto, para facilitar uma análise macro da Fotônica do Brasil apenas os citados acima estão no gráfico abaixo. Ao longo do trabalho todos os dados coletados serão exibidos e discutidos para todos os segmentos e também para a análise geral da Fotônica.



Fonte: Autoria própria (2020).

Empiricamente, pode ser levantada para a análise uma desconexão entre os ecossistemas, podendo ser necessário um estudo para averiguar a participação ativa de todos os atores no planejamento das áreas estratégicas para que as pesquisas acabem se transformando em patentes e produtos.

NA SEQUÊNCIA SÃO INDICADOS ALGUNS DOS PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS:

Ao final da análise obteve-se um total de 7381 artigos publicados entre 2008 e 2018 para os 11 segmentos da Fotônica com um crescimento de 155,9%. A Categoria Geral de maior destaque é a de Tecnologia e a Área de pesquisa que se obteve mais registros foi a de Engenharia. A USP se destacou devido a elevada quantidade de pesquisadores com publicações e a região sudeste foi a de maior destaque.

A partir do diretório de grupos de pesquisas do CNPq foram identificados 678 grupos de pesquisas ativos com um crescimento de 138,7% entre os anos de 2008 e 2018. Encontrou-se 5234 profissionais trabalhando com Fotônica em Instituições de Ensino de 2014 a 2018, onde 32,6% são estudantes e 67,4% são pesquisadores. Novamente, a região sudeste se destacou, possuindo 36,9% dos grupos de pesquisa, sendo esta a região que apresentou um ecossistema científico mais desenvolvido.

Foram localizadas 387 patentes publicadas de 2008 a 2018, com destaque para o segmento de Iluminação, que detém 23,8% das patentes. Infelizmente, apenas 16,0% do total de patentes foram aplicadas por Instituições de Ensino brasileiras.

Verificou-se a presença de 6528 empresas nacionais atuando com Fotônica no país, onde 307 são fabricantes de tecnologias ou equipamentos voltados para o desenvolvimento da Fotônica. A região Sudeste apresentou uma elevada concentração de empresas. Por fim, foram identificadas 385 empresas internacionais atuando no mercado interno.

6. DIRECIONAMENTO DOS INVESTIMENTOS

Nos próximos tópicos serão abordadas estratégias para investimentos com o foco no desenvolvimento da Fotônica no Brasil para maior participação no mercado interno e externo a partir das oportunidades identificadas e uma perspectiva do impacto dos investimentos nesse setor.

A partir dos dados já levantados ao longo da pesquisa, percebe-se que o estado de São Paulo possui a maior participação em relação ao resto do país. Os dados mostram que o estado possui os ecossistemas de negócios e científico muito bem desenvolvidos, sendo que há interfaces de relacionamento entre eles a partir de fundações de amparo a pesquisa e institutos tecnológicos, como o CPQD e a FAPESP, fomentados por investimentos públicos e privados. Entretanto essa não é uma realidade para o resto do território nacional e, portanto, há uma grande oportunidade de desenvolvimento das outras regiões para atender à crescente demanda por esse mercado, tanto nacional quanto internacional. São Paulo pode ser utilizada como modelo no mercado de fotônica no que se refere a parcerias público-privadas para desenvolver iniciativas que fortaleçam os ecossistemas dos outros estados do Brasil.

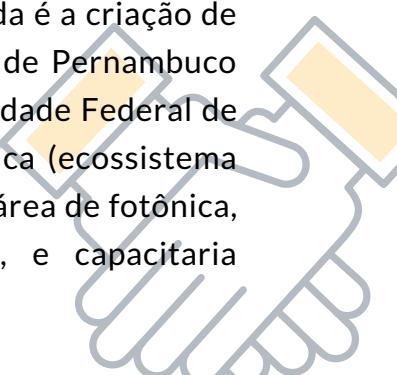
6.1. PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS



As Parcerias Público-Privadas entre governo e empresas de tecnologia podem ser soluções eficientes, rápidas e baratas para resolver grandes questões públicas e sociais. Incentivar Parcerias Público-Privadas em fotônica - setor que está crescendo mais rápido que o PIB global - é um dos caminhos que pode encurtar a rota de desenvolvimento tecnológico. No Brasil, dois exemplos de sucesso de parcerias público-privadas são a Petrobras e a Embraer que conseguiram associar de maneira sustentável a relação com institutos tecnológicos e universidades na elaboração de tecnologias-chave para seus negócios.

A fotônica no Brasil precisa ser incentivada. Do ponto de vista político, o papel da fotônica é um grupo de tecnologias essenciais para o futuro da humanidade no que se refere a bem-estar social. Enfatizamos também a importância das parcerias acadêmicas-industriais para manter a posição tecnológica do Brasil não muito longe da mundial.

Por fim, um exemplo possível de investimento para o desenvolvimento de um segmento de fotônica no Brasil que inclui uma parceria público-privada é a criação de um centro de fotônica no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Pernambuco com especialidade em fotovoltaicos que tenha vínculo com a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), que já possui um departamento ligado à fotônica (ecossistema científico). O IFPE criaria a interface entre a academia e empresas da área de fotônica, desenvolvendo o ecossistema tecnológico com ciência aplicada, e capacitaria profissionais para atuar nesse segmento.



Ele também poderia ser responsável pelo incentivo ao empreendedorismo para surgimento de novas empresas regionais que se beneficiem da incidência natural de luz solar mais intensa na região para geração e distribuição de energia elétrica sustentável e distribuída, fomentando o ecossistema de negócios.

O investimento para desenvolvimento do centro de fotônica no IFPE pode ser de origem pública e privada, pois foram identificadas empresas que atuam no ramo de fotovoltaicos em diversos estados e elas são potenciais fontes de capital para construção do centro ou financiamento de pesquisas. As empresas se beneficiam da capacitação de profissionais e das tecnologias desenvolvidas no centro tecnológico para se tornarem mais competitivas e inovadoras, a academia desenvolve ciência de base e, portanto, produz artigos científicos para viabilizar as tecnologias e o centro tecnológico produz ciência aplicada e patentes, que podem ter percentual de participação do IFPE, representando uma fonte adicional de recursos por meio de royalties para mantimento e investimento na expansão do centro tecnológico.

6.2. INCENTIVOS GOVERNAMENTAIS IDENTIFICADOS



O fomento governamental é também um recurso chave no desenvolvimento tecnológico nacional. Dessa forma, coletamos a partir da Plataforma e-SIC informações do Ministério da Saúde e da FAPESP. Ambas as organizações apresentaram dados públicos de investimentos aplicado a projetos em universidades e empresas em Fotônica no Brasil.

6.2.1. PLATAFORMA PESQUISA SAÚDE



Segundo informações disponibilizadas a partir da plataforma Pesquisa Saúde, o Departamento de Ciência e Tecnologia da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos do Ministério da Saúde (Decit/SCTIE/MS) (7) investiu aproximadamente 12 milhões de reais em pesquisas de universidades e fundações para diagnóstico e tratamento de doenças em variados estados com o uso da fotônica. As informações de ano, estado e investimento são ilustradas na Tabela ao lado.

Investimento da Decit/SCTIE/MS em pesquisa de Fotônica no Brasil.

ANO	UF	TOTAL
2006	RJ	R\$ 123.000,00
2008	RJ	R\$ 11.989.929,11
2009	TO	R\$ 54.240,55
2014	MG	R\$ 150.470,00
2017	BA	R\$ 11.580,00
TOTAL		R\$ 12.329.219,66

Fonte: Decit/SCTIE/MS (13/02/2020).

É importante salientar que as informações disponibilizadas não permitem classificar com acurácia o segmento de fotônica em que os investimentos foram aplicados. Outro ponto importante é destacar que foi utilizada a palavra "fotônica" no campo de pesquisa da plataforma Pesquisa Saúde para coletar os dados acima.

6.2.2. FAPESP



A FAPESP, por sua vez, fomentou 31 milhões de reais em pesquisas dentro da área de fotônica de 70 empresas diferentes localizadas no estado de São Paulo nos últimos 10 anos. Foram 142 processos diferentes, onde cada um contemplou o investimento em pesquisa de uma empresa, no entanto, foram localizadas 70 empresas diferentes. Isso reflete que muitas empresas conseguiram mais de um investimento via FAPESP. Os dados informados abaixo foram retirados da Biblioteca Virtual do Centro de Documentação e Informação da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, BV-CDI FAPESP (8) e também a partir do retorno da própria fundação pela plataforma e-SIC.

Os campos de busca utilizados na plataforma BV-CDI FAPESP foram:

- Palavra utilizada no campo de busca: "Fotônica";
- Ano de Vigência: 2010-2019.

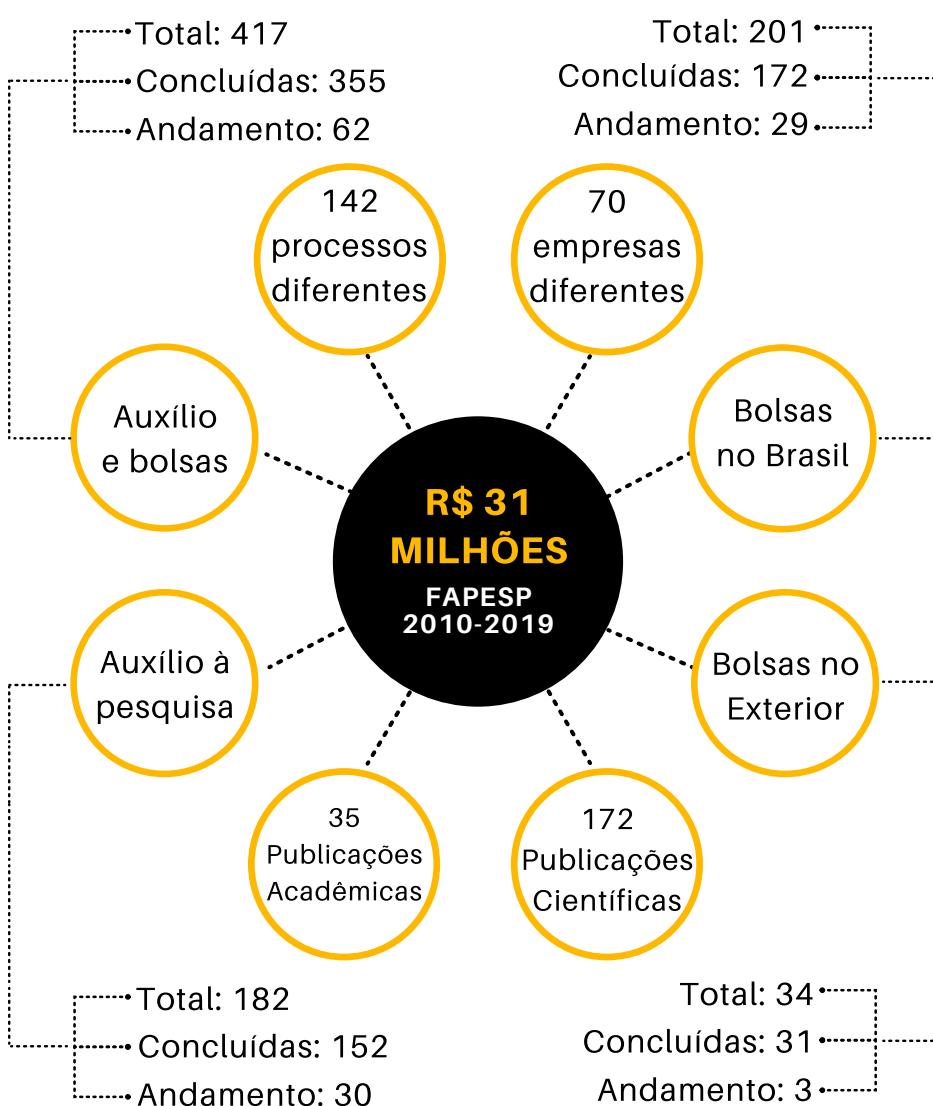
Ao final da pesquisa, a plataforma retornou um total de 417 Auxílios e Bolsas. Segundo a própria plataforma, os dados foram atualizados em 11/04/2020.



Os dados mais relevantes para a pesquisa estão descritos no diagrama ao lado e eles são referentes aos anos de 2010 a 2019.



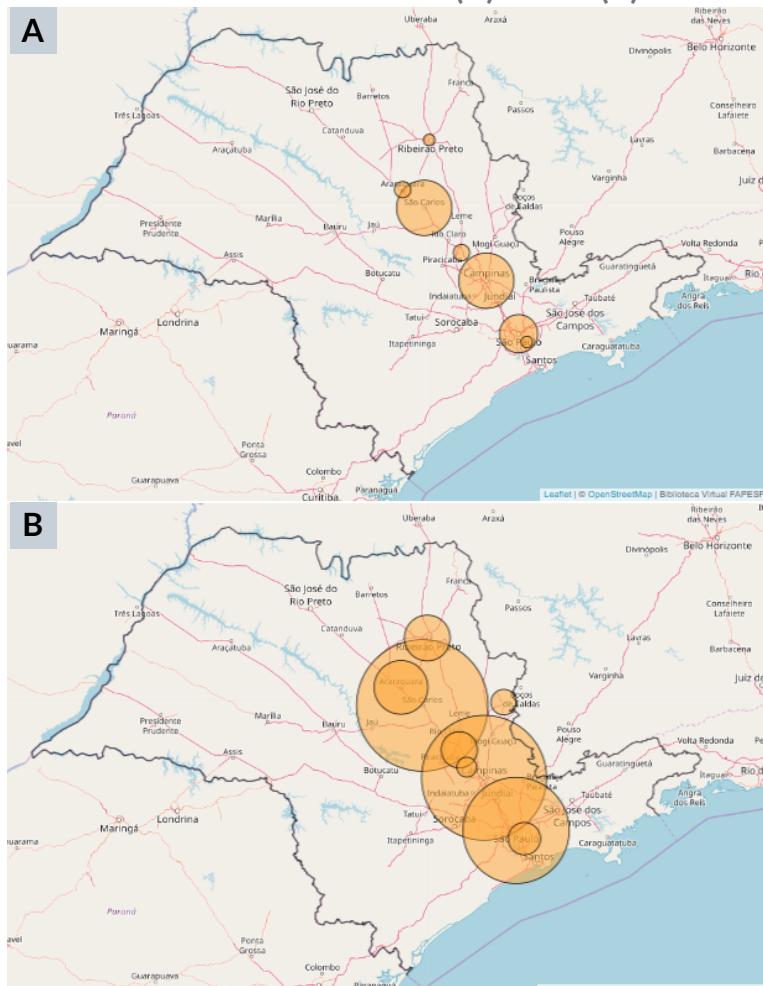
Biblioteca Virtual



Fonte: Adaptado de BV-CDI FAPESP (Dados atualizados em 11/04/2020).

- Indicadores do crescimento da fotônica no estado de São Paulo a partir do fomento de projetos via FAPESP indicadores do crescimento da fotônica no estado de São Paulo a partir do fomento de projetos via FAPESP

**Mapa da distribuição do fomento por município
estado de SP em 2010 (A) e 2019(B)**



Fonte: BV-CDI FAPESP (Dados atualizados em 11/04/2020).

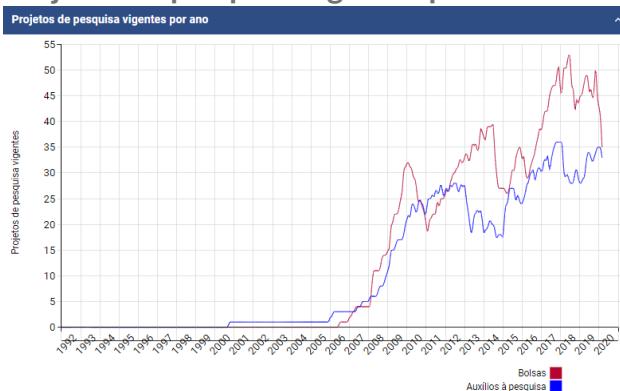
**Campinas com
28,5% dos auxílios
e bolsas**

**São Carlos com
31,7% dos auxílios
e bolsas**

**São Paulo com
20,6% dos auxílios
e bolsas**

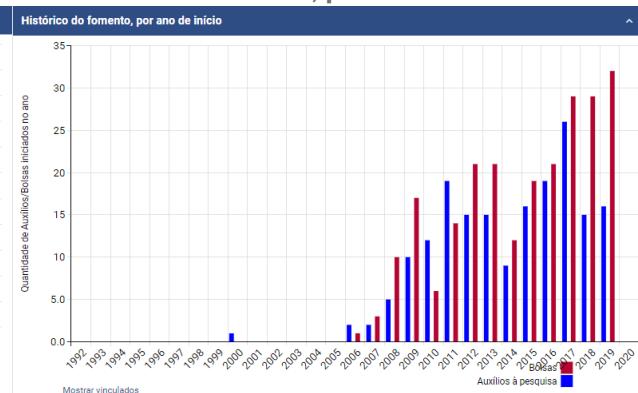
Outros indicadores também são destacados na plataforma, como o histórico do fomento, por ano (figura a direita) e os projetos de pesquisas vigentes por ano (figura a esquerda)

Projetos de pesquisa vigentes por ano



Fonte: BV-CDI FAPESP (Dados atualizados em 11/04/2020).

Histórico de fomento, por ano de início



Fonte: BV-CDI FAPESP (Dados atualizados em 11/04/2020).

Ainda na Plataforma da BV-CDI FAPESP é possível acompanhar o mapa da distribuição por município. A região de São Carlos, Campinas e São Paulo (capital) apresentaram um crescimento muito significativo. Vale ressaltar que nessas regiões há instituições de ensino de renome no país, como a USP (que se destacou muito durante a pesquisa) o Instituto de Física de São Carlos (IFSC USP) e o CPQD. É interessante destacar também que muitas empresas foram criadas na região de São Carlos a partir de alunos que faziam parte do IFSC USP. Em dados gerais, as três cidades que mais se destacaram estão descritas abaixo:

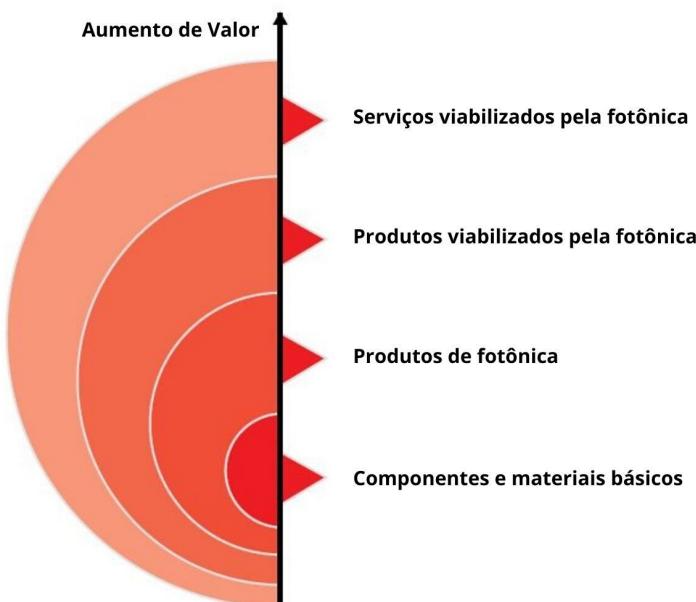


6.3. RECOMENDAÇÕES

6.3.1. PROPOSTA PARA PARTICIPAÇÃO NO COMÉRCIO INTERNACIONAL

Ao longo da pesquisa percebeu-se que o Brasil participa pouco das duas etapas iniciais da cadeia global de valor da fotônica (figura abaixo) e também está em descompasso em termos de produção científica e de negócios com os segmentos que possuem maior valor de mercado no mundo.

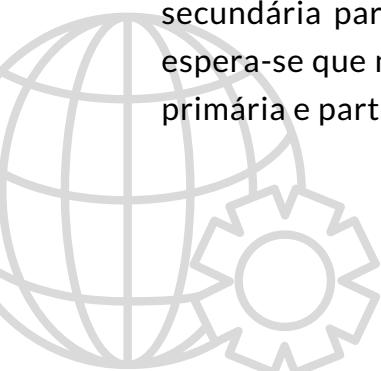
Cadeia de valor da Fotônica



Fonte: Adaptado de Optics and Photonics Industry Report 2019.

Dessa forma, o desenvolvimento da indústria de fotônica para viabilizar componentes e materiais básicos e também produtos de fotônica pode tornar possível uma maior participação do Brasil no mercado tendo em vista que o país pode participar não só da cadeia nacional de valor como também da cadeia global.

Normalmente as propostas de incentivo ao desenvolvimento das indústrias partem do investimento e incentivo a pesquisa, porém é notado que já existe um ecossistema científico consolidado derivado de anos de desenvolvimento, mesmo que ainda exista muito espaço para investimentos nesse ecossistema, sugere-se uma abordagem que incentive também os outros ecossistemas através da inovação secundária para que eles se retroalimentem e se fortaleçam entre si. Através disso, espera-se que no longo prazo o Brasil se torne exportador de tecnologia com inovação primária e participe de todas as etapas da cadeia global de valor.



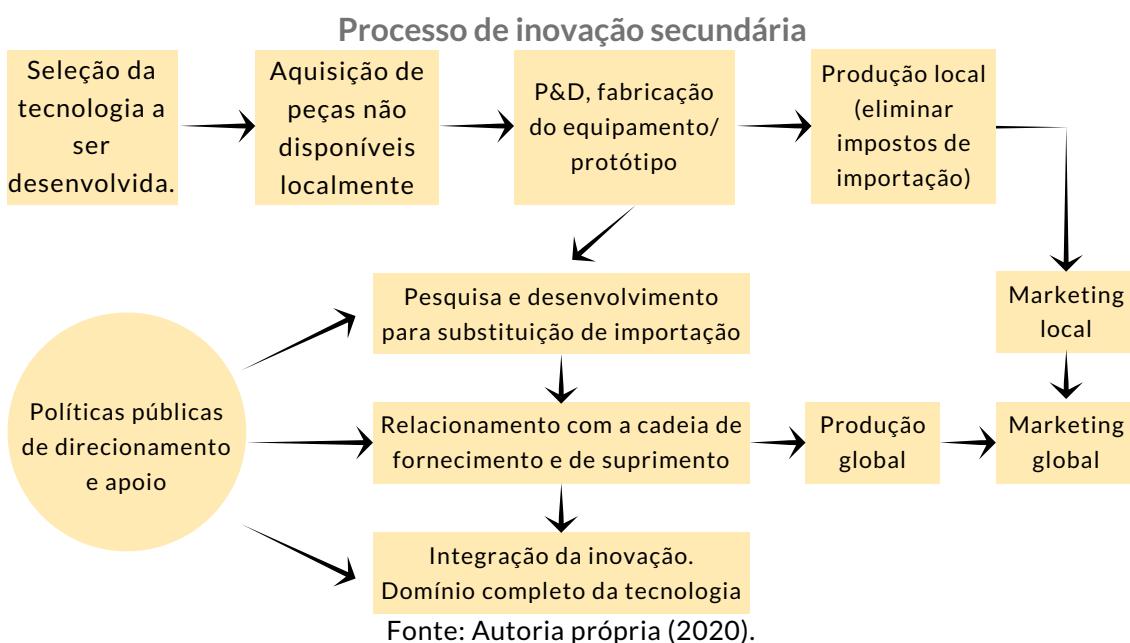


6.3.2. INOVAÇÃO SECUNDÁRIA

Diferentemente da inovação primária, a inovação secundária é um modo típico de inovação dos países em desenvolvimento, que começa com a integração de um produto tecnológico importado no desenvolvimento de uma máquina, equipamento ou processo com aporte local de tecnologia. Nesse processo, é importante a participação de empresas, universidades e institutos tecnológicos associados a incentivos estatais para a absorção da tecnologia. Posteriormente, o processo de inovação secundária continua com o desenvolvimento de um produto similar a tecnologia que está sendo importada, porém com características incrementais ou até mesmo disruptivas, sem que haja violação de propriedade intelectual. A partir dessas primeiras etapas é possível desenvolver fábricas nacionais de novos produtos de fotônica que irão gerar a demanda por componentes e materiais básicos, facilitando a origem de fábricas desses componentes no Brasil. Dessa forma não só há uma possível redução nos custos do resto da cadeia de valor nacional, mas também há a possibilidade de o país exportar produtos manufaturados, principalmente para mercados emergentes, participando, portanto, de todas as etapas da cadeia global de valor.

Por fim, o desenvolvimento dessa indústria trará a demanda por tecnologia e, caso isso seja associado a um centro tecnológico, como proposto nas parcerias público-privadas, haverá o início do desenvolvimento de todo o ecossistema de inovação. A longo prazo a tendência é o que o país passe a gerar inovações primárias no setor de fotônica, exportando tecnologia até mesmo para países desenvolvidos.

Entretanto, com base na teoria tradicional de inovação secundária, seria importante examinar adicionalmente o modo de inovação tecnológica na indústria emergente nacional e também entender quais as vantagens competitivas dos países em desenvolvimento na indústria emergente de alta tecnologia para, assim, propor acuradamente as melhores rotas para incentivo da inovação secundária com o intuito de fomentar o ecossistema de inovação de fotônica no país. A Figura abaixo ilustra um diagrama simplificado descrevendo o processo descrito anteriormente.



7. ROADMAP

Este documento visa fornecer orientação para o crescimento futuro da fotônica, bem como o suporte à árdua tarefa de projetar tecnologias aplicadas que garantirão a liderança regional. São destacadas áreas onde o Brasil pode interagir com mercados significativos e o que pode ser feito para maximizar essas oportunidades.

A base inicial desta análise foi o levantamento de dados realizado neste trabalho para a Fotônica no Brasil e as abordagens de inovações secundárias e parcerias público-privadas.

São identificadas ações para aproveitar ao máximo essas importantes oportunidades de crescimento. Em todos os casos, eles exigem engajamento ativo e colaborativo de uma combinação de organizações da indústria, investidores, órgão do estado e pesquisa para destravar o desenvolvimento da indústria de base tecnológica nas várias cadeias de suprimentos.

As oportunidades identificadas neste relatório, portanto, abordam mercados globais significativos. Se exploradas, elas levarão a um crescimento na indústria fotônica no Brasil e em muitas indústrias viabilizadas pela fotônica, levando a um crescimento substancial do emprego de mão de obra qualificada, ao PIB e ao crescimento das exportações.

A seguir estão descritos os planos para as regiões brasileiras e ao final estão ilustradas as propostas para cada uma delas. Em todas elas sugere-se a inovação secundária como motor do desenvolvimento tecnológico e econômico, porém o Sudeste possui uma abordagem ligeiramente diferente por já possuir um ecossistema maduro de inovação em alguns segmentos da fotônica de forma que é possível realizar o processo de inovação secundária mais intensamente. Já se tratando das outras regiões, a proposta é a criação dos ecossistemas através da absorção de tecnologias via centros tecnológicos que utilizem a inovação secundária. Serão aproveitadas as características econômicas regionais para proposta de desenvolvimento dos segmentos da fotônica. O intuito final é não centralizar a capacidade inovativa nacional em um único centro, possibilitando o desenvolvimento socioeconômico das outras regiões.

7.1. REGIÃO CENTRO-OESTE



Para a região centro-oeste propõe-se aproveitar o forte setor do agronegócio para explorar as tecnologias de medição e visão de máquina na agricultura de precisão.

Nos últimos anos, a fotônica sobre silício se tornou uma tecnologia madura, permitindo a integração de uma variedade de funções ópticas e optoeletrônicas por meio da avançada tecnologia CMOS. Embora a maioria dos esforços nesse campo tenha sido direcionada às aplicações de telecomunicações, há um grande campo para aplicações de fotônica sobre silício para absorção, fluorescência e espectroscopia Raman "on-chip".

Uma das tecnologias chave é a aplicação de espectroscopia "on-chip". Ela pode ser utilizada na avaliação vegetal e animal, e na classificação da colheita. Também é possível, a partir de imagens obtidas por câmeras de veículos aéreos não tripulados (VANTS), o controle preciso, por exemplo, do uso de fertilizantes nas lavouras e controle de pragas e doenças.

Nesse contexto, foi identificado que a UFMS, UnB e UNG possuem grupos de pesquisa em fotônica. Esses polos podem ser aproveitados para o desenvolvimento de aplicações de espectroscopia "on-chip" e sistema de visão de máquina a partir do estabelecimento de centros tecnológicos nos IF's, aproveitando as estruturas já existentes para a formação de profissionais que tenham expertise técnico para atuar nessa área e desenvolver tecnologia a partir da ciência de base desenvolvida na universidade. Podem-se, a partir disso, elaborar incentivos para novas empresas de base tecnológica (Start-ups) que se associem ao centro tecnológico, ou empresas maiores que invistam no desenvolvimento do centro a partir do financiamento/doação de equipamentos e incentivos a pesquisa e inovação.

REGIÃO CENTRO-OESTE BRASILEIRA



Proposta

Centro tecnológico de medição e visão de máquina para agricultura de precisão no IFMS.



Objetivo

Fortalecer o ecossistema de inovação em fotônica a partir da aproximação da academia e empresas com um centro tecnológico e incentivos à criação de novas empresas.



Tecnologias-chave

Espectroscopia "on-chip"; Sistemas de visão de máquina.

CENTRO-OESTE

ROADMAP FOTÔNICA 2030

COMPETÊNCIAS E OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS EM MEDIÇÃO E VISÃO DE MÁQUINA



1. Forte presença da agroindústria.
2. Grupos de pesquisa de fotônica na UFMS, UnB e UFG.
3. Fraco ecossistema de inovação.
4. Forte uso de medição e visão de máquina na agricultura de precisão.

OBJETIVOS



- Fortalecer todos os ecossistemas para incentivar o ecossistema de inovação regional.
- Promover o desenvolvimento regional a partir da absorção de tecnologias chave pela metodologia da inovação secundária e de fomento a novas empresas.

PLANO DE AÇÃO 5 A 10 ANOS



- Criação de um centro tecnológico baseado em parcerias público-privadas dentro do IFPE que conecte a academia e as empresas para absorção de tecnologias e capacitação de profissionais.
- Incentivos a novas empresas e a atividades de PD&I de empresas já consolidadas.

TECNOLOGIAS CHAVE



- Espectroscopia para métricas de qualidade de plantas e animais.
- Sistemas de visão de máquina para uso em VANT's e na classificação de colheita.

7.2. REGIÃO NORDESTE



Há uma crescente demanda por sistemas fotovoltaicos no mundo todo como fonte de energia renovável, o Brasil possui uma excelente posição geográfica para aproveitar-se dessa tecnologia, especialmente no Nordeste e no Centro-oeste, devido a alta incidência de luz solar. Notou-se que no Brasil há um ecossistema forte de empresas prestadoras de serviço de instalação, treinamento de profissionais para instalação e manutenção desses sistemas, e algumas fábricas de células fotovoltaicas nacionais e estrangeiras no território nacional. No entanto, foi observado que esse setor está mais maduro no Sudeste, onde estão localizadas as fábricas. A proposta é desenvolver um centro tecnológico fotovoltaico no IFPE, aproveitando-se do polo em fotônica que é a UFPE pela presença do instituto de física para desenvolver o segmento fotovoltaico em outra região. Além disso, a essa modalidade energética pode ser gerada de forma descentralizada e reduzir drasticamente os custos de transmissão para regiões pouco populosas, como o sertão nordestino.

Outra oportunidade de desenvolvimento é a iluminação inteligente de cidades, onde a iluminação pública é otimizada por meio de sensores de presença, reduzindo significativamente o consumo de energia elétrica, pois não há a necessidade de manter as luzes acessas durante todo o período da noite. Assim, regiões menos populosas com pouca fonte de energia elétrica podem otimizar seu consumo.

Podem-se elaborar incentivos para novas empresas de base tecnológica que se associem ao centro tecnológico ou empresas já consolidadas que invistam no desenvolvimento do centro.



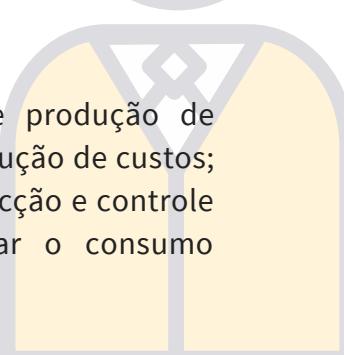
Proposta

Centro tecnológico de manufatura avançada com fotônica.



Objetivo

Fortalecer o ecossistema de inovação em fotônica a partir da aproximação da academia e as empresas com um centro tecnológico, aproveitando-se dos já existentes ecossistemas científicos e tecnológicos do setor.



Tecnologias-chave

Absorção de tecnologias de produção de células fotovoltaicas para redução de custos; Sistemas inteligentes de detecção e controle de iluminação para otimizar o consumo elétrico.



NORDESTE

ROADMAP FOTÔNICA 2030

COMPETÊNCIAS E OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS EM FOTOVOLTAICOS E ILUMINAÇÃO



1. Incidência de luz solar: Potencial energético.
2. Presença de empresas de fabricação, instalação, manutenção e treinamento no Brasil.
3. Otimização de consumo elétrico nas cidades.
4. Ecossistemas científico e de negócios bem estruturados.
5. Presença de polo de fotônica na UFPE.

OBJETIVOS



- Fortalecer o ecossistema tecnológico para incentivar o ecossistema de inovação regional.
- Promover o desenvolvimento regional a partir da absorção de tecnologias chave pela metodologia da inovação secundária e de fomento a novas empresas.

PLANO DE AÇÃO 5 A 10 ANOS



- Criação de um centro tecnológico baseado em parcerias público-privadas dentro do IFPE que conecte a academia e as empresas para absorção de tecnologias e capacitação de profissionais.
- Incentivos a novas empresas e a atividades de PD&I de empresas já consolidadas.

TECNOLOGIAS CHAVE



- Tecnologias de produção mais eficientes de células fotovoltaicas para geração de energia concentrada e distribuída.
- Sistemas inteligentes de controle de iluminação para otimização do consumo elétrico de cidades.

7.3. REGIÃO NORTE



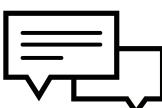
A região norte é a menos desenvolvida no ecossistema de fotônica, pois há carência em todos os segmentos nos três ecossistemas. Dessa forma, a proposta é incentivar o desenvolvimento através da absorção tecnológica em cidades como Manaus, Rio Branco e Belém do Pará, aproveitando-se dos planos das forças armadas para controle das fronteiras do norte e da necessidade de estudos da região amazônica para catalogação de espécies e estudo da vida para desenvolvimento de, por exemplo, novos medicamentos.

O segmento de defesa possui a necessidade de sistemas de radares, identificação de alvos, equipamentos optrônicos e outras tecnologias, como identificado no plano da EPEX para o futuro tecnológico das forças armadas e seu uso em projetos como o SISFRON. Já o setor de ciências da vida necessita de equipamentos de biofotônica para estudo e identificação das espécies.



Proposta

Centros tecnológicos de biofotônica e defesa em Manaus, Belém do Pará e Rio Branco.



Objetivo

Fortalecer o ecossistema de inovação em fotônica a partir da absorção tecnológica para criação de pesquisa e negócios nos setores de defesa e biofotônica.



Tecnologias-chave

Radares de precisão para vigilância aérea e terrestre; Guiamento de mísseis, foguetes e munições; Segurança de rede; Sistemas ópticos e optrônicos para uso individual pelas forças; Espectrógrafos para estudo da vida.



NORTE

ROADMAP FOTÔNICA 2030

COMPETÊNCIAS E OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS EM DEFESA E SEGURANÇA E BIOFOTÔNICA



1. Planos das forças armadas via EPEX para proteção das fronteiras com o uso de tecnologias convergentes a fotônica.
2. Presença da amazônia: necessidade de mapeamento e estudo das espécies.
3. Fraco ecossistema de inovação.

OBJETIVOS



- Fortalecer todos os ecossistemas para incentivar o ecossistema de inovação regional.
- Promover o desenvolvimento regional a partir da absorção de tecnologias chave pela metodologia da inovação secundária e de fomento a novas empresas.

PLANO DE AÇÃO 5 A 10 ANOS



- Criação de centros tecnológicos em Manaus, Belém do Pará e Rio Branco a partir de parcerias público-privadas dentro da rede de IF's para desenvolvimento de tecnologias e capacitação de profissionais.
- Fortes incentivos a novas empresas (Start-ups) e a atividades de PD&I de empresas já consolidadas.

TECNOLOGIAS CHAVE



- Radares de precisão para vigilância aérea e terrestre.
- Guiamento de mísseis, foguetes e munições.
- Segurança de rede.
- Sistemas ópticos e optrônicos para uso individual.
- Espectrógrafos para estudo da vida.

7.4. REGIÃO SUL



Nessa região foram identificadas variadas empresas de base tecnológica dos mais variados setores, e um cluster de empresas que utilizam tecnologias fotônicas para uso em produção e medição na região da grande Florianópolis. A possível explicação para tal é a presença dos laboratórios do departamento de Engenharia Mecânica e de Materiais da UFSC em Florianópolis e o Instituto Senai de Inovação em Sistemas de Manufatura e Processamento a Laser (ISI Laser) em Joinville que viabilizam esse tipo de tecnologia na região e a formação de profissionais para atuarem nesse segmento. Dessa forma, a proposta é incentivar esse ecossistema a partir da absorção de tecnologias para Manufatura Avançada com Laser. Podem-se elaborar incentivos para novas empresas de base tecnológica que se associem ao centro tecnológico ou empresas já consolidadas que invistam no desenvolvimento do centro.



Proposta

Centro tecnológico de manufatura avançada com fotônica.



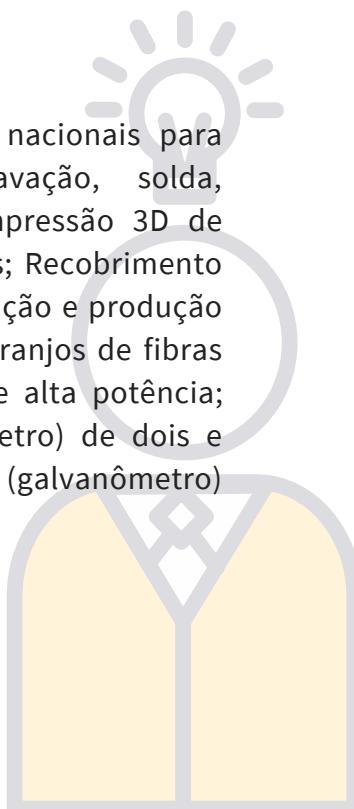
Objetivo

Fortalecer o ecossistema de inovação em fotônica a partir da aproximação da academia e as empresas com um centro tecnológico, aproveitando-se dos já existentes ecossistemas científicos e tecnológicos do setor.



Tecnologias-chave

Desenvolvimento de lasers nacionais para aplicação em corte, gravação, solda, tratamento superficial e impressão 3D de diferentes tipos de materiais; Recobrimento para ótica para uso em medição e produção com laser; Fibras ópticas e arranjos de fibras para lasers; Fibras ópticas de alta potência; Escâneres ópticos (galvanômetro) de dois e três eixos; Escâneres ópticos (galvanômetro) de alta velocidade.



SUL

ROADMAP FOTÔNICA 2030

COMPETÊNCIAS E OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS EM TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO



1. Cluster de empresas de base tecnológica de variados setores, em especial de fabricação e processamento a laser.
2. Grupos de pesquisa de fotônica em universidades dos três estados.
3. Ecossistema de inovação avançado.
4. Presença de polos industriais.

OBJETIVOS



- Fortalecer todos os ecossistemas para incentivar o ecossistema de inovação regional.
- Promover o desenvolvimento regional a partir da absorção de tecnologias chave pela metodologia da inovação secundária e de fomento a novas empresas.

PLANO DE AÇÃO 5 A 10 ANOS



- Criação de um centro tecnológico de Manufatura Avançada com Laser no IFSC.
- Incetivos a novas empresas (Start-ups) e a atividades de PD&I de empresas já consolidadas.

TECNOLOGIAS CHAVE



- Desenvolvimento de lasers nacionais para aplicação em corte, gravação, solda, tratamento superficial e impressão 3D de diferentes tipos de materiais.
- Recobrimento para ótica para usos com laser.
- Fibras ópticas e arranjos de fibras para lasers e alta potência.
- Escâneres ópticos (galvanômetro) de dois e três eixos e alta velocidade.

7.5. REGIÃO SUDESTE

Como foi relatado, o sudeste é o única região que possui um forte ecossistema inovador e que já possui maturidade em três segmentos da fotônica: Tecnologias Médicas, Comunicações e Tecnologia da Informação, devido a presença de empresas brasileiras produtoras de tecnologia no início da cadeia de valor, quantidade de pesquisa produzida e presença de centros tecnológicos. Nesse cenário podem-se elaborar editais para fomento de pesquisa e desenvolvimento e benefícios fiscais para empresas investirem em PD&I.

REGIÃO SUDESTE BRASILEIRA



Tecnologia Médica e das Ciências da Vida



Equipamentos para avaliação e diagnóstico não invasivos, agilizando o processo de tomada de decisão dos profissionais de saúde e a triagem dos pacientes; Equipamentos de diagnóstico portáteis para atender pessoas com dificuldade de locomoção aos centros de atendimento; Equipamentos para tratamento e diagnóstico personalizado, como pulseiras/relógios inteligentes com sensores fotônicos para coleta de dados sobre variáveis do corpo humano, como oxigenação do sangue, batimentos cardíacos, teor alcoólico no sangue e monitoramento do sono. A coleta desse grande volume de dados contínuos irá exigir tratamento estatístico pela tecnologia da informação e comunicação via redes sem fio.

Comunicação



Desenvolvimento da tecnologia 5G nacional; Desenvolvimento de chips fotônicos para aplicação industrial e residencial na comunicação de fibra óptica de alta velocidade; Tecnologias de comunicação sem fio para uso em mobilidade inteligente no advento dos veículos autônomos com impactos consideráveis na melhoria dos números de acidentes de trânsito em rodovias e congestionamentos em grandes centros urbanos.



Tecnologia da Informação

Ampliação de serviços de processamentos de dados que exigem o uso amplo das redes de fibra óptica que garantem a alta capacidade de transmissão de dados para aplicações em big data nos setores financeiro, comércio eletrônico, governamental e indústria 4.0; Desenvolvimento da computação quântica para usos em simulações da natureza com usos científicos e tecnológicos, e no desenvolvimento da nova geração de proteção de dados: a criptografia quântica para usos em defesa e segurança, privacidade, sigilo industrial (fundamental para indústria 4.0) e governamental, dentre outras aplicações; Sistemas de rastreabilidade a partir de códigos QR, RFID e outras tecnologias para aplicações em logística das atuais cadeias de valor e as viabilizadas pela indústria 4.0.

SUDESTE

ROADMAP FOTÔNICA 2030

COMPETÊNCIAS E OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS EM TECNOLOGIAS MÉDICAS, COMUNICAÇÕES E TI



1. Alta produção científica.
2. Variados grupos de pesquisa, institutos tecnológicos e empresas na área de fotônica.
3. Ecossistema de inovação consolidado.
4. Forte polo industrial.

OBJETIVOS



- Fortalecer o ecossistema de inovação já consolidado a partir da absorção de tecnologias chave pela metodologia da inovação secundária.

PLANO DE AÇÃO 5 A 10 ANOS



- Incentivos a absorção tecnológica via inovação secundária.
- Substituição de importações na indústria local a partir do desenvolvimento de máquinas, equipamentos e componentes pela inovação secundária.

TECNOLOGIAS CHAVE



- Tecnologia 5G, dispositivos de comunicação óptica, segurança de dados e sensores para carros autônomos.
- Equipamentos para diagnóstico não-invasivos portáteis para uso, por exemplo, em pulseiras e na medicina personalizada.
- Computação e criptografia quântica.
- Sistemas de rastreabilidade para indústria 4.0 (RFID, QR Codes).

ROADMAP FOTÔNICA 2030

CENTRO-OESTE

COMPETÊNCIAS E OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS EM MEDICÃO E VISÃO DE MÁQUINA

- 1. Forte presença da agroindústria.
- 2. Grupos de pesquisa de fotônica na UFMS, UnB e UFG.
- 3. Fraco ecossistema de inovação.
- 4. Forte uso de medição e visão de máquina na agricultura de precisão.

OBJETIVOS

- Fortalecer todos os ecossistemas para incentivar o ecossistema de inovação regional.
- Promover o desenvolvimento regional a partir da absorção de tecnologias chave pela metodologia da inovação secundária e de fomento a novas empresas.



PLANO DE AÇÃO 5 A 10 ANOS

- Criação de um centro tecnológico baseado em parcerias público-privadas dentro do IFPE que conecte a academia e as empresas para absorção de tecnologias e capacitação de profissionais.
- Incentivos a novas empresas e a atividades de PD&I de empresas já consolidadas.

TECNOLOGIAS CHAVE

- Espectroscopia para métricas de qualidade de plantas e animais.
- Sistemas de visão de máquina para uso em VANT's e na classificação de colheita.



NORDESTE

COMPETÊNCIAS E OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS EM FOTOVOLTAICOS E ILUMINAÇÃO

- 1. Incidência de luz solar: Potencial energético.
- 2. Presença de empresas de fabricação, instalação, manutenção e treinamento no Brasil.
- 3. Otimização de consumo elétrico nas cidades.
- 4. Ecossistemas científico e de negócios bem estruturados.
- 5. Presença de polo de fotônica na UFPE.

OBJETIVOS

- Fortalecer o ecossistema tecnológico para incentivar o ecossistema de inovação regional.
- Promover o desenvolvimento regional a partir da absorção de tecnologias chave pela metodologia da inovação secundária e de fomento a novas empresas.

PLANO DE AÇÃO 5 A 10 ANOS

- Criação de centros tecnológicos em Manaus, Belém do Pará e Rio Branco a partir de parcerias público-privadas dentro da rede de IF's para desenvolvimento de tecnologias e capacitação de profissionais.
- Fortes incentivos a novas empresas (Start-ups) e a atividades de PD&I de empresas já consolidadas.

TECNOLOGIAS CHAVE

- Tecnologias de produção mais eficientes de células fotovoltaicas para geração de energia concentrada e distribuída.
- Sistemas inteligentes de controle de iluminação para otimização do consumo elétrico de cidades.

SUL

COMPETÊNCIAS E OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS EM TECNOLOGIAS MÉDICAS, COMUNICAÇÕES E TI

- 1. Cluster de empresas de base tecnológica de variados setores, em especial de fabricação e processamento a laser.
- 2. Grupos de pesquisa de fotônica em universidades dos três estados.
- 3. Ecossistema de inovação avançado.
- 4. Presença de polos industriais.

OBJETIVOS

- Fortalecer todos os ecossistemas para incentivar o ecossistema de inovação regional.
- Promover o desenvolvimento regional a partir da absorção de tecnologias chave pela metodologia da inovação secundária e de fomento a novas empresas.

PLANO DE AÇÃO 5 A 10 ANOS

- Incentivos a absorção tecnológica via inovação secundária.
- Substituição de importações na indústria local a partir do desenvolvimento de máquinas, equipamentos e componentes pela inovação secundária.

TECNOLOGIAS CHAVE

- Tecnologia 5G, dispositivos de comunicação óptica, segurança de dados e sensores para carros autônomos.
- Equipamentos para diagnóstico não-invasivo portáteis para uso, por exemplo, em pulseiras e na medicina personalizada.
- Computação e criptografia quântica.
- Sistemas de rastreabilidade para indústria 4.0 (RFID, QR Codes).

SUDESTE

COMPETÊNCIAS E OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS EM TECNOLOGIAS MÉDICAS, COMUNICAÇÕES E TI

- 1. Alta produção científica.
- 2. Variados grupos de pesquisa, institutos tecnológicos e empresas na área de fotônica.
- 3. Ecossistema de inovação consolidado.
- 4. Forte polo industrial.

OBJETIVOS

- Fortalecer o ecossistema de inovação já consolidado a partir da absorção de tecnologias chave pela metodologia da inovação secundária.
- Fortalecer o ecossistema de inovação regional.
- Promover o desenvolvimento regional a partir da absorção de tecnologias chave pela metodologia da inovação secundária e de fomento a novas empresas.

PLANO DE AÇÃO 5 A 10 ANOS

- Criação de um centro tecnológico de Manufatura Avançada com Laser no IFSC.
- Incentivos a novas empresas (Start-ups) e a atividades de PD&I de empresas já consolidadas.

TECNOLOGIAS CHAVE

- Desenvolvimento de lasers nacionais para aplicação em corte, gravação, solda, tratamento superficial e impressão 3D de diferentes tipos de materiais.
- Recobrimento para ótica para usos com laser.
- Fibra óptica e arranjos de fibras para lasers e alta potência.
- Escâneres ópticos (galvanômetro) de dois e três eixos e alta velocidade.
- Espectrômetros para estudo da vida.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira das Indústrias de Materiais e de Defesa e Segurança. **Diretório ABIMDE**. Disponível em: <<http://www.abimde.org.br/diretorio-abimde>> Acesso em: fev. 2020.

Agência Nacional de Telecomunicações, ANATEL. **Empresas cadastradas pela ANATEL para trabalharem com Fotônica no Brasil**. Disponível em: <<https://www.anatel.gov.br/paineis/acessos/panorama>>. Acesso em de fev. 2020.

Biblioteca Virtual do Centro de Documentação e Informação da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. **BV-CDI FAPESP**. Disponível em: <<https://bv.fapesp.br/pt/metapesquisa/?q=Fot%C3%B4nica>>. Acesso em 12 abril 2020.

Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Secretaria de Empreendedorismo e Inovação. **Plano de ação de ciência, tecnologia e inovação para tecnologias convergentes e habilitadoras: fotônica** / organizador, Felipe Silva Bellucci et al. --Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2019.4 v. (v. 3 ; 36 p.) : il.

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq. **Consulta Parametrizada CNPq**. Disponível em <http://dgp.cnpq.br/dgp/faces/consulta/consulta_parametrizada.jsf>. Acesso em out. e nov 2019, fev. 2020.

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq. **Perguntas Frequentes (FAQ) CNPq**. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/web/dgp/faq?p_p_id=54_INSTANCE_39Zlb9kA3d0e&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-3&p_p_col_count=1&_54_INSTANCE_39Zlb9kA3d0e_struts_action=%2Fwiki_display%2Fview&_54_INSTANCE_39Zlb9kA3d0e_nodeName>Main&_54_INSTANCE_39Zlb9kA3d0e_title=FAQ>. Acesso em 16/04/2020.

Instituto Nacional da Propriedade Industrial, INPI. **Relatórios de Atividades do INPI**. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br/sobre/estatisticas>> Acesso em 09/04/2020.

PHOTONICS21 – European Technology Platform. **Jobs and Growth in Europe – Realizing the Potential of Photonics**. Düsseldorf, 2017. Disponível em: <<https://www.photonics21.org/ppp-services/photonics-downloads.php>>. Acesso em: out. 2019.

PHOTONICS21 – European Technology Platform. **Europe's age of light! How photonics will power growth and innovation**. Brussels, March 2019. Disponível em: <<https://www.photonics21.org/ppp-services/photonics-downloads.php>>. Acesso em: jan. 2020.

PHOTONICS21 – European Technology Platform. **Europe's age of light! How photonics will power growth and innovation**. Brussels, November 2017. Disponível em: <<https://www.photonics21.org/ppp-services/photonics-downloads.php>>. Acesso em: jan. 2020.

PHOTONICS21 – European Technology Platform. **Services to European SMEs.** Disponível em: <<https://www.photonics21.org/ppp-services/photonics-downloads.php>>. Acesso em: jan. 2020.

PHOTONICS21 – European Technology Platform. **Market Research Study Photonics 2017.** Brüssel, May 2017. Disponível em: <<https://www.photonics21.org/ppp-services/photonics-downloads.php>>. Acesso em: abril 2019.

Plataforma Pesquisa Saúde. **Banco de Dados do Pesquisa Saúde.** Disponível em: <<http://pesquisasaude.saude.gov.br/pesquisas.xhtml>> Acesso em: 13 fev. 2020.

Portal Solar. **Lista de Empresas de Energia Solar Fotovoltaica.** Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/fornecedores/empresas-de-energia-solar/>>. Acesso em fev. 2020.

Sistema Eletrônico do Serviço de Informação ao Cidadão, e-SIC. **Faça seu pedido e-SIC.** Disponível em: <<https://esic.cgu.gov.br/sistema/site/index.aspx>>. Acesso em de jan. 2020.

The International society for optics and photonics, SPIE. **Optics and Photonics Industry Report 2019.** 2019, Revisão 2.1, USA.

Web Of Science, WOS. **Pesquisa Avançada WOS.** Disponível em: <http://apps-webofknowledge.ez130.periodicos.capes.gov.br/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=6BtminuApv5b5sYpTZP&preferencesSaved=>>. Acesso em out. e nov. 2019.

World Intellectual Property Organization, WIPO. **WIPO PatentScope.** Disponível em: <<https://patentscope.wipo.int/search/pt/search.jsf>>. Acesso em março 2020.

XU, G. et al. **Exploring innovation ecosystems across Science, technology, and business: A case of 3D printing in China.** Technological Forecasting & Social Change (2018), <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2017.06.030>.

9. CONTATO E INTERLOCUÇÃO

Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

Secretaria de Empreendedorismo e Inovação (SEMPI)

Departamento de Tecnologias Estruturantes (DETEC)

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

Esplanada dos Ministérios, Bloco E, Sala 355, Brasília-DF, CEP 70.067-900, Brasil.

Telefone: (61) 2033-7424

Email: [cgta@mctic.gov.br](mailto:cgtc@mctic.gov.br)

Autores

José Maria Mascheroni

Eng. MSc | Consultor Responsável

josemascheroni@gmail.com

Florianópolis/SC

Brasil

Ana Maria Navarro Barbosa

Engenheira Mecatrônica

am_nb96@hotmail.com

Florianópolis/SC

Brasil

Arthur Raulino Kretzer

Engenheiro Mecatrônico

arthur.raulino.kretzer@gmail.com

Florianópolis/SC

Brasil

APÊNDICE A - DETALHAMENTO METODOLÓGICO

1. ECOSSISTEMA CIENTÍFICO

O ecossistema científico está relacionado com a geração de conhecimento a partir da pesquisa básica. Para que seja possível analisar este cenário buscou-se artigos científicos relacionados aos 11 segmentos da fotônica. Buscou-se todos os artigos publicados por brasileiros vinculados a instituições brasileiras e que foram publicados em território nacional e/ou internacional. Além disso também foi realizada uma pesquisa em relação aos grupos de pesquisas e pesquisadores. Todas as abordagens serão descritas na sequência.



1.1 Dados Do Web Of Sciente (WOS)



Para a pesquisa de artigos utilizou-se o buscador do Web of Science (WOS). Ele foi originalmente produzido pelo Institute for Scientific Information (ISI) e atualmente é mantido pela Clarivate Analytics. Segundo a plataforma do Clarivate Analytics (2020):

O Web of Science é o banco de dados de citações global mais confiável e independente do mundo. É o mecanismo de pesquisa mais poderoso, fornecendo à sua biblioteca os melhores dados de publicação e citação do mercado para descoberta, acesso e avaliações confiáveis. (Clarivate Analytics, 2020).

Com o intuito de padronizar a pesquisa por artigos, tem-se alguns parâmetros em comum que foram utilizadas em todas as pesquisas realizadas no WOS, são eles:

- **Tipo de arquivo:** Artigos Científicos
- **Período de pesquisa:** de 2008 a 2018
- **Idioma:** Todos
- **País:** Brasil
- **Base de dados:** WOS, KJD, RSCI eSCIELO
- **Campos de registro:** Título, Resumo, palavras-chave do autor e Keywords Plus.

É importante salientar que os artigos científicos analisados foram publicados por brasileiros vinculados com alguma instituição de ensino brasileira. Além disso, um único artigo pode ter vários autores e que eles são exclusivamente brasileiros ou de brasileiros com parcerias com outras universidades do exterior.

No buscador do Web of Science, utilizou-se de todas as bases de dados de artigos disponíveis para a análise, são elas: coleção principal do Web Of Science (WOS), DIIDW, KJD, RSCI e SCIELO.

Além dos parâmetros listados acima fez-se o uso de palavras-chave visando identificar especificamente cada um dos 11 segmentos a serem analisados.

A pesquisa foi realizada com o rótulo de campo de tópicos que aborda os seguintes campos de registros: Título, Resumo, palavras-chave do autor e Keywords Plus. Ou seja, as palavras inseridas na pesquisa podem estar presentes em qualquer um dos campos citados acima. Segundo o Clarivate Analytics (2020):

Nossa plataforma multidisciplinar conecta índices regionais, especializados, de dados e de patentes à Web of Science Core Collection, o único índice de citação verdadeiro do mundo. Mais de 9.000 instituições acadêmicas, corporativas e governamentais líderes e milhões de pesquisadores confiam na Web of Science para produzir pesquisas de alta qualidade, obter insights e tomar decisões mais informadas que orientam o futuro de sua instituição e estratégia de pesquisa. (Clarivate Analytics, 2020).

Os resultados obtidos do WOS foram divididos em 5 grupos, são eles:

01

Quantidade de artigos publicados por ano desde 2008 até 2018;

02

Representa as Categorias Gerais de pesquisa que os artigos se enquadram. Segundo o WOS as categorias gerais são divididos em 5 grupos: Tecnologia, Ciências Físicas, Ciências Sociais, Ciências da vida e Biomédicas e Artes humanas. Além disso, cada categoria geral possui suas áreas de pesquisa. É importante ressaltar que um artigo pode ser inserido em pelo menos uma categoria geral, por conta disso, o somatório percentual de todas as categorias geraia não resulta em 100%.

03

Refere-se as áreas de pesquisa que os artigos pertencem. Segundo o WOS os artigos podem ser subdivididos em 152 áreas de pesquisa diferentes onde 21 pertencem a categoria de Tecnologia, 17 a categoria de Ciências Físicas, 25 a Categoria de Ciências Sociais, 75 a categoria de Ciências da Vida e Biomedicina e, por fim, 14 a categoria de Artes e humanidades. É importante ressaltar que um artigo pode ser inserido em pelo menos uma área de pesquisa, por conta disso, o somatório percentual de todas as áreas de pesquisa não resulta em 100%.

04

Descreve a quantidade de pesquisadores que publicaram artigos científicos vinculados com alguma instituição de ensino brasileira. Com resultado tem-se as instituições com os maiores índices de pesquisadores com publicações. Foi necessário unificar as citações das universidades, pois, por exemplo, a USP é descrita como “Universidade de São Paulo” ou “Univ São Paulo” ou “USP” ou “Universidade SP” ou ainda outros tipos (apesar de haver várias nomeações elas descrevem a mesma instituição).

A filtragem dos dados foi realizada da seguinte maneira:

- Listou-se as 100 primeiras universidades;
- Criou-se uma segunda lista com as universidades já filtradas por nome, ou seja, as instituições que possuíam diferentes nomeações agora são uma só e possuem a somatória de pesquisadores correspondentes a ela;
- A partir da nova lista, gerou-se um gráfico das 10 instituições com os maiores índices de pesquisadores.

04

Por fim, os dados informados não distinguem se um pesquisador publicou mais de um periódico, ele informa que, durante o período da pesquisa uma quantidade 'x' de pesquisadores (que podem ser repetidos ou não) tiveram artigos publicados a partir de determinada instituição de ensino. De maneira geral ele não informa se um pesquisador publicou mais de um artigo, ele apenas indica a quantidade de pesquisadores com artigos publicados por instituição, ou seja, ele filtra todos os autores de artigos e organiza por instituição.

05

Representa a quantidade de pesquisadores por regiões brasileiras que publicaram artigos científicos. Para isso analisou-se os dados da lista desenvolvida no 4º item e dividiu-se as instituições por regiões brasileiras.

Todos os resultados citados acima são analisados para os 11 segmentos da fotônica. Para informações mais detalhadas referente a pesquisa e as palavras-chave utilizadas, o índice da pesquisa avançada utilizada no Web of Science para todos os segmentos está disponível no Apêndice B.

1.1 GRUPOS DE PESQUISAS



A análise realizada teve como objetivo verificar a evolução dos grupos de pesquisas dentro das instituições brasileiras, deste modo há como verificar a evolução, ano a ano, todos os grupos que foram criados além de todos os pesquisadores e estudantes que foram inseridos nas pesquisas relacionadas a fotônica.

Esta análise busca enriquecer as informações do ecossistema científico, de modo que complemente os dados informados anteriormente. Para esta análise foram utilizadas duas abordagens diferentes para a aquisição dos dados: a primeira foi a partir de questionários enviados aos grupos de pesquisa de universidades e ICTs brasileiros; a segunda foi a partir de dados extraídos do diretório de grupos de pesquisas do CNPQ (disponível no seguinte link: <http://dgp.cnpq.br/dgp/faces/consulta/consulta_parametrizada.jsf>)

Ambas as abordagens citadas anteriormente serão explicadas e discutidas na sequência, detalhando o modo em que elas foram executadas e os resultados obtidos ao final de cada análise.



1.1.1. QUESTIONÁRIOS

Os questionários foram enviados para grupos de pesquisas brasileiros com o intuito de coletar informações referente aos mesmos. Ele foi desenvolvido a partir de informações coletadas durante as visitas realizadas a grupos de pesquisas de universidades e ICT's, e também a partir dos dados coletados a partir da análise do ecossistema científico.

- Dados gerais do grupo: nome, ano de criação, instituição e estado em que está localizado;
- Parcerias com instituições de ensino nacionais e estrangeiras, e empresas;
- Segmentos de atuação em fotônica;
- Categorias gerais;
- Áreas de pesquisa;
- Quantidade de pesquisadores diretamente relacionados à produção científica de fotônica;
- Quantos, dos pesquisadores informados, recebem auxílio de bolsa de pesquisa e de qual agente de fomento;
- Artigos e patentes publicados no Brasil e no exterior;
- Estratégia adotada para a escolha dos temas de pesquisa;
- Tipos de inovação: primária e/ou secundária;
- Indicação de empresas de fotônica instaladas no Brasil para se realizar a pesquisa de mercado;
- Prestação de serviços a empresas;
- Equipamentos disponíveis no grupo para a pesquisa relacionada a Fotônica;

1.1.2. CNPq



A segunda abordagem para a aquisição de dados referente aos grupos de pesquisas e pesquisadores foi através do diretório de grupos de pesquisas do CNPq. O modo como foi realizado a aquisição de dados e os resultados obtidos são detalhados na sequência.

Diferentemente das pesquisas realizadas nas outras bases de dados, como a Web of Science, o diretório de grupos de pesquisa do CNPq não possui um instrumento de pesquisa por palavras chave tão robusto. Além disso, a plataforma não entrega os resultados da quantidade de grupos de pesquisa ao longo dos anos e tão pouco a quantidade de pesquisadores e estudantes. Dessa maneira, é necessário acessar os grupos de pesquisa individualmente e coletar os dados de interesse para a pesquisa. Entretanto, como essa é uma tarefa árdua e demorada para ser realizada por um pequeno grupo de pessoas e que está suscetível a erros humanos decorrentes da fadiga visual e de erros de digitação, optou-se por realizar uma coleta automatizada de dados. Assim, um software foi desenvolvido pela equipe.

O funcionamento do algoritmo permite a entrada das palavras chave que serão utilizadas na consulta do CNPq. Foram utilizadas as mesmas palavras das pesquisas de patentes e artigos, porém sem a presença de operadores lógicos, por limitação da base do CNPq. Ao gerar os resultados a partir da palavra de entrada, o software analisa todos os grupos de pesquisa em busca de linhas de pesquisa relacionadas a fotônica. Se alguma linha é encontrada, os pesquisadores relacionados a ela são contabilizados e o grupo é adicionado a uma lista. Caso o CNPq entregue um resultado que já foi contabilizado a lista, o software é capaz de identificar esse problema e ignorar o item repetido. Ao final, é gerada uma série de tabelas no Excel com todos os pesquisadores, estudantes e grupos de pesquisa contabilizados por cada ano entre 2008 e 2018 relacionados aos diversos segmentos da fotônica.

Detalhadamente o software operou da seguinte forma: as palavras-chave foram buscadas individualmente no campo pesquisa do CNPq (estas palavras estão elencadas no Apêndice B indicadas por "CNPq(termo de busca por grupos)". Com os resultados, o software desenvolvido utilizou outras palavras-chave (elencadas em 'Software' no Apêndice B) para identificar as linhas de pesquisa dos grupos e então encontrar a quantidade de pesquisadores e estudantes relacionados diretamente à fotônica. Foram desconsiderados os pesquisadores do grupo que estavam atuando em linhas de pesquisa não relacionadas à fotônica e os grupos repetidos dentro das pesquisas realizadas para o mesmo segmento. Além disso, a busca de palavras-chave foi feita na plataforma do CNPq considerando o nome dos grupos de pesquisa, o nome das linhas de pesquisa e as palavras-chave das linhas de pesquisa. Assim, são coletados todos os grupos que possuem linhas de pesquisa relacionadas à área. Dessa forma, mesmo que o nome do grupo não contenha a palavra-chave, ele é identificado pelas suas linhas de pesquisa, que é o que representa de fato o trabalho realizado pela equipe de pesquisa.

Sequencialmente, o funcionamento do algoritmo foi:

- 1º** Buscar uma única palavra-chave de um segmento no site do CNPq, por exemplo, 'comunicações' para o segmento de Comunicação. Obs: Os campos "Nome do Grupo", "Nome da Linha de Pesquisa" e "Palavra-Chave da Linha de Pesquisa" devem estar selecionados.
- 2º** Acessar os grupos encontrados individualmente. Foram desconsiderados aqueles que já haviam sido contabilizados para o segmento, por exemplo, de Comunicação.
- 3º** Identificar, a partir dos resultados, as linhas de pesquisa relacionadas à fotônica e ao segmento de interesse a partir do teste de todas as palavras-chave.
- 4º** Identificar e contabilizar pesquisadores e estudantes por ano e formação relacionados às linhas de pesquisa encontradas. Pesquisadores e estudantes identificados em mais de uma linha de pesquisa foram contabilizados uma única vez.

5º

Repetir o processo para todas as palavras-chave do segmento.

Vale ressaltar mais algumas informações relacionadas a base de dados do CNPq, como as informações disponibilizadas sobre o ano de inclusão dos pesquisadores e estudantes nos grupos de pesquisa não indicam se eles foram inseridos antes de 2014. Deste modo, os que foram inseridos antes de 2014 o CNPq indica apenas “Antes de MÊS de 2014”, onde o mês indica um mês do ano. Por conta disso, os estudantes e pesquisadores que fazem parte desse grupo foram inseridos no ano de 2014 nos gráficos, deste modo, os gráficos contendo as informações ano a ano dos pesquisadores e estudantes possuem um intervalo de análise de 2014 a 2018 e não de 2008 a 2018.

Além disso, os grupos de pesquisas criados antes de 2008 e que estão em funcionamento foram inseridos na pesquisa para o ano de 2008. Isso ocorreu porque os gráficos indicam os grupos de pesquisas em funcionamento por ano, como consequência, é possível extrair dados referentes a quantidade de grupos que foram criados por ano.

Também foram coletados dados referentes aos equipamentos e softwares que os grupos de pesquisas possuem.

Em relação a qualificação dos pesquisadores e estudantes, eles foram divididos em 7 grupos de acordo com a própria divisão do CNPq, sendo eles: pós-doutor, doutor, mestre, pós-graduado (pessoas que possuem a qualificação de especialização), graduado, técnico e outros (quando na plataforma no CNPq é indicado apenas “Não há formação em andamento”).

De acordo com a plataforma de Perguntas Frequentes (FAQ) do CNPq (9) pesquisadores e estudantes são diferenciados da seguinte maneira:

Pesquisadores são os membros graduados ou pós-graduados da equipe de pesquisa, direta e criativamente envolvidos com a realização de projetos e com a produção científica, tecnológica e artística do grupo. Se estiver matriculado em um curso de graduação ou pós-graduação (especialização, mestrado ou doutorado), deve ser incluído como estudante, desde que seu orientador seja um pesquisador do grupo. Estagiários pós-doutoriais devem ser considerados como pesquisadores do grupo. Cabe ao líder do grupo avaliar se as atividades de um determinado integrante são características da atividade de um pesquisador, estudante ou técnico, no âmbito do Diretório. (FAQ do CNPq, 2020).

São estudantes (bolsistas ou não) em iniciação científica, mestrado e doutorado que participam ativamente das linhas de pesquisa desenvolvidas pelo grupo, como parte de suas atividades discentes, sob a orientação de pesquisadores do grupo. Os estagiários em nível de pós-doutoramento devem ser considerados como pesquisadores do grupo, e não como estudantes. Cabe ao líder do grupo avaliar se as atividades de um determinado integrante são características da atividade de um pesquisador, estudante ou técnico, no âmbito do Diretório. (FAQ do CNPq, 2020).

⁹ Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq. Perguntas Frequentes (FAQ) CNPq. Disponível em: <[122](http://lattes.cnpq.br/web/dgp/faq?p_p_id=54_INSTANCE_39Zlb9kA3d0e&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-3&p_p_col_count=1&_54_INSTANCE_39Zlb9kA3d0e_struts_action=%2Fwiki_display%2Fview&_54_INSTANCE_39Zlb9kA3d0e_nodeName>Main&_54_INSTANCE_39Zlb9kA3d0e_title=FAQ>. Acesso em 16/04/2020.</p>
</div>
<div data-bbox=)

Os dados obtidos da análise do banco de dados do CNPq a partir do software desenvolvido pela equipe são:

- 01** Quantidade de grupos de pesquisa por ano desde 2008 até 2018;
- 02** Quantidade de grupos de pesquisa por regiões brasileiras;
- 03** Quantidade de pesquisadores por ano nos grupos de pesquisa de 2014 até 2018;
- 04** Quantidade de estudantes por ano nos grupos de pesquisa de 2014 até 2018;
- 05** Instituições parceiras aos grupos de pesquisas;
- 06** Equipamentos disponíveis;
- 07** Softwares disponíveis.

Instruções para a busca manual de grupos de pesquisa

Inicialmente deve-se acessar o diretório do CNPq disponível no seguinte link: http://dgp.cnpq.br/dgp/faces/consulta/consulta_parametrizada.jsf:

A Figura a direita ilustra um exemplo de busca para o segmento de Comunicações com os campos de pesquisa em destaque:

As orientações gerais para a busca são:

- Os termos de busca do CNPq devem ser inseridos um por vez no campo “Termo de Busca”.
- Devem ser selecionados os filtros: “Base Corrente”; “Todas as palavras”; Consultar por: “Grupo”; Aplicar as buscas nos campos: “Nome do grupo”, “Nome da linha de pesquisa”, “Palavra-chave da linha de pesquisa”, “Certificado”, “Não-atualizado”.
- Clicar em Pesquisar. Observação: O diretório eventualmente pede para logar na plataforma Lattes. Faça o Login com sua conta para continuar.

Fonte: Adaptado de CNPq (2020)

O número de registros encontrados manualmente ainda é filtrado pelo software desenvolvido pelo consultor conforme a proximidade com as palavras-chave elencadas no Apêndice B. Dessa forma, há uma discrepância entre os registros totais encontrados manualmente no diretório do CNPq e a quantidade de grupos informada na pesquisa.



2. ECOSISTEMA TECNOLÓGICO

O ecossistema tecnológico refere-se à aplicação da tecnologia para gerar conhecimento industrial e propriedade intelectual. Para a análise deste ecossistema realizou-se uma pesquisa de patentes para os 11 segmentos da fotônica aqui analisados.

Para a pesquisa de patentes utilizou-se o buscador de patentes WIPO. Ele faz parte do PCT (Patent Cooperation Treaty) e do sistema internacional de patentes. Segundo dados retirados do WIPO (2019):

O Tratado de Cooperação de Patentes (PCT) auxilia os candidatos na busca de potencial proteção internacional de patentes para seus inventos, ajuda os escritórios de patentes com decisões à concessão de patentes, e facilita o acesso do público à uma grande quantidade de informações técnicas relativas a essas invenções. Mediante a apresentação de um pedido de patente internacional sob o PCT, os candidatos podem procurar simultaneamente a proteção de uma invenção em na maioria dos países do mundo.". Ao total, 152 países fazem parte desse tratado. (WIPO, 2019).

Utilizou-se alguns parâmetros em comum em todas as pesquisas realizadas no WIPO, são eles:

- **Tipo de arquivo:** Patentes;
- **Data de aplicação da patente (AD):** 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018;
- **Idioma:** Todos;
- **País do Inventor (IADC):** Brasil;
- **Nacionalidade do Requerente (ANA):** Brasil;
- **País do Representante Legal (RCN):** Brasil;
- **Base de dados:** WIPO;
- **Campos de registro:** Título e Resumo.

É importante salientar que as palavras-chaves utilizadas no ecossistema científico foram as mesmas utilizadas aqui, possuindo apenas pequenas variações devido ao idioma de busca. O buscador de pesquisa avançada do WIPO utilizado na pesquisa de cada segmento está disponível no Apêndice B. Nele estarão contidas as informações detalhadas referente as palavras-chave utilizadas e também aos demais campos de pesquisa citados anteriormente.

Os resultados obtidos do WIPO foram divididos em 2 grupos, são eles:

01

Quantidade de patentes publicadas por ano desde 2008 até 2018;

02

Refere-se ao tipo de aplicante da patente, podendo ser pessoa física, pessoa jurídica (empresas nacionais e internacionais) ou instituições de ensino (públicas, particulares e centros de pesquisa).

3. ECOSSISTEMA DE NEGÓCIOS

Foram realizadas diversas tentativas de coletar dados que caracterizassem as empresas pertencentes ao mercado da fotônica a partir do envio de questionários a empresas associadas a Sociedade Brasileira de Fotônica (SB Photon). Entretanto, quase não se obteve adesão na resposta aos questionários enviados as empresas. Mesmo utilizando e-mail e telefone para contata-las, somente 5 empresas responderam do total contatado. Os formulários recebidos não foram completamente preenchidos faltando, por exemplo, dados de faturamento, o que comprometeu a análise sobre os impactos do investimento nesse setor. Os poucos dados coletados foram utilizados para classificar essas empresas de acordo com o segmento de fotônica. Além disso, vale destacar que foram realizados contatos com outros órgãos governamentais via o sistema eletrônico do serviço de informação ao cidadão, o e-SIC (10) para coleta de dados de empresas na área de fotônica. Somente 6 empresas responderam a requisição de informação, sendo elas: Telebrás, Ministério da Saúde, Eletronorte, Eletrosul, IMBEL e AMAZUL, no entanto, as duas últimas empresas alegaram que não possuírem as informações requisitadas. Os outros ministérios e órgãos não responderam até a data de entrega deste documento. Para contornar essa falta de dados e, ainda assim, estabelecer uma análise de mercado, optou-se por revisar a metodologia. A nova abordagem estabelecida foi de procurar empresas a partir de buscas de palavras-chave através de pesquisas online no Google tendo como princípio as pesquisas realizadas nos outros dois ecossistemas com o objetivo de identificar a posição do mercado brasileiro na cadeia global de valor em fotônica. Manualmente, os sites foram acessados e se avaliou se o negócio prestava serviços, era fabricante nacional ou internacional, a sua posição dentro dos segmentos determinados nessa pesquisa e sua localização dentro dos estados brasileiros. A partir das amostras coletadas, foi possível identificar os setores demandantes por essas tecnologias e a infraestrutura nacional para produção e comercialização. Cabe ressaltar que três segmentos obtiveram resultados distintos, são eles: Fotovoltaicos, Comunicação e Defesa e Segurança, pois foram encontradas bases de dados do governo ou de associações de empresas. Dessa forma, há uma quantidade de empresas discrepante desses três segmentos em relação aos outros e que, portanto, devem ser analisados com esta consideração. As palavras-chave utilizadas na pesquisa por empresas estão disponíveis no Apêndice B. Os Fabricantes Nacionais são listados no Apêndice D.

Os resultados obtidos foram divididos em 2 grupos, são eles:

- 01** Quantidade de empresas nacionais que trabalham com P&D e na fabricação de equipamentos ou itens de fotônica;
- 02** Total de empresas por estados brasileiros;
- 03** Total de empresas por regiões brasileiras.

APÊNDICE B - PALAVRAS-CHAVES UTILIZADAS PARA A PESQUISA

Palavras-chaves utilizadas durante a pesquisa, sendo elas: WOS (coleta de artigos), WIPO (coleta de patentes), CNPq (coleta de dados de grupos de pesquisas) e a coleta de empresas para o ecossistema de negócios,

DISPLAY

- **WOS**
 - ts = ("display*" and ("lcd*" or "\$led*" or "plasma\$" or "laser*" or "liquid crystal" or "semiconductor"))
 - Refinado por: TIPOS DE DOCUMENTO: (ARTICLE) AND PAÍSES/REGIÕES: (BRAZIL)
 - Bases de dados= WOS, DIIDW, KJD, RSCI, SCIELOT
 - Tempo estipulado=2008-2018
 - Idioma da pesquisa=Auto
- **WIPO**
 - FP:("display" AND ("lcd*" or "led*" or oled* or "plasma*" or "laser*" or "liquid crystal*" or "cristal líquido" "semincondutor" or "monitor")) AND AD:(2008 OR 2009 OR 2010 OR 2011 OR 2012 OR 2013 OR 2014 OR 2015 OR 2016 OR 2017 OR 2018) AND (ANA:BR OR RCN:BR OR IADC:BR)
- **CNPq**
 - CNPq (termo de busca por grupos): "lcd", "led", "plasma", "laser", "cristal líquido", "lcd", 'mostrador digital', 'mostrador eletrônico', 'tela', 'display'
 - Software (identificação das linhas de pesquisa): "lcd", "led", "plasma", "laser", "cristal líquido", "lcd", 'mostrador digital', 'mostrador eletrônico', 'tela', 'display'
- **EMPRESAS**
 - comprar monitor led; comprar monitor LCD; comprar display; comprar tv lcd; display de cristal líquido; display eletrônica;

COMUNICAÇÃO

- **WOS**
 - ts=((communication\$* and ("o\$tical fiber*" or "o\$tical" or laser*)) or (transmission* and "o\$tical fiber*"))
 - Refinado por: TIPOS DE DOCUMENTO: (ARTICLE) AND PAÍSES/REGIÕES: (BRAZIL)
 - Bases de dados= WOS, DIIDW, KJD, RSCI, SCIELO
 - Tempo estipulado=2008-2018
 - Idioma da pesquisa=Auto
- **WIPO**
 - FP: (((communication* or transmi*)and ("o?tical fiber*" or laser* or o?tica*)) or ((comunicação* or transmissão*)and ("fibra o?tica" or laser or o?tica*))) AND AD:(2008 OR 2009 OR 2010 OR 2011 OR 2012 OR 2013 OR 2014 OR 2015 OR 2016 OR 2017 OR 2018) AND (ANA:BR OR IADC:BR OR RCN:BR)
- **CNPq**
 - CNPq (termo de busca por grupos: 'comunicações', 'fibra óptica')
 - Software (identificação das linhas de pesquisa): "luz", "fibra óptica", "laser", "óptica"
- **EMPRESAS**
 - Banco de dados da anatel. Disponível em: <<https://www.anatel.gov.br/paineis/acessos/panorama>>

TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

- **WOS**
 - TS = (((("camera\$" or "digital camera\$" or "scanner\$" or "printer\$" or "laser print*" or "copy machine") and ("laser*" OR "o\$tical*" or prism*)) OR (image* and sensor* and (cmos or ccd))) NOT "3D PRINT*" NOT "PRINT* 3D")
 - Refinado por: TIPOS DE DOCUMENTO: (ARTICLE) AND PAÍSES/REGIÕES: (BRAZIL)
 - Bases de dados= WOS, DIIDW, KJD, RSCI, SCIELO Tempo estipulado=2008-2018
 - Idioma da pesquisa=Auto

TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

- **WIPO**
 - FP:((("camera?" or "digital camera?" or "scanner?" or "printer?" or "laser print*" or "copy machine" or "image*") and ("laser*" OR "o?tical*" or prism*)) OR (image* and sensor* and (cmos or ccd))) AND AD: (2008 OR 2009 OR 2010 OR 2011 OR 2012 OR 2013 OR 2014 OR 2015 OR 2016 OR 2017 OR 2018) AND (ANA:BR OR RCN:BR OR IADC:BR)
- **CNPq**
 - CNPq (termo de busca por grupos): "bodyscanner", "scanner", "escaner", "impressão laser", "óptica", "laser", "cmos", "ccd", "código de barras", "qr code", "reconhecimento facial", "biometria", "leitor de retina", "câmera digital", "fotografia", "filmagem"
 - Software (Identificação das linhas de pesquisa): "bodyscanner", "scanner", "escaner", "impressão laser", "óptica", "laser", "cmos", "ccd", "código de barras", "qr code", "reconhecimento facial", "biometria", "leitor de retina", "câmera digital", "fotografia", "filmagem"
- **EMPRESAS**
 - comprar leitor biométrico; comprar leitor de código de barras; comprar scanner; comprar impressora laser; comprar câmera digital.

FOTOVOLTAICOS

- **WOS**
 - ts = (((solar cell\$) OR ("solar module\$")OR ("photovoltaic cell\$") OR ("photovoltaic module\$")))and ("efficien*" or "energy"))
 - Refinado por: TIPOS DE DOCUMENTO: (ARTICLE) AND PAÍSES/REGIÕES: (BRAZIL)
 - Bases de dados= WOS, DIIDW, KJD, RSCI, SCIELO Tempo estipulado=2008-2018
 - Idioma da pesquisa=Auto
- **WIPO**
 - FP: (((solar* or photovoltaic*)and (cell? or module? or panel* or energy*)) or ((célula* or modulo* or painel* or energia) and (solar or fotovoltaic*)) or thermophotovoltaic* or termofotovoltaic*) AND AD: (2008 OR 2009 OR 2010 OR 2011 OR 2012 OR 2013 OR 2014 OR 2015 OR 2016 OR 2017 OR 2018) AND (ANA:BR OR IADC:BR OR RCN:BR)
- **CNPq**
 - CNPq (termo de busca por grupos): 'fotovoltaico'
 - Software (Identificação das linhas de pesquisa): "solar", "fotovoltaico", "energia", "óptico", "laser", "cmos", "ccd", "fotônica"
- **EMPRESAS**
 - Banco de dados do Portal Solar, marketplace de energia solar do grupo Votorantim. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/fornecedores/empresas-de-energia-solar/>>

TECNOLOGIA MÉDICA E DAS CIÊNCIAS DA VIDA

- **WOS**
 - ts = ((cosmetic* and therapy* and laser*) or (laser* and tattoo* and remove*) or ((medical technology**) and ("glass*" or "lens*" or "image processing*" or laser*)) or ((Galvanometer scanner** or Endoscope* or Microscope*) and(laser* or prism* or "medical technology**")) or (dermatological* and aesthetic* and laser*) or (ophthalmology* and diagnostic* and laser*))
 - Refinado por: TIPOS DE DOCUMENTO: (ARTICLE) AND PAÍSES/REGIÕES: (BRAZIL)
 - Bases de dados= WOS, DIIDW, KJD, RSCI, SCIELO Tempo estipulado=2008-2018
 - Idioma da pesquisa=Auto
- **WIPO**
 - FP:(((therapy* and laser*) or (terapia* and laser*)) or ((Galvanometer scanner** or galvanometro* or Endoscop* or Microscop*)) or ((aesthetic* and laser*) or (estétic* and laser*))) AND AD:(2008 OR 2009 OR 2010 OR 2011 OR 2012 OR 2013 OR 2014 OR 2015 OR 2016 OR 2017 OR 2018) AND (ANA:BR OR RCN:BR OR IADC:BR)

TECNOLOGIA MÉDICA E DAS CIÊNCIAS DA VIDA

- **CNPq**
 - CNPq (termo de busca por grupos): "espectroscopia", "terapia laser", "endoscopia", "oftalmologia", "odontologia"
 - Software (Identificação das linhas de pesquisa): "terapia laser", "scanner galvanométrico", "led", "endoscopia", "estetica laser", "óptica", "laser", "espectroscopia"
- **EMPRESAS**
 - caneta laser; Depilação a laser; fototerapia; fotodepilação; cirurgia laser; biofotônica (foi utilizada a palavra-chave biofotônica, pois algumas empresas utilizam esse termo com outro significado em relação a definição utilizada nessa pesquisa.)

MEDIÇÃO E VISÃO DE MÁQUINA

- **WOS**
 - ts = (((measurement*)and (o\$tico* or laser* or photonic*or "computer vision**" or "image process**" or Spectrometer* or "semiconductor**")) and ((sensor*)and (o\$tico* or laser* or photonic*)))
 - Refinado por: TIPOS DE DOCUMENTO: (ARTICLE) AND PAÍSES/REGIÕES: (BRAZIL)
 - Bases de dados= WOS, DIIDW, KJD, RSCI, SCIELO Tempo estipulado=2008-2018
 - Idioma da pesquisa=Auto
- **WIPO**
 - FP: (((measurement* or medição*)and (o?tico* or laser* or photonic* or foton* or computer vision* or visão computacioal or image process* or processamento de imagem or Spectrometer* or espectrômetro* semicondu?tor*)) or ((sensor*)and (o?tico* or laser* or photonic* or foton*)) or (computer vision* or visão computacioal or image process* or processamento de imagem))AND AD: (2008 OR 2009 OR 2010 OR 2011 OR 2012 OR 2013 OR 2014 OR 2015 OR 2016 OR 2017 OR 2018) AND (ANA:BR OR IADC:BR OR RCN:BR)
- **CNPq**
 - CNPq (termo de busca por grupos): 'metrologia', 'visão de máquina', 'visão computacional'
 - Software (Identificação das linhas de pesquisa): "laser", "óptico", "fotônica", "visão", "espectrômetro", "processamento de imagem"
- **EMPRESAS**
 - medição óptica; medição laser; Espectofotometro; luxímetro; espectrômetro; empresa visão computacional.

ILUMINAÇÃO

- **WOS**
 - ts =("lighting" or illumination* or "luminescen*") and(\$LED* OR LAMP* OR incandescent* or fluorescent*)
 - Refinado por: TIPOS DE DOCUMENTO: (ARTICLE) AND PAÍSES/REGIÕES: (BRAZIL)
 - Bases de dados= WOS, DIIDW, KJD, RSCI, SCIELO Tempo estipulado=2008-2018
 - Idioma da pesquisa=Auto
- **WIPO**
 - FP: (((light* or illumination* or luminescen* or luz* or iluminação*) and (led* oled* or lamp or incandescent* or fluorescent*))) AND AD:(2008 OR 2009 OR 2010 OR 2011 OR 2012 OR 2013 OR 2014 OR 2015 OR 2016 OR 2017 OR 2018) AND (ANA:BR OR IADC:BR OR RCN:BR)
- **CNPq**
 - CNPq (termo de busca por grupos): "Iluminação", "luz", "lâmpada", "filmagem"
 - Software (Identificação das linhas de pesquisa): "luz", "lumin", "led", "lâmpada", "laser", "óptica", "foton", "fotônica", "iluminação"
- **EMPRESAS**
 - Iluminação; fabricante de lâmpadas no brasil.

TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO

- **WOS**
 - ts = ((laser* and cut*) or (laser* and engrav*) or (laser* and weld*) or (laser* and textur*) or (laser* and manufacture*) or (laser* and lithograph*) or (laser* and "production technology"))
 - Refinado por: TIPOS DE DOCUMENTO: (ARTICLE) AND PAÍSES/REGIÕES: (BRAZIL)
 - Bases de dados= WOS, DIIDW, KJD, RSCI, SCIELO Tempo estipulado=2008-2018
 - Idioma da pesquisa=Auto
- **WIPO**
 - FP:((laser* or plasm*) and (machin* or maquina* or equip?ment* or cut* or corte* or engrav* or gravação* or weld* or solda* or textur* or manufa?tur* or lithograph* or litografia* or "production technology" or "produção tecnológica")) AND AD:(2008 OR 2009 OR 2010 OR 2011 OR 2012 OR 2013 OR 2014 OR 2015 OR 2016 OR 2017 OR 2018) AND (ANA:BR OR IADC:BR OR RCN:BR)
- **CNPq**
 - CNPq (termo de busca por grupos): 'usinagem laser', 'usinagem óptica', 'gravação laser', 'impressão laser', 'litografia', 'solda laser', 'corte laser', 'produção laser', 'manufatura laser', 'fabricação laser', 'produção óptica', 'manufatura óptica', 'fabricação óptica'
 - Software (Identificação das linhas de pesquisa): nenhuma, ou seja, coletaram-se todas.
- **EMPRESAS**
 - corte a laser; marcação a laser; gravação a laser; sinterização seletiva a laser; fusão seletiva a laser; impressora sla.

DEFESA E SEGURANÇA

- **WOS**
 - ts = ((defence* or security* or aeronautics* or "military security" or gun* or shoot* or pistol*) and (laser* or o\$tica*"night vision" or binoculars* or "infra-red" or radar* or "guided missile**" or missile* or ballistic*))
 - Refinado por: TIPOS DE DOCUMENTO: (ARTICLE) AND PAÍSES/REGIÕES: (BRAZIL)
 - Bases de dados= WOS, DIIDW, KJD, RSCI, SCIELO Tempo estipulado=2008-2018
 - Idioma da pesquisa=Auto
- **WIPO**
 - FP: ((defens* or defesa* or security* or segurança* or aeronautic* or "military security" or "segurança militar" or gun* or arma* or "disparo de arma de fogo" or shoot* or tiro* or aquatic*) and (laser* or o?tic* or "night vision" or "visão noturna" or binoculars* or binóculos* or infra-red or infravermelho* or radar* or "guided missile**" or missil* or missile* or bal?istic* or camera*)) AND AD:(2008 or 2009 or 2010 or 2011 or 2012 or 2013 or 2014 or 2015 OR 2016 OR 2017 OR 2018) AND (ANA:BR OR IADC:BR OR RCN:BR)
- **CNPq**
 - CNPq (termo de busca por grupos): 'defesa', 'segurança' Software
 - (Identificação das linhas de pesquisa): "laser", "óptica", "fotônica", "visão noturna", "binóculos", "infravermelho", "radar", "teleguiado", "câmera", "foton", "visão", "teleguiado"
- **EMPRESAS**
 - Diretório ABIMDE. Disponível em: <<http://www.abimde.org.br/diretorio-abimde>>

COMPONENTES E SISTEMAS ÓPTICOS

- **WOS**
 - ts = (((laser* or o\$tic*) and (eletronic*)) or ("o\$tic* sy stem" and (laser* or lens* or prism* or eletronic*)) or (telescop* and(lens* or prism* or laser* or o\$tic*))) or (camera* and (laser* or lens* or prism*)))
 - Refinado por: TIPOS DE DOCUMENTO: (ARTICLE) AND PAÍSES/REGIÕES: (BRAZIL)
 - Bases de dados= WOS, DIIDW, KJD, RSCI, SCIELO Tempo estipulado=2008-2018
 - Idioma da pesquisa=Auto

COMPONENTES E SISTEMAS ÓPTICOS

- **WIPO**

- FP: (((laser* or o?tic*) and (electronic*)) or (o?tic* syste* and (laser* or lens* or lente* or prism* or eletronic*)) or (telescop* and(lens* or lente* or prism* or laser* or o?tic*)) or (camera* and (laser* or lens* or lente* or prism*)) or (sistema*o?tico* and (laser* or lens* or lente* or prism* or eletronic*))) AND AD: (2008 or 2009 or 2010 or 2011 or 2012 or 2013 or 2014 or 2015 OR 2016 OR 2017 OR 2018) AND (ANA:BR OR IADC:BR OR RCN:BR)

- **CNPq**

- CNPq (termo de busca por grupos): 'astronomia', 'espelho', 'componentes ópticos', 'sistemas ópticos', 'lentes', 'prisma'
- Software (Identificação das linhas de pesquisa): "laser", "óptica", "fotônica", "lentes", "espelho", "foton", "prisma", 'telescópio', 'microscópio', 'astronômico', 'instrumentação', 'microondas', 'radiação'

- **EMPRESAS**

- comprar lentes câmeras; comprar telescópio; comprar componentes ópticos; comprar optoacoplador; comprar optoeletrônica; lupa de bancada.

BIOFOTÔNICA

- **WOS**

- ts = ((phototherapy* and (therapy* or light* or led* or laser* or aesthetics*)) or (tweezer* and o?tic* and laser*) or ("optical clamp*" and laser*) or (biophotonic* and (laser* or optic* or therapy* or biology* or aesthetics*)))
- Refinado por: TIPOS DE DOCUMENTO: (ARTICLE) AND PAÍSES/REGIÕES: (BRAZIL)
- Bases de dados= WOS, DIIDW, KJD, RSCI, SCIELO Tempo estipulado=2008-2018
- Idioma da pesquisa=Auto

- **WIPO**

- FP: ((fototerapia* or phototherapy*) or ((pinça* or tweezer*) and o?tic*) or (optical clamp*) or ((microscop* or espectroscopia* or spectroscopy*) and (cel* or luz* or light* or laser* or derm*)) or ((computer vision** or "image process**") and diagnostic* and (tomography* or cancer* or tumor* or "o\$tic biopsy" or o\$tica* or infrared*)) or ((biophotonic* or biofotonic*) and (laser* or optic* or otic* or therapy* or terapia* or biology* or biologia* or aesthetics* or estética*)) or ((phototherapy* or fototerapia*) and (therapy* or terapia* or light* or luz* or led* or laser* or aesthetics* or estética*))) AND AD:(2008 OR 2009 OR 2010 OR 2011 OR 2012 OR 2013 OR 2014 OR 2015 OR 2016 OR 2017 OR 2018) AND (ANA:BR OR RCN:BR OR IADC:BR)

- **CNPq**

- CNPq (termo de busca por grupos): biofotonica
- Software (Identificação das linhas de pesquisa): "foto", "luz", "lumin", "led", "laser", "fototerapia","biofotônica","pinça ótica", "terapia foto", "tweezer ótico", "microscopia", "espectoscopia", "tomografia", "tomografia", "biópsia ótica"

- **EMPRESAS**

- Biofotônica; tomografia óptica; pinça óptica; microscopia óptica; comprar microscópio óptico; comprar espectroscópio; termometria diagnóstico

APÊNDICE C - LISTA DE EQUIPAMENTOS E SOFTWARES

Grupos de pesquisas que citaram os equipamentos e softwares no banco de dados do CNPq. A sequência de dados é disposta da seguinte forma: Nome do grupo de pesquisa, Instituição de Ensino e/ou Departamento, Cidade/Estado: Equipamento ou software.

COMUNICAÇÃO

EQUIPAMENTOS

- AQUARELA - Aplicações com Qualidade de Serviços em Redes de Alta Velocidade, Departamento de Engenharia Elétrica, Brasília/DF: Cluster Computacional;
- Fotônica, Departamento de Eletrônica e Sistemas, Recife/PE: Analisador de espectros ópticos 2; Analisador de rede vetorial manual até 50 GHz; Analisador de rede vetorial manual até 6 GHz; Analisador de rede vetorial até 6 GHz; Laser infravermelho de femtossegundo; Máquina de prototipagem de placas de circuito de micro-ondas ; Analisador de redes até 8.5 GHz; Analisador de espectros elétricos até 4 GHz; Analisador de rede vetorial até 70 GHz; Tomógrafo por coerência óptica ; Analisador de espectros ópticos 1;
- Grupo de Dispositivos Fotônicos Integrados, Departamento de Física, Maceió/AL: SPUTTERING SOURCES AND POWER SUPPLIES ; Mask Aligner; Perfilômetro; Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV); Espectrofotômetro; Elipsômetro; HHV AUTO 500 THIN FILM DEPOSITION SYSTEM; PlasmaLab80Plus; Espectroscopia de Impedância ;
- Laboratório de Redes Ópticas, Departamento de Eletrônica e Sistemas, Recife/PE: Analisador de Especros Ópticos 1; Analisador de Espectros Ópticos 2; Sistema de Comunicação Óptica WDM;
- Telecomunicações, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Londrina/PR: Cluster de Alto Desempenho; Analisador de Espectro;
- Engenharia de Sistemas Optoeletrônicos, Campus Curitiba, Curitiba/PR: Sistema de Gravação de redes de Bragg em fibras ópticas; Sensoriamento Distribuído de Temperatura (DTS);
- Laboratório de Eletromagnetismo Computacional, Instituto de Estudos Avançados - IEAv, São José dos Campos/SP: CLUSTER; Cluster de Computadores;
- Sensores e Instrumentação, Departamento de Eletrônica e Sistemas, Recife/PE: Analisador de espectros ópticos 1; Analisador de espectros ópticos 2;

SOFTWARES

- AQUARELA - Aplicações com Qualidade de Serviços em Redes de Alta Velocidade, Departamento de Engenharia Elétrica, Brasília/DF: Pentaho; NS-3;
- Dispositivos Fotônicos e Aplicações, Campus Curitiba, Curitiba/PR: Comsol; Comsol; VPI Photonics suite; Optiwave Opti BPM;
- Eletromagnetismo Aplicado, Belém/PA: CST - Computer Simulation Technology AG;
- Fotônica, UNIV/Departamento de Eletrônica e Sistemas, Recife/PE: OptiSystem; COMSOL Multiphysics; HFSS;
- Grupo de Dispositivos Fotônicos Integrados, Departamento de Física, Maceió/AL: COMSOL; OPTIWave;
- Grupo de Eletromagnetismo e Comunicações, Campus Experimental de São João da Boa Vista, São João da Boa Vista/SP: Alternative Transient Program; Octave; OMNET++; eonsim;
- Grupo de Pesquisa em Redes e Comunicações (GPRC), Escola Politécnica de Pernambuco, Recife/PE: SIMTON Simulador de Redes Ópticas Transparentes;
- LabITec - Laboratório de Inovação em Tecnologia, Instituto Federal do Triângulo Mineiro - IFTM, Patrocínio/MG: Border Chaotic Cellular Automata;
- Laboratório de Redes Ópticas, Departamento de Eletrônica e Sistemas, Recife/PE: Ferramenta de Planejamento de Redes Ópticas; OptiSystem; SIMTON;
- Grupo de Materiais, Mecânica Estatística e Relatividade (GEMMER), Juazeiro do Norte/CE: OpenFoam;
- Laboratório de Eletromagnetismo Computacional, Instituto de Estudos Avançados - IEAv, São José dos Campos/SP: COMSOL; OptiBPM - Optiwave; RSOFT - Suite; HFSS - High Frequency Structue Simulation; CST - Studio Suite; Photon Design - Suite; FEKO - Em Simulation Software;
- Sensores e Instrumentação, Departamento de Eletrônica e Sistemas, Recife/PE: COMSOL Multiphysics;

TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

EQUIPAMENTOS

- IMAGO - Grupo de Pesquisa em Visão Computacional, Computação Gráfica e Processamento de Imagens, Departamento de Informática, Curitiba/PR: Scanner Minolta VIVID 910 e Scanner 3D Breuckmann.

SOFTWARES

- Análise de Radioproteção e Segurança nas Instalações Industriais, Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Rio de Janeiro/RJ: VISUAL MONTE CARLO DOSE CALCULATION; RESRAD CODE;
- LPCIAD - Laboratório de Projetos de Circuitos Integrados Analógicos e Digitais, Universidade Católica de Santos - UNISANTOS, Santos/SP: CADENCE IC15 e IC17;
- ESTATISTICA APLICADA E BIOMETRIA, Departamento de Estatística, Viçosa/MG: SAS; Software livre R; Programa GENES;
- Biometria e Genética Quantitativa, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG: Rbio;
- Grupo de Estudo e Pesquisa em Análise de Registros da Região Amazônica - GEPARRA, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná/RO: Software R; R studio; Python; GENES;

FOTOVOLTAICOS

EQUIPAMENTOS

- Análise Estrutural e Dinâmica , Departamento de Engenharia Mecânica - IPUC/PUC Minas, Belo Horizonte/MG: Computadores com 64 Gbytes de RAM; Microscópio eletrônico de varredura; Equipamento de Ensaio Universal; Polariscópio; Computador HPC; Sistema de Aquisição de Dados Universal; Simulador dinâmico veicular; Máquina de Ensaio de Fadiga; Sistemas de Medição Remota HBM;
- Controle e Acionamento de Sistemas, Centro de Tecnologia, Natal/RN: Planta Didática para Controle de Processos;
- Dispositivos Fotônicos e Materiais Nanoestruturados, Campus Londrina, Londrina/PR: Perfilômetro;
- Energia e Superfícies, Congonhas/MG: Magnetron Sputtering;
- Grupo de Catálise para Polimerização, Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Polímeros, Rio de Janeiro/RJ: Reatores de Polimerização; Reômetro de Placas; Analisador termo dinâmico-mecânico; Espectrômetro de Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva; Calorímetro de varredura diferencial; Analisador Termogravimétrico; Miniextrusora ;
- Grupo de Energia Solar, Escola de Engenharia, Porto Alegre/RS: Simulador Solar 2m X 2m; Bancada Ensaios Inversores;
- Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas, Centro Tecnológico, Belém/PA: Simulador Solar;
- Grupo de Estudos para o Desenvolvimento da Energia Solar (GEDES), Departamento de Física Geral, Salvador/BA: Câmara climática; Simulador solar flash;
- Grupo de Pesquisa em Energia e Sistemas Complexos - GPESC, Departamento de Física, Seropédica/RJ: Traçador de Curva Alta Corrente CC vc Tensão; VERSALAB Free 3T (com VSM, ETO e Specific Heat Option); Gaussímetro de Varredura 2D; Analisador Térmico Diferencial e Termogravimétrico simultâneo (DTA/TGA); Difratômetro de Raios X; Planta de Produção de Nitrogênio Líquido; Microscópio de Força Atômica (AFM); Microscópio Eletrônico de Varredura;
- Grupo de Pesquisa Estratégica em Energia Solar - Fotovoltaica/UFSC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis/SC: Edifício solar fotovoltaico de energia positiva; Usina Solar Fotovoltaica de 3 MWp projeto de P&D Estratégico ANEEL-Tractebel-UFSC;
- Grupo de Química de Materiais, Departamento de Química, Curitiba/PR: Microscópio de Força Atômica AFM; TGA/DSC; Microscópio Eletrônico de Varredura FEG/SEM;
- LABORATÓRIO DE PESQUISA EM MATERIAIS PARA APLICAÇÕES EM DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS, Araguaína/TO: Fotoluminescência; Evaporadora térmica/ Sputter coater;
- Polímeros Não-Convenicionais, Departamento de Física, Recife/PE: Espectrofluorímetro com resolução temporal ; Microscópio de Fluorescência; Fluorescence Lifetime Mapping Microscope; Nano eNabler Molecular Printing System; Real Time PCR System;

FOTOVOLTAICOS

EQUIPAMENTOS

- Sensores e Sistemas Eletrônicos Microeletrônicos e Optoeletrônicos, Departamento de Engenharia Elétrica, Belo Horizonte/MG: Estação de Provas Elétricas - Probe Station; Analisador de Parâmetros Semicondutores; Simulador solar - SOLSIM;
- Smart Grid Group (SG2), João Pessoa/PB: Simulador em Tempo Real;

SOFTWARES

- Análise Estrutural e Dinâmica , Departamento de Engenharia Mecânica - IPUC/PUC Minas, Belo Horizonte/MG: DevWing; VFOTOELAST; Visual Cálculo Numérico; AnSYS; HyperWorks; MatLab;
- Controle e Acionamento de Sistemas, Centro de Tecnologia, Natal/RN: SISAL;
- Energias Renováveis, Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, Santo André/SP: FEMM; Homer; Arduino;
- Grupo de Energia Solar, Escola de Engenharia, Porto Alegre/RS: TERMOSIM; RADIASOL 2; TERMODIM; CREARRAY; ESPECTRO;
- Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais, Erechim/RS: Maple; Matlab; Ansys; Siemens NX;
- Grupo de Estudos para o Desenvolvimento da Energia Solar (GEDES), Departamento de Física Geral, Salvador/BA: Modelização ótica de material multcamada em filmes finos;
- Grupo de Pesquisa em Energia e Sistemas Complexos - GPESC, Departamento de Física, Seropédica/RJ: MATLAB; COMSOL Multiphysics 3.5; Solid Works; COMSOL Multiphysics 4; COMSOL Multiphysics 5;
- Grupo de Pesquisa em Energia Solar, Escola Politécnica de Pernambuco, Recife/PE: SAM (System Advisor Model);
- Grupo de Pesquisa em Fontes Alternativas de Energia, Centro de Tecnologia, Recife/PE: TRNSYS;
- LABORATÓRIO DE PESQUISA EM MATERIAIS PARA APLICAÇÕES EM DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS, Araguaína/TO: NI-Labview ;
- Microrredes e Fontes Renováveis, Centro Tecnológico, São Luís/MA: ANSYS CFD;
- Sensores e Sistemas Eletrônicos Microeletrônicos e Optoeletrônicos, Departamento de Engenharia Elétrica, Belo Horizonte/MG: Cadence; MEMSPro; ZEMAX;
- Sistemas Elétricos de Potência, Departamento de Engenharia Elétrica, Salvador/BA: anarede;

TECNOLOGIA MÉDICA E DA CIÊNCIAS DA VIDA

EQUIPAMENTOS

- Análise em Fluxo e Caracterização Analítica, Departamento de Química Fundamental, Recife/PE: Espectrômetro de absorção atômica com Chama;
- Biomassa e biocombustíveis, Centro de Ciências Exatas, Londrina/PR: Espectrofotômetros de absorção e emissão molecular; Espectrômetro de RPE; CG-DIC; Tituladores;
- Biomateriais e Espectroscopia, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, São Paulo/SP: Espectrofluorímetro; BMESpec;
- Catálise Química, Universidade de Brasília - UnB, Brasília/DF: Reator Tubular de Leito Fixo com Fluxo Contínuo; Espectrômetro de infravermelho; Calorímetro Isoperibólico; Analisador Elementar CHNS; ASAP (Accelerated Surface Area and Porosimetry System); Cromatógrafo Gasoso; Cromatógrafo Gasoso; Espectrofômetro UV-VIS; Multi Reactor System; Analisador Térmico;
- Centro de Imagens e Espectroscopia in vivo por Ressonância Magnética (CIERMAG), Instituto de Física de São Carlos, São Carlos/SP: Scanner de MRI pré-clínico de 2.0 Tesla;
- Centro de Tecnologia em Medicina Molecular - CTMM, Faculdade de Medicina, Belo Horizonte/MG: Microscópio Invertido Motorizado; Microscópio Confocal; Microscópio Invertido Motorizado; Functional Near Infrared Spectroscopy ; Sistema de Análise de Microesferas;
- Ciência e Tecnologia de Biomateriais, Universidade Federal do ABC - UFABC, São Bernardo do Campo/SP: Microscópio ótico invertido; Estereoscópio;
- Ciências dos Materiais, Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa/MG: Sistema de difração e espalhamento de raios-x; Microscópio de Varredura por sonda; Microscópio Eletrônico de Varredura;

TECNOLOGIA MÉDICA E DA CIÊNCIAS DA VIDA

EQUIPAMENTOS

- Cristalografia Estrutural de Pequenas Moléculas e Materiais, Grupo de Cristalografia, São Carlos/SP: Difratômetro de pó ; Difratometro de raios-x de Monocristal; Calorímetro Diferencial de Varredura; Sistema de espectroscopia Raman ; Termogravimetria ; Difratometro de raios-x de Pó; Difratometro de raios-x Monocristal;
- Espectroscopia Óptica em Engenharia Mecânica, Universidade Santa Cecília - UNISANTA, Santos/SP: Espectrômetro Raman portátil;
- Física Atômica e Estruturas Moleculares (FAEM), Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Macapá/AP: Espectrometro Infravermelho;
- Física Computacional, Departamento Acadêmico de Física, Curitiba/PR: Cluster;
- FotoNanoBio, Campus Curitiba, Curitiba/PR: Laser de Nd:YAG; DLS - particle size analyzer;
- Fotoquímica e Química de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande/RS: Cromatógrafo Gasoso; Sistema de Extração Supercrítica; Sistema de Análise de Propriedades Físico-Mecânicas (Texturômetro); Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência para Cromatografia de Permeação em Gel (HPLC-GPC_); Espectrofluorímetro;
- Grupo de Dispositivos Fotônicos Integrados, Departamento de Física, Maceió/AL: SPUTTERING SOURCES AND POWER SUPPLIES ; Mask Aligner; Perfilômetro; Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV); Espectrofotômetro; Elipsômetro; HHV AUTO 500 THIN FILM DEPOSITION SYSTEM; PlasmaLab80Plus; Espectroscopia de Impedância ;
- Grupo de Espectroscopia Eletrônica e Vibracional, Belém/PA: Sistema de medida de fluorescência Transiente; Espectrômetro Raman;
- Grupo de Espectroscopia Óptica e Espalhamento Raman, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, São Carlos/SP: Espectrômetro Raman; Espectrômetro Raman;
- Grupo de Espectroscopia Teórica e Aplicada, Departamento de Ciências Exatas, Lavras/MG: Microscópio óptico; Espectrômetro Raman LabRAM HR Evolution;
- Grupo de Estudos para o Desenvolvimento da Energia Solar (GEDES), Departamento de Física Geral, Salvador/BA: Câmara climática; Simulador solar flash;
- Grupo de Fotoquímica e Química da Madeira, Instituto de Química, Uberlândia/MG: Cluster para simulações computacionais; Centrífuga refrigerada; Analisador de Carbono Orgânico Total e Nitrogênio;
- Grupo de Materiais Vítreos e Semicondutores Especiais, Departamento de Física, São Carlos/SP: Espectrômetro Raman;
- Grupo de Óptica, Departamento de Fisica, São Cristóvão/SE: Vibrant 355 II;
- Grupo de Óptica e Espectroscopia Laser da UFPI, Centro de Ciências da Natureza, Teresina/PI: Oscilador Paramétrico Óptico; Spiti One; Espalhamento de Segundo Harmônico; Geração de Segundo Harmonico (SHG) na interface; CARS;
- Grupo de Óptica e Optoeletrônica, Departamento de Física, Londrina/PR: Sistema para medida tempo de decaimento de luminescência; Sistema de Fotoluminescência;
- Grupo de Síntese e Caracterização Laser de Nanomateriais (NanoLaserLab), Rio de Janeiro/RJ: Sistema PLD (Pulsed Laser Deposition); Laser pulsado ao ns;
- Grupos de Estudos em Biotecnologia, Alimentos e Instrumentação Analítica, Reitoria, Jandaia do Sul/PR: Espectrômetro de Massas Triplo-Quadrupolar;
- Interações hiperfinas, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo/SP: Espectrometro PAC Digital ; Espectrômetro de correlação angular perturbada com detectores LSO;
- Laboratório de Filmes Finos e Fabricação de Nanoestruturas (L3FNano), Instituto de Física, Porto Alegre/RS: Sistema de anodização para fabricação de nanoestruturas; GC2014; Nano-Viewer; Sistema de de recobrimentos de pós para catálise;
- Laser&Óptica, Instituto de Física, Porto Alegre/RS: Elipsômetro Espectral c/ext IR; Máquina de deposição por RF magnetron sputtering ; Máquina de deposição térmica (resistiva/e-beam) e acessórios; Espectrofotômetro Cary 5000 e acessórios;
- Materiais Luminescentes, Instituto de Química de Araraquara, Araraquara/SP: Sistema para medidas de luminescência com excitação de raios X; Sistema para medidas de Luminescência in situ de filmes de Langmuir e de Langmuir-Blodgett;

TECNOLOGIA MÉDICA E DA CIÊNCIAS DA VIDA

EQUIPAMENTOS

- Lasers e Aplicações, Instituto de Estudos Avançados - IEAv, São José dos Campos/SP: 3 Sistemas de Laser de corante pulsado bombeado por Nd:YAG dobrado e Pulsado; Equipamento de ensaios de dureza (micro e nano indentador) e de desgaste (Microscratch) ; Laser Nd:YAG CW SHG; Laser de corante CW em anel; Difratometro de Raios X; Laser de Yb:fibra 2 kW; Laser de Ti-Safira CW em anel ; Microscópio e Estereoscópio com cameras digitais de alta resolução; Mesa CNC de 4 eixos com acessórios para processamento a laser; Espectrômetro de Massa de Íons Secundários ; Microscópio Eletronico de Varredura de Bancada; Dobrador de frequência ; Estação de processamento de materiais com laser pulsado; Sistema de tratamento de superfícies e deposição com laser de CO₂;
- OPTMA, Instituto de Física, Porto Alegre/RS: laser Nd:YAG 1Joule/pulso;
- Polímeros Não-Convencionais, Departamento de Física, Recife/PE: Espectrofluorímetro com resolução temporal ; Microscópio de Fluorescência; Fluorescence Lifetime Mapping Microscope; Nano eNabler Molecular Printing System; Real Time PCR System;
- Propriedades ópticas e de transporte de polímeros conjugados e moléculas orgânicas, Departamento de Física, Belo Horizonte/MG: Sistema de medidas de fluorescência e micro-fluorescência;
- Rede Brasileira de Fenotipagem de Plantas, Centro Nacional de Pesquisa Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária, São Carlos/SP: 3D Digital Fluorometer; 3 VANTs ou Drones com capacidade de 35kg de payload com cameras e sensores; Two large mobile and automated rain shelters for plant phenotyping; Estufa Climatizada (Fitotron);
- Sensoriamento Remoto e SIG Aplicados à Análise de Recursos Naturais, Departamento de Engenharia Florestal, Cuiabá/MT: VANT ECHAR - Xmobots; Espectroradiômetro, Esfera integradora e acessórios;
- Síntese Orgânica e CLAE, Departamento de Química, São Carlos/SP: LC-QqTOF; LC-ITMSn; Triplo Quadrupolo;
- Sensores e Sistemas Eletrônicos Microeletrônicos e Optoeletrônicos, Departamento de Engenharia Elétrica, Belo Horizonte/MG: Estação de Provas Elétricas - Probe Station; Analisador de Parâmetros Semicondutores; Simulador solar - SOLSIM;
- laser em odontologia, Departamento de Cirurgia, Porto Alegre/RS: laser de alta potência; laptop;

SOFTWARES

- Biomateriais e Espectroscopia, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, São Paulo/SP: ES-Tetris;
- Centro de Imagens e Espectroscopia in vivo por Ressonância Magnética (CIERMAG), Instituto de Física de São Carlos, São Carlos/SP: Console de Operação Multiplataforma para o Espectrômetro CIERMAG; IDE para o desenvolvimento de Métodos de RM;
- Ciência dos Materiais e Métodos computacionais, Centro de Ciências Exatas e Naturais, Belém/PA: StoBe Demon; Gromacs; MOPAC; Gaussian 09W;
- Cristalografia Estrutural de Pequenas Moléculas e Materiais, Grupo de Cristalografia, São Carlos/SP: Crystal14; Topas;
- Espectroscopia Eletrônica de Compostos de Coordenação e Materiais Inorgânicos, Departamento de Química, Natal/RN: POLAZ-F; SIMP2-FOSC; F3-LG; RAIZES;
- Espectroscopia Óptica em Sistemas de Diagnóstico Médico-Biomédico, Universidade Anhembi Morumbi - UAM, São José dos Campos/SP: RamanSpectra; Labview;
- Física Atômica e Estruturas Moleculares (FAEM), Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Macapá/AP: ChemBio 3D Ultra;
- Física Computacional, Departamento Acadêmico de Física, Curitiba/PR: OpenQMMM;
- GEAstro - Grupo de Estudo, pesquisa, extensão e inovação em Astronomia, Gerência de Pesquisa e Pós-Graduação, Pato Branco/PR: stellarium;
- Grupo de Dispositivos Fotônicos Integrados, Departamento de Física, Maceió/AL: COMSOL; OPTIWAVE;
- Grupo de Estrutura Eletrônica Molecular, Programa de Pós-Graduação em Química, Florianópolis/SC: GAMESS; ORCA; DALTON2013; SIESTA; GROMACS;

TECNOLOGIA MÉDICA E DA CIÊNCIAS DA VIDA

SOFTWARES

- Grupo de Estudos de Parâmetros de RMN, Departamento de Química Orgânica, Campinas/SP: ADF; Gaussian;
- Grupo de Estudos para o Desenvolvimento da Energia Solar (GEDES), Departamento de Física Geral, Salvador/BA: Modelização ótica de material multicamada em filmes finos;
- Grupo de Física Teórica e Experimental, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET/RJ, Petrópolis/RJ: Processing;
- Grupo de Fotofísica e Espectroscopia Molecular, Florianópolis/SC: ORCA;
- Grupo de Fotoquímica e Química da Madeira, Instituto de Química, Uberlândia/MG: Gaussian; Turbomole; ADF; ORCA; Origin; TOC VCPH;
- Grupo de Materiais, Mecânica Estatística e Relatividade (GEMMER), Juazeiro do Norte/CE: OpenFoam;
- Grupo de Química Teórica e Computacional, Departamento de Química, Manaus/AM: Gaussian;
- Laboratório de Filmes Finos e Fabricação de Nanoestruturas (L3FNano), UNIV/Instituto de Física, Porto Alegre/RS: Quantum Expresso; Vasp;
- Laser&Óptica, Instituto de Física, Porto Alegre/RS: Soften;
- Lasers e Aplicações, Instituto de Estudos Avançados - IEAv, São José dos Campos/SP: SYSWELD-ESI;
- Rede Brasileira de Fenotipagem de Plantas, Centro Nacional de Pesquisa Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária, São Carlos/SP: SISCOB; SAFIRA; AFSOFT; GeoFielder; MATLAB; LABView; ARCGIS;
- Sensoriamento Remoto e SIG Aplicados à Análise de Recursos Naturais, Departamento de Engenharia Florestal, Cuiabá/MT: Agisoft Photoscan Pro; SIG ArcGIS 10.2; Pix4D Mapper Pro; eCognition;
- Sensores e Sistemas Eletrônicos Microeletrônicos e Optoeletrônicos, Departamento de Engenharia Elétrica, Belo Horizonte/MG: Cadence; MEMSPro; ZEMAX;

MEDIÇÃO E VISÃO DE MÁQUINA

EQUIPAMENTOS

- Grupo de Automação e Controle - GRACO, Departamento de Engenharia Mecânica, Brasília/DF: Roboweld Turbine;
- Grupo de Pesquisa em Dosimetria Computacional e Sistemas Embarcados, Instituto Federal de Pernambuco - Campus Recife, Recife/PE: Impressora 3D Polyjet;
- LABMEQUI - Laboratório de Metrologia Química, Instituto de Química e Geociências (IQG), Capão do Leão/RS: Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Induzido por Micro-ondas (MIPOES);
- Rede Brasileira de Fenotipagem de Plantas, Centro Nacional de Pesquisa Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária, São Carlos/SP: 3D Digital Fluorometer; 3 VANTs ou Drones com capacidade de 35kg de payload com cameras e sensores; Two large mobile and automated rain shelters for plant phenotyping; Estufa Climatizada (Fitotron);
- Bioinformática e Inteligência Computacional, Campus Curitiba, Curitiba/PR: Cluster de processamento em GPU;
- Computação Científica, Escola de Ciências Exatas e da Computação, Goiânia/GO: SisuCHEMA;
- Computação Cognitiva - CPqD, Vice-Presidência de Tecnologia, Campinas/SP: Ambiente HPC para Computação Cognitiva;
- Grupo de Pesquisa em Sistemas Embarcados, Instrumentação Eletrônica e Controle Industrial, IFPB - Campus de Campina Grande, Campina Grande/PB: Sistema de Prototipagem de Circuitos Eletrônicos;
- Realidade Aumentada, Realidade Virtual e Interfaces Computacionais inovadoras para a Indústria, Saúde e Educação, Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia, Salvador/BA: Oculos de Realidade Aumentada Hololens; Laboratório de Realidade Virtual com oculos HTC VIVE;
- VisCap - Grupo de Visão, Sistemas de Computação e Aplicações, Departamento de Matemática e Computação, Itajubá/MG: Simulador para Treinamento de Pilotos;

MEDIÇÃO E VISÃO DE MÁQUINA

SOFTWARES

- CSI - Controle e Supervisão Inteligente, Instituto Federal de Santa Catarina - Câmpus Florianópolis, Florianópolis/SC: LabView; Elipse; Proteus; MatLab; Solidworks;
- GRIMA (Grupo de Integração da Manufatura), Departamento de Engenharia Mecânica, Florianópolis/SC: STEP Modeler;
- Grupo de Pesquisa em Dosimetria Computacional e Sistemas Embarcados, Instituto Federal de Pernambuco - Campus Recife, Recife/PE: BibliotecaJWV; Shielding to Ionizing Radiations (SIR) ; Física Experimental; MonteCarlo; DIP; DoRadlo; Softwares Fantomas;
- Instrumentação Nuclear, Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste, Recife/PE: RAD Studio C++;
- Grupo de Pesquisa em Automação Industrial - PAI, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS, Porto Alegre/RS: Indusoft;
- Rede Brasileira de Fenotipagem de Plantas, Centro Nacional de Pesquisa Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária, São Carlos/SP: SISCOB; SAFIRA; AFSOFT; GeoFielder; MATLAB; LABView; ARCGIS;
- Engenharia de Sistemas Ciberfísicos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico (CDTec), Pelotas/RS: Eboracum;
- GIVIC - Grupo de Pesquisas em Imagens e Visão Computacional, Campus Curitiba, Curitiba/PR: XScope;
- Grupo de Pesquisa em Realidade Virtual e Multimídia, Centro de Informática, Recife/PE: Windows 7 Professional; Visio 2013 Premium; Confluence; Project 2013 Professional; Visual STUDIO Pro; Jira; Windows 8 Professional; Windows 2012 Server R2; Office 2013 Professional ;
- Grupo de Processamento de Imagens, Centro de Tecnologia, Fortaleza/CE: Simulador para Operação e Manutenção de Chaves de Manobra em Redes de Distribuição de Energia; SOFT_POSTURE;
- Grupo de Reconhecimento de Padrões, Processamento de Imagens e Sinais e Aplicações Multimídia, Departamento de Estatística, Matemática Aplicada e Computacional, Rio Claro/SP: MATLAB;
- HiPES: High Performance and Efficient Systems, Departamento de Informática, Curitiba/PR: OrCS; SiNUCA;
- Mecatrônica, Controle e Robótica (MACRO), Departamento de Engenharia Elétrica, Belo Horizonte/MG: DQ Robotics;
- NERA - Núcleo de Estudos em Robótica e Automação, Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Serra, Serra/ES: Otimização de ganhos de controladores para robôs móveis com Algoritmos Genéticos; Modelo dinâmico e controladores para robôs móveis; RoSoS - Robot Soccer Simulator;
- Piim - Pesquisas Interdisciplinares em Informação Multimídia, Belo Horizonte/MG: SAPTE: Sistema de Apoio a Pesquisas Sobre Televisão; MIPS X-Ray: Uma Extensão para o Simulador MARS para o Ensino de AOC; SIVA: Sistema de Inspeção Visual Aplicado ao Controle de Qualidade de Ovos em Linhas de Produção; Sistema de Inspeção Visual Automática Aplicado à Detecção de Defeitos em Aços Laminados;
- Processamento de Imagens e Entretenimento Digital, Centro de Engenharia e Computação, Petrópolis/RJ: Matlab;
- VisCAP - Grupo de Visão, Sistemas de Computação e Aplicações, Departamento de Matemática e Computação, Itajubá/MG: Sistema de Treinamento;

ILUMINAÇÃO

EQUIPAMENTOS

- Bioprospecção, biotecnologia e dinâmicas econômicas e sociais, Coordenação de Tecnologia e Inovação, Manaus/AM: Ressonância Magnética Nuclear de 60 MHz;
- Ciências dos Materiais, Departamento de Física, Viçosa/MG: Sistema de difração e espalhamento de raios-x; Microscópio de Varredura por sonda; Microscópio Eletrônico de Varredura;

ILUMINAÇÃO

EQUIPAMENTOS

- Física e Processamento de Ligas Metálicas, Departamento de Materiais, São Carlos/SP: Difratômetro de Raio-X de Quatro Círculos; Planta de Recobrimentos PVD; Nano- e Macro-Durômetro Instrumentado, Riscamento e Perfilometria Óptica;
- Grupo de Estudos para o Desenvolvimento da Energia Solar (GEDES), Departamento de Física Geral, Salvador/BA: Câmara climática; Simulador solar flash;
- GRUPO DE POLÍMEROS, Instituto de Química, Porto Alegre/RS: Reator Easy Max com sonda de IV;
- LABORATÓRIO DE PRODUTOS E TECNOLOGIA EM PROCESSOS - LPT, Centro de Ciências, Fortaleza/CE: Cromatógrafo Gasoso; TGA/DSC; Analisador Mecânico Dinamico;
- OPTMA, Instituto de Física, Porto Alegre/RS: laser Nd:YAG 1Joule/pulso;

SOFTWARES

- Eficiência em Sistemas de Iluminação empregando Diodos Emissores de Luz , CESJF, Juiz de Fora/MG: Psim; Dialux;
- Grupo de Eletrônica de Potência (GEP-DELT/UFMG), Departamento de Engenharia Eletrônica, Belo Horizonte/MG: PSIM; Orcad ;
- Grupo de Pesquisa em Iluminação - GRILU, Centro de Tecnologia, Maceió/AL: TropLux; TropFac; TropSolar; TropMask;
- NIMO - Núcleo de Iluminação Moderna, Faculdade de Engenharia, Juiz de Fora/MG: PSIM;
- Grupo de Estudos para o Desenvolvimento da Energia Solar (GEDES), Departamento de Física Geral, Salvador/BA: Modelização ótica de material multicamada em filmes finos;
- Processo de cuidar em saúde e enfermagem da criança, do adulto e do idoso nas dimensões individual e coletiva., Campo Grande/MS: SPSS ;
- Eletrônica de Potência e Conversores Estáticos, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétrica, São Paulo/SP: PSIM; PLECS;

TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO

EQUIPAMENTOS

- FotoNanoBio, Campus Curitiba, Curitiba/PR: Laser de Nd:YAG; DLS - particle size analyzer;
- Lasers e Aplicações, Instituto de Estudos Avançados - IEAv, São José dos Campos/SP: 3 Sistemas de Laser de corante pulsado bombeado por Nd:YAG dobrado e Pulsado; Equipamento de ensaios de dureza (micro e nano indentador) e de desgaste (Microscratch) ; Laser Nd:YAG CW SHG; Laser de corante CW em anel; Difratometro de Raios X; Laser de Yb:fibra 2 kW; Laser de Ti-Safira CW em anel ; Microscópio e Estereoscópio com cameras digitais de alta resolução; Mesa CNC de 4 eixos com acessórios para processamento a laser; Espectrômetro de Massa de Íons Secundários ; Microscópio Eletronico de Varredura de Bancada; Dobrador de frequência ; Estação de processamento de materiais com laser pulsado; Sistema de tratamento de superfícies e deposição com laser de CO₂;
- Bioanalítica, Microfabricação e Separações - BioMicS, Instituto de Química de São Carlos, São Carlos/SP: Eletroforese Capilar - CE; Cromatografo a Gás acoplado a Espectrometria de Massas - GC-MS ;
- Fotoquímica e Superfícies, Departamento de Físico-Química, Porto Alegre/RS: TOF-SIMS; Sistema de medição de ângulos de contacto; Perfilometro Otico;
- Grupo de Pesquisa em Magnetismo e Materiais Magnéticos, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Recife/PE: Espalhamento de luz Brillouin; Espectrômetro de ressonância ferromagnética; Sistema de deposição de filmes por sputtering; Litografia por escrita direta com laser;
- Nanoestruturados, Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, Bagé/RS: Difratometro de raios-X; Microscópio de Força Atômica;
- Tecnologias integradas de micro e nanofabricação, Campinas/SP: Analisador Vetorial ; Feixe de ions focalizado - FIB; Plasma RIE, acoplamento capacitivo; Fotoalinhadora de dupla face; Sistema de litografia por feixes de elétrons ; Sputtering ; LPCVD; Sistema Raman-AFM; Plasma ICP modificado; PECVD; Fotoalinhadora ; Microscopio eletrônico de varredura - MEV; Implantadora de íons; Espectrometro XPS; Plasma ICP;

TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO

EQUIPAMENTOS

- Grupo de Pesquisa em Tratamento de Superfícies e Síntese de Materiais Nanoestruturados (GPSM-Nano), Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade, Sorocaba/SP: Espectrofotômetro de UV-Vis-NIR;

• SOFTWARES

- Lasers e Aplicações, Instituto de Estudos Avançados - IEAv, São José dos Campos/SP: SYSWELD-ESI;
- Fotoquímica e Superfícies, Departamento de Físico-Química, Porto Alegre/RS: FEFF9;

DEFESA E SEGURANÇA

EQUIPAMENTOS

- Laboratório de Eletromagnetismo Computacional, Instituto de Estudos Avançados - IEAv, São José dos Campos/SP: CLUSTER; Cluster de Computadores;
- AQUARELA - Aplicações com Qualidade de Serviços em Redes de Alta Velocidade, Universidade de Brasília - UnB, Brasília/DF: Cluster Computacional;

SOFTWARES

- Laboratório de Eletromagnetismo Computacional, Instituto de Estudos Avançados - IEAv, São José dos Campos/SP: COMSOL; OptiBPM - Optiwave; RSOFT - Suite; HFSS - High Frequency Structue Simulation; CST - Studio Suite; Photon Design - Suite; FEKO - Em Simulation Software;
- AQUARELA - Aplicações com Qualidade de Serviços em Redes de Alta Velocidade, Universidade de Brasília - UnB, Brasília/DF: Pentaho; NS-3;
- Eletromagnetismo Aplicado, Belém/PA: CST - Computer Simulation Technology AG;
- Grupo de Eletromagnetismo e Comunicações, Campus Experimental de São João da Boa Vista, São João da Boa Vista/SP: Alternative Transient Program; Octave; OMNET++; eonsim;
- HiPES: High Performance and Efficient Systems, Departamento de Informática, Curitiba/PR: OrCS; SiNUCA;

COMPONENTES E SISTEMAS ÓPTICOS

EQUIPAMENTOS

- Astrofísica, Itajubá/MG: Cluster Giskard;
- Divulgação Científica e Cultural, Centro Tecnológico, São Luís/MA: Ciência Móvel; Planetário Móvel;
- Laboratório de Instrumentação Nuclear e Energia Solar, Departamento de Física, Feira de Santana/BA: Sistema de Tratamento de sinais e Aquisição de dados com Módulos de Instrumentação Nuclear;
- Centro de investigação da interação luz-matéria, Departamento de Física, Maringá/PR: Lasers de alta potência/Energia;
- Grupo de Óptica e Optoeletrônica, Departamento de Física, Londrina/PR: Sistema para medida tempo de decaimento de luminescência; Sistema de Fotoluminescência;
- Sensores e Sistemas Eletrônicos Microeletrônicos e Optoeletrônicos, Departamento de Engenharia Elétrica, Belo Horizonte/MG: Estação de Provas Elétricas - Probe Station; Analisador de Parâmetros Semicondutores; Simulador solar - SOLSIM;
- Telecomunicações, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Londrina/PR: Cluster de Alto Desempenho; Analisador de Espectro;
- Fotoquímica e Superfícies, Departamento de Físico-Química, Porto Alegre/RS: TOF-SIMS; Sistema de medição de ângulos de contacto; Perfilometro Otico;
- Laboratório de Eletromagnetismo Computacional, Instituto de Estudos Avançados - IEAv, São José dos Campos/SP: CLUSTER; Cluster de Computadores;

• SOFTWARES

- Astrofísica, Itajubá/MG: Interactive Data Language (IDL);
- Grupo de Amadores de Astronomia de Ilha Solteira Prof. Mario Schenberg, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira/SP: Celestia; Stellarium;
- Grupo de Astrofisica, Departamento de Física, Florianópolis/SC: BOND; PRIDA; STARLIGHT; CHIMERA;
- Centro de investigação da interação luz-matéria, Departamento de Física, Maringá/PR: Comsol;

COMPONENTES E SISTEMAS ÓPTICOS

• SOFTWARES

- Laboratórios de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia - LEPTEN, Departamento de Engenharia Mecânica, Florianópolis/SC: ANSYS Academic Research; EES; Maple; COMSOL Multiphysics; MATLAB; TRNSYS; NI LabVIEW Student; Epsilon Profissional ;
- Sensores e Sistemas Eletrônicos Microeletrônicos e Optoeletrônicos, Departamento de Engenharia Elétrica, Belo Horizonte/MG: Cadence; MEMSPro; ZEMAX;
- Fotoquímica e Superfícies, Departamento de Físico-Química, Porto Alegre/RS: FEFF9;
- Laboratório de Eletromagnetismo Computacional, Instituto de Estudos Avançados - IEAv, São José dos Campos/SP: COMSOL; OptiBPM - Optiwave; RSOFT - Suite; HFSS - High Frequency Structue Simulation; CST - Studio Suite; Photon Design - Suite; FEKO - Em Simulation Software;
- PCR/UFMT, Conselho de Ensino e Pesquisa, Rondonópolis/MT: SAEG- Universidade federal de Viçosa; SISVAR-UFLA;
- Projetos, fabricação e processos de materiais estratégicos da Área de Defesa, Divisão de Ensino Fundamental, São José dos Campos/SP: LAMMPS; SOLIDWORKS;

BIOFOTÔNICA

EQUIPAMENTOS

- BIOLUMINESCÊNCIA E BIOFOTONICA, Sorocaba/SP: Camara de fotodetecção; Espectroluminometro ultrasensivel;
- FotoNanoBio, Campus Curitiba, Curitiba/PR: Laser de Nd:YAG; DLS - particle size analyzer;

SOFTWARES

- Ambientes Virtuais e Tecnologias Assistenciais, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Mogi das Cruzes/SP: Blender 3D; MATLAB; Tool box image processing; Tool box Signal processing;

APÊNDICE D - FABRICANTES NACIONAIS

Lista de fabricantes nacionais informados no ecossistema de negócios.

TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO		BIOFOTÔNICA	
NOME	UF	NOME	UF
• CIS	AM	• MMOptics	SP
• Sisponto	MG	• Digilab	SP
• Comtac	MG	• Quimis	SP
• AGL	MG	• Leica Microsystems	SP
• RWTech	MG	• Instrutherm	SP
• C3Tech	MG	• Nova Instruments	SP
• Bematech	PR	• Luxtec	SP
• Omni	PR		
• Fibracem	PR		
• Pctop	RJ		
• Perto tecnologia para bancos e varejo	RS		
• Intelbras	SC		
• uTech	SC		
• Multilaser	SP		
• Linear HCS	SP		

COMUNICAÇÃO		DEFESA E SEGURANÇA	
NOME	UF	NOME	UF
• Fibracem	PE	• Vmi Security	MG
• DATACOM	RS	• Altave	MG
• IMS Power Quality	RS	• Am Empreendimentos	MT
• Parks	RS	• Quartzo	RJ
• FiberWan	SP	• Hobeco	RJ
• Opto link	SP	• ARES	RJ
• CPQD	SP	• Ael sistemas	RS
• Opto Eletrônica S/A	SP	• Suntech	SC
• Luxtec	SP	• Opto Eletrônica S/A	SP
• Fiber Work	SP	• Luxtec	SP
• Padtec	SP	• RF Com	SP
• Vidency Medical	SP	• Safran	SP
• Idea	SP	• Omnisys	SP
• Belver	SP	• Opto Space and Defense	SP
• Optsensys	SP	• Berkana	SP
• Fotonica Tecnologia óptica	SP	• Emitec	SP
• Boreal Comunications	SP	• IACIT	SP
• Cablena do Brasil	SP	• LACE	SP
• KOM Lux Fibras Ópticas	SP	• Macjee	SP
• Skylane Optics do Brazil	SP		
• Zieltec Telecom	SP		

MEDIÇÃO E VISÃO DE MAQUINA		MEDIÇÃO E VISÃO DE MAQUINA	
NOME	UF	NOME	UF
• Enacom	MG	• Optsensys	SP
• Digicomp	MG	• Fotonica Tecnologia óptica	SP
• Omni	PR	• Boreal Comunications	SP
• 4Vants	PR	• DFVasconcellos Brasil	SP
• Aliger	RJ	• Opto Link	SP
• Incoterm	RS	• Belver	SP
• Delta Color	RS		
• Pix Force	RS		
• Meerkat	RS		
• Photonita	SC		
• Minipa	SC		
• Vonder	SC		
• Alfakit	SC		
• Horus	SC		
• 4Vision	SC		
• AltaVision	SC		
• Somasul	SC		
• Embratop	SP		
• Chemicon	SP		
• Cortag	SP		
• Gage Meter	SP		
• Astro 34	SP		
• Hitachi	SP		
• Mettler Toledo	SP		
• Dpunion	SP		
• anacomci	SP		
• Global Trade Technology	SP		
• Metrolog	SP		
• Grupo Tecnologia	SP		
• Mvisia	SP		
• Tesla Automação	SP		
• NeuralMind	SP		
• Autaza	SP		
• Full face	SP		
• ShelfPix	SP		
• Maply	SP		
• Gautama	SP		
• Konitech	SP		
• SensorVision	SP		
• Tryad Systems	SP		
• Homis	SP		
• Testo	SP		
• Luxtec	SP		
• Fiber Work	SP		
• Phelcom	SP		
• Apramed	SP		
• Eyetec Equipamentos Oftálmicos	SP		
• Photonics	SP		
• Idea	SP		

ILUMINAÇÃO		UF	ILUMINAÇÃO		UF
NOME			NOME		
• City Lumi		AM	• Direct Light		SP
• G-light		BA	• Ecco Fibras		SP
• Ledax		BA	• Space Iluminação		SP
• Phillips		MG	• Star Lightning Divisions		SP
• Lumincenter		PR	• ESPORTSLED		SP
• Lumishop		PR	• Companhia de Iluminação		SP
• Sercomtel Iluminação		PR	• Fator Nobre Iluminação		SP
• FoxLuz		PR	• NewLux		SP
• BRLUX		PR	• Sciaza		SP
• Luxfort		PR	• Braluz		SP
• LedLight		RJ	• Lextron		SP
• Kian Iluminação		RJ	• Monsele		SP
• Power Lume		RS	• Lyz		SP
• Stella		RS	• Naville		SP
• Brilia		RS	• Morgan Iluminação		SP
• ESB light		RS	• Ledstar		SP
• LEDLUXE		RS	• CL Luz		SP
• Ecolite		RS	• Starlux		SP
• Save Energy		RS	• Abilumi		SP
• Bioluz		RS	• LED Nacional		SP
• Imperial Lightning		SC	• Telbra		SP
• Blumenau Iluminação		SC	• Onno Light and Beyond		SP
• Mundo Luz Soluções em Iluminação		SC	• Pantoja e carmona		SP
• LampLuz		SC	• Home line		SP
• Ouse Iluminação		SC	• Tualux		SP
• Clarezo Iluminação		SC	• Eyetec Equipamentos Oftálmicos		SP
• Luciin		SC	• Sylvania		SP
• Progettare		SC	• Ledclass		SP
• Samig Luminárias		SC	• Luxtec		SP
• LED LIGHT E LASER LIGHT		SC	• Ourolux		SP
• Segurimax		SC	• GE		SP
• Minipa		SC	• FAME		SP
• Taschibra		SC	• Diamond Light		SP
• WEG		SC	• VANY		SP
• KOM Lux Fibras Ópticas		SP	• Opto Eletrônica S/A		SP
• La Lampe Iluminação		SP			
• Reka Iluminação		SP			
• Lumini		SP			
• Interlight		SP			
• Arapeva		SP			
• Roby Lustres		SP			
• Avant		SP			
• Rei da Iluminação		SP			
• Blue Iluminação		SP			
• Levlux		SP			
• Iluctrom		SP			
• Claron Iluminação		SP			
• Atek		SP			

TECNOLOGIA MÉDICA E DAS CIÊNCIAS DA VIDA

NOME	UF
• Basall	MG
• Revali	SP
• KLD Biossistemas	SP
• Opto Eletrônica S/A	SP
• MM Optics	SP
• Eyetec Equipamentos Oftálmicos	SP
• Luxtec	SP
• Phelcom	SP
• phocus	SP
• Vidency Medical	SP
• Razek	SP
• Apramed	SP
• Photonics	SP
• DFVasconcellos Brasil	SP
• Ecco Fibras	SP
• KOM Lux Fibras Ópticas	SP
• Fotoskin	SP
• Global Trade Technology	SP

DISPLAY

NOME	UF
• Brazil PC	MG
• Positivo	PR
• MerkGroup	RJ
• Sweda	SP
• AOC	SP
• Multilaser	SP
• AGT Technologies	SP
• MM Optics	SP
• Luxtec	SP
• Novus	SP
• Eyetec Equipamentos Oftálmicos	SP

COMPONENTES E SISTEMAS ÓPTICOS

NOME	UF
• CM Satisloh	RJ
• Photonita	SC
• Nautika	SP
• Multikids	SP
• Abrakidabra	SP
• OptoEletrônica	SP
• Cromatek	SP
• Opto Link	SP
• Leica Microsystems	SP
• Dioptron óptica de precisão	SP
• Optron	SP
• Opto Eletrônica S/A	SP
• MM Optics	SP
• Eyetec Equipamentos Oftálmicos	SP
• Luxtec	SP
• Fiber Work	SP
• Padtec	SP
• Phelcom	SP
• phocus	SP
• Vidency Medical	SP
• Razek	SP
• Apramed	SP
• Photonics	SP
• Idea	SP
• Belver	SP
• Optsensys	SP
• Fotonica Tecnologia óptica	SP
• Boreal Comunications	SP
• Cabilena do Brasil	SP
• DFVasconcellos Brasil	SP
• Ecco Fibras	SP
• KOM Lux Fibras Ópticas	SP
• Skylane Optics do Brazil	SP

APÊNDICE E - GRUPOS DE PESQUISAS QUE PARTICIPARAM DO ESTUDO

- Dados iniciais da pesquisa:

Período da pesquisa: 11/09/2019 até 30/10/2019

Total de questionários enviados: 36

Total de questionários respondidos: 13

- Grupos de pesquisas que responderam ao questionário:

GRUPO DE PESQUISA	INSTITUIÇÃO DE ENSINO
Laboratório de Materiais Fotônicos- LAMF	UNESP, Instituto de Química
Laboratório Nacional de Astrofísica	MCTIC
Instituto SENAI de Inovação em Processamento a Laser	Instituto da Indústria - Joinville
Laboratório de Óptica Biomédica - Grupo de Neurofísica	UNICAMP
Grupo de Óptica e Fotônica aplicada à Agricultura e ao Meio Ambiente	Embrapa Instrumentação
LabSem	PUC-RIO
Grupo de Óptica e Fotônica	UFMS
Fundação CERTI	UFSC
Laboratório de Biofotonica - Pratavieira	IFSC-USP
Engenharia Óptica e Fotônica	SENAI - CIMATEC
Grupo de Tecnologias Ópticas	Fundação CPQD
Grupo de Fotônica	IFSC-USP
Grupo de Lasers do Centro de Lasers e Aplicações do IPEN	IPEN

Fonte: Autoria própria (2020).

A divisão por estados brasileiros dos grupos informados acima está da seguinte maneira: 53,8% dos grupos (7) estão localizados no estado de São Paulo; 15,4% dos grupos (2) estão localizados em Santa Catarina; MG, RJ, MS e BA contabilizam apenas 7,7% dos grupos, ou seja, 1 grupo cada estado. Já era de se esperar que o estado de São Paulo obtivesse o melhor índice pois, de acordo com os resultados obtidos a partir da análise artigos, ele foi o estado que mais se destacou nas pesquisas relacionadas a Fotônica.

É importante destacar que algumas perguntas dos questionários não foram respondidas, ou estão incompletas.

- Lista de empresas parceiras aos grupos de pesquisas:

EMPRESA

BioSmart - Araraquara SP

Petrobrás

GMB

EMBRACO

GERDAU

EMBRAER

GRANAÇO

FGM

AKAER

NANOGREEN

DUELASER

Philips

Heliatek

Flexsolar

Agrobótica

MM Optics

AcquaNativa

Brasil Agritest

Citrosuco

BR TEC Tecnologias de Bebidas Ltda

CODEMGE

Akiyama

Shell

Renault

SMARTM

IDEA!

Padtec

Biolambda

Científica e Comercial Ltda

