

## MONITORAMENTO TECNOLÓGICO SOBRE FIBRA ÓPTICA APLICADA À INDÚSTRIA DE ENERGIA: ESTUDO DO MERCADO BRASILEIRO

Letícia da Silva Assis Queres<sup>1</sup>; Renata Cristina Teixeira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CENPES/PETROBRAS, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. (leticia.queres@gmail.com)

Rec.: 23.09.2013. Ace.: 30.03.2014

### RESUMO

O presente trabalho objetiva caracterizar a evolução da tecnologia de fibra óptica no mercado brasileiro, evidenciando seus desenvolvedores nos níveis micro (pesquisadores), meso (instituições) e macro (países de origem). Objetiva também, investigar a aplicação dessa tecnologia na indústria de energia, destacando seu potencial benefício. A metodologia utilizada concentrou-se em busca por documentos em bases de patentes e por informações divulgadas na mídia eletrônica especializada. Verificou-se que tecnologia teve significativo crescimento a partir da segunda metade da década de 1990. O mercado brasileiro é predominantemente dominado por empresas estrangeiras, oriundas principalmente da Europa. Dentre as instituições nacionais, as de ensino e pesquisa se mostraram mais atuantes. Sobre a aplicação na indústria de energia, os sensores a fibra óptica são empregados nos poços de petróleo para medição de pressão, temperatura e vibração do solo; e no auxílio à gestão de reservatórios e tráfego em dutos, dentre diversas outras aplicações.

Palavras chave: Fibra Óptica. Telecomunicações. Indústria de Energia. Mercado Brasileiro.

### ABSTRACT

This study analyzes the evolution of the optical fiber technologies in the Brazilian market, showing its developers at the different levels: micro (researchers), meso (institutions) and macro (country of origin). It also objectives investigating the application of this technology in the energy industry, highlighting its potential benefits. The methodology focused on searching for documents in patent databases and for information published on the specialized electronic media. It was found that technology has had significant growth from the second half of the 1990s. The Brazilian market is mainly dominated by foreign companies, primarily based in Europe. Among the national institutions, the education and research ones are the most actives. On the application in the energy industry, the fiber optic sensors are used in oil wells for measurement of pressure, temperature and vibration of the soil, and aid in the management of traffic in pipelines and reservoirs, among many other applications.

Keywords: Fiber Optic. Telecommunications. Energy Industry. Brazilian Market.

Área tecnológica: Prospecções Estaduais; Regionais; Nacionais e Internacionais; Materiais

## INTRODUÇÃO

O interesse pelos sensores de fibra óptica tem crescido nos últimos anos devido às várias vantagens oferecidas por essa tecnologia. A utilização da fibra óptica apresenta benefícios, tais como a imunidade a interferências eletromagnéticas, a grande capacidade de transmissão, a ausência de ruídos, a capacidade de isolamento elétrico, a possibilidade de aplicação em ambientes hostis independente da temperatura, além de pequeno tamanho, peso e sigilo de comunicação como explica Luiz (2001).

Segundo Peron (2009) a fibra óptica é um filamento extremamente fino e flexível, feita de material com alta resistência ao fluxo de corrente elétrica, geralmente vidro ultrapuro, plástico ou outro isolante elétrico. Possui uma estrutura simples, composta por capa protetora, interface e núcleo.

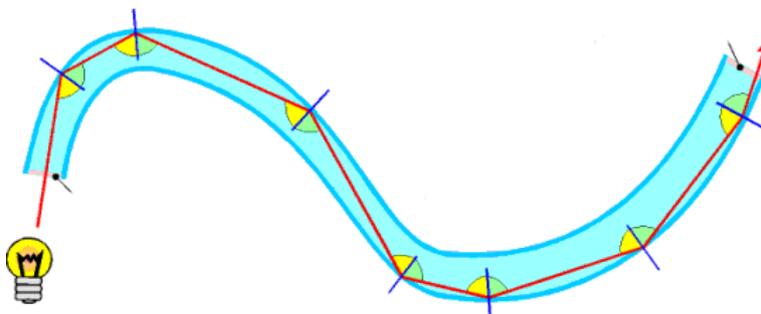
O presente trabalho objetiva caracterizar a evolução da tecnologia fibra óptica no mercado brasileiro, evidenciando seus desenvolvedores nos níveis micro (pesquisadores), meso (instituição) e macro (países). Também, investiga a aplicação dessa tecnologia na indústria de energia, destacando seu potencial benefício nos segmentos de exploração e produção, transporte, armazenamento, refino ou ainda na distribuição.

Segundo Pereira (2003), dentre os diferentes tipos de sensores existentes, os sensores ópticos e, em particular, os sensores em fibra óptica apresentam um leque de características que os tornam extremamente atrativos em múltiplas aplicações.

A fibra óptica é revestida por cabecamentos que a protegem contra adversidades mecânicas ou ambientais durante a instalação ou operação do suporte de transmissão como narrado por Luiz (2001). Os cabos ópticos, como são chamados esses cabecamentos, ainda segundo o autor, devem prover rigidez necessária a fim de prevenir curvaturas excessivas.

A Figura 1 mostra o esquema de transmissão da luz através da fibra óptica. A luz penetra numa das extremidades da fibra e passa por dentro dela atingindo a outra extremidade mesmo que a fibra forme curvas (TOFFOLI, 2010). A transmissão de informações na fibra óptica acontece de forma quase instantaneamente, ou seja, à velocidade da luz.

**Figura 1** - Esquema de transmissão da luz através da fibra óptica



Fonte: Toffoli, 2010.

Dentre as vantagens da utilização da fibra óptica pode-se destacar a maior capacidade de transporte de informações, matéria prima abundante e baixo custo de fabricação, não sofrem interferências elétricas ou magnéticas apresentando comunicação confiável, alta resistência a agentes químicos e variações de temperatura, além de capacidades multifuncionais e longas distâncias entre ponto de medida e ponto de leitura. (ALVES; MUNIN, 2005; UNICAMP, 2009; GUEDES, 2011)

Os sensores de fibra óptica são apropriados para monitoramento remoto, sendo possível localizá-los a vários quilômetros de distância da unidade de medição. A multiplexação de sinais é outra característica importante desta tecnologia, pois oferece a possibilidade de serem medidos diversos sensores ao longo de uma única fibra óptica (LUPATECH, 2013).

A fibra óptica possui aplicações nas mais diversas áreas do conhecimento. Ferreira e Cruvinel (1996) apresentam estudo de transdutor para uso agropecuário. Trata-se de um dispositivo que recebe e retransmite sinais, acompanhando permanentemente as microvariações nas dimensões de troncos e caules de vegetais para identificação do estado hídrico, prestando-se como elemento auxiliar à prática de irrigação.

Silva (2007) apresenta a utilização da fibra óptica com sensores de Bragg<sup>1</sup> para determinar o campo de deformações na vizinhança de um implante dentário e desta forma fornecer indicações para o projeto de um novo sistema de implante de dentes que inclua efeito mecânico semelhante ao ligamento periodontal.

A fibra óptica é amplamente utilizada nos diversos segmentos da indústria de energia, como exploração e produção, transporte, armazenamento, refino ou ainda na distribuição. Várias operações como monitoramento permanente de fundo de poço, ou da vazão em poços injetores de água utilizam-se do potencial da fibra óptica.

Os sistemas de monitoramento permanente de poço constituem uma alternativa eficiente para a gestão dos reservatórios, tornando possível compreender o desempenho do reservatório em tempo real, melhorando sua produtividade ao aumentar o fator de recuperação e reduzindo custos operacionais. (LUPATECH, 2013).

Kembla (2004) apresenta estudo da utilização da fibra óptica para a detecção de produtos de petróleo que fluem em oleodutos. Segundo o autor, a versatilidade dos sensores a fibra permitem que um único enlace possa conter uma ou mais redes, o que possibilita o monitoramento de um ou mais pontos do sistema de dutos, além de poder ser controlado remotamente e em tempo real.

Moszkowicz (2002) apresenta estudo que utilizaram sensores de fibra óptica para monitoramento de deformações em dutos petrolíferos com a finalidade de identificar vazamentos. Na pesquisa, a fibra óptica também foi empregada para monitoração das encostas e dos movimentos do solo, uma vez que a movimentação geológica pode causar problemas nos oleodutos.

Paterno, Haramoni e Kalinowski (2007) fazem uso dos sensores a rede de Bragg em fibra óptica para monitoração do índice de refração de uma solução de álcool em gasolina. Em outras palavras, os autores utilizam os sensores para averiguação de adulterantes de gasolina.

---

<sup>1</sup> Sensores de Bragg são fenômenos ópticos usados como base de equipamentos de análise química instrumental (como raio X) e também em sistemas de transmissão de informações (fibras ópticas).

## METODOLOGIA

A metodologia utilizada para levantamento das informações concentrou-se em busca por documentos em bases e de patentes, e por informações divulgadas na mídia eletrônica especializada. As patentes sobre fibra óptica foram utilizadas para caracterização dessa tecnologia.

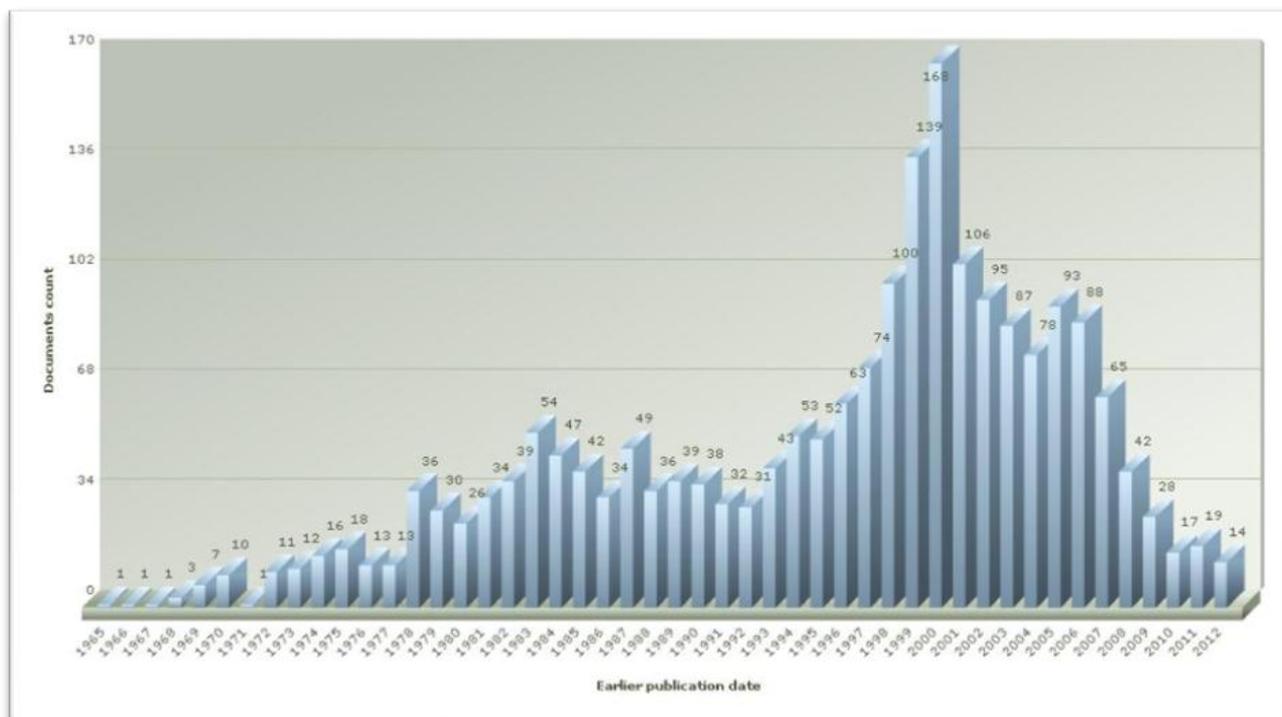
No presente estudo, utilizou-se como estratégia de busca a combinação de termos fibr\* and o?tic\* nos campos “título” e “resumo” no software de busca e análise Orbit<sup>2</sup>, limitando-se aos documentos publicados até o ano de 2012.

Como o foco de interesse é restrito ao mercado brasileiro, o termo BR\* foi utilizado no campo “número de publicação” para limitar o resultado às patentes publicadas no Brasil. Foram recuperados 2098 documentos de patentes e o resultado é apresentado a seguir através de análises e representações gráficas.

Os estudos sobre fibra óptica no Brasil tiveram início na década de 1960. O primeiro documento de patente sobre a tecnologia foi publicado no país no ano de 1965, como pode ser visto na Figura 2.

Do final da década de 1970 ao início da década de 1990, o número de patentes sofreu um aumento bastante considerável. Em 1972 a Telebrás foi criada pelo governo brasileiro, o que fez com que se intensificassem os estudos sobre fibra óptica no país.

**Figura 2** - Evolução das publicações de patentes sobre fibra óptica no mercado brasileiro



Fonte: elaboração própria a partir dos dados recuperados com o software Orbit.

<sup>2</sup> <http://www.orbit.com/#WelcomePage>

Do fim da década de 1990 ao ano de 2007 o número de patentes publicadas no país atingiu seu auge, com o pico de 168 documentos depositados em 2000.

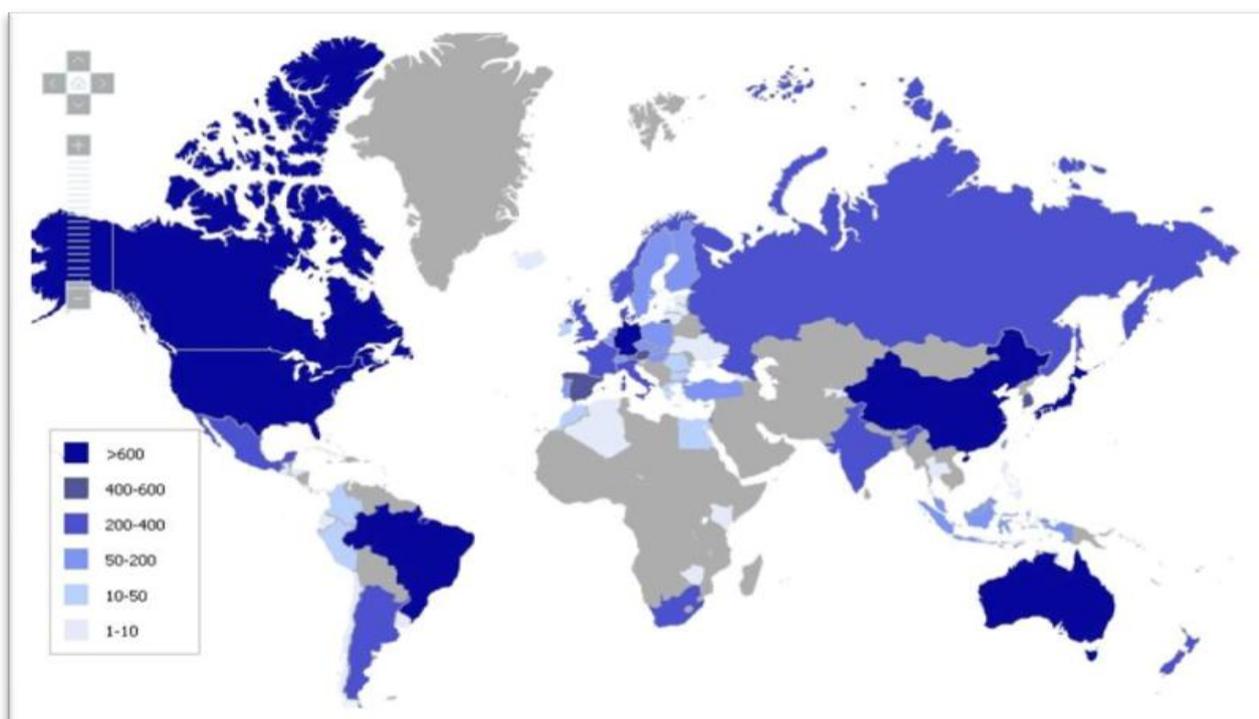
Em artigo sobre a história da fibra óptica no Brasil (UNICAMP, 2009), as empresas nacionais perderam força no mercado na década de 1990 devido a eventos como o processo de abertura comercial, mudanças na política industrial e a globalização, que limitaram o projeto nacional de comunicações ópticas. Nesse período se intensificou a entrada de empresas estrangeiras no mercado brasileiro, estas detêm a maioria dos depósitos de patentes.

A diminuição das publicações a partir de 2010 não significa que o interesse no assunto diminuiu, pois estes cumprem período de sigilo de 18 meses a partir de seu depósito.

A Figura 3 e a Tabela 1 apresentam os mercados escolhidos para comercialização da tecnologia, seguindo seus desenvolvedores. Essa análise foi elaborada a partir do estudo das famílias das patentes recuperadas no estudo. Simplificadamente, são entendidos como família de patentes os documentos de patentes relacionados à mesma invenção ou a invenções correlacionadas, publicados em diferentes países.

O Brasil aparece em destaque, uma vez que a pesquisa foi focada em patentes depositadas no escritório de patentes brasileiro.

**Figura 3** - Mercados de interesse na comercialização da tecnologia



Fonte: elaboração própria a partir dos dados recuperados com o software Orbit.

A Tabela 1 apresenta a distribuição das patentes que fazem parte das famílias dos documentos recuperados na busca pela tecnologia fibra óptica em todo o mundo. Como anteriormente

mencionado, o Brasil aparece em primeiro lugar uma vez que esse foi o mercado foco da busca. A referida Tabela detalha com maior exatidão o que é ilustrado pela Figura 3.

**Tabela 1** - Distribuição do número de depósitos por país

Escritório de Patentes	Número de patentes	Escritório de Patentes	Número de patentes
Brasil	2098	Eslováquia	53
Estados Unidos	1432	Malásia	51
Escritório Europeu	1429	Grécia	46
Japão	1316	Irlanda	40
Canadá	1207	Peru	33
Austrália	1170	Eslovênia	29
Alemanha	1041	Iugoslávia	28
Escritório Mundial (WIPO)	863	Colômbia	27
China	840	União Soviética	27
Espanha	594	Romênia	26
Áustria	551	Marrocos	21
Coreia do Sul	434	Bulgária	16
Reino Unido	400	Egito	15
Noruega	393	Filipinas	10
México	391	Uruguai	10
Índia	316	Ucrânia	10
França	308	Islândia	9
Dinamarca	308	Guatemala	9
Argentina	270	Estônia	8
África do Sul	269	Equador	8
Itália	257	Luxemburgo	8
Israel	236	Latívia	8
Nova Zelândia	235	Lituânia	6
Rússia	229	El Salvador	6
Finlândia	173	Costa Rica	6
Taiwan	161	Croacia	6
Holanda	153	Panamá	5
Hong Kong	146	Zimbábue	5
Polônia	143	Chile	4
Hungria	124	Geórgia	4
Suécia	117	Cuba	3

**Tabela 1** - Distribuição do número de depósitos por país

Escritório de Patentes	Número de patentes	Escritório de Patentes	Número de patentes
Portugal	111	Algéria	2
Suíça	107	Honduras	1
República Tcheca	97	Kênia	1
Bélgica	89	San Marino	1
Indonésia	75	Tadjiquistão	1
Turquia	73	Tailândia	1
Cingapura	54	Mônaco	1

Fonte: Autoria própria, 2013.

A Tabela 2 apresenta a distribuição das famílias das patentes brasileiras no mundo, porém com agrupamento continental.

As empresas que tem foco no mercado europeu são as que mais demonstraram interesse também pelo mercado brasileiro, seguidas pelas empresas focadas no mercado asiático. África e Oceania são mercados com menor intercessão com o mercado brasileiro.

**Tabela 2** - Distribuição do número de depósitos por continente.

Continente	Número de patentes
Europa	8.229
Ásia	3.645
América	3.412
África	313
Oceania	235

Fonte: Autoria própria, 2013.

A Figura 4 apresenta a distribuição de patentes segundo o país de prioridade, ou seja, segundo o país de primeiro depósito. As empresas, geralmente, efetuam o primeiro depósito de patente no seu país de origem, uma vez que este costuma ser o mercado mais importante para a empresa.

A maioria das patentes não possui prioridade brasileira, o que pode indicar que o mercado brasileiro de fibra óptica é dominado por empresas estrangeiras. Na verdade, isso é confirmado adiante pela Figura 5.

A primeira prioridade brasileira aconteceu em 1978, 13 anos após a publicação da primeira patente no país.

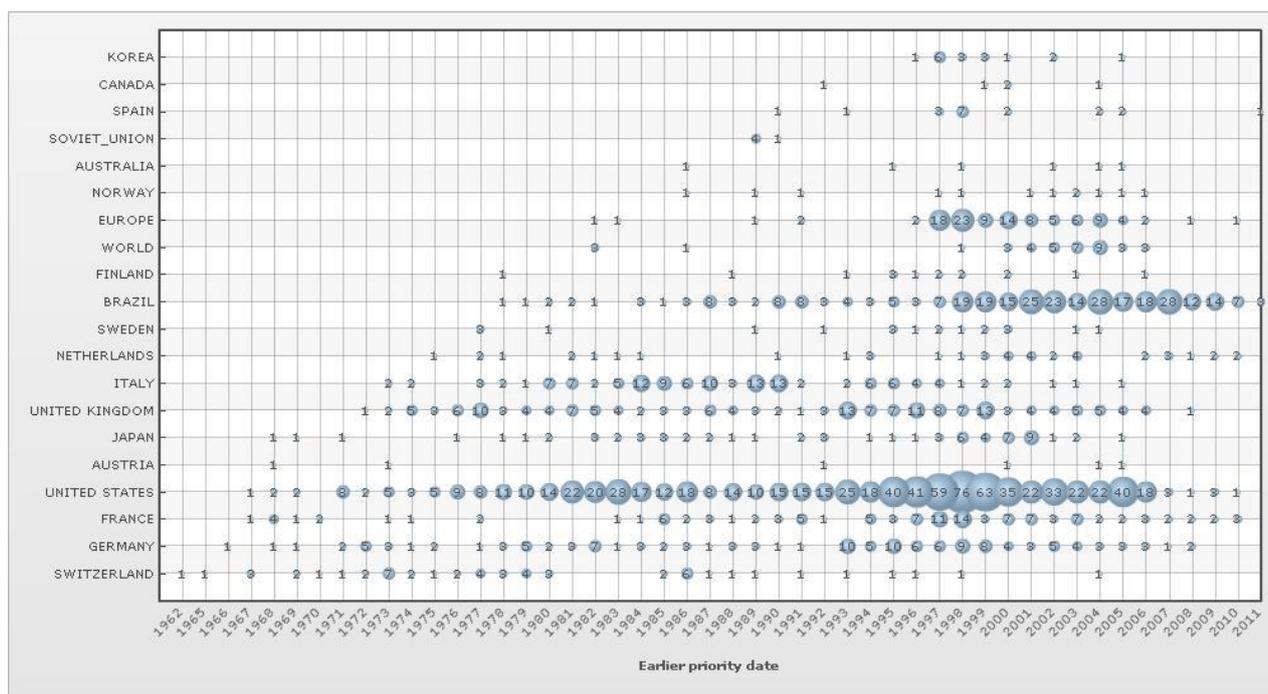
A prioridade da primeira patente depositada no Brasil pertence à Suíça e aconteceu em 1962. Essa patente foi publicada no Brasil três anos depois, em 1965.

A maioria das prioridades pertence aos Estados Unidos, seguida da Alemanha (137 documentos), Itália (128 documentos), França (120 documentos) e Reino Unido (117 documentos).

A Figura 5 mostra as empresas que protegeram suas tecnologias sobre fibra óptica no mercado brasileiro através do depósito de patentes.

A grande maioria das empresas não é de origem brasileira. Como pode ser visto na referida Figura, no grupo dos 50 maiores depositantes, apenas a Unicamp (19 documentos), a Telebrás (11 documentos) e a PUC Rio (9 documentos) são instituições do Brasil.

**Figura 4** - País de primeiro depósito das patentes. Fonte: elaboração própria a partir dos dados recuperados com o software Orbit



Fonte: Autoria própria, 2013.

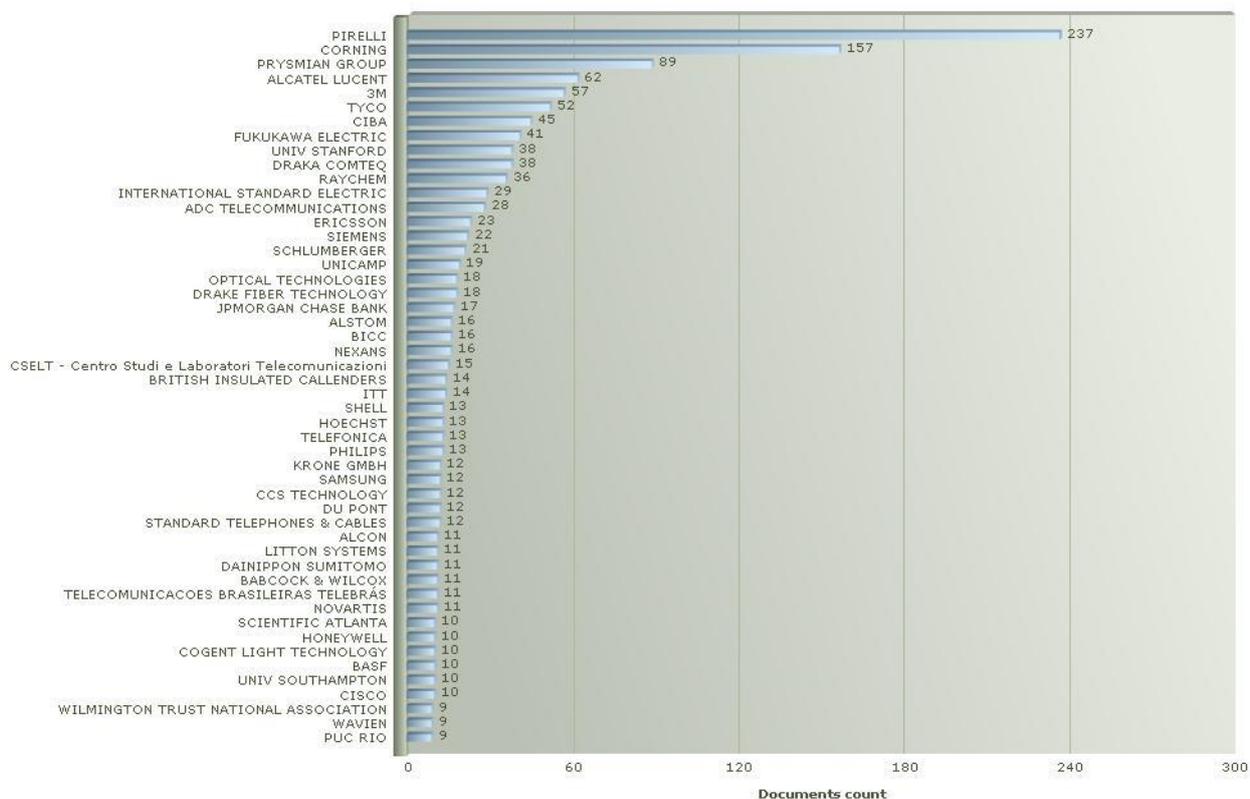
Através da Tabela 3 podem ser visualizadas as principais áreas de desenvolvimento da tecnologia de fibra óptica, ou seja, quais os detalhes da tecnologia foram alvo de interesse das empresas depositantes.

Os 59% das patentes estão dentro da classificação G02B (Elementos, sistemas ou aparelhos ópticos). 16% dos documentos de patentes tratam sobre transmissão (H04B).

Os grupos C03B e C03C tratam sobre a produção de vidros e da composição desse material, respectivamente.

É importante ressaltar que cada patente pode conter vários códigos da Classificação Internacional de Patentes para maior detalhamento do seu conteúdo.

**Figura 5** - Principais empresas desenvolvedoras da tecnologia de fibra óptica. Fonte: elaboração própria a partir dos dados recuperados com o software Orbit



Fonte: Autoria própria, 2013.

**Tabela 3** - Detalhamento da Classificação Internacional de Patentes

IPC	Descrição	Nº de patentes
G02B	Elementos, sistemas ou aparelhos ópticos	1242
H04B	Transmissão	335
C03B	Manufatura, ou modelagem de vidro, ou de lã mineral, ou de lã escória; processos suplementares na manufatura o modelagem de vidro, ou lã ineral ou lã de escória	256
C03C	Composição química de vidros, vidrados (vitrificados) ou esmaltes vítreos; tratamento da superfície do vidro; tratamento da superfície de fibras ou filamentos de vidro, minerais ou escórias; união de vidro a vidro ou outros materiais	196

**Tabela 3** - Detalhamento da Classificação Internacional de Patentes

IPC	Descrição	Nº de patentes
G01N	Investigação ou análise dos materiais pela determinação e suas propriedades químicas ou físicas	169
H01B	Cabos; condutores; isoladores; uso de materiais específicos devido as suas propriedades condutoras, isolantes ou dielétricas	166
G02F	Dispositivos ou disposições, nos quais o funcionamento óptico é modificado pela variação das propriedades ópticas do meio que constitui estes dispositivos ou disposições para o controle da intensidade, da cor, da fase, da polarização ou da luz, p. ex., comutação, abertura de porta, modulação ou de modulação; técnicas ou procedimentos necessários para o funcionamento destes; mudança de frequência; óptica não linear; elementos ópticos lógicos; conversores ópticos analógicos/digitais	142
H02G	Instalação de cabos ou linhas elétricas ou combinação de cabos e linhas elétricas com dispositivos ópticos	134
A61B	Diagnóstico; cirurgia; identificação	134
H01S	Dispositivos utilizando a emissão estimulada	111
H04J	Comunicação multiplex	107
G01B	Medição de comprimentos, espessuras ou outras dimensões lineares semelhantes; medição de ângulos; medição de áreas; medição de irregularidades de superfície ou contornos	103
G01J	Medição da intensidade, velocidade, conteúdo do espectro, polarização, fase ou pulsos característicos da luz infravermelha, visível ou ultravioleta; colorimetria; pirometria das radiações	78
C08L	Composições de compostos macromoleculares	76
G01D	Medição não especialmente adaptadas para uma variável específica; disposições para medir duas ou mais variáveis não abrangidos por uma única subclasse; aparelhos para medir tarifas; aparelhos de transferência ou tradução não especialmente adaptados para uma variável específica; medição ou teste não induídas em outro local	69
D06L	Alvejamento, p. ex., alvejamento óptico, limpeza a seco ou lavagem de fibras, linhas, fios, tecidos, penas ou artigos fibrosos manufaturados; alvejamento de couros ou peles	68
H01R	Conexões eletro condutoras; associações estruturais de uma pluralidade de elementos de conexão elétrica mutualmente isolados; dispositivos de acoplamento; coletores de corrente	67

**Tabela 3** - Detalhamento da Classificação Internacional de Patentes

IPC	Descrição	Nº de patentes
A61K	Preparação para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas	65
H04L	Transmissão de informação digital, p. ex., comunicação telegráfica	61
B29D	Produção de objetos especiais de materiais plásticos ou substâncias em estado plástico	60

Fonte: Autoria própria, 2013.

## CONCLUSÕES

Verificou-se que tecnologia teve significativo crescimento a partir da segunda metade da década de 1990.

O mercado brasileiro é predominantemente dominado por empresas estrangeiras, oriundas principalmente da Europa.

Dentre as instituições nacionais, as de ensino e pesquisa se mostraram mais atuantes.

Sobre a aplicação na indústria de energia, os sensores a fibra óptica são empregados, nos poços de petróleo para medição de pressão, temperatura e vibração do solo; no auxílio à gestão de reservatórios e tráfego em dutos, dentre diversas outras aplicações.

## REFERÊNCIAS

ALVES, L. P.; MUNIN, E. Desenvolvimento de um sensor de deslocamento a fibra óptica baseado no princípio interferométrico. ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 5, 2005, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos, UNIVAP, 2005. Disponível em: <[http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2005/inic/IC3%20anais/IC3-47.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2005/inic/IC3%20anais/IC3-47.pdf)>. Acesso em: 08 ago. 2013.

FERREIRA, W. S.; CRUVINEL, P. E. Um novo transdutor de deslocamento para uso agropecuário. **Comunicado Técnico Embrapa**, n. 15, p. 1-8, 1996.

GUEDES, L. Sistemas de transmissão e meios ópticos. **Apostila**. Goiás: UFG, 2011. Disponível em: <<http://www.eeec.ufg.br/~lguedes/moodle/txdados/fo.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2013.

KEMBLA, F. et al. Sensor a fibra óptica para detecção de hidrocarbonetos em oleodutos. In: RIO OIL & GAS EXPO AND CONFERENCE, 4., 2004, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: IBP, 2004.

LUIZ, V. F. Fibras óticas. 2001. Disponível em: <[http://www.logicengenharia.com.br/mcamara/alunos/fib\\_oticas.pdf](http://www.logicengenharia.com.br/mcamara/alunos/fib_oticas.pdf)>. Acesso em: 08 ago. 2013.

LUPATECH. Soluções em petróleo e gás. 2013. Disponível em: <<http://www.lupatech.com.br/lupatech/flow-control/lupatech-monitoring-systems/produto-servico/detalhe/>>. Acesso em: 14 jul. 2013.

MOSZKOWICZ, V. N. Monitoração de deformações em dutos utilizando sensores a fibra óptica com base em redes de Bragg. **Boletim Técnico da Petrobras**, v. 45, n. 2, p. 160-176, 2002.

PATERNIO, A. S.; HARAMONI, N.; KALINOWSKI, H. Sensores em fibra óptica para área do petróleo: usando uma nova técnica de interrogação para medir concentração de álcool em gasolina e a caracterização de sensores de hidrogênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS, 4., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: ABPG, UNICAMP, 2007.

PEREIRA, D. C. A. **Sensores de fibra óptica baseados em redes de Bragg para monitorização ambiental e estrutural**. 2003. 105 f. Dissertação (Mestrado em Optoeletrônica e Lasers) – Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2003. Disponível em: <[http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/9662/5/4070\\_TM\\_01\\_P.pdf](http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/9662/5/4070_TM_01_P.pdf)>. Acesso em: 27 jul. 2013.

PERON, M. O que é fibra óptica? **TECMUNDO**, 17 abr. 2009. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/web/1976-o-que-e-fibra-otica-.htm>>. Acesso em: 05 jul. 2013.

SILVA, P. F. S. C. **Utilização de sensores Bragg em fibra óptica para medir a transferência de carga em sistemas de implantes dentários**. 2007. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 2007. Disponível em: <<https://ria.ua.pt/handle/10773/2414>>. Acesso em: 21 mar. 2013.

TOFFOLI, L. Fibra óptica. **InfoEscola**: conhecendo e aprendendo. 2010. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/fisica/fibra-optica/>>. Acesso em: 7 jun. 2013.

UNICAMP. **História da fibra óptica no Brasil**. Curso de fibra óptica com prática em máquina de fusão. 2009. Disponível em: <<http://www.curso-fibra-optica.com.br/artigos/historia-da-fibra-ptica-no-brasil>>. Acesso em: 14 ago. 2013.