

Feixes multiplicados

Pesquisador publica artigo em importante periódico internacional sobre a nova geração de fibras ópticas

Em meados da década de 1990, pesquisadores da Universidade de Bath, na Inglaterra, conseguiram criar e revelaram ao mundo um novo tipo de fibra óptica, batizada por eles de fibra de cristal fotônico (ou PCF, do inglês Photonic Crystal Fiber).

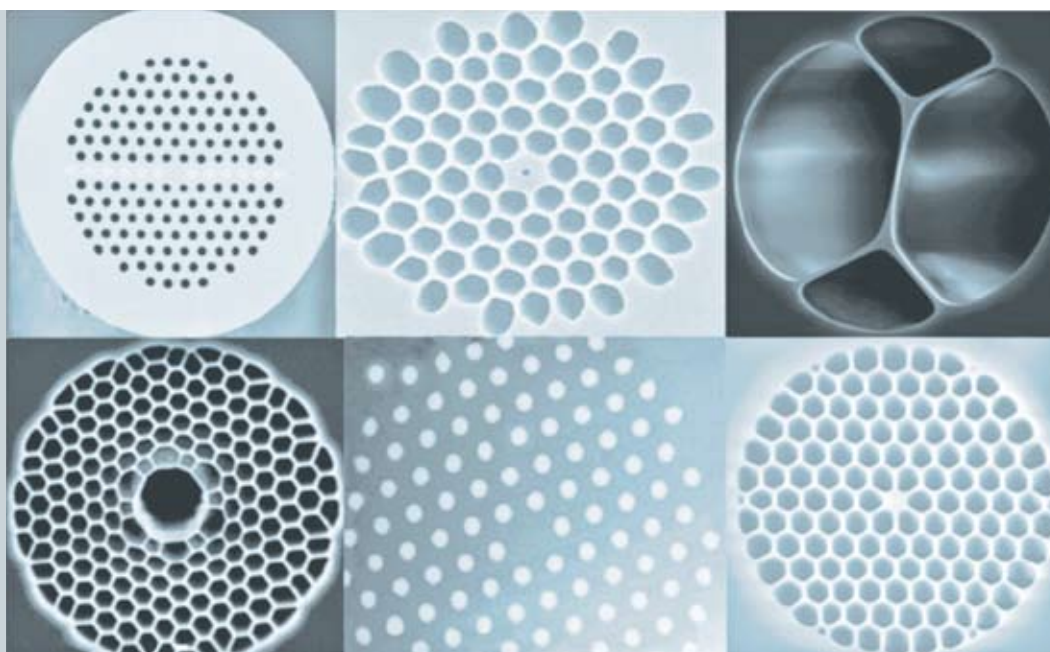
Essa inovação, segundo seus inventores, apresentaria diversas vantagens e teria propriedades bem mais interessantes do que as fibras ópticas convencionais, filamentos feitos de sílica ou material polimérico da espessura de um fio de cabelo, capazes de transmitir em alta velocidade dados em forma de luz. Decorridos quase 15 anos dessa descoberta, as PCFs já são usadas em várias aplicações – de amplificadores de sinal em redes de transmissão de dados a tomógrafos ópticos computadorizados, passando por dispositivos a laser, sensores ultrasensíveis e fontes de luz –, mas não substituíram por completo as fibras tradicionais. Em janeiro deste ano, o engenheiro electricista Arismar Cerqueira Sodré Júnior, professor da Faculdade de Tecnologia (FT) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), no campus da cidade de Limeira, publicou um artigo, intitulado “Recent progress and novel applications of photonic crystal fibers”, na revista *Report on Progress in Physics*, em que discorre sobre as aplicações e o estado da arte dessa nova tecnologia.

Logo no início do texto, Cerqueira, de 31 anos, reproduz uma indagação do físico irlandês Philip Russell, da Universidade de Erlangen-Nuremberg, na Alemanha, inventor dessa nova classe de fibras ópticas: as fibras de cristal fotônico poderiam marcar

o início de uma nova era nas comunicações ópticas? E, na conclusão do artigo de 21 páginas, Cerqueira deixa no ar mais um questionamento provocativo: a tecnologia PCF pode tornar obsoletas as fibras ópticas convencionais? O estudo foi escrito a partir de um convite dos editores da publicação, considerada uma das três mais prestigiadas na área de fotônica do mundo, com fator de impacto 12,09 – esse fator está relacionado ao número de vezes que os artigos divulgados por ela são citados por outros autores em seus trabalhos. De acordo com os editores da *Report on Progress in Physics*, a versão eletrônica do *paper* – tecnicamente uma revisão, porque não apresenta nenhuma nova descoberta, mas revisa tudo o que existe sobre o tema em questão –, teve mais de 250 *downloads* nos 11 primeiros dias após sua publicação, em 21 de janeiro, meta atingida por apenas 10% de todos os artigos divulgados em periódicos publicados pelo Institute of Physics (IOP, na sigla em inglês), da Inglaterra.

As PCFs suscitam muitas perguntas, mas já apresentam muitas respostas. Para entender melhor as perspectivas futuras desse novo tipo de fibra é fundamental entender como elas funcionam, quais são suas potencialidades, em que aparelhos são utilizadas e como se diferenciam da tecnologia tradicional. Muito mais eficientes do que os fios de cobre, as fibras ópticas convencionais são feitas de uma camada externa e um núcleo, geralmente confeccionados de sílica. Seu princípio de funcionamento é simples: um feixe de laser é lançado numa extremidade da fibra e, de acordo com as características ópticas do

As fibras de cristal fotônico representam um novo momento na era das comunicações ópticas



Várias formas de fibras de cristal fotônico em imagens captadas por microscópio eletrônico de varredura. A primeira acima é híbrida, com dois tipos de guiamento de luz laser

UNICAMP E UNIVERSIDADE DE BATH

material, percorre a fibra por meio de sucessivas reflexões. A capacidade de confinar a luz e fazê-la viajar em seu interior se dá em função de o núcleo possuir um índice de refração superior ao da camada externa. Para conseguir esse índice num nível mais elevado, a sílica interna é enriquecida – ou dopada – com átomos de outro material, como o germânio. Uma das diferenças entre as fibras de cristal fotônico e as convencionais é que as primeiras não necessariamente precisam conter elementos dopantes em seu núcleo. A diferença de refração entre o revestimento externo e o núcleo da fibra é dada pela existência de um conjunto regular de pequenos orifícios na forma de túneis correndo paralelo ao eixo da fibra e por todo seu comprimento. Esses buracos possuem diâmetro da ordem de um micrômetro, o equivalente a um milímetro dividido por mil vezes.

Outra particularidade das fibras de cristal fotônico, que já são fabricadas por grandes companhias como Alcatel-Lucent, da França, Sumitomo, do Japão, Corning, dos Estados Unidos, e Draka, da Holanda, é que elas podem ter geometrias variadas e são produzidas com diversos materiais, entre eles sílica pura ou dopada, polímeros, líquidos, metais, outros tipos de vidro e até mesmo ar e gases. A possibilidade de variar geometrias e matéria-prima é vantajosa porque permite ao fabricante

projetar sua microestrutura de maneira que a fibra apresente propriedades definidas conforme a necessidade de cada caso. Com isso, é possível fazer o guiamento da luz por meio de diferentes mecanismos de propagação em uma variedade grande de comprimentos de onda. “As PCFs atendem às exigências do mercado global, que demanda dispositivos de pequenas dimensões, baixo peso e reduzido consumo de energia. Ela permite um melhor aproveitamento da luz e isso aumenta o desempenho de dispositivos ópticos e a precisão de aparelhos como sensores de temperatura e pressão, biossensores, detectores de campo elétrico e sensores de gases, entre outros”, afirma Cerqueira.

Milhares de fibras - Para o pesquisador, a invenção da tecnologia PCF e sua chegada ao mercado representam, sim, um novo momento na era das comunicações ópticas, mas ele não acredita que ela tornará as fibras ópticas tradicionais obsoletas. “Atualmente existem centenas de milhares de quilômetros de fibras instaladas no mundo, atravessando continentes, o fundo do mar, e com larga aplicação nas telecomunicações. Seria inviável substituir todos esses cabos ópticos por PCFs. As novas fibras representam uma tecnologia complementar e podem ser utilizadas para aplicações em campos tão diversos como medici-

na, sensoriamento, telecomunicações e metrologia, entre outros”, diz.

Em seu artigo, Cerqueira discorre sobre os novos tipos de fibras de cristal fotônico, entre elas as PCFs híbridas que ele ajudou a inventar durante seu doutorado na Scuola Superiore Sant’Anna, na Itália, com um período de estudos na Universidade de Bath, onde se integrou ao grupo do professor Jonathan Knight, responsável pela produção da primeira PCF no mundo. As fibras híbridas aliam as características de guiamento de luz dos dois tipos de PCF até então existentes. Na primeira categoria de PCF, o guiamento é obtido de forma similar à tecnologia tradicional, pela reflexão interna da luz no núcleo da fibra, enquanto no segundo grupo a luz é orientada por um novo efeito, chamado *photonic bandgaps*, e trafega por janelas específicas de frequência estabelecidas já no projeto da fibra. A PCF híbrida, segundo o professor da Unicamp, foi o primeiro guia de onda óptica a viabilizar o guiamento da luz pelos dois mecanismos de propagação simultaneamente. Uma das áreas mais promissoras para uso das PCFs, de acordo com o pesquisador, é o desenvolvimento dos chamados dispositivos ópticos não lineares, usados nas telecomunicações e produzidos com algumas dezenas de metros de fibras ópticas. Nesse campo, diz ele, já existem equipamentos sendo

vendidos no mercado, como fontes de supercontínuo, um efeito caracterizado pela geração de uma luz laser muito forte e de comprimento de onda extenso. “O supercontínuo é usado em tomógrafos computadorizados, equipamentos para caracterização de fibras e dispositivos ópticos, além de sistemas de múltiplos comprimentos de onda para aparelhos de comunicação chamados de DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing ou multiplexagem por divisão de comprimento de onda densa), presentes em todos os sistemas de telecomunicações”, diz. As empresas Fianium, da Inglaterra, e RPMC Lasers, dos Estados Unidos, são duas das principais fabricantes de fontes de supercontínuo com fibras de cristal fotônico.

Outro uso possível para essa tecnologia é o desenvolvimento dos chamados pentes de frequência, que são fontes de múltiplos comprimentos de ondas com variadas aplicações. Eles podem ser usados como medidores de frequência, para geração de pulsos ultracurtos e em aparelhos de metrologia e espectroscopia óptica de alta resolução. Por enquanto, nenhum desses usos existe comercialmente. As PCFs também podem ser usadas como guiamento de luz em regiões do infravermelho próximo e distante e em sensores para detectar vazamento de gases em processos industriais e em atentados terroristas. “Nessa região, as fibras tradicionais não funcionam porque têm uma perda óptica proibitiva. A luz não trafega nem mesmo ao longo de um metro com a tecnologia tradicional, enquanto com a PCF pode ‘viajar’ por dezenas de metros”, afirma o pesquisador da Unicamp. A empresa NKT Photonics, da Dinamarca, comercializa produtos baseados na tecnologia PCF para a região do infravermelho.

As PCFs também são capazes de guiar a luz na região de frequência eletromagnética de terahertz (THz), faixa igualmente proibitiva para as fibras tradicionais. Para Cerqueira, a propagação da luz nessa faixa representa uma tecnologia-chave para resolver gargalos existentes de transmissão de dados entre a microeletrônica e as comunicações ópticas. “Hoje a capacidade de transmissão de dados dos sistemas ópticos pode ser considerada infinita, ou, pelo menos, algumas ordens de grandeza superior às demandas de tráfego dos sistemas de comunicações. Mas, devido à limitação dos componentes eletrônicos, a banda de transmissão é subutilizada. Com o guiamento da luz em THz, o limite de transmissão de dados pode aumentar algumas dezenas de terabytes por segundo, o que traria uma melhora no desempenho dos sistemas de comunicação do mundo em até mil vezes.”

Contribuição brasileira - O Brasil pode ser considerado um dos centros avançados em pesquisa sobre PCFs. Trabalhos relevantes realizados pelo professor Cerqueira e outros pesquisadores vêm sendo realizados no Instituto de Física Gleb Wataghin da Unicamp, que há mais de 30 anos realiza pesquisas na área de fibras ópticas e integra o Centro de Pesquisa em Óptica e Fotônica (CePOF) de Campinas, um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepids) da FAPESP. Além do CePOF, a Unicamp participa de outro grande projeto que tem as PCFs como uma de suas linhas de pesquisa: o Fotonicom, um dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCTs) apoiados pela Fundação e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

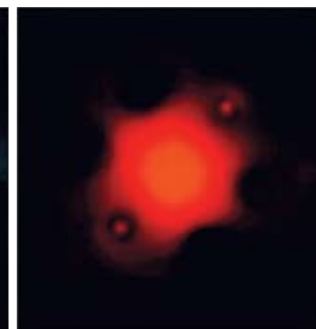
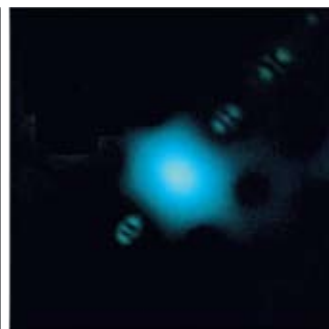
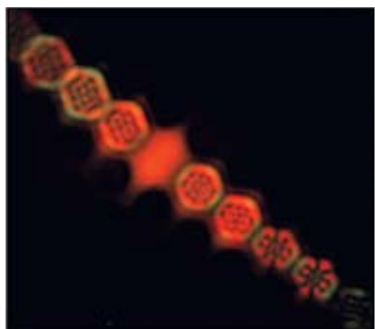
(CNPq). Uma das inovações surgidas na Unicamp foi uma fibra de cristal fotônico com eletrodos (fios de cobre) integrados a ela. Com esse diferencial, é possível aplicar voltagem à fibra ou fazer passar corrente elétrica por ela simultaneamente ao guiamento de luz. Dessa forma, o feixe luminoso pode ser modulado com a corrente elétrica, abrindo novas possibilidades para usar a fibra em sensores para detecção de gases e moduladores ópticos utilizados em redes de transmissão de dados. Também vale destacar os experimentos realizados no Laboratório de Fenômenos Ultrarrápidos, coordenado pelo professor Carlos Henrique de Brito Cruz, diretor científico da FAPESP. Artigo publicado por Cerqueira e Brito na revista *Optics Letters*, em 2008, demonstra o desenvolvimento de um conversor de frequência para transferência de energia entre *bandgaps* fotônicos. Mais experimentos realizados na Unicamp com fibras PCFs podem ser lidos nas edições 106 e 147 de *Pesquisa FAPESP*.

YURI VASCONCELOS

► Artigos científicos

1. CERQUEIRA S. JR., A. Recent progress and novel applications of photonic crystal fibers. **Reports on Progress in Physics**. v. 73. 2010. *On-line*.
2. CERQUEIRA S. JR., A.; CORDEIRO, C.M.B.; BIANCALANA, F.; ROBERTS, P. J.; HERNANDEZ-FIGUEROA, H. E.; BRITO CRUZ, C. H. Nonlinear interaction between two different photonic bandgaps of a hybrid photonic crystal fiber. **Optics Letters**. v. 33, p. 2.080-82. 2008.
3. CERQUEIRA S. JR., A.; LUAN, F.; CORDEIRO, C. M. B.; GEORGE, A. K.; KNIGHT, J. C.. Hybrid photonic crystal fiber. **Optics Express**. v. 14, p. 926-31. 2006.

UNICAMP



Demonstração de fibras de cristal fotônico híbridas: sem filtro, à esquerda, com filtro azul e laranja. Múltiplos comprimentos de ondas eletromagnéticas