

# Comunicar à velocidade da Luz

Paulo André

Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Instituto Superior Técnico  
- Universidade de Lisboa e Instituto de Telecomunicações

Desde os primórdios da humanidade que a comunicação se assumiu como um desígnio. O registo do primeiro sistema de comunicações a longa distância remonta a 1000 a.C., na China, onde sinais de fumo foram utilizados para a transmissão de mensagens codificadas. Pelo seu carácter visual, podemos considerar este como o primeiro sistema de comunicações, baseado em sinais ópticos, ou seja, o primeiro sistema de comunicações ópticas.

A primeira rede de comunicações envolvendo sinais visuais, os semáforos de Chappes, foi implementada muitos séculos depois, em 1791. Esta rede abrangeu uma vasta área do império napoleónico, desde Veneza até ao norte de Espanha, à Bélgica e à Holanda, tendo como ponto central agregador a capital do império, Paris.

Em 1840, ocorre um marco histórico dos sistemas de comunicação com a invenção do telégrafo por Samuel Morse, permitindo o aumento da capacidade de envio de informação. Quase em simultâneo, Daniel Colladon e Jacques Babinet demonstraram, em Londres e Paris, a guiagem de sinais ópticos através de fios de água. Estas demonstrações motivaram, em 1870, John Tyndall para o estudo da guiagem de sinais ópticos através da reflexão interna total.

Em 1866, regista-se a entrada em funcionamento do primeiro cabo transatlântico de comunicações telegráficas, com capacidade para transmitir oito palavras por minuto, a um custo de aproximadamente 100 EUR por palavra (a preços atuais).

Alexander Graham Bell, conhecido como inventor do telefone em 1876, teve outro contributo, bem menos conhecido, para o desenvolvimento das comunicações ópticas, com a apresentação em 1880 do "Fotofone" (Figura 1). Tratava-se de um telefone

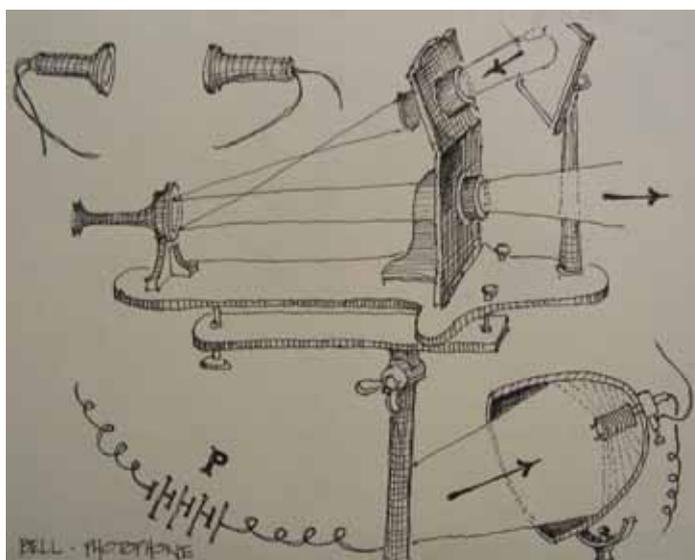


Fig. 1 - Ilustração do fotofone.<sup>1</sup>

que recorria à luz solar para transmitir a voz. Apesar do carácter inovador, rapidamente se percebeu que o desempenho deste sistema estava condicionado às condições atmosféricas, necessitando de um meio protegido para assegurar a propagação dos sinais ópticos a longas distâncias.

Na primeira metade do século XX, o foco do desenvolvimento em comunicações centrou-se nos sistemas sem fios, ou seja, rádio. De realçar a atribuição, em 1909, do prémio Nobel da Física a Guglielmo Marconi e Karl Ferdinand Braun por "*recognition of their contributions to the development of wireless telegraphy*".

Em 1958, é reportado o conceito do laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, ou seja, Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação) e os primeiros protótipos são demonstrados experimentalmente

<sup>1</sup> Imagem retirada de: <http://mfleisig.wordpress.com/2011/02/09/photophone-bagpipes/>

em 1960. Estas fontes de luz foram identificadas como ideais para utilização em fibras ópticas. Em 1961, Elias Snitzer publicou um artigo com a descrição teórica e experimental (utilizando um laser) da propagação de sinais em fibras ópticas monomodo. Nessa época, o uso das fibras ópticas estava limitado a aplicações médicas, como sistemas de iluminação e captação de imagens em endoscópios. Esta era a aplicação lógica para guias de onda que apresentavam elevados valores de atenuação (logo com comprimentos curtos de transmissão de informação).

Em meados da década de 60 do século XX, Charles Kao fomentou a ideia de que a atenuação das fibras ópticas poderia ser reduzida para valores inferiores a 20 dB/km, utilizando sílica com um elevado grau de pureza, o que possibilitaria a sua utilização para comunicações a longa distância. Este trabalho impulsionou o desenvolvimento das comunicações ópticas e permitiu uma completa alteração do paradigma existente. Pelo seu contributo, Charles Kao recebeu o Nobel da Física em 2009, por *“groundbreaking achievements concerning the transmission of light in fibers for optical communication”*. Curiosamente, esta atribuição ocorreu 100 anos após Marconi ter recebido o mesmo prémio.

A proposta de Kao para a redução da atenuação das fibras foi implementado industrialmente, em 1970, por Robert D. Maurer, Donald Keck e Peter C. Schultz para a empresa Corning Glass Works (ainda hoje o maior produtor mundial de fibras ópticas). Rapidamente surgiram sistemas comerciais de comunicações ópticas, sendo que a primeira ligação, a 6 Mbit/s, foi implementada em 1975 em Long Beach, Califórnia.

Nas ligações por fibra óptica, a distância máxima de cobertura está dependente da atenuação que a fibra impõe ao sinal ótico. Em 1986, este constrangimento foi ultrapassado, com o desenvolvimento de amplificadores ópticos baseados

em fibras dopadas com érbio, por David N. Payne, Emmanuel Desurvire e Randy Giles. O primeiro cabo telefónico transatlântico baseado em fibras e amplificadores ópticos, designado como TAT-8, entrou em operação em 1988.

A partir desse ponto, o crescimento da cobertura geográfica e do desempenho dos sistemas de comunicações ópticas foi fulgurante (Figura 2). Ao longo das duas últimas décadas, o recurso a diversas técnicas de modulação e de multiplexagem permitiram aumentar a capacidade de transporte de informação, sendo possível encontrar sistemas com uma capacidade superior a 100 Pbit/(s km).

Os desafios atuais prendem-se com a redução do consumo energético e do custo do equipamento, bem como com o aumento da abrangência geográfica das redes, providenciando ligação óptica até casa do utilizador.

Para os utilizadores de plataformas tecnológicas que requeiram o uso de sistemas de comunicação (computadores, telemóveis, TV, etc.), nem sempre é perceptível que esse recurso só é possível graças a uma rede que funciona com sinais ópticos. Existe, assim, uma clara ligação causa-efeito entre a massificação do uso da internet e o desenvolvimento das redes de comunicação baseadas em fibras ópticas, tendo estas impulsionado o desenvolvimento da era digital em que vivemos.

Seria impensável para Charles Kao, em 1965, prever as repercussões que o seu trabalho teria 50 anos depois. Não restam hoje dúvidas que, em termos de comunicações, espera-nos um futuro cheio de luz, tal como constatou Kao na sua palestra da cerimónia de atribuição do prémio Nobel em 2009: *“Sand from centuries past: send future voices fast”*.

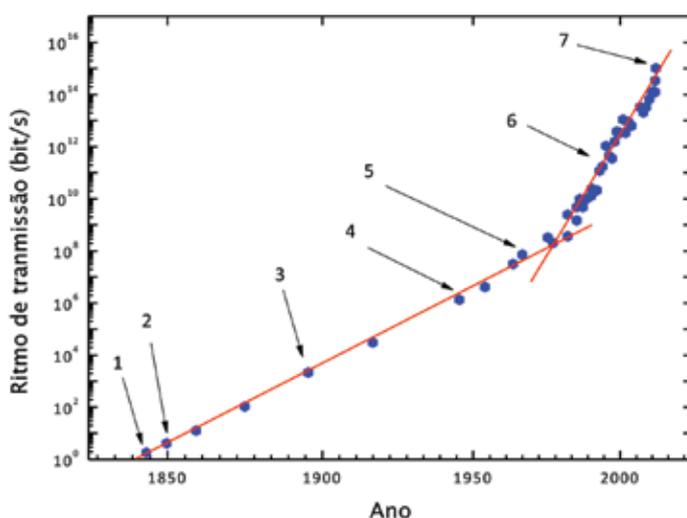


Fig. 2 - Evolução do ritmo de transmissão dos sistemas de comunicação. 1 - Primeiro telégrafo; 2 - Telégrafo com código de Morse; 3 - Telefone; 4 - Cabo coaxial; 5 - Satélite; 6 - Fibra óptica com multiplexagem espectral; 7 - Fibra óptica com multiplexagem espacial. Observam-se duas tendências de crescimento, descritas pelas retas: i) antes da utilização dos sistemas óticos (<1975), com uma taxa anual de crescimento do ritmo de transmissão de ~ 1 Mbit/s e ii) com sistemas óticos (d. 1975), com uma taxa anual de crescimento do ritmo de transmissão de ~1 Tbit/s.



**Paulo Sérgio de Brito André** nasceu em 1971; licenciou-se em Engenharia Física e Doutorou-se em Física, na Universidade de Aveiro, respetivamente, em 1996 e 2002. Em 2011, realizou as provas de Agregação em Física, na Universidade de Aveiro. Atualmente, é Professor Associado no Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores do Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa e Investigador integrado no Instituto de Telecomunicações. Os seus interesses atuais de investigação incluem o estudo, desenho, produção e implementação de componentes fotónicos para utilização em sensoriamento, comunicações ópticas e aplicações energéticas.