

# Resenha em Relação a Redes LiFi

João G. Vargas<sup>1</sup>, Leonardo V. S. Sell<sup>1</sup>, Leonardo S. V. Ribeiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciências Tecnológicas

Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) - Joinville – SC – Brazil

{jg.vargas, leonardo.svr, leonardo.salas}@edu.udesc.br

**Abstract.** *This article provides a concise overview of LiFi networks, an emerging technology that uses visible light to transmit data. We explore its history, principles of operation, benefits, and potential applications. Additionally, we discuss current challenges and future trends. We highlight the transformative potential of LiFi networks in the wireless communication landscape.*

**Resumo.** *Este artigo oferece uma visão sucinta das redes LiFi, uma tecnologia emergente que utiliza luz visível para transmitir dados. Exploramos sua história, princípios de funcionamento, benefícios e aplicações potenciais. Além disso, discutimos os desafios atuais e as tendências futuras. Destacamos o potencial transformador das redes LiFi no cenário da comunicação sem fio.*

## 1. Introdução

A comunicação de dados sem fio é agora essencial em nossa vida pessoal e profissional, com uma demanda crescente ao longo das últimas décadas, no âmbito de redes móveis o conhecido Wi-Fi usa ondas de rádio para transmitir dados, o principal problema com essa abordagem se dá ao fato de que o espectro de radiofrequência é bem limitado, pois espectros abaixo de 10 GHz não são mais suficientes para atender a essa demanda em constante expansão [Haas et al. 2015]. Além disso, aumentar o espectro acima de 10 GHz apresenta desafios como perda de sinal, bloqueio e sombreamento.

Para superar esses problemas, pesquisadores começaram a explorar a transmissão de dados por meio de luz visível, dando origem à tecnologia Li-Fi. Li-Fi, do inglês Light Fidelity, introduzido pelo Professor Harald Haas em sua palestra TED Global de 2011, utiliza LEDs para comunicação sem fio, oferecendo benefícios como maior capacidade, melhor disponibilidade, eficiência aprimorada e maior segurança em comparação com as ondas de rádio tradicionais.

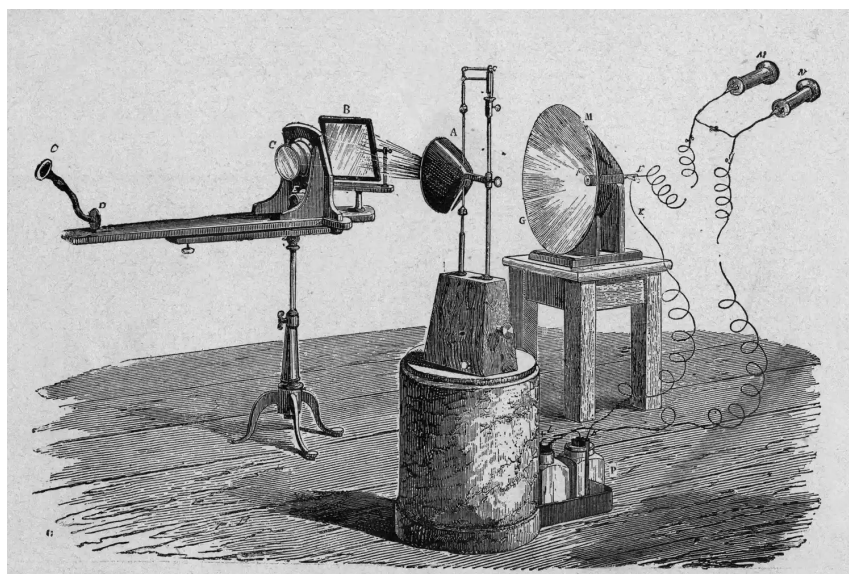
Os principais pontos dessa tecnologia emergente são os seguintes:

- **Maior capacidade:** O espectro das ondas de rádio é dez mil vezes menor do que o espectro da luz visual [Haas 2011], resultando em uma capacidade total inferior das ondas de rádio em comparação com a luz visual.
- **Maior velocidade:** Um único micro-LED pode transmitir 3 até gigabits por segundo [Tsonev et al. 2014].
- **Mais acessível:** qualquer luminária poderá se tornar facilmente em um ponto de conexão à Internet, uma vez que só é necessário acoplar um simples emissor Li-Fi.
- **Mais segura:** Como o espectro de rádio é capaz de penetrar paredes isso abre a possibilidade de interceptações por atores externos [Demirkol et al. 2019]. O que não é possível em redes Li-Fi.

- Sem interferências: a luz eletrônica não interfere nas comunicações por rádio, não se acopla a outros sistemas e nem compromete as transmissões de aviões, barcos etc.
- Alto Custo: A tecnologia precisa de um equipamento específico para funcionar, equipamento este que não é acessível ao usuário padrão, pelo menos não no momento atual. Porém com a popularização da tecnologia o preço pode se tornar mais acessível.
- Alcance Diminuído: Sabemos que ondas de luz não podem penetrar paredes, como ondas de rádio fazem, desta forma a Li-Fi tem seu alcance diminuído a cômodos de sua casa ou escritório

## 2. História

O conceito de comunicação por luz visível (VLC) é antigo e começou a existir por volta do século XVII, com sua primeira aparição marcante em 1790 com um sistema de comunicação óptica baseado em semáforos, desenvolvido na França [Khan 2017] durante a Revolução Francesa para comunicação militar mais rápida e confiável. Em 1880, Alexander Graham Bell inventou o *photophone*, o primeiro telefone sem fio do mundo, que operava com feixes de luz, convertendo luz modulada em sinais elétricos, permitindo a transmissão de ondas sonoras [Ku 2012]. Além disso, em 2003, em Nakagawa Lab, Keio University, Japão, foi realizada a primeira transmissão de dados usando LED [Khan 2017].



**Figura 1. Photophone.**

No entanto, foi o professor Harald Haas, em sua palestra global do TED em agosto de 2011, que cunhou o termo "Li-Fi", dando uma nova vida e perspectiva a essa área de pesquisa. Haas, presidente de Comunicações Móveis na Universidade de Edimburgo e co-fundador da PureVLC, posteriormente renomeada para PureLiFi, foi pioneiro na definição e exploração das capacidades do Li-Fi.

A rápida adoção e interesse no Li-Fi foram evidenciados pela formação do "Consórcio Li-Fi" em outubro de 2011, apenas dois meses após a palestra do TED de

Haas. Esta organização sem fins lucrativos reuniu empresas e indústrias líderes com o objetivo de impulsionar o desenvolvimento e a introdução da tecnologia óptica sem fio. O consórcio concentrou-se na aplicação prática do Li-Fi, delineando um roteiro para diferentes tipos de comunicação óptica em 2012, incluindo comunicação de classe gigabit e nuvem Li-Fi.

Em agosto de 2013, a PureVLC, demonstrou uma taxa de dados impressionante de até 1,67 Gbps em um LED de cor única, com planos ambiciosos de alcançar 2 Gbps em cada canal primário até o final do ano. No mesmo ano, a empresa russa "Stins Co-man" desenvolveu o módulo BeamCaster, capaz de fornecer uma taxa de dados de 1,25 Gbps, potencialmente aumentando para 5 Gbps. Esses avanços foram seguidos por um marco histórico em 2014, quando a empresa mexicana de desenvolvimento de software Sisoft alcançou uma taxa de transferência impressionante de até 10 Gbps usando lâmpadas LED.

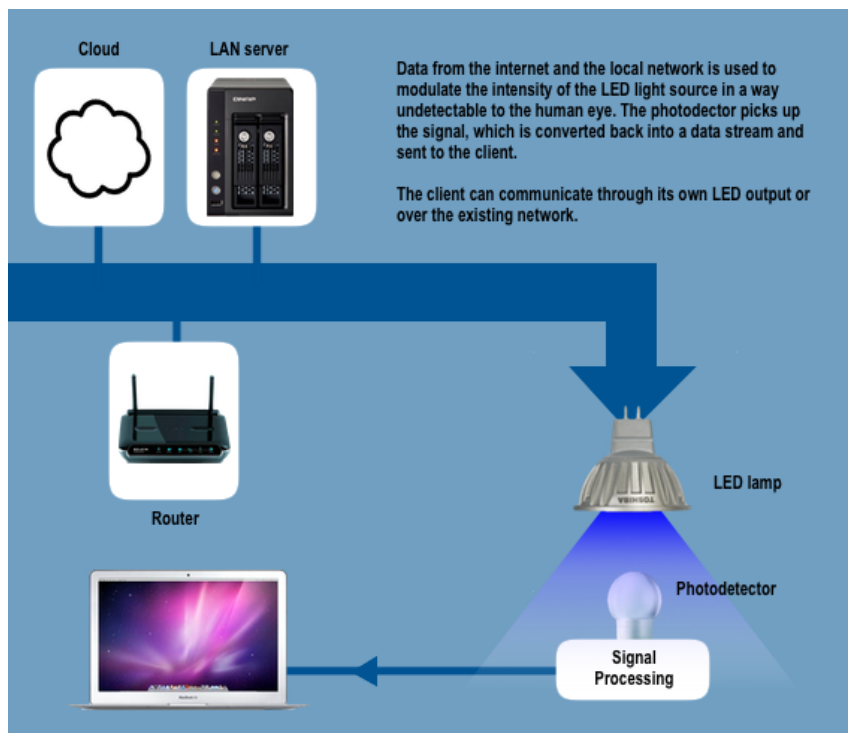
Em 2015, o centro Li-Fi da Universidade de Edimburgo desenvolveu soluções para comunicações ópticas de longa distância, tornando os receptores mais sensíveis a sinais fracos. O mesmo ano viu o Prof. Haas mais uma vez no centro das atenções, apresentando uma nova palestra do TED, onde demonstrou a transmissão de dados da internet usando luz LED e células solares [Haas et al. 2015].

O constante progresso e os avanços tecnológicos demonstram o potencial transformador do Li-Fi. Enquanto grupos industriais continuam a aprimorar essa tecnologia e a desenvolver produtos Li-Fi, torna-se claro que as vantagens únicas oferecidas por ela em comparação com as redes de rádio sem fio convencionais são substanciais e prometem um impacto significativo no futuro das comunicações sem fio.

### **3. Funcionamento**

O sistema LiFi consiste em dois componentes principais: o transmissor e o receptor. No transmissor, os dados são modulados e transmitidos usando lâmpadas de LED, onde flashes de luz representam bits binários. Já no receptor, um fotodiodo captura os flashes de luz, amplifica o sinal e converte-os de volta em dados. A implementação do LiFi envolve a criação de unidades de transmissão e recepção para permitir a comunicação bidirecional. Ao explorar os benefícios da tecnologia LED, o LiFi promete revolucionar a comunicação sem fio, oferecendo uma alternativa mais eficiente, segura e acessível em comparação com os sistemas tradicionais baseados em ondas de rádio.

Se optou por usar lâmpadas LED, por conta da rápida velocidade que as luzes podem ser acessadas e desligadas, uma pessoa observando a lâmpada transmitindo os dados não conseguiria perceber que a mesma está sendo apagada e ligada várias vezes. Agora basta que um receptor observe a lâmpada para receber as informações que estão sendo transmitidas pela lâmpada, o funcionamento é descrito na figura 2. De acordo com Harald Haas, um dos autores da tecnologia e professor da Universidade de Edimburgo, assim que as bilhões de lâmpadas das casas e empresas ao redor do mundo adotarem as lâmpadas LED, o Li-Fi estará disponível em praticamente qualquer lugar. O problema do custo das lâmpadas LED é um dos maiores obstáculos para a popularização da tecnologia do li-fi, visto que lâmpadas LED adequadas para a transmissão de dados seriam consideravelmente caras.



**Figura 2. Funcionamento do li-fi.**

### **3.1. Técnicas de modulação**

Normalmente, as técnicas de modulação comuns usadas para comunicações de rádio (seja modulação de portadora única ou modulação de portadora múltipla) podem ser aplicadas em sistemas Li-Fi, uma vez que tanto a luz quanto as ondas de rádio são formas de ondas eletromagnéticas. No entanto, devido às características do sinal de luz, o Li-Fi pode utilizar algumas técnicas de modulação exclusivas [Haas et al. 2015].

#### **3.1.1. Single-Carrier Modulation (SCM)**

Em termos de modulação de portadora única, temos o On-Off Keying (OOK) e a Modulação por Posição de Pulso. O OOK é uma técnica de modulação bastante simples. Em comparação, a Modulação por Posição de Pulso é mais eficiente em termos de energia do que o esquema de OOK. Além disso, existe um novo esquema de modulação chamado Modulação Espacial Óptica, que é eficiente tanto em energia quanto em largura de banda.

#### **3.1.2. Multi-Carrier Modulation (MCM)**

A MCM faz uso de múltiplas frequências para criar vários canais, o que a torna popular entre os usuários devido à sua mínima atenuação em comparação com a SCM. Além disso, ela sofre menos interferência de sinal e ruído de impulsos, e é menos afetada por problemas de sincronização. Graças à sua capacidade de multi-canais, a MCM possibilita uma transmissão de dados em alta velocidade de forma mais eficiente. A técnica mais

comum de MCM é a multiplexação por divisão ortogonal de frequência (OFDM). Existem variantes como DCO-OFDM (OFDM óptico com polarização em corrente contínua), ACO-OFDM (OFDM óptico com polarização assimétrica) e ADO-OFDM (OFDM óptico com polarização assimétrica e recorte).

### **3.1.3. Modulação única para Li-Fi**

A técnica LiFi requer um parâmetro de iluminação nos transmissores, o que não é necessário na técnica WiFi. LEDs multicoloridos são empregados para esse propósito. O esquema conhecido como chaveamento de mudança de cor (CSK) transmite informações por meio da variação de cor no sinal de saída [Sarkar et al. 2015]. A modulação metamétrica é uma técnica específica de modulação de luz de cor utilizada no esquema CSK [Haas et al. 2015]. Para atender aos requisitos de correspondência de cor e, adicionalmente, para aprimorar a eficiência, é adotada a modulação de intensidade de cor (CIM) [Soumya et al. 2021].

## **4. Aplicações**

A tecnologia se mostra recente, então ainda temos vários testes sendo realizados. Shuji Nakamura, conduziu pesquisas sobre eletrônicos de consumo na CES para demonstrar o funcionamento em tempo real de seu projeto em Las Vegas. Nesse projeto, os dados são transmitidos a uma velocidade de 20 Gbit/s, sendo 20 vezes mais rápida do que a velocidade da rede 5G [Ahn and Kwon 2012]. A tecnologia Li-Fi ainda é recente, porém algumas empresas já demonstraram interesse em utilizá-la. A Toshiba desenvolveu binóculos marítimos que podem detectar o sinal do Li-Fi emitido por faróis num raio de até 2 km, maior do que o alcance do Wi-Fi tradicional, permitindo ao usuário descobrir as condições de navegação nas imediações. Ainda no ambiente marítimo uma máscara de mergulho foi desenvolvida usando tal tecnologia, a máscara transmite a voz do usuário por meio de pulsos de luz, que chegam ao fotodetector e são transformados em sinais de áudio. Assim, é possível conversar mesmo a 30 metros abaixo do nível do mar, novamente o maior obstáculo dessa tecnologia se mostra o alto custo de desenvolvimento dos equipamentos.

### **4.1. Em baixo da água**

As ondas de rádio têm a tendência de serem absorvidas pela água, o que não favorece uma transmissão eficaz de sinal. Por outro lado, as ondas de luz conseguem penetrar na água, tornando mais fácil a comunicação entre objetos subaquáticos. Os sinais provenientes dos satélites são captados pelas boias presas aos navios, que então os retransmitem de um navio para outro utilizando sinais de luz.

### **4.2. Comunicações entre satélites**

Comunicações ópticas sem fio podem ser empregadas para criar uma rede segura entre satélites. A tecnologia LiFi possibilita a transmissão de dados de uma espaçonave para outra. [Afgani et al. 2006]

### 4.3. Áreas sensíveis

Em ambientes onde dispositivos médicos sensíveis ou sistemas de segurança estão em operação, o uso de telefones celulares é frequentemente restrito devido ao risco de interferência nos sinais desses dispositivos. No entanto, ao utilizar a rede LiFi, essa restrição não é necessária, pois os sinais de luz não interferem na operação da rede. De fato, essa tecnologia pode permitir a comunicação direta entre dispositivos de forma ininterrupta, com custo reduzido e transmissão segura [Mesleh et al. 2011].

## 5. Tendências

Está previsto que o auge dos dispositivos móveis e a demanda crescente de sistemas com maior largura de banda impulsionem o desenvolvimento do Li-Fi na próxima década, assim como apontado pelo Global Market for Li-Fi Technology Analysis and Forecast 2018-2028. Esse relatório prevê que o mercado global alcançará um valor de quase 36 bilhões de dólares em 2028 e que, durante os próximos 10 anos, a taxa de crescimento anual composta chegará a 71,2%. Entretanto, existem alguns desafios para esta tecnologia. O desempenho do sistema LiFi é muito sensível a obstáculos, tanto em ambientes internos quanto externos. Adicionalmente, a qualidade da comunicação pode degradar significativamente se não houver linha de visão direta entre o transmissor e o receptor.

Aparentemente está longe de termos a tecnologia funcionando em nossos lares, porém com o avanço das pesquisas e com o aumento de sua popularidade, consequentemente com os custos diminuindo, poderemos ver o Li-Fi integrado em diversas áreas da sociedade em alguns anos

## Referências

- Afgani, M. Z., Haas, H., Elgala, H., and Knipp, D. (2006). Visible light communication using ofdm. In *2nd International Conference on Testbeds and Research Infrastructures for the Development of Networks and Communities, 2006. TRIDENTCOM 2006.*, pages 6–pp. IEEE.
- Ahn, K.-I. and Kwon, J. K. (2012). Color intensity modulation for multicolored visible light communications. *IEEE Photonics Technology Letters*, 24(24):2254–2257.
- Demirkol, I., Camps-Mur, D., Paradells, J., Combalia, M., Popoola, W., and Haas, H. (2019). Powering the internet of things through light communication. *IEEE Communications Magazine*, 57(6):107–113.
- Haas, H. (2011). Wireless data from every light bulb.
- Haas, H., Yin, L., Wang, Y., and Chen, C. (2015). What is lifi? *Journal of lightwave technology*, 34(6):1533–1544.
- Khan, L. U. (2017). Visible light communication: Applications, architecture, standardization and research challenges. *Digital Communications and Networks*, 3(2):78–88.
- Ku, J. H. (2012). Between invention and discovery: Ag bell’s photophone and photoacoustic research. *The Journal of the Acoustical Society of Korea*, 31(2):73–78.
- Mesleh, R., Elgala, H., Hammouda, M., Stefan, I., and Haas, H. (2011). Optical spatial modulation with transmitter-receiver alignments. In *2011 16th European Conference on Networks and Optical Communications*, pages 1–4. IEEE.

- Sarkar, A., Agarwal, S., and Nath, A. (2015). Li-fi technology: data transmission through visible light. *International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies*, 3(6).
- Soumya, C., Deepanraj, B., and Ranjitha, J. (2021). A review on solar photovoltaic systems and its application in electricity generation. In *AIP Conference Proceedings*, volume 2396. AIP Publishing.
- Tsonev, D., Chun, H., Rajbhandari, S., McKendry, J. J., Videv, S., Gu, E., Haji, M., Watson, S., Kelly, A. E., Faulkner, G., et al. (2014). A 3-gb/s single-led ofdm-based wireless vlc link using a gallium nitride led. *IEEE photonics technology letters*, 26(7):637–640.