



# CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



## TECNOLOGIAS LED EM SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO VLC.

### **Eduardo M. Viera**

Acadêmico do curso de Engenharia Acústica da Universidade Federal de Santa Maria-UFSM -

Bolsista FIT BIT

eduardomviera94@gmail.com

### **Lucas A. Bonini**

Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica da UFSM - Bolsista PIBIC FAPERGS

lucasamorimbonini@gmail.com

### **Márcio Depexe**

Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Eng. Elétrica da UFSM

marcio@sra.eng.br

### **Álysson R. Seidel**

Professor do Colégio Técnico Industrial de Santa Maria da UFSM

seidel@ctism.ufsm.br

**Resumo.** Este artigo se propõe a expor uma revisão bibliográfica sobre o que é o VLC, suas vantagens em relação a rádio frequência (RF) e também, analisar os diferentes tipos de LED e suas características para o emprego em sistemas que utilizam da tecnologia VLC.

**Palavras-chave:** VLC (Visible Light Communication), LED (Light Emitting Diode).

## 1. INTRODUÇÃO

A primeira fonte de iluminação utilizada pela humanidade foi o fogo. A partir daí o homem começou a desenvolver novas fontes de iluminação artificial passando pela vela, pela lâmpada a óleo, pelo lampião com camisa segundo Da costa [1]. Em 1879 por Thomas Alva Edison foi criada a primeira lâmpada incandescente. Mais tarde em 1933, foram desenvolvidas as lâmpadas de descarga, como a fluorescente, que apresentava uma eficiência maior que a incandescente. Anos depois

surgiram as lâmpadas LED (*Light Emitting Diode*), apresentando uma eficiência superior às demais, além de tornar viável tecnologias na área das telecomunicações.

De acordo com Pinto [2] o LED possui a característica de emitir luz em uma faixa específica do espectro de luz visível, através de um processo de dopagem. Essa emissão pode ocorrer nas cores azul, verde, vermelho e suas combinações, de acordo com os elementos utilizados na composição do LED.

Em 1880 foi desenvolvido por Alexandre Graham Bell um equipamento que transmitia voz através de luz o fotofone. Segundo W. Hussain et al [3] esta foi a ascensão das tecnologias LED que acabaria abrindo caminho para os sistemas de telecomunicações via luz visível, os chamados sistemas VLC (*Visible Light Communication*).

## 2. TECNOLOGIA VLC.

A tecnologia VLC consiste em utilizar frequências do espectro de luz visível para a

comunicação de dados, conforme *D. Karunatilaka et all* [4]. Em um sistema VLC, os dados são transmitidos através da modulação de intensidade de uma fonte óptica, em uma frequência de modulação imperceptível aos olhos humanos.

Esta tecnologia possui algumas vantagens relevantes frente a outras tecnologias com as quais compete, como sistemas de rádio frequência (RF). Entre essas vantagens, estão a disponibilidade de banda não regulada, imunidade aos ruídos eletromagnéticos, elevada densidade de dados e segurança na comunicação, pois pode existir confinamento do sinal por paredes, diferente do sistema RF em que o sinal pode ser interceptado por terceiros.

Segundo *W. O. Popoola et all* [5] uma das principais características do sistema VLC é a integração do sistema de iluminação com o de comunicação de dados. O padrão IEE 80211 é o mais difundido dentre as tecnologias de transmissão por radio frequência, este padrão auxilia na construção de transceptores para redução da perda de pacotes de dados, imunidade a ruído.

Devido a estes desafios, existe deste de 2008 o grupo de trabalho da IEEE que desenvolve o padrão IEEE 802.18.7 - *Visible Light Communications*, conforme *M. Novak, et al.* [6]. Atualmente, esse padrão prevê taxas de transmissão que variam de 11.2 kbits/s até 96 Mbits/s.

### 3. LEDs PARA VLC.

Nos últimos anos, o desenvolvimento de LEDs e seu uso intensivo para iluminação justificam o interesse na integração entre os sistemas de iluminação e de telecomunicações através de VLC. A escolha do protocolo e das técnicas utilizadas deve levar em conta não apenas o desempenho dos sistemas de comunicação, mas também a maneira como a iluminação é afetada.

Em um sistema VLC, os dados são transmitidos através da modulação de intensidade por uma fonte óptica. Para que seja possível a integração com sistemas de iluminação, isso deve ocorrer em uma frequência imperceptível aos olhos humanos. Para implementação desta tecnologia os LEDs mostram-se ótimos, por apresentarem grande faixa do espectro eletromagnético, amplo ângulo de transmissão, por serem seguros aos olhos humanos e de fácil aquisição no mercado. Além disso, segundo a *C. Medina et all* [7] os LEDs possuem custo relativamente baixo comparados a outras tecnologias de iluminação, e podem ser modulados em altas velocidades.

É importante observar que as frequências de 3 kHz e 300 GHz são utilizadas em ondas de rádio, que incluem a tecnologia Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) faz parte. Em termos de frequência, o intervalo da luz visível abrange frequências que variam de 430 THz a 770 THz, possui banda maior que a de rádio.

Através de dopagem modificações do encapsulamento do LED, é possível obter diversos tipos de LEDs, dentre eles alguns se destacam na aplicação da tecnologia VLC.

**Pc-LEDs.** Muito utilizados na iluminação de ambientes, por fornecer luz branca, o pc-LED é uma tecnologia de baixo custo em relação aos demais tipos de LED. Este obtém a luz branca através da conversão por uma camada de fósforo. De acordo com *D. Steigerwald et al* [8] um LED azul com uma camada de fósforo revestida em cima dele para converter parte da luz azul em verde, amarelo e vermelho enquanto a outra parte da luz azul passa através dele, resultando em uma mistura que produz branco luz. Apesar do menor custo, o pc-LED possui limitações na frequência de acionamento devido justamente à composição com fósforo, atingindo, em média, frequências entre 3.0 a 5.0 MHz.

**LEDs RGB.** Podem emitir luz branca a partir da emissão da luz de três LEDs, nas

cores vermelho verde e azul. Apesar do maior custo, a frequência de operação pode atingir entre 10 e 20 MHz, segundo *I.-C. Lu, C.-H et al* [9], os LEDs RGB podem atingir até cerca de 100MHz. Os LEDs RGB tornam viável a implementação da modulação WDM (*Wavelength – Division – Multiplexing*), que transmite dados em diferentes comprimentos de onda, utilizando o mesmo canal óptico. Esta possibilidade permite aumentar a capacidade de transmissão do canal VLC. Esta característica é recorrente nos diferentes comprimentos de onda de cada unidade do LED RGB. Estes LEDs apresentam cerca de 65 lm/W, sua implementação tem uma complexidade moderada.

**$\mu$ -LEDs.** São LEDs de emissão de micro-luz baseados no material AlGaIn (*Aluminium gallium nitride*), são utilizados para transmitir altas densidades de informação. Segundo *A. Kelly et al* [10] este tipo de LED foi desenvolvido para VLC e Polymer Fibra Óptica (POF), mas também tem o potencial para serem utilizados em *displays*, painéis de exibição, estes apresentam um comprimento de onda em torno de 370 a 520 nm, através da inversão deste comprimento de onda é possível obter luz branca. De acordo com *S. Zhang et al* [11] o uso de  $\mu$ -LED em painéis de iluminação voltados para comunicação pode apresentar uma alta densidade de dados transmitidos, pois cada pixel varia entre 14-84  $\mu m$ , a uma largura de banda de 3 dB atingindo frequências 450 MHz, permitindo velocidades de até 1,5 Gb/s.

**OLEDs.** Segundo *D. Karunatilaka et al* [12] os OLEDs geram luz usando uma camada orgânica intercalada entre os portadores positivos e negativos, são muito utilizados em monitores e *displays*. A resposta em frequência deste tipo de LED é muito inferior aos LEDs inorgânicos, na ordem de 1 MHz sendo assim menos adequado para aplicações em frequências mais elevadas de acordo com *H. Le Minh et al* [13]. A vida útil dos OLEDs brancos chega a aproximadamente 50000

horas, menores que os LEDs inorgânicos, estes são uma fonte de luz mais flexível e apresentam uma eficácia luminosa de 45 Lm/W. Estes apresentam um custo baixo comparado a alguns LEDs inorgânicos, porém tem uma alta complexidade de implementação, em primeira análise estes se apresentam menos plausíveis para aplicação em VLC.

**Rc-LEDs.** Apresentam um aumento da cavidade ressonante para melhorar a extração de luz próximo ao comprimento de onda IR. Segundo *Schubert et al* [14] a primeira demonstração do aumento da cavidade ressonante de alto brilho foi apresentada em 1992. Os rc-LEDs apresentam comprimento de onda de aproximadamente 650 nm com uma frequência de 100 MHz, porém segundo *L. Meriggi et al* [15], recentemente o aprimoramento do espectro de fotoluminescência em temperatura ambiente de um AlInSb rc-LED foi demonstrado com uma faixa espectral livre de cerca de 6 THz.

Entre as bibliografias consultadas esses foram os tipos de LED encontrados com suas respectivas características. Os demais LEDs existentes ou não possuem características adequadas, ou são demasiadamente caros, como por exemplo o HB LED conforme em *K. Pujapanda et al* [16].

## 4. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica, sobre o conceito de VLC e características associado a um breve estudo comparativo com sistemas de rádio frequência para transmissão de dados. Além disso, realizou-se uma revisão sobre as diferentes tecnologias de LEDs associadas ao emprego em tecnologias de comunicação VLC.

### *Agradecimentos*

Os autores agradecem à CAPES e ao CNPq pelo suporte financeiro dessa pesquisa CNPq - Brasil Proc. 311911/2015-3 e Proc.

## 5. REFERÊNCIAS

- [1] DA COSTA, G. J. C. Iluminação Econômica Cálculo e Avaliação. 4. ed. Porto Alegre: Edipucrs, 2006.
- [2] PINTO, Rafael A, “Sistemas eletrônicos para iluminação de exteriors empegando diodos emissores de luz (LEDs) alimentados pela rede elétrica e por baterias” Nov. 2012, pp. 07-20.
- [3] W. Hussain, H. F. Ugurdag, and M. Uysal, “Software Defined VLC System: Implementation and Performance Evaluation,” 4th Int. Work. Opt. Wirel. Commun., no. Vlc, 2015, pp. 117–121.
- [4] D. Karunatilaka, F. Zafar, V. Kalavally, and R. Parthiban, “LED Based Indoor Visible Light Communications: State of the Art,” IEEE Commun. Surv. Tutorials, vol. 17, no. 3, 2015 pp. 1649–1678.
- [5] W. O. Popoola, E. Pikasis, and I. Osahon, “Hybrid Polymer Optical Fibre and Visible Light Communication Link for In-Home Network,” in Wireless and Optical Communication Conference (WOCC), 2017, no. Mc
- [6] M. Novak, O. Wilfert, and T. Simicek, “Visible light communication beacon system for internet of things,” Conf. Microw. Tech.2017, pp. 1–5.
- [7] C. Medina, M. Zambrano, and K. Navarro, “Led based visible light communication: Technology, applications and challenges – a survey,” Int. J. Adv. Eng. Technol., vol. 8, no. 4, 2015pp. 482–495.
- [8] D. Steigerwald, “Illumination with solid state lighting technology,” IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron., vol. 8, no. 2, Mar./Apr. 2002, pp. 310–320.
- [9] I.-C. Lu, C.-H. Lai, C.-H. Yeh, and J. Chen, “6.36 Gbit/s RGB LEDbased WDM MIMO Visible Light Communication System Employing OFDM Modulation,” in OFC 2017, 2017, pp. 6–8.
- [10] A. Kelly et al., “High-speed GaN micro-LED arrays for data communications,” in Proc. 14th ICTON, Coventry, U.K., 2012, pp. 1–5.
- [11] S. Zhang et al., “1.5 gbit/s multi-channel visible light communications using CMOS-controlled GaN-based LEDs,” J. Lightw. Technol., vol. 31, no. 8, Apr. 2013, pp. 1211–1216.
- [12] Dilukshan Karunatilaka, Fahad Zafar, Vineetha Kalavally.” LED Based Indoor Visible Light Communications: State of the Art” in IEEE Journals & Magazines, vol. 17 no 3, 2015, pp 4-12.
- [13] H. Le Minh, Z. Ghassemlooy, A. Burton, and P. A. Haigh, “Equalization for organic light emitting diodes in visible light communications,” in Proc. IEEE GC Wkshps, Houston, TX, USA, 2011, pp. 828–832.
- [14] J. Kim and E. Schubert, “Transcending the replacement paradigm of solid-state lighting,” Opt. Exp., vol. 16, no. 26, Dec. 2008, pp. 21 835–21 842.
- [15] L. Meriggi et al., “Mid-wave infrared (3-5  $\mu\text{m}$ ) ALINSB resonant-cavity LEDs,” in Proc. CLEO EUROPE/IQEC, 2013, pp. 1–1.
- [16] K. Pujapanda, “LiFi integrated to power-lines for smart illumination cum communication,” in Proc. Int. Conf. CSNT, Gwalior, India, 2013, pp. 875–878.