

## Sistemas de Iluminação e as Radiações Eletromagnéticas Associadas.

### Lighting Systems and Associated Electromagnetic Radiation.

Márcio Antônio Sens <sup>1</sup>, Willians Felipe Oliveira Rosa <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Fluminense - UFF; <sup>2</sup> Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPTEL

E-mail: marciosens@id.uff.br

**Resumo:** As lâmpadas eletrônicas com diodos emissores de luz, ou LEDs, com dispositivo de controle integrado à base se espalharam pelo território brasileiro, substituindo às tradicionais incandescentes e às fluorescentes compactas - LFC. Ambos os sistemas, entretanto, provocam radiações eletromagnéticas que interferem na medição de grandezas elétricas, como na detecção de descargas parciais. Um conjunto de sistemas de iluminação foi selecionado para uma análise comparativa das radiações emitidas e percebidas por sistema de detecção alojado no interior de uma gaiola da Faraday dupla e os resultados serão mostrados, incluindo a forma de onda das correntes e as distorções harmônicas associadas.

**Palavras-chave:** Lâmpada; LED; interferências; radiação; LFC.

**Abstract:** Lamps with light-emitting diodes, with integrated control device at the base, spread throughout Brazilian territory, replacing traditional incandescent lamps and compact fluorescents - CFL. Both systems, however, provoke electromagnetic radiation that interferes in the measurement of electrical quantities, as in the detection of partial discharges in dielectric systems. A set of lighting systems was selected for a comparative analysis of the emitted and perceived radiation by detection system housed inside a double Faraday cage and the results will be shown, including the waveform of the currents and associated harmonic distortions.

**Keywords:** Lamp; LED; interference; radiation; CFL.

#### 1 INTRODUÇÃO

Sistemas de iluminação utilizando-se de lâmpadas fluorescentes ou de lâmpadas LEDs, que incorporam sistemas eletrônicos, geram radiações eletromagnéticas para o ambiente, em qualquer caso, independente do modelo ou fabricante. Sejam estas lâmpadas fluorescentes tubulares ou compactas e mesmo as modernas lâmpadas LEDs.

Se tais radiações eletromagnéticas podem ou não serem consideradas evasivas, interferências eletromagnéticas, dependem dos receptores detectores de tais irradiações e das especificações

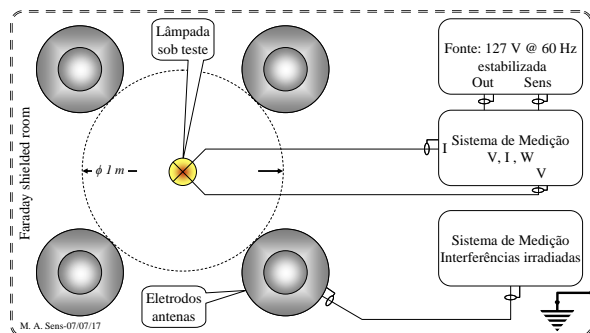
normativas. Para os receptores comuns, como eletrodomésticos, rádios receptores e televisores, existe norma, legislação e portaria ministerial bem definindo os níveis considerados como “interferências” [1], [2], [3]. Lâmpadas para sistemas industriais e médicos, também existem definições de níveis e espectros considerados radiações interferentes [4]. Mas para outros sistemas receptores, como muitos ligados à metrologia, não existem legislações específicas, mas podem, em muito, gerar perturbações e erros de medição. O presente trabalho mostrará, comparativamente, algumas das perturbações eletromagnéticas geradas por distintos sistemas

de iluminação, incluindo os sistemas eletrônicos de controle, mesmo de uma simples lâmpada incandescente. Os ensaios foram realizados no interior de uma gaiola de Faraday, para minimizar a recepção de ondas eletromagnéticas de emissoras de rádio e televisão, entre outras. Não constitui objetivo do presente trabalho, levantar comparações das distintas lâmpadas com as recomendações técnicas normativas e tampouco estabelecer base para a certificação de produtos.

## 2 PROCEDIMENTOS

Para os ensaios, objetivando comparar as radiações eletromagnéticas emitidas pelas amostras, foram utilizados sistemas de detecção de descargas parciais, normalmente utilizados na avaliação de isolamento elétrico para alta tensão, onde as radiações eletromagnéticas externas, maiores que 3 pC (três picocoulombs), costumam ser consideradas interferências. No ambiente onde se alojam tais sistemas, utilizam-se de iluminação incandescentes ou halogênicas, sem dimerização, para reduzir as possibilidades de interferências com as medições dielétricas.

O sistema de ensaios foi calibrado, conforme procedimentos normativos da ASTM [5], para visualização de níveis de 100 pC e as amostras de lâmpadas foram instaladas, conforme normas, a um metro [6] [3] de distância dos eletrodos detectores (antenas), no interior de uma gaiola de Faraday dupla, com atenuação de 110 dB na faixa de frequência entre 14 kHz e 450 MHz, **Figura 1**.



**Figura 1 – Sistema de ensaio.**

As amostras foram energizadas em conexão direta, com a fase no terminal central da lâmpada e o neutro no casquilho, e em conexão inversa.

## 3 OBJETOS ENSAIADOS

Sistemas de iluminação residencial comuns foram experimentados para a verificação comparativa das radiações emitidas. A Figura 2 mostra uma lâmpada LED de 9,5 W com certificação norte-americana, pela UL, destinada, em princípio, apenas para a tensão de 120 V, equivalente a uma lâmpada incandescente de 60 W, também mostrada na Figura 2. Identificou-se experimentalmente, entretanto, que a mesma funciona muito bem para qualquer tensão entre 100 e 240 V, com a mesma potência – curioso. Particularmente esta amostra foi adquirida no comércio dos Estados Unidos – Florida, e as demais foram adquiridas no comércio nacional.



**Figura 2 – Lâmpadas Equivalentes – Led e Incandescente.**

Para a avaliação da interferência provocada pelos distintos sistemas de iluminação, foram selecionadas as lâmpadas indicadas na Tabela 1.

**Tabela 1 – Amostras Ensaçadas**

N	Descrição das amostras de lâmpadas ensaiadas
A01	Fluorescente LFC 15 W, 110 - 145V, Osram-Alemã.
A02	LED, 15 W, 85 - 265 V, Globe.
A03	LED, 30 W, 127 V.
A04	LED, 7 W, 100 - 240 V, Ecogold, China.
A05	Fluorescente LFC, 23 W, 127 V, FLC.
A06	LED, 9,5 W, 120 V, Ecosmart, China.
A07	LED, 9 W, 100 - 240 V, Kian, China.
A08	Fluorescente LFC, 30 W, 127 V, G-Light.
A09	LED, 1,4 W, 85 - 265 V, BTR.
A10	Incandescente, 40 W, 127 V, GE, Brasil, com Dimmer.

#### 4 RESULTADOS EXPERIMENTAIS


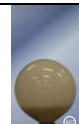








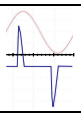
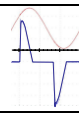
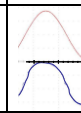
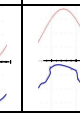
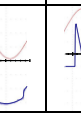
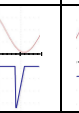
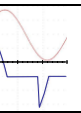
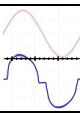
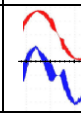
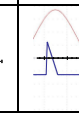

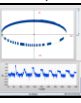
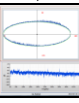
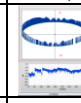
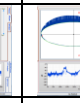
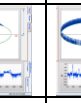
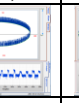
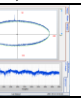
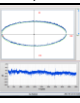
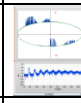
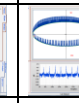
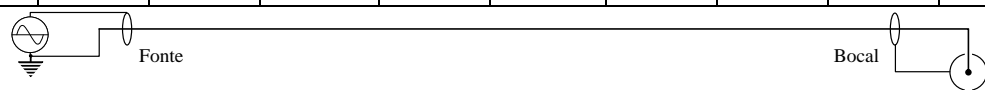
As amostras foram inicialmente caracterizadas pelas grandezas elétricas quando alimentadas na tensão de 127 V em 60 Hz, sem pré-aquecimento.

Foram medidas a potência ativa – P(W), a tensão eficaz – V(V) e a corrente – I(A), de onde foram derivadas outras grandezas, como o fator de potência – F. P =  $P/(V.I) \cdot 100$  (%); e o fator de

crista – F. C. =  $I_{pp}/(2.I)$ . A distorção harmônica – D.H.T. ou distorção harmônica total, também foi determinada para a corrente das amostras, conforme IEC [ 7 ].

A **Tabela 2** mostra os citados resultados e as interferências eletromagnéticas - EMI provocadas pelas distintas amostras de lâmpadas na detecção e medição de descargas parciais.

Tabela 2 – Resultados experimentais incluindo perturbações eletromagnéticas das lâmpadas

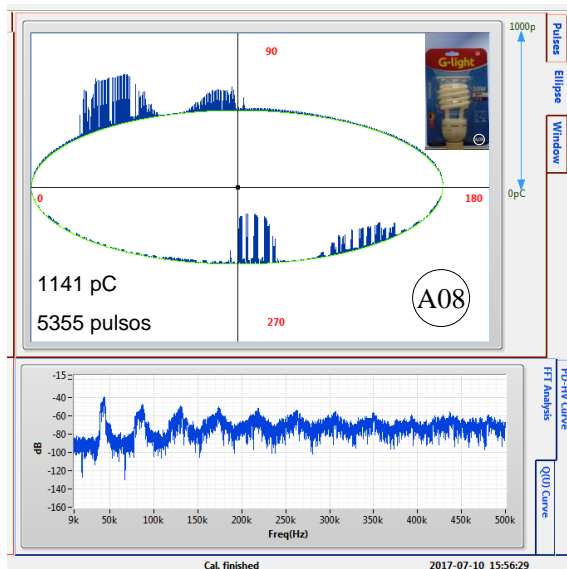
127 V 60 Hz										
Amostra	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10
Tipo	LFC	LED	LED	LED	LFC	LED	LED	LFC	LED	Inc. D.
Marca	Osram	Globe	CE	Ecogold	FLC	Ecosmart	Kian	G-ligth	BTR	GE
Modelo	Duluxel	G125	N/I	EGDT3U	DLE	5CSA..3	08A15	T3-30	BD13	Cristal
Origem	Alemã	N/I	N/I	China	N/I	China	China	N/I	N/I	Brasil
Potência P (W)	15,15	13,38	31,25	6,647	24,7	10,76	9,378	27,48	1,305	27,04
Corrente I (mA)	219,5	156,4	248,6	53,14	341,3	142,3	75,16	236,1	17,78	268,9
F.P. (%)	54,40	67,36	98,96	98,49	57,01	59,52	98,27	91,02	57,77	79,34
F.C. (A/A)	3,317	2,427	1,300	1,343	3,006	3,038	1,405	1,872	2,863	2,098
D.H.T. I (%)	82,31	66,41	10,97	13,48	77,67	77,75	12,97	28,73	74,60	47,33
Onda da Corrente										
Conexão Direta										
EMI (pC)	19,4	2,75	47,9	46,9	11,0	4,81	2,07	1140	88,6	661
Ruído no ciclo										
Pulsos por ciclo	1042	0	1232	566	3687	0	0	5355	9220	1684
Conexão Inversa										
EMI (pC)	20,2	1,96	45,8	47,3	10,7	4,30	2,38	999	88,1	1284
Pulsos por ciclo	1042	0	1179	466	4013	1	0	5669	9201	3659
EMI BL(pC)	620	4	120	160	810	4	4	2900 3600	170	1400 2600

As perturbações eletromagnéticas irradiadas, ou interferências, foram medidas por dois sistemas distintos, um provido de filtro, com frequência central em 350 kHz e banda de 200 kHz, e outro

de banda larga, cujos valores foram identificados por EMI BL(pC). Trata-se de sistemas utilizados em ensaios de alta tensão. Quanto ao fator de potência e às correntes harmônicas, os limites são

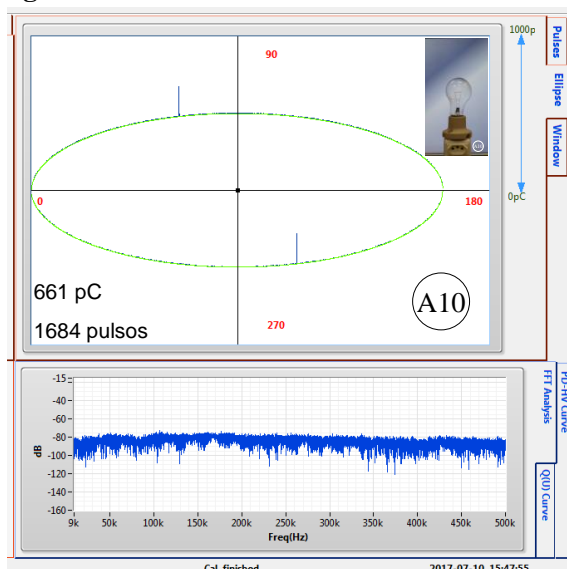
previstos por portaria ministerial [ 8 ]. Entretanto, não há limites para o F.P. de lâmpadas com potência declarada inferior a 5 W. Harmônicas têm limites conforme IEC 61000-3-2 [ 7 ].

A distribuição das interferências em um ciclo de 60 Hz para a lâmpada A08 é mostrada na **Figura 3**, assim como o espectro de frequência.



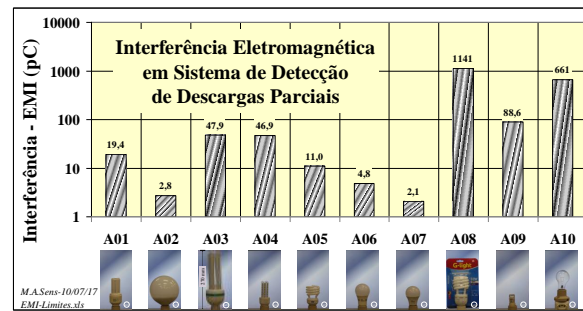
**Figura 3 – Interferências da Lâmpada A08**

Para a lâmpada incandescente dimerizada, a distribuição das perturbações ficou conforme **Figura 4**.



**Figura 4 – Interferências da Lâmpada A10**

O nível de perturbação eletromagnética causado por cada amostra de lâmpada na medição das descargas parciais é ilustrado na **Figura 5**.



**Figura 5 - Perturbação Eletromagnética**

## 5 CONCLUSÕES

Comprovou-se experimentalmente que todas as amostras de lâmpadas, tanto a LED quanto a fluorescente compacta e mesmo a incandescente dimerizada, geram ruídos eletromagnéticos por radiação capazes de perturbar os resultados de ensaios de descargas parciais, mesmo com uso de filtros de banda passante. O sistema de detecção em banda larga mostrou-se, como se esperava, mais sensível às perturbações eletromagnéticas.

Entre as amostras de lâmpada ensaiadas, a que provocou maior perturbação foi a A08 e a maior surpresa foi a capacidade de perturbação da A09, uma minúscula lâmpada de 1,4 W, de 30 mm.

## 6 REFERÊNCIA

- [ 1 ] CISPR 16-1-1/2/4/4-2 - Specification For Radio Distur. And Immunity Meas. Appar. And Meth.
- [ 2 ] NBR/IEC 61000-4-6 - Compatibilidade Eletromagnética (EMC)-Parte 4 e 6, Técnicas de Medição e Ensaios
- [ 3 ] NBR/IEC/CISPR15:21-09-2014 “Limites e métodos de medição das radioperturbações dos equipamentos de iluminação e similares”.
- [ 4 ] NBR IEC/CISPR 11 - Equipamentos Industriais, Científ. e Médicos – Carac. das Radiopert. de Radiofreq. – Lim. e Mét. de Med.;
- [ 5 ] ASTM D1868 - “Detection and Meas. of Partial Discharge Pulses in Eval. of Insul. Systems”.
- [ 6 ] Rosa, Willians Felipe Oliveira, “
- [ 7 ] IEC 61000-3-2 "Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-2: Limits - Limits for harmonic current emissions (current  $\leq 16$  A per phase)".
- [ 8 ] Portaria Inmetro 389, “Regulamento Técnico da Qualidade para Lâmpadas Led com Dispositivo de Controle Integrado à Base”.

CBMO-2017-LED-LFC-Interferencias-Rev02-Ressubmissao.doc  
M.A.Sens-03/09/2017 23:27.