

## NORMA BRASILEIRA PARA FATOR DE POTÊNCIA DE LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS E PRODUTOS ENCONTRADOS NO COMÉRCIO DE CAMPINAS, SP

MAIANE MAIRA LIMA DE NORONHA<sup>1</sup>; MÁRIO NOGUEIRA DE ANDRADE JÚNIOR<sup>2\*</sup> & RAFAEL MITIO KUSHI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduandos em Engenharia Elétrica – FEEC / UNICAMP;

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia Elétrica – FEIS / UNESP; Aluno Especial UNICAMP

\*E-mail do autor correspondente: [mariojr\\_andrade@yahoo.com.br](mailto:mariojr_andrade@yahoo.com.br)

**RESUMO:** Devido à péssima qualidade apresentada pelas lâmpadas fluorescentes compactas (*LFCs*) comercializadas no Brasil desde a crise energética de 2001, foi realizado um estudo sobre as normas relativas à definição de fator de potência e as definições de qualidade das *LFCs* comercializadas no Brasil. Além disso, realizou-se um levantamento das *LFCs* disponíveis no comércio de Campinas para verificar a existência de produtos com alto fator de potência. As lâmpadas foram ensaiadas em laboratório a fim de levantar a inserção de harmônicas de corrente provocadas por esses produtos e a influência disso no fator de potência dessas lâmpadas. Para mensurar a distorção harmônica inerente do sistema elétrico, uma lâmpada incandescente de 100W / 127V foi submetida ao mesmo ensaio. Os resultados foram comparados com resultados encontrados na literatura e, baseado nisto, verificou-se que não houve melhora na qualidade das *LFCs* vendidas em Campinas no que se refere ao processamento da energia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Distorção Harmônica, Qualidade da energia elétrica, Economia de Energia Elétrica.

## POWER FACTOR BRAZILIAN STANDARDS FOR COMPACT FLUORESCENT LAMPS AND PRODUCTS FOUND IN CAMPINAS, SP

**ABSTRACT:** Due to the poor quality presented by CFLs (CFLs) sold in Brazil since the 2001 energy crisis, a study of the rules concerning the definition of the power factor and the quality settings of the CFLs sold in Brazil was performed. In addition, we performed a survey of commercially available CFLs from Campinas to check for products with high power factor. The bulbs were tested in the laboratory in order to raise the insertion of current harmonics caused by these products and the influence that the power factor of these bulbs. To measure the inherent harmonic distortion of the electrical system, an incandescent lamp 100W / 127V was subjected to the same test. The results were compared with results found in the literature and, based on this, it was found that there was no improvement in the quality of the CFL sold in Campinas respect to processing power.

**KEYWORDS:** Harmonic Distortion, Quality of electricity, Electricity Saving.

### INTRODUÇÃO

Na crise energética de 2000 / 2001 no Brasil, que levou a necessidade de racionamento nacional de energia elétrica, o governo federal incentivou a troca das lâmpadas incandescentes, então amplamente empregadas pela população, pelas lâmpadas fluorescentes compactas, que surgiam como uma alternativa para a redução do consumo de energia devido ao seu baixo consumo de potência ativa e maior eficiência

luminosa quando comparada à lâmpada incandescente (LUCIANO *et. al.*, 2010).

Entretanto, quando se observam os efeitos das *LFCs* sobre a qualidade da energia elétrica do sistema em que elas são empregadas, verifica-se certo comprometimento, devido ao surgimento de distorções indesejadas na rede. Estas distorções são compostas de frequências múltiplas ou submúltiplas da fundamental (60 Hz) e são conhecidas como harmônicos. A soma

dos harmônicos apresenta-se nas ondas de corrente e tensão como distorções. Sua presença nos sistemas elétricos, além de provocar um aumento nas perdas elétricas, pode causar diversos inconvenientes, como queima de motores e mau funcionamento de equipamentos eletrônicos sensíveis, por exemplo (LUCIANO *et. al.*, 2010). Com um alto índice de inserção de distorções harmônicas na rede temos como consequência um baixo valor de fator de potência (POMILIO, 1997).

No que se refere à normatização existente no Brasil para fator de potência, a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL define fator de potência da seguinte forma (PRODIST, 2011):

$$FP = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (1)$$

Segundo descrito no mesmo documento, o fator de potência de referência deve ser igual ou superior a 0,92 indutivo. Entretanto, esta obrigatoriedade não abrange os consumidores residenciais, dos quais não é faturado consumo de reativos. Nota-se que a fórmula 1 considera o efeito das distorções harmônicas sobre o fator de potência, entretanto de acordo com o descrito na Nota Técnica nº 0083/2012 da ANEEL, o fator de deslocamento (que considera apenas as componentes fundamentais de tensão e corrente) é considerado o mais adequado para efeitos de faturamento e controle de excedentes reativos, em detrimento ao fator de potência verdadeiro (que considera o efeito das harmônicas), devido a sua fácil medição e não dependência de

eventuais distorções de tensão. A definição do PRODIST se alinha ao descrito na nota técnica devido ao fato da não cobrança de reativos dos consumidores residenciais, responsáveis pela maior parte da inserção de harmônicas na rede (ANEEL. Nota Técnica Nº 0083/2012-SRD/ANEEL, 2012).

Vale salientar que as normatizações citadas acima se referem ao fator de potência das instalações. Com respeito às condicionantes de qualidade para *LFCs*, tem-se como referência no Brasil a portaria 489 do INMETRO de 2010, embasada pela portaria 289 do INMETRO de 2006, que determina que a partir de 01 de julho de 2012 as *LFCs* deveriam ser fabricadas e/ou importadas somente em conformidade com o disposto na portaria. Além disso, determina que a partir de 01 de janeiro de 2013 fabricantes e importadores só poderiam comercializar *LFCs* em conformidade com a portaria. Com respeito à venda no atacado e varejo, a portaria determina que a partir de 01 de julho de 2014 as *LFCs* só poderão ser comercializadas se estiverem em conformidade com os requisitos aprovados na portaria. Nota-se que anteriormente a 01 de julho de 2014 não havia normatização no que se refere à qualidade das *LFCs* encontradas no comércio brasileiro (INMETRO, 2010).

No que se refere ao fator de potência das *LFCs*, a portaria 489 do INMETRO determina que apenas as lâmpadas com potência nominal superior a 25W deverão possuir fator de potência superior a 0,92. Potências inferiores terão fator de potência mínimo igual a 0,50. A portaria

define fator de potência considerando o efeito das harmônicas da seguinte forma (INMETRO, 2010):

$$FP = \frac{\cos \varphi}{\sqrt{1 + DHT^2}} \quad (2)$$

A definição descrita na equação 2 é a mesma encontrada em POMILIO (1997).

A Distorção Harmônica Total (DHT) é o indicador mais utilizado para quantificar harmônicos, sendo adotado como parâmetro pelas principais referências mundiais. Na equação 2, este é o fator que insere o efeito das harmônicas sobre o fator de potência (TEIXEIRA, 2009).

Na literatura encontram-se resultados relativos a ensaios realizados em *LFCs*, conforme apresentado por PINTO *et al.* (2008), NUNES *et al.* (2006) e FUJIWARA *et al.* (1997) até 2008 as *LFCs* encontradas no comércio brasileiro apresentavam grande incidência de distorções harmônicas e, conseqüentemente, um baixo fator de potência.

Com esta motivação, este trabalho tem como objetivos verificar se houve melhora no processamento da energia nas lâmpadas fluorescentes compactas, particularizando para os modelos encontrados no comércio de Campinas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente foi realizado um levantamento das *LFCs* vendidas no comércio de Campinas. Com base neste levantamento, verificou-se o fator de potência informado pelo fabricante. Foram adquiridas sete *LFCs* de

diferentes marcas e potências, para criar um panorama dos produtos disponíveis para compra em Campinas. As lâmpadas foram compradas em três estabelecimentos, sendo eles: Supermercados Dalben e Pão de Açúcar, localizados no distrito de Barão Geraldo, e Loja Telha Norte, localizada no shopping Parque Dom Pedro.

Em uma segunda etapa, as *LFCs* adquiridas, seis de baixo fator de potência e uma com declaração de alto fator de potência, foram ensaiadas para se obter o valor da *DHT* dessas lâmpadas e, com base nesse valor, obter seu fator de potência real. Para tanto, foram obtidas as formas de onda da tensão e da corrente das lâmpadas e o espectro em frequência da corrente. A fim de mensurar a distorção harmônica já existente na rede elétrica, uma lâmpada incandescente de 100W / 127V foi submetida ao mesmo ensaio.

Para realizar os ensaios, utilizou-se um osciloscópio digital Tektronix, modelo MSO4104B, com uma ponteira de tensão padrão e uma ponteira amperimétrica. Para o processamento dos dados coletados, utilizou-se o software MatLab, versão R2010B. Vale salientar que em todos os ensaios os equipamentos foram conectados diretamente à rede elétrica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado do levantamento efetuado no comércio de Campinas, foram encontradas lâmpadas fluorescentes compactas com as seguintes características nominais informadas pelos fabricantes (Tabela 1).

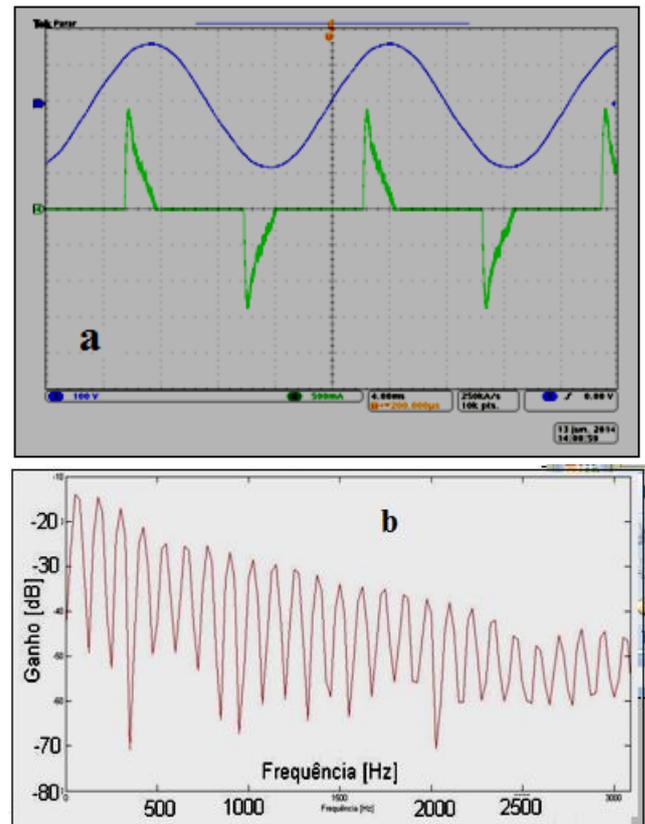
**Tabela 1.** Dados nominais das sete lâmpadas fluorescentes compactas adquiridas. (T.N.= Tensão Nominal; PAN= Potência Ativa Nominal; FPN= Fator de Potência Nominal)

MARCA	T.N. [V]	P.A.N. [W]	F.P.N.
Foxlux	127	30	0,92
FLC	127	15	0,55
Foxlux	220	20	0,50
Ourolux	127	25	0,52
Taschibra	127	25	0,50
Osram	127	15	0,50
Philips	127	14	0,50

A fim de mensurar a inserção de distorções harmônicas na rede realizadas pelas LFCs disponíveis no mercado de Campinas e verificar se houve evolução com relação aos produtos vendidos em anos anteriores, as sete lâmpadas foram ensaiadas, conforme descrito no item Materiais e Métodos. As formas de onda da tensão e da corrente foram coletadas com o auxílio de um osciloscópio digital. O espectro em frequência da corrente foi adquirido utilizando um canal matemático disponível no osciloscópio utilizado. Para viabilizar o cálculo da DHT, os dados coletados foram processados no software Matlab e utilizou-se a seguinte equação (POMILIO, 1997):

$$DHT = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \quad (3)$$

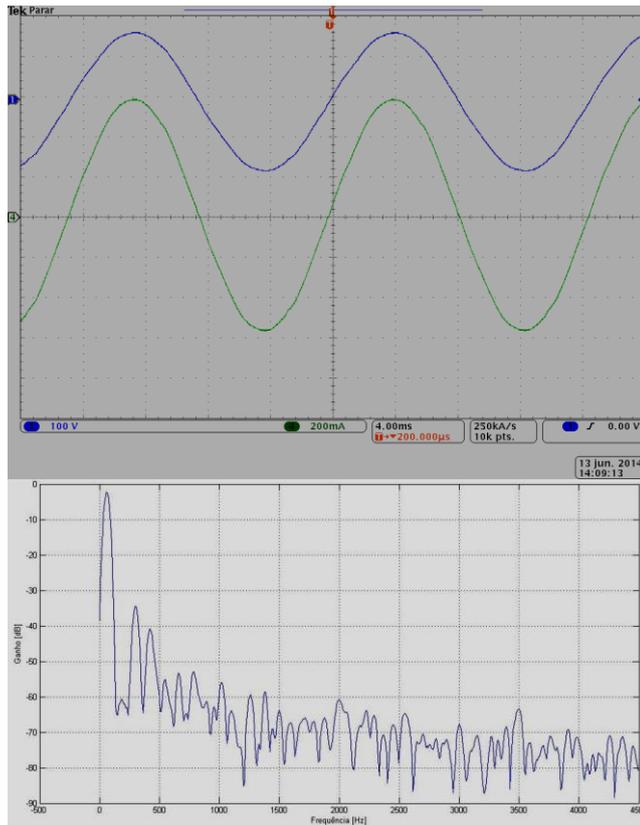
Para o cálculo do fator de potência das lâmpadas ensaiadas foi utilizada a equação 2. Para a lâmpada da Foxlux 127V / 30W, foram obtidas as formas de onda de tensão e corrente apresentadas na Figura 1 (a). Para a corrente observada foi determinado seu espectro em frequência que é apresentado na Figura 1 (b).



**Figura 1.** (a) Tensão (canal azul) e corrente (canal verde) observadas para a lâmpada da Foxlux 127V / 30W. (b) Espectro em frequência da corrente da lâmpada da Foxlux 127V / 30W.

As demais FLCs ensaiadas apresentaram comportamento semelhante no que se refere às formas de onda de tensão e corrente e aos níveis das harmônicas no espectro em frequência da corrente. Devido a esta semelhança, as demais formas de onda serão omitidas.

Com o intuito de mensurar a distorção harmônica já existente na rede elétrica, uma lâmpada incandescente de 100W / 127V foi submetida ao mesmo ensaio. Na Figura 2, são apresentadas as formas de onda da tensão e da corrente e o espectro em frequência da corrente para a lâmpada incandescente.



**Figura 2.** (a) Tensão (canal azul) e corrente (canal verde) observadas para a lâmpada incandescente de 100W / 127V. (b) Espectro em frequência da corrente da lâmpada incandescente de 100W / 127V.

Analisando os espectros em frequência das correntes das LFCs (Figura 1 (b)) e da lâmpada incandescente (Figura 2 (b)) fica evidente a incidência muito maior de harmônicas das LFCs. Para mensurar esta presença de harmônicas, com os dados coletados, fazendo uso das equações 2 e 3, foram determinados os valores de DHT e fator de potência verdadeiros para as lâmpadas ensaiadas (Tabela 2).

Com base nas formas de onda apresentadas e nos resultados contidos nas Tabelas 1 e 2, verifica-se que não houve melhora no processamento da energia realizado pelas LFCs disponíveis no comércio de Campinas. Tal conclusão é possível quando os resultados

obtidos neste trabalho são comparados com os resultados encontrados na literatura e citados na introdução deste artigo.

**Tabela 2.** Valores de *DHT* da corrente e fator de potência calculados para as lâmpadas ensaiadas

LÂMPADA	<i>DHT</i> [%]	Fator de Potência
Foxlux 127V / 30W	136,84	0,38
FLC 127V / 15W	140,86	0,39
Foxlux 220V / 20W	126,98	0,47
Ourolux 127V / 25W	119,06	0,49
Taschibra 127V / 25W	122,16	0,48
Osram 127V / 15W	101,28	0,54
Philips 127V / 14W	91,50	0,56
Incandescente	2,74	1,00

É possível observar a forte presença de componentes harmônicas na corrente das lâmpadas ensaiadas. Este fato fica evidente nos valores de *DHT* encontrados para as LFCs quando estes são comparados ao valor obtido para a lâmpada incandescente. Por se tratar de uma carga resistiva, pode-se tomar o valor obtido de *DHT* para a lâmpada incandescente, que é extremamente baixo, como referência de distorção inerente ao sistema elétrico da localidade onde foi realizado o ensaio. Ainda nesta comparação, nota-se claramente a forte influência do alto nível de *DHT* no comprometimento do fator de potência do produto, tendo os valores calculados para as LFCs ficado abaixo daqueles especificados pelos fabricantes em alguns casos. Neste contexto, vale salientar os resultados encontrados para a lâmpada da fabricante Foxlux, 127V / 30W, para a qual o fabricante informava fator de potência de 0,92, ou seja, alto fator de potência, e no

entanto foi obtido no ensaio fator de potência 0,38 (conforme Tabela 2). Além disso, analisando os dados contidos na Tabela 1, verifica-se uma predominância de produtos com baixo fator de potência no mercado de Campinas e que o único produto vendido como sendo de alto fator de potência na realidade constatou-se que apresentava baixo fator de potência.

Com base nos valores de *DHT* encontrados, pode-se verificar que ainda hoje as *LFCs* contribuem para introdução de distorções harmônicas indesejadas nas redes de distribuição de energia elétrica. Este cenário é preocupante tendo em vista os inúmeros malefícios causados pela inserção de harmônicos na rede elétrica. Além disso, trabalhar com equipamentos de alto fator de potência maximizaria a principal qualidade das *LFCs*, mais que dobrando a economia de energia gerada pelo uso dessas lâmpadas. Outro fato preocupante é a certeza de que este processamento ineficiente da energia não se restringe às *LFCs*, sendo encontrado em muitos aparelhos eletrônicos de grande utilização pelos consumidores residenciais no Brasil. Ressalta-se como fator positivo a entrada em vigor a partir de 01 julho de 2014 da obrigatoriedade da venda de *LFCs* de potência superior a 25W com alto fator de potência. Além disso, espera-se que esta obrigatoriedade seja, no futuro próximo, estendida às *LFCs* de potência ativa nominal inferior ou igual a 25W.

Sugere-se como trabalhos futuros, o estudo da geração de harmônicos por residências no Brasil, levantando os principais aparelhos

geradores de harmônicas e fazendo o levantamento da situação atual de *DHT* destes equipamentos e as perspectivas para o futuro.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem ao engenheiro Marco Aebi, ao professor doutor Ernesto Ruppert Filho e ao professor Doutor Marcelo Gradella Villalva pelo apoio dado ao desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Nota Técnica Nº 0083/2012-SRD/ANEEL. Junho de 2012. Disponível em [http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2012/065/documento/nota\\_tecnica\\_0083\\_daniel\\_dir.pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2012/065/documento/nota_tecnica_0083_daniel_dir.pdf). Acessado em 04 de junho de 2014.
- FUJIWARA, J. K.; DELGADO, A. C. V.; DORNELLAS, V. F. S.; HADDAD, J.; YAMACHITA, R. A.; GAMA, P. H. R. P. “Interferência no Sistema Elétrico Causado Pela Utilização de Lâmpadas Fluorescentes Compactas em Consumidores Residenciais”. Disponível em [http://www.sbqee.com.br/cbqee\\_1997\\_pdfs/192.PDF](http://www.sbqee.com.br/cbqee_1997_pdfs/192.PDF). Acessado em 09 de junho de 2014.
- INMETRO, 2010. Portaria Nº 489 de 08 de dezembro de 2010, DOU 10 de dezembro de 2010. Brasília, 2010. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001644.pdf>. Acessado em 09 de junho de 2014.
- LUCIANO, B. A.; SOUSA, F. P. F.; TORRES, I. S. M.; FERREIRA, T. V., 2010. “Lâmpadas fluorescentes e distorções harmônicas: eficiência energética e qualidade de energia”. Edição 49. Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-revista/edicoes/254-lampadas-fluorescentes-e-distorcoes-harmonicas-eficiencia-energetica-e-qualidade-de-energia.html>. Acesso em: 19 de junho de 2014.

- NUNES, R. V.; GONZALEZ; LOSADA, M.; SILVA, S. R.; ALMEIDA, P. C. A. “Estimativas de Distorções Harmônicas Geradas por Consumidores Residenciais”. XVII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica. Belo Horizonte – MG. 2006.
- PINTO, A. J. G.; NUNES, B. R.; ANTUNES, M. O.; LEITE, R. B. “Fator de Potência e Distorção Harmônica de Lâmpadas Fluorescentes Compactas ”. Revista Ciências do Ambiente On-Line, Agosto de 2008, Volume 4, Número 2.
- POMILIO, J. A., 1997. “Harmônicos e Fator de Potência: Um Curso de Extensão”. Disponível em <http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/harmo.html>. Acessado em 09 de junho de 2014.
- PRODIST, 2011. Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica. Resolução Normativa N° 469/2011. Vigência de 01 de janeiro de 2012 a 31 de dezembro de 2014. Disponível em [http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/M%C3%B3dulo8\\_Revis%C3%A3o\\_4.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/M%C3%B3dulo8_Revis%C3%A3o_4.pdf). Acessado em 04 de junho de 2014.
- TEIXEIRA, D. A. Análise das Distorções Harmônicas – Estudo de Caso de um Sistema Industrial. 127p. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Novembro de 2009.