

ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E QUALIDADE DE ENERGIA EM LÂMPADAS INCANDESCENTES FLUORESCENTES E LED'S

Antônia Ferreira dos Santos Cruz¹
Analécia Cruz Santana Monteiro²

RESUMO

O objetivo deste trabalho é fazer análise comparativa de diversos fabricantes de lâmpadas para análise dos parâmetros de consumo e qualidade de energia em tecnologias de lâmpadas incandescentes, florescentes e Led's (diodo emissor de luz). Este trabalho mostra a preocupação da engenharia em preservar não somente o nível de eficiência energética e luminosa, mas também o comportamento linear do sistema que pode ser impactado por estas cargas. No tocante à eficiência energética, fica evidente a superioridade das tecnologias estudadas quando comparadas com as lâmpadas incandescentes. Entretanto, quando se observa os efeitos das lâmpadas fluorescentes e Led's sobre a rede elétrica, verifica-se certo comprometimento na qualidade de energia, devido ao surgimento de distorções harmônicas assim como o baixo fator de potência.

Palavras-chaves: Qualidade de energia; eficiência energética fator de potência; distorções harmônicas.

1 INTRODUÇÃO

A primeira lâmpada disponível para uso residencial foi a de Thomas Edison no final do século XIX. Durante todos esses anos, descobertas e pesquisas surgiram resultando na grande diversidade de lâmpadas residenciais existentes hoje no mercado. Cada uma com suas vantagens e desvantagens buscando qualidade da luz, beleza decorativa e, ainda, redução no consumo de energia. No Brasil, no ano de 2001, devido à crise no abastecimento de energia elétrica, com o chamado “apagão”, a substituição de fonte luminosa foi mais difundida com foco no aumento de eficiência energética para redução do consumo da energia elétrica.

Com a grande preocupação no abastecimento de energia elétrica é notório investimentos no seu fornecimento, aplicados para aumento da capacidade, porém, a demanda de energia é crescente no país, em uma velocidade maior do que a capacidade de oferta da mesma (ELETROBRAS, c2020).

O consumo de energia elétrica cresceu aproximadamente 13,67% em um período de dez

¹ Orientadora Professora Mestra em Regulação da Indústria de Energia, Professora Titular do Centro Universitário Jorge Amado, E-mail: antonia.cruz@unifacs.br

² Engenheira Civil pela Universidade Federal da Bahia, 1989. Economista pela Universidade Católica de Salvador, 1988. Especialização em Gerenciamento de projetos. Professora universitária do Centro Universitário Jorge Amado. (UNIJORGE). E-mail: analeciamonteiro@gmail.com.

anos, o que pode ser justificado devido ao aumento de renda da população e também à redução de impostos de bens de consumo, como eletrodomésticos, durante este período.

O setor residencial tem consumo de aproximadamente 23,6% do total de consumo de energia elétrica no Brasil (MME, 2013). Tomando como base os dados da Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso, ano base 2005, Classe Residencial Relatório Brasil, a participação de lâmpadas no consumo de energia elétrica residencial no Brasil é de 14%. A pesquisa da Eletrobrás também mostra que a lâmpada tem seu maior consumo de energia nos horários entre 18 e 23 horas (ELETROBRAS, c2020).

No Brasil, no ano de 2001, devido à crise no abastecimento de energia elétrica, com o chamado “apagão”, a substituição de fonte luminosa foi mais difundida com foco em aumento de eficiência energética para redução do consumo da energia elétrica.

Os sistemas de iluminação vêm passando nas últimas duas décadas por profundos avanços em equipamentos e dispositivos auxiliares, baseados em acionamento a estado sólido, através do emprego da eletrônica nos processos de ignição, com o objetivo principal de promover a eficiência energética e reduzir o consumo energético deste sistema, destinado ao ambiente doméstico, comercial, industrial e público.

No tocante à eficiência energética, fica evidente a superioridade das novas tecnologias de lâmpadas fluorescentes e Led’s, quando comparadas com as lâmpadas incandescentes. Entretanto, quando se observa os efeitos destas novas tecnologias no sistema onde elas são empregadas, verifica-se certo comprometimento na qualidade de energia ofertada devido ao baixo fator de potência e surgimento de distorções indesejadas na rede.

Estas distorções são compostas de frequências múltiplas ou submúltiplas fundamental (60 Hz) e são conhecidas como harmônicas. A presença da resultante das harmônicas nas ondas de corrente e tensão pode causar inconvenientes no sistema elétrico, como queima de motores e mau funcionamento. Desse modo, o objetivo deste trabalho é avaliar as distorções da forma de onda da tensão e corrente das lâmpadas fluorescentes e Led’s de diferentes fabricantes. Para tanto, são analisados fator de potência, forma de onda de tensão, forma de onda de corrente, distorção harmônica total (DHT), potência ativa consumida e quantidade de iluminação. As diferentes tecnologias de lâmpadas estudadas serão avaliadas individualmente. Este trabalho mostra a preocupação da engenharia em preservar não somente o nível de eficiência energética e luminosa, mas também a qualidade de energia no sistema, o qual pode ser impactado grandemente por estas cargas que tem uma crescente demanda nos diversos setores.

O termo eficiência energética vem se tornando cada vez mais recorrente nas discussões e divulgações sobre demanda de energia a nível global, responsável por importantes medidas

políticas de energia e meio ambiente, especialmente àquelas relacionadas às mudanças climáticas (MENKES, 2004; PANESI, 2006). Pode-se dizer que sistemas energéticos eficientes são aqueles em que os custos com energia são reduzidos, concomitantemente, ao aumento da quantidade de energia fornecida, sem que haja alteração da geração. O resultado disto é a redução do consumo e conseqüente diminuição da necessidade de investimentos governamentais na produção, transmissão e distribuição de energia, reduzindo os impactos ambientais (GOLDEMBERG, 2000).

As tecnologias de lâmpadas fluorescentes e Led's, apesar de serem mais eficientes do que as tradicionais incandescentes, representam cargas não lineares para o sistema elétrico. Estas cargas, pelas suas características, geram distorções harmônicas e baixo fator de potência, que impactam diretamente na qualidade de energia. A elevada distorção de harmônicos da corrente e o reduzido fator de potência ocasionam problemas à rede elétrica como: distorção da tensão da rede de corrente alternada, redução da potência útil, aumento das perdas em condutores, redução da eficiência e conseqüente necessidade de aumento da geração de potência (CANESIN, 2001).

Atualmente, é muito comum encontrar consumidores, de diversas classes, também residenciais, com cargas comandadas eletronicamente, tais como fornos de microondas, computadores e periféricos, diversos aparelhos de TV, áudio e outras. Um claro exemplo do emprego da eletrônica em uma área anteriormente dominada por cargas resistivas são as novas tecnologias de lâmpadas econômicas, que estão substituindo as lâmpadas incandescentes tradicionais, com objetivo de redução do consumo de energia elétrica motivado pelas crises energéticas.

A qualidade de energia interfere na vida útil dos equipamentos elétricos, na manutenção dos processos produtivos, na conservação da própria energia e, além disso, está relacionada com a segurança das pessoas em ambientes internos e externos [7].

2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

2.1 Lâmpadas incandescentes

As lâmpadas incandescentes (LI) comuns são a forma mais antiga de iluminação sendo elas constituídas de um filamento de tungstênio dentro de um bulbo de vidro com vácuo no interior ou gases não halógenos. A iluminação deste tipo de lâmpada resulta da incandescência de um fio percorrido por corrente elétrica, devido ao seu aquecimento quando este colocado no vácuo ou em meio gasoso apropriado. Para que o filamento possa emitir luz eficientemente,

deverá possuir um elevado ponto de fusão e baixa evaporação.

As LI apresentam variações em suas características construtivas, sendo as mais significativas: incandescente convencional, a incandescente halógena e a incandescente halógena dicrômica. Neste estudo será utilizada a lâmpada incandescente comum de 60 W. O tamanho reduzido, funcionamento imediato e o fato de a lâmpada não necessitar de aparelhagem auxiliar (reatores e transformadores, por exemplo) são algumas das vantagens desse tipo de lâmpada. Como desvantagem destaca-se a elevada dissipação de calor que gera com conseqüente desperdício de energia.

Quando em regime térmico permanente, as LI apresentam-se como uma resistência linear e constante. Dessa maneira, a forma de onda da corrente que nelas se estabelece é a mesma da tensão imposta. Com isso, o fator de potência neste tipo de lâmpada é sempre unitário, o que raramente acontece com as fluorescentes, devido à presença do reator (fortemente indutivo). Essa propriedade das LI pode ser vista como uma vantagem sobre as fluorescentes e Led's.

2.2 Lâmpadas a descarga de baixa pressão

Lâmpadas cujo mecanismo de funcionamento é dado pela descarga elétrica em vapores metálicos, vapores de mercúrio ou vapores de sódio, por exemplo, são chamadas fluorescentes [8]. As lâmpadas fluorescentes são compostas de um invólucro translúcido de vidro transparente chamado de tubo de descarga. Ao aplicar uma diferença de potencial externa, o eletrodo negativo (cátodo) emite elétrons que são acelerados em direção ao eletrodo positivo (ânodo) e colidem com os átomos do vapor metálico no meio do caminho. A colisão causa a ionização dos átomos, ou seja, perda ou ganho de elétrons, os quais também se movimentam em direção aos eletrodos. A conversão de átomos do vapor metálico em íons libera uma radiação ultravioleta que incide no revestimento de fósforo na parede interna do tubo e se converte em luz visível.

As lâmpadas a baixa descarga podem ser classificadas em fluorescentes e fluorescentes compactas, também conhecidas como eletrônicas. As lâmpadas fluorescentes comuns (LFT) são tubulares, consideradas de baixa pressão e revestidas internamente por fósforo. Elas funcionam com a instalação auxiliar de reatores que servem para limitar a corrente e adequar as tensões ao perfeito acendimento das lâmpadas [9].

As lâmpadas denominadas fluorescentes compactas (LFC) são revestidas com fósforo e compostas de um pequeno bulbo fluorescente, possuindo em alguns modelos os dispositivos de partida (starters) e reatores incorporados ao seu invólucro compacto [10]. São bastante

utilizadas, pois possuem o mesmo bocal (E27) da lâmpada incandescente, o que facilita sua substituição. Foi utilizado neste estudo lâmpada fluorescente compacta de 15 W.

O processo de funcionamento, tanto das LFT quanto das LFC, baseia-se em descargas elétricas bruscas para a ionização do gás, formação do arco no ambiente gasoso e excitação do fósforo. Em algumas lâmpadas o acionamento depende do reator e do starter, nestas são geradas as descargas a partir de circuitos eletrônicos. As LFT também podem utilizar reatores eletrônicos amplamente empregados atualmente

2.3 Lâmpadas LED (diodo emissor de luz)

Os Led's são fontes de luz de estado sólido baseados em semicondutores inorgânicos que emitem luz por eletroluminescência [11]. Eletroluminescência é um processo de emissão gerado por meio de excitação eletrônica pela passagem de uma corrente elétrica através do material. Esse processo pode ocorrer em materiais inorgânicos semicondutores, cristais orgânicos e polímeros orgânicos [12].

O *LED* (do inglês *Light Emission Diode*, diodo emissor de luz) é um dispositivo eletrônico semicondutor, que quando polarizado diretamente dentro do semicondutor, ocorre a recombinação de lacunas e elétrons. Essa recombinação exige que a energia armazenada por esses elétrons seja liberada na forma de calor ou luz devido à passagem da corrente elétrica na junção anodo para o catodo.

Diferentemente de uma lâmpada incandescente, a lâmpada Led não possui filamento, o grande responsável por converter a maior parte da energia elétrica em energia térmica, (calor) que significa desperdício, pois o objetivo é iluminar e não aquecer. A lâmpada Led é capaz de produzir muito mais luz visível do que calor ao ser comparado com uma lâmpada incandescente, o que a torna mais eficiente se comparada às fontes tradicionais.

Por se tratar de uma tecnologia relativamente nova, o mercado das lâmpadas Led's está em grande expansão com vários modelos e formatos, o que motiva a análise do uso adequado destes tipos de carga para cada situação específica. A lâmpada utilizada nesta pesquisa foi a Led com potência declarada de 10 W.

2.4 Harmônicos e distorções harmônicas

Antigamente predominavam cargas lineares com valores de impedância fixo (iluminação incandescente, cargas de aquecimento, motores sem controle de velocidade). Atualmente surgiram cargas não lineares geradoras de poluição elétrica (harmônicas).

Tecnicamente, uma harmônica é a componente de uma onda periódica cuja frequência

é um múltiplo inteiro da frequência fundamental. As distorções harmônicas vêm contra os objetivos da qualidade do suprimento promovido por uma concessionária de energia elétrica, que deve fornecer aos seus consumidores uma tensão puramente senoidal, com amplitude e frequência constantes. Entretanto, o fornecimento de energia a determinados consumidores que causam deformações no sistema supridor, prejudica não apenas o consumidor responsável pelo distúrbio, mas também outros conectados à mesma rede elétrica.

Cargas com características não lineares eram pouco utilizadas e os equipamentos eram mais resistentes aos efeitos provocados por harmônicas. Nos últimos anos, com o rápido desenvolvimento da eletrônica de potência e com a utilização de métodos que buscam o uso mais racional da energia elétrica, o conteúdo harmônico presente nos sistemas tem-se elevado, causando uma série de efeitos indesejáveis em diversos equipamentos, comprometendo a qualidade e o próprio uso racional da energia elétrica. Assim, é de grande importância citar aqui os vários tipos de cargas elétricas com características não lineares que têm sido implantadas em grande quantidade no sistema elétrico brasileiro, sendo eles: circuitos de iluminação com lâmpadas de descarga; fornos a arco; compensador estático do tipo reator saturado; motores de corrente contínua controlados por retificadores; motores de indução controlados por inversores com comutação forçada; processos de eletrólise através de retificadores não controlados; motores síncronos controlados por ciclo conversores; fornos de indução de alta frequência; cargas de aquecimento controladas por tiristores; computadores; eletrodomésticos com fontes chaveadas; lâmpadas fluorescentes compactas e Led's, como foram analisadas neste trabalho[13] [14].

Os testes foram realizados em lâmpadas que, conforme especificado pelos fabricantes, apresentam o mesmo resultado em termos de iluminação, com menor consumo de energia elétrica, porém apresentam distorções diferenciadas devido às características técnicas de cada uma. Os resultados obtidos serão analisados para verificar, posteriormente, a possibilidades de atenuar os efeitos das distorções de harmônicos e do baixo fator de potência nas instalações elétricas nas quais estão ligadas as cargas.

3 PROJETO

Três tipos de lâmpadas foram avaliados durante os ensaios. Dentre eles, uma lâmpada fluorescente compacta, uma Led e uma incandescente. Esta última foi tomada como referência. Uma breve descrição destes modelos é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Lâmpadas Utilizadas

Lâmpada	Quantidade	Potencia(W)
Incandescente	1	60
Fluorescente	1	15
Led	1	10

Fonte: Elaborada pela autora.

3.1 Metodologia aplicada

As medições foram realizadas em uma bancada didática para medidas elétricas e fez-se uso de parte de seu instrumental, a saber: amperímetro, voltímetro, analisador e medidor de energia e o luxímetro. Os instrumentos da bancada serviram como referência de medidas durante a realização dos ensaios, porém as grandezas elétricas de interesse para o estudo foram consideradas do analisador e medidor de energia .

Para cada um dos arranjos de lâmpadas empregados foram registrados os valores instantâneos de potência, fator de potência e iluminamento. Foi registrado também o comportamento da tensão e corrente elétrica, através de equipamentos específicos de medições. Para a medição do nível de iluminamento foi empregado um luxímetro posicionado a meio metro da fonte luminosa, perpendicularmente ao plano no qual a lâmpada estava instalada. As características elétricas como potência, corrente, fator de potência e distorção harmônica total foram determinadas pelo analisador de energia da Fluke modelo 43 e o medidor modelo RE-6040 da EMBRASUL. Todas as medições foram efetuadas em condições controladas, sendo a temperatura ambiente de $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa do ar menor que 65%.

Após a preparação das amostras a serem empregadas no experimento, as lâmpadas foram instaladas na bancada e submetidas à sua tensão nominal de operação (127 V). Na fase de uso do método experimental foi realizado o cruzamento de informações declaradas nas embalagens pelo fabricante, com os dados obtidos em laboratório.

4 RESULTADOS

Os dados coletados nas embalagens dos fabricantes de cada tipo de lâmpada foram dispostos em tabelas e levados em consideração os seguintes parâmetros: tensão, potência, fator de potência, fluxo luminoso, temperatura de cor e eficiência luminosa. A tabela 2 apresenta os dados coletados na embalagem da lâmpada incandescente utilizada no estudo e a tabela 3, os resultados coletados nos ensaios. Estes resultados foram retirados da tela do analisador, conforme apresentado nas Figuras 2 e 3.

Tabela 2 – Dados de fabricante da lâmpada incandescente

Tensão declarada do fabricante (V)	127
Potencia declarada do fabricante (W)	60

Fator de Potencia *	NI
Fluxo Luminoso declarado (lm)	864
Temperatura de cor (K)*	NI
Eficiência Luminosa (lm/W)	14.4

*NI – Não informado

Tabela 3 – Resultados obtidos nos ensaios da lâmpada incandescente

DHT da tensão (%)	3.0
DHT da corrente (%)	4.0
Corrente (A)	0.471
Tensão (V)	126.8
Potencia (W)	60
Fator de Potencia	1
Iluminacia (Lux)	363

Como esperado, a LI de 60 W apresentou fator de potência igual a 0.98, conforme Figura 1, praticamente unitário, além de baixa distorção de harmônica total - THD de corrente, apenas 4,0%. Este valor pode ser considerado desprezível se comparado com as demais tecnologias que utiliza circuitos eletrônicos para seu acionamento. O comportamento da tensão em relação a sua forma não foi verificado nenhuma distorção não somente na lâmpada incandescente, mas nas demais lâmpadas em teste. Neste caso, foram apresentados neste trabalho somente as THD de corrente, conforme Figura 2.

Figura 1 – Fator de Potência incandescente de 60 W

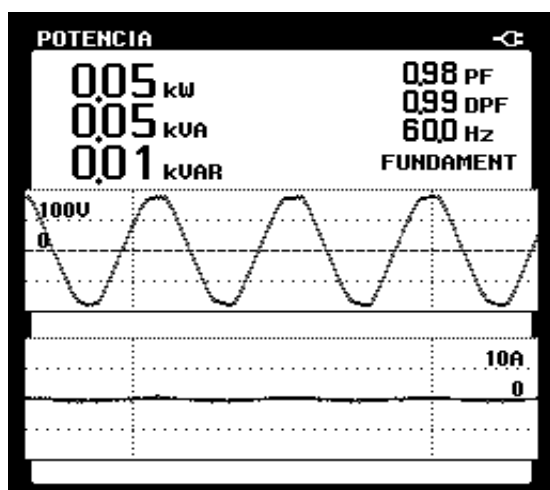
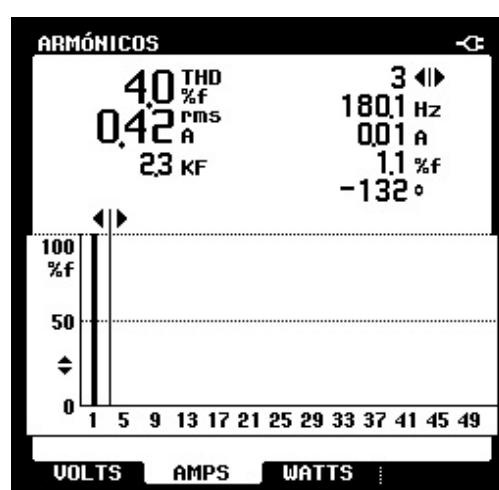


Figura 2 – THD de corrente incandescente de 60 W



Na Tabela 4 são apresentados os dados nominais coletados dos fabricantes da LFC de 15 W utilizada no estudo e na Tabela 5 os resultados das medições realizadas nesta mesma lâmpada. O total de distorções da 3ª harmônica de corrente assim como o fator de potência desta lâmpada pode ser observado nas Figuras. 3 e 4 respectivamente.

Tabela 4 – Dados de fabricante da lâmpada fluorescente

Tensão declarada do fabricante (V)	127
Potencia declarada do fabricante (W)	14
Fator de Potencia	≥ 0.5
Fluxo Luminoso declarado (lm)	900
Temperatura de cor (K)	6500
Eficiência Luminosa (lm/W)	64

Tabela 5 – Resultados obtidos nos ensaios da lâmpada fluorescente

DHT da tensão aplicada (%)	2.9
DHT da corrente (%)	70.7
Corrente (A)	0.216
Tensão (V)	127.6
Potencia (W)	15
Iluminancia com distância de 0.5 m (Lux)	530
Fator de Potencia	0.55

Apesar da potência demandada pela LFC ser um quarto da potência demandada pela LI e da sua eficiência ser cinco vezes maior, é claramente perceptível o baixo fator de potência e a forte distorção harmônica de corrente inserida.

O fator de potência estabiliza em 0.55, assim como a distorção total de harmônica chega a 70,7 % da 3ª ordem, valores que representam fontes de contribuição para redução da qualidade de energia na rede elétrica, quando essas cargas participam de forma crescente no sistema elétrico.

Este comportamento, também previsível, devido às lâmpadas de descarga apresentar uma característica tensão *versus* corrente fortemente não linear, incrementando o conteúdo de harmônicos na rede. De acordo com esta referência, as lâmpadas de descarga geralmente são utilizadas em conjunto com reatores que podem apresentar um baixo fator de potência, absorvendo reativos, bem como causando distorções nas redes elétricas.

Figura 3 – Fator de Potencia da fluorescente de 15 W

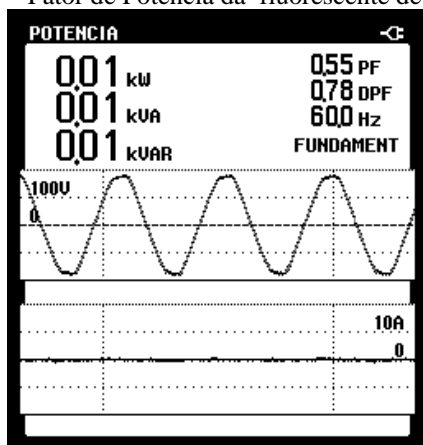
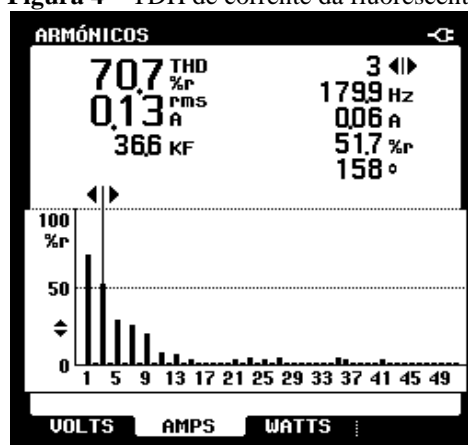


Figura 4 – TDH de corrente da fluorescente de 15 W.



Para a lâmpada Led utilizada no estudo, os dados considerados são apresentados na Tabela 6 (dados fornecidos pelo fabricante) e na Tabela 7 (dados coletados nos testes). O total de distorções da 3ª harmônica de corrente relativo a essa lâmpada pode ser observado na Figura 5, assim como o resultado do fator de potencia conforme a Figura 6.

Tabela 6 – Dados de fabricante da lâmpada led

Tensão declarada do fabricante (V)	127
Potencia declarada do fabricante (W)	10
Fator de Potencia	NI
Fluxo Luminoso declarado (lm)	800
Temperatura de cor (K)	3000
Eficiência Luminosa (lm/W)	80

Tabela 7 – Resultados obtidos nos ensaios da lâmpada led

DHT da tensão aplicada	2,8
DHT da corrente %	48.1
Corrente (A)	0,95
Tensão (V)	127
Potencia (W)	10
Iluminancia com distância de 0.5 m (Lux)	700
Fator de Potencia	1

Observando os resultados obtidos da lâmpada Led, verificou-se que esta apresenta o maior valor de eficiência luminosa com 80 lm/w, porém com nível significativo no DHT de

corrente. Mesmo abaixo da fluorescente, este valor é uma preocupação para os engenheiros de sistemas de potência, pois quando há o uso simultâneo de uma grande quantidade destas cargas não lineares, há grande possibilidade de ocasionar problemas que podem modificar o funcionamento de alguns equipamentos, além de perdas de energia.

O fator de potência desta carga apresentou alto nível de instabilidade, mesmo considerando um tempo após seu acionamento. Os valores observados ficaram entre 0.6 a 0.9, retirando assim uma leitura mais frequente durante os testes que foi 0.78.

Figura 5 – Fator de Potencia da lâmpada Led de 10 W

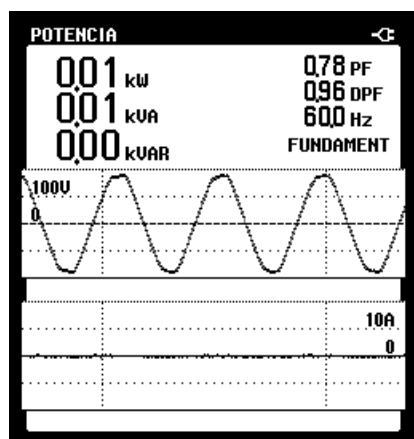
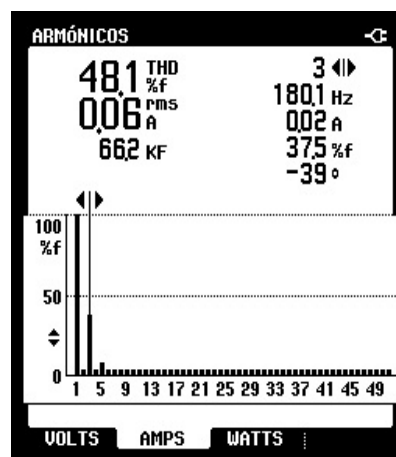


Figura 6 – TDH de corrente da lâmpada Led de 10 W



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os estudos experimentais apresentados neste trabalho, pode-se constatar que a substituição das lâmpadas incandescentes promoveu significativa redução do consumo de energia quando comparado à lâmpada fluorescente compacta e, principalmente à tecnologia Led. Entretanto, verificou-se que esses dois tipos de lâmpadas, apesar de consumirem menos energia, causam distorções relevantes principalmente na onda senoidal da corrente elétrica. Isto pode ser justificado pelas características tensão *versus* corrente fortemente não linear, o que faz incrementar o conteúdo de harmônicos na rede.

Na ótica da eficiência energética observa-se maior índice na tecnologia Led, porém o fluxo luminoso da lâmpada florescente se destaca entre as três tecnologias analisadas. Com relação à questão da qualidade de energia, a lâmpada florescente apresentou o maior índice de distorções harmônicas e o mais baixo fator de potência.

Os testes confirmaram, em todos os casos, os dados fornecidos na embalagem com diferenças aceitáveis. A lâmpada fluorescente apresentou o maior fluxo luminoso de 900 lm. Enquanto que a tecnologia Led apresentou menor fluxo luminoso de 800 lm. A lâmpada

incandescente de bulbo transparente apresentou um fluxo luminoso de 864 lm e das três tecnologias analisadas verificou-se que a tecnologia Led apresentou maior eficiência luminosa, com valor de 80 lm/w, enquanto que a lâmpada incandescente e fluorescente apresentaram respectivamente 14 lm/w e 64 lm/w.

Desta forma, existe a necessidade de uma regulamentação com as especificações dos equipamentos elétricos que inclua critérios tanto de Eficiência Energética como de Qualidade de Energia para que as cargas possam operar adequadamente em condições reais de uso.

Conforme visto, as lâmpadas fluorescentes compactas e Leds podem ter um impacto significativo na economia de energia. Contudo, o uso em massa dessas lâmpadas em sistemas de energia deve ser cuidadosamente planejado, a fim de evitar qualquer efeito negativo inesperado sobre os outros equipamentos do sistema. Portanto, devem ser adotados os cuidados necessários nos sistemas de energia para o uso seguro dessas tecnologias. Quando o objetivo a ser atingido é a eficiência energética e a qualidade de energia elétrica em sistemas de iluminação com lâmpadas mais eficientes, há de ser levado em conta o desempenho e a qualidade do conjunto lâmpada-reator.

As políticas de incentivo à substituição de lâmpadas são de muita importância para a redução do gasto de energia globalmente. Poupar é importante também pelo aspecto de preservação da natureza. Porém é importante salientar que o problema das harmônicas também é preocupante. Assim, é de grande importância a avaliação das distorções harmônicas na implantação de políticas públicas de conservação de energia, onde a certificação das lâmpadas pode ter um papel fundamental com a verificação dos níveis de distúrbios causados.

REFERÊNCIAS

- [1] ELETROBRÁS. Centro de memória de eletricidade do Brasil. Portal Eletrobras, c2020. Disponível em: <http://www.memoria.eletrobras.gov.br/main.asp>. Acesso em: 25 ago. 2020.
- [2] MME. MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA. Balanço energético nacional 2013, Ano base 2012. 2013. Disponível em: http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/2_-_BEN_-_Ano_Base/1_-_BEN_2013_Portugues_-_Inglxs_-_Completo.pdf. Acesso em: 25 ago. 2020.
- [3] MENKES, M. **Eficiência Energética, políticas públicas e sustentabilidade**. 295 f. 2004. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de desenvolvimento sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.
- [4] PANESI, André R. Quinteros. Fundamentos da Eficiência Energética (Industrial, Comercial Residencial). Editora Ensino Profissional, 2006.
- [5] GOLDEMBERG, José. **Pesquisa e desenvolvimento na área de energia**. São Paulo em perspectiva, v. 14, p. 91-97, 2000.
- [6] CANESIN, Carlos Alberto. **Qualidade da energia elétrica, eficiência e racionalização, desperdício versus desconhecimento**. Ilha Solteira: UNESP, p. 22, 2001. Disponível em: <http://www.dee.feis.unesp.br/docentes/canesin/power.html>. Acesso em: 20 mar. 2020.