

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA
DO TOCANTINS
CAMPUS DE PALMAS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS ELÉTRICOS**

MARCILENE CARVALHO DE SOUZA

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA SUBSTITUIÇÃO
DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULAR POR LÂMPADAS LED
TUBULAR DO HOSPITAL GERAL PÚBLICO DE PALMAS/TO**

MARCILENE CARVALHO DE SOUZA

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA
SUBSTITUIÇÃO DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULAR POR
LÂMPADAS LED TUBULAR DO HOSPITAL GERAL PÚBLICO DE
PALMAS/TO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do Título de Tecnólogo do Curso
Superior de Tecnologia em Sistemas
Elétricos, do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Tocantins - Campus
Palmas.

Orientador: Professor Esp. Wellington Dias da
Silva

**Palmas
2017**

MARCILENE CARVALHO DE SOUZA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do Título de Tecnólogo do Curso
Superior de Tecnologia em Sistemas
Elétricos, do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Tocantins - Campus
Palmas.

Orientador: Professor Esp. Wellington Dias
da Silva

Aprovada em: ____/____/____

BANCA AVALIADORA

Especialista Wellington Dias da Silva
IFTO- Campus Palmas

Mestre Adail Pereira de Carvalho
IFTO- Campus Palmas

Especialista Felipe Tozzi Bittencourt
IFTO- Campus Palmas

Dedicatória

À memória da minha mãe Cleuza Pereira de França

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar força e coragem para prosseguir em mais uma etapa da minha vida.

Ao meu orientador, Professor Esp. Wellington Dias da Silva, pela orientação, paciência e dedicação na elaboração deste trabalho.

Aos demais professores que tive o prazer de conhecer ao longo do Curso de Sistemas Elétricos.

A todos os meus amigos pelos momentos de convívio, apoio e incentivo. A todos que, de alguma forma, me ajudaram a vencer este desafio.

RESUMO

A tecnologia LED (Light Emitting Diode) é uma alternativa para economizar energia, pois é mais econômica porque possui uma eficiência luminosa maior que as outras lâmpadas, ou seja, gasta menos energia pra iluminar o mesmo ambiente. A escolha das lâmpadas deve ser escolhida de acordo com a aplicação, como sinalização, decorações e iluminação de ambiente. Estudos comprovam a eficiência das lâmpadas LED e a compatibilidade com as luminárias existentes, para poder efetuar substituição sem ter custos adicionais com luminárias apenas com as lâmpadas. Apesar dos preços serem ainda muito caros a tecnologia está se popularizando. Pesquisas demonstram a preferência dos consumidores pelas Lâmpadas LED. O trabalho também aborda a eficiência elétrica alcançada com a substituição das lâmpadas tubulares fluorescentes por lâmpadas tubulares LED. Foram analisadas as lâmpadas fluorescentes tubulares de 32 W, 20 W e lâmpadas tubulares LED de 18 W e 8 W. Estas lâmpadas, apesar das potências nominais serem diferentes, apresentam as mesmas dimensões físicas, motivo pelo qual pode ser substituídas sem a necessidade de mudanças e adequações das luminárias. O estudo de viabilidade técnica constatou que as lâmpadas LED são mais econômicas, tem vida útil de aproximadamente 25.000 horas e tem eficiência luminosa maior que as lâmpadas fluorescentes. Os estudos constataram que será necessário um alto investimento financeiro para a substituição das lâmpadas fluorescentes por suas equivalentes LED, mais terá retorno ao longo do tempo. Pois utilizando as lâmpadas LED irá diminuir o consumo mensal de energia. Para obter esta constatação utilizamos o preço das lâmpadas fluorescentes e lâmpadas LED obtidos através de composição do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) e levantamentos de consumo das lâmpadas fluorescentes tubulares e lâmpadas tubulares LED. Através do estudo de viabilidade econômica constatou que o tempo de retorno do investimento é de aproximadamente 3,58 anos.

Palavras - chave: Lâmpada tubular LED, Lâmpada tubular fluorescentes, Eficiência Energética, Viabilidade Técnica, Viabilidade Econômica

ABSTRACT

Light Emitting Diode (LED) technology is an alternative to save energy because it is more economical because it has a greater luminous efficiency than other lamps, that is, it uses less energy to illuminate the same environment. The choice of lamps should be chosen according to the application, such as signs, decorations and ambient lighting. Studies prove the efficiency of LED lamps and compatibility with existing luminaires, so that they can be replaced without additional costs with luminaires with only the lamps. Although prices are still very expensive, technology is becoming more popular. Research demonstrates consumer preference for LED lamps. The paper also addresses the electrical efficiency achieved by replacing fluorescent tubular bulbs with LED bulbs. 32 W, 20 W tubular fluorescent lamps and 18 W and 8 W LED tubular lamps were analyzed. These lamps, despite having different nominal power, have the same physical dimensions, which is why they can be replaced without the need for changes and fittings of luminaires. The technical feasibility study found that LED bulbs are more economical, have a lifespan of approximately 25,000 hours and have greater luminous efficiency than fluorescent lamps. The studies found that it will require a high financial investment to replace fluorescent lamps with their LED equivalents, but will have a return over time. Because using the LED bulbs will decrease the monthly power consumption. In order to obtain this, we used the price of fluorescent lamps and LED lamps obtained through the composition of SINAPI (National System of Costs Survey and Civil Construction Indices) and consumption surveys of tubular fluorescent lamps and LED tubular lamps. Through the economic feasibility study found that the time of return of the investment is approximately 3.58 years. .

Key words: LED tube lamp, Fluorescent tubular lamp, Energy Efficiency, Technical Viability, Economic Viability.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Tema	12
1.1.1 Delimitação do Tema	12
1.2 Justificativa	12
1.3 Problemática	12
1.4 Hipótese do Trabalho	12
1.5 Objetivos	12
1.5.1 Geral	12
1.5.2 Específicos	13
1.6 Metodologia do Trabalho	14
1.7 Estrutura do Trabalho	14
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1 Históricos das Lâmpadas	15
2.2 Conceitos Luminotécnico	16
2.2.1 Luz	16
2.2.2 Iluminância.....	17
2.2.3 Fluxo Luminoso.....	17
2.2.4 Eficiência Luminosa	17
2.2.5 Intensidade Luminosa.....	20
2.2.6 Luminância	21
2.2.7 Refletância.....	21
2.2.8 Emitância	21
2.2.9 Índice de Reprodução de Cores (IRC).....	21
2.2.10 Temperatura de Cor.....	22
2.2.11 Vida Útil	23
2.2.12 Ofuscamento.....	23
2.2.13 Conforto Visual	23
2.3 Tipos de Lâmpadas	24
2.3.1 Lâmpadas Incandescentes	24
2.3.2 Lâmpadas Halógenas de Tungstênio	26
2.3.3 Lâmpadas Mistas.....	27
2.3.4 Lâmpadas de Descargas	28
2.3.4.1 Lâmpadas Fluorescentes.....	28

2.3.4.2 Lâmpadas Vapor de Mercúrio.....	30
2.3.4.3 Lâmpadas Vapor de Metálico	30
2.3.4.4 Lâmpadas Vapor de Sódio	32
2.4 Lâmpadas LED ou Tecnologia LED (Light Emitting Diodes).....	33
2.4.1 Características Construtivas dos LEDs.....	38
2.4.2 Certificação das Lâmpadas LEDs.....	39
3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	39
4 ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA PARA SUBSTITUIÇÃO DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES POR LÂMPADAS LED.....	40
4.1 Viabilidade Técnica.....	40
4.1.1 Consumo das Lâmpadas Fluorescentes Tubulares e Lâmpadas LED	41
5 VIABILIDADE ECONÔMICA.....	44
5.1 Tarifas de Energia Elétrica Em Sistemas Elétrico de Distribuição.....	45
5.1.1 Consumidores de Energia do Grupo A	45
5.1.2 Consumidores de Energia do Grupo B	45
5.2 Modalidades Tarifárias	46
5.2.1 Tarifa Convencional Monômnia	47
5.2.2 Tarifa Convencional Branca.....	47
5.2.3 Tarifa Convencional Binômnia.....	47
5.2.4 Estrutura Horo- Sazonal	47
5.2.4.1 Tarifa horo-Sazonal	47
5.2.4.2 Tarifa Azul.....	48
5.2.4.3 Tarifa Verde	51
5.3 História de Consumo de Energia do HGPP	51
5.3.1 Medição de Energia Elétrica	51
5.3.2 Consumo e Demanda do Primeiro Semestre de 2017.....	52
5.3.3 Faturamento de Energia	54
5.3.3.1 Custos Com as Lâmpadas Fluorescentes e Faturamento Mensal.....	55
5.4 Faturamento de Energia Mensal Usando as Lâmpadas LED.....	56
6 RESULTADOS E ANALISES.....	57
6.1 Custos da Substituição das Lâmpadas Tubulares Fluorescentes por Lâmpadas LEDs.....	57
6.2 Custo Estimado de Economia	58
6.3 Demonstrativo da Viabilidade Econômica.....	58

6.4 Tempos de Retorno do Investimento com a Substituição das Lâmpadas	
Fluorescentes por Lâmpadas Tubulares LEDs.....	59
7 CONCLUSÃO	60
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1 INTRODUÇÃO

A Iluminação é responsável atualmente por cerca de 17% de toda energia consumida no Brasil (MAMEDE, 2007). A Iluminação artificial tornou-se indispensável, permitindo que os homens façam suas atividades também durante a noite. Por isso é de suma importância levar em consideração as características técnicas, como a eficiência e o rendimento das lâmpadas. Com isso, tornar-se o projeto economicamente viável e eficiente energeticamente.

Segundo o Engenheiro Pierre Rodrigues (PROCEL, 2002) a quantidade da luz é decisiva, tanto no que diz respeito ao desempenho das atividades, como na influência que exerce no estado emocional e no bem estar dos seres humanos. Por isso a Iluminação tem como objetivo facilitar o trabalho das pessoas e conseqüentemente proporcionando uma sensação de conforto no ambiente, por isso é importante a quantidade de luz, uniformidade da iluminação e ofuscamento.

A eficiência do sistema de iluminação artificial está associada às características técnicas, a eficiência e ao rendimento de um conjunto de elementos, como por exemplo: as lâmpadas, luminárias, utilização da luz natural, cores das superfícies internas, mobiliário, circuitos de distribuição e controles (PIERRE, 2002, pg.10).

No Brasil, é importante citar ambos os indicadores utilizando as informações do Balanço Energético Nacional (BEN), elaborado pelo Ministério de Minas Energia (MME) e Balanços Energético Estaduais, elaborados por alguns estados brasileiros, que enfocam a trajetória energética do país e alguns estados brasileiros nos últimos tempos (ROMÉRO, 2012, pg.19). O indicador de produtividade energética ($\text{PIB}/\text{energia consumida}$) é o inverso do indicador de intensidade energética ($\text{energia consumida}/\text{PIB}$), muito utilizado na representação da evolução da eficiência energética, em termos de nações.

O Brasil é o vice-lanterna entre os 23 países responsáveis por 75% do consumo de energia elétrica e 80% do Produto Interno Bruto (PIB) do mundo, à frente apenas da Arábia Saudita, conforme estudos da ACEE (Conselho Nacional Americano para Eficiência Energética e Econômica). Nesse levantamento, o órgão

leva em consideração a eficiência em edificações, indústria, transporte e esforços nacionais em desenvolver outros tipos de fontes alternativas, como combustíveis (FOLHA, 2017).

Atualmente a tecnologia LED (Light Emitting Diodes) é uma inovação da iluminação, que cada vez mais vem sendo utilizada tanto em iluminação e decorações de ambientes. As lâmpadas apresentam algumas características que se torna mais econômica, confortável e sustentável ecologicamente.

O LED (Light Emitting Diodes) não emite calor, raios UV e não esquenta o ambiente, vida útil duradora, funciona com baixa tensão, não possuem mercúrio ou componente químico que possa contaminar o meio ambiente, é muito econômica e ecologicamente correta.

“Atualmente, cerca de 20% da população brasileira utiliza lâmpadas Led. Muitos, motivados pela necessidade de economia após o aumento nas faturas de energia, optaram por essa tecnologia que consome até 90% menos. Porém, há ainda outras vantagens capazes de conquistar quem decide adquirir produtos em Led, como, por exemplo, a durabilidade de até 50 vezes mais, completando aproximadamente 25 mil horas. No entanto, para assegurar que todos esses benefícios sejam, de fato, entregues às pessoas é fundamental a certificação do Inmetro” (AFONSO; SCHREIBER, 2017, Edição 134).

As lâmpadas LED já estão comprovadas que são mais econômicas, pois consomem menos energia que as outras lâmpadas existentes gerando economia na conta de luz do consumidor e conseguem iluminar melhor o ambiente. Porém devemos observar o que determina a eficiência da iluminação de uma lâmpada e a quantidade de lumens finais do produto.

1.1 Tema

Reduzir os gastos de energia elétrica do Hospital Geral Público de Palmas – HGPP.

1.1.1 Delimitação do Tema

Foi feito o estudo sobre a viabilidade técnica e econômica para substituir as lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED.

1.2 Justificativa

Na iluminação artificial do Hospital foram aplicadas nos ambientes internos lâmpadas fluorescentes que na época eram consideradas mais eficientes e adequadas para os ambientes.

Diante de estudos técnicos e avanços tecnológicos disponível no mercado, hoje essas lâmpadas podem ser substituídas por lâmpadas LED'. Tal tecnologia que pode ser utilizada para reduzir o consumo de energia elétrica.

1.3 Problemática

A eficiência energética é uma alternativa para reduzir os gastos com energia elétrica no HGPP?

1.4 Hipótese Do Trabalho

Foi feito o estudo sobre viabilidade técnica e econômica para substituir as lâmpadas fluorescentes por LED pode gerar uma economia de energia elétrica.

1.5 Objetivos

1.5.1 Geral

Foi feito o estudo de viabilidade técnica e econômica para substituir lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED do HGPP (Hospital Publico de Palmas), iluminação interna. Objetivando a diminuição do consumo de energia

1.5.2- Específicos

-Foi feito o levantamento do consumo, de energia da unidade consumidora;

-Estudou a viabilidade técnica e econômica para substituir as lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED;

-Realizou comparações entre as lâmpadas fluorescentes e lâmpadas LED.

1.6 Metodologia

Nesta pesquisa foi feito um estudo sobre viabilidade técnica e econômica para substituir as lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED no HGPP - Hospital Geral Público de Palmas. As etapas que foram seguidas são: Pesquisa bibliográfica e documental do histórico de consumo e energia elétrica do hospital no primeiro semestre de 2017.

Na segunda fase da pesquisa foram realizados levantamentos de dados, sobre a quantidade de lâmpadas a serem substituídas.

Também foram feitas análises comparativas de preços e eficiência energética das lâmpadas em estudos.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho se estrutura em sete capítulos e referencia bibliográfica.No capítulo2, Revisão literária sobre as histórias das lâmpadas,conceitos luminotécnico, estudos sobre os tipos de lâmpadas comercializados. Apresentação das características e funcionamento das mesmas, com ênfase nas lâmpadas LED e fluorescentes.

No capítulo 3, será apresentado sobre o conceito de eficiência energética no Brasil e a importância da eficiência energética para o setor elétrico.

No capítulo 4, trata da viabilidade técnica,onde foi feito o levantamento do conjuntos de lâmpadas que será substituídas e os ambientes,custos individuais das e consumo em kWh das lâmpadas fluorescentes tubulares e lâmpadas tubulares LED.

No capítulo 5 é apresentada a viabilidade econômica,onde foi feito um levantamento sobre a demanda e o consumo de energia elétrica no Hospital Geral

Público de Palmas,mostrando o modelo tarifário atual e como é feito o faturamento mensal.Com base nestes dados mostrar o faturamentomensal com as lâmpadas LED.

No capitulo 6 são apresentadas as análises comparativas de consumo das lâmpadas fluorescentes tubulares e lâmpadas tubulares LED.

Por fim os resultados mostram o tempo de retorno dos investimentos, adquirindo economia de energia do hospital

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Histórico das Lâmpadas

Em 1879, Thomas Edison (1847-1931) inventor e cientista norte americano, inventou a lâmpadas incandescentes. Este invento reinou por mais de 100 anos, mais começaram serem substituídas parcialmente pelas Lâmpadas fluorescentes. Em 1938, foi inventada pelo engenheiro mecânico e eletrotécnico Sêrvio,Nikola Tesla (1856-1943) as lâmpadas fluorescentes (DAVILA, 2016).

O objetivo dessas grandes invenções era emitir luz quando conectada a energia elétrica. Mais cada lâmpada tem sua forma de luz,a fluorescente funciona através da emissão de energia eletromagnética na forma de luz e a incandescente que possuem filamento e emite calor na forma de luz.

Em busca de produtos mais eficientes as invenções não pararam de surgir. Em 1958 surgiram as lâmpadas halógenas que também funcionam com filamento, mas constituídas por tungstênio e ficam dentro de um compartimento com um gás inerte e uma pequena quantidade de alógeno (bromo ou iodo), com durabilidade maior que as incandescentes (DAVILA,2016).

Os Primeiros estudos sobre o LED foram realizados pelo Russo Oleg Lasev, na década de 20 do século passado. Como não havia aplicação ficou esquecido. No entanto, quem ficou conhecido como o pai do LED foi Nick Holonyak Jr., que em 1962, como funcionário da General Electric, construiu o primeiro LED de

uso prático, porém somente na cor vermelha e com baixa intensidade luminosa (1mcd). O LED de cor amarela surgiu nos fins dos anos 1960 e o LED verde em 1975, com comprimento de onda de 550nm, nos anos 80 os LEDs na cor vermelha com a tecnologia AlInGap e nos anos 90 o LED branco com comprimentos de onda menores, nas cores azul, verde e ciano através da tecnologia InGaN obtendo o LED branco (CAVALIN, 2011, pg., 98).

Foram vários anos de estudos e grandes invenções para chegar a um produto que seja mais eficiente energeticamente. Isto é de suma importância para os dias atuais onde devemos saber utilizar e reutilizar para ser economicamente correto. É notório que com o crescimento industrial e tecnológico as pessoas tem se consumido mais energia. E também atentarmos que se investirmos em equipamentos e lâmpadas eficientes energeticamente estariam reduzindo o consumo desnecessário de energia e evitando a construção de novas usinas hidrelétricas.

Atualmente, o LED substitui eficientemente uma lâmpada ou luminária convencional em áreas externas e internas. Na época das primeiras invenções das lâmpadas o pensamento era apenas de criar produtos que atendesse a necessidade da população como o arco elétrico nos estados unidos desenvolvido para iluminar a cidade de nova York. Hoje, já na concepção do produto pensa-se na capacidade de consumo e os benefícios para o ser humano e danos ao meio ambiente.

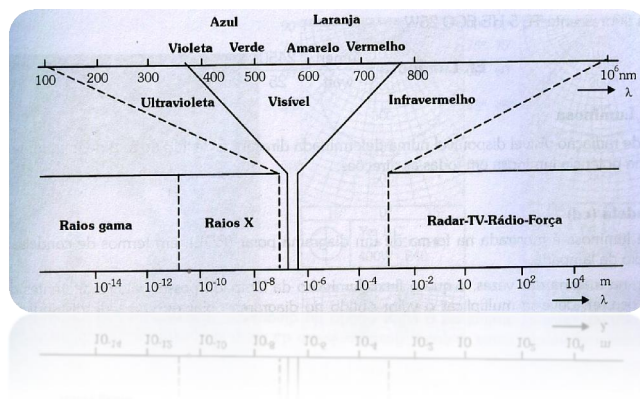
2.2 Conceitos Luminotécnico

2.2.1 Luz

É definida como uma fonte de radiação que emite onda eletromagnética de diferentes comprimentos. Mas somente as ondas de comprimentos definidos são visíveis ao olho humano. As cores violeta e azul são fontes de radiações de menor comprimento de onda. Essas ondas emitem uma sensação luminosa, que é mais intensa quando o ambiente tem pouca luz, principalmente no fim da tarde e à noite. As radiações de maior comprimento de ondas acontecem nas cores vermelho e laranja, que minimizam a sensação luminosa do olho humano quando o ambiente é iluminado com muita luz (MAMEDE, 2007, p.40).

Figura 1.2 apresenta o espectro eletromagnético das ondas de luz visível ao olho humano.

Figura1.2 - Espectro Eletromagnético



Fonte: Cotrin, 2011

As cores violeta, verde, amarelo, vermelho, azul e laranja são visíveis a ao olho humano e está na faixa de 400 a 750 nm.

2.2.2 Iluminância

É a relação de fluxo luminoso que a superfície recebe em torno de um ponto considerado para área da superfície quando está tende a zero. A iluminância também pode ser definida como o nível de iluminamento. Podemos citar alguns níveis de iluminância em certas situações. Um dia de sol de verão com céu aberto a iluminância é de 100.000 lux, em dia de sol encoberto no verão 20.000 lux, em noites de lua cheia sem nuvens 0,25 lux e noite à luz de estrelas 0,001 lux. Como o fluxo luminoso não tem uma distribuição uniforme, apresentando um resultado de diferentes níveis de iluminância em diversos pontos do ambiente há ser iluminado (MAMEDE, 2007, p.41).

A iluminância é determinada pela equação (1) em Lux. E a tabela 1.2 estabelece a iluminância que deve ser mantida (E_m , lux) na superfície de referência para um ambiente, tarefa ou atividade, o índice de limite de ofuscamento (UGRL) é o índice de reprodução de cor mínimo para cada situação. Como o estudo foi feito em um ambiente hospitalar, na tabela 1.2 cita apenas os ambientes hospitalares.

$$E = \frac{F}{S} \text{ (Lux)} \quad (1)$$

Onde

E = Iluminância em lm/m^2 ;

F= Fluxo luminoso em lm ;

S = Área projetada em m^2

Tabela 1.2- Planejamento dos ambientes (áreas), tarefas e atividades com a especificação da iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor.

Tipos de ambiente de tarefa ou atividade	Em(lux)	UGRL	Ra	Observações
1- Locais de Assistência médica				
Salas de espera	200	22	80	Iluminância ao nível do piso
Corredores: durante a noite	50	2	80	Iluminância ao nível do piso
Quartos com claridade	200	22	80	Iluminância ao nível do piso
Escritório dos funcionários	500	19	80	Iluminância ao nível do piso
Enfermarias				
Iluminação geral	100	19	80	Iluminância ao nível do piso
Iluminação de leitura	300	19	80	
exame simples	300	19	80	Iluminância ao nível do piso
Exames e tratamentos	1000	19	80	
Iluminação noturna, iluminação de observação	5	19	80	
Banheiros e toaletes para pacientes	200	22	80	
Salas de exames em geral	500	19	90	
Exames do ouvido e olhos	1000		90	Luminária para exame local
Salas de diálise	500	19	80	
Salas de dermatologia	500	19	90	
Salas de gesso	500	19	80	
Banhos medicinais	300	19	80	
Massagens e radioterapia	300	19	80	
Salas pré-operatórias e salas de recuperação	500	19	80	
Sala cirúrgica	1000	19	90	

Tipos de ambiente de tarefa ou atividade	Em(lux)	UGRL	Ra	Observações
UTI				
Iluminação em geral	100	19	90	No nível do piso
exame simples	300	19	90	No nível do piso
exame e tratamento	1000	19	90	No nível do piso
observação noturna	20	19	90	
Dentistas				
No paciente	1000		90	Valores maiores que 5000 lux podem ser necessários.
Branqueamento dos dentes	5000		90	Tcp>-6000 k
Inspeção de cor (laboratório)	1000	19	90	Tcp>-5000 k
Salas de Esterilização	300	22	80	
Salas de desinfecção	300	22	80	
Salas de autopsia e necrotério	500	19	80	
Mesa de autopsia e mesa de dessecação	5000		90	Valores maiores que 5000 lux podem ser necessários.

Fonte: ISO/CIE 8995-1, 2013

2.2.3 Fluxo Luminoso

É a grandeza característica de um fluxo energético, exprimindo sua aptidão de produzir uma sensação luminosa no ser humano através do estímulo da retina ocular. (lumens/W)(MOREIRA, 2006, p.17).

2.2.4 Eficiência Luminosa

Define-se como eficiência luminosa a relação entre o fluxo luminoso, que é emitido por uma fonte luminosa e a potência consumida por a mesma. A eficiência luminosa da fonte pode variar de acordo como tipo de vidro difusor da luminária(MAMEDE, 2007,p.42). Determinada pela equação(2) em (lumens/W).

Onde

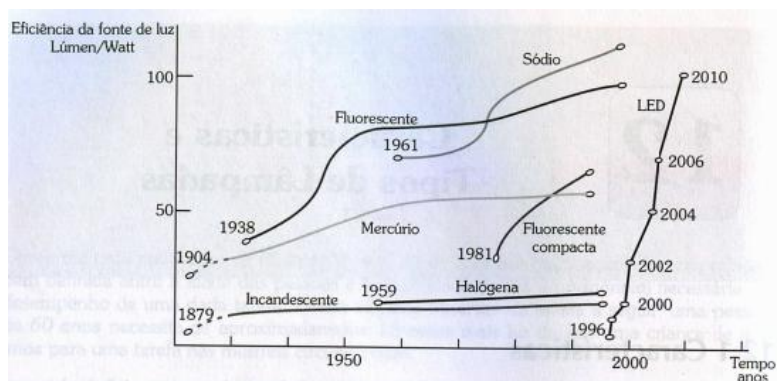
$$\eta = \frac{\Psi}{P_c} \text{ (Lumens/W)} \quad (2)$$

Ψ - Fluxo luminoso emitido em lumens;

P_C -Potência Consumida, em W.

O gráfico 1.2apresenta evolução da eficiência das lâmpadas de 1950 até 2010.

Gráfico 1.2 - Evolução da eficiência (rendimento) das lâmpadas desde 1950.

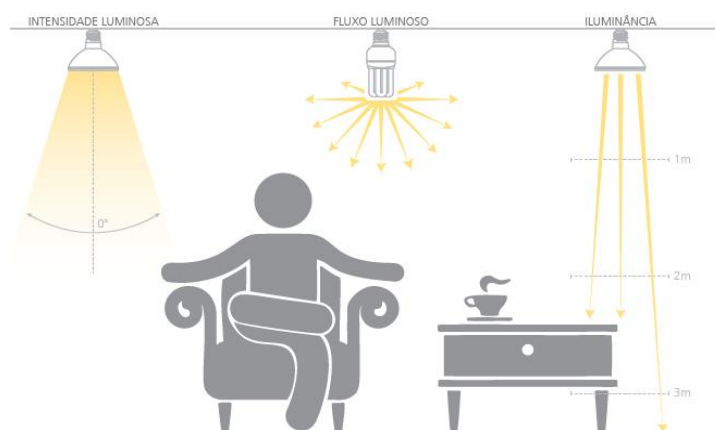


Fonte:Nery 2012

2.2.5 Intensidade Luminosa

É o limite da relação entre o fluxo luminoso em um ângulo sólido em torno de uma direção dada e o valor desse ângulo sólido, quando esse ângulo tende a zero(MAMEDE,2007,p.42). A figura 2representa as diferenças da intensidade luminosa, fluxo luminoso refletida em uma superfície e ambiente.

Figura 2- A Intensidade luminosa, fluxo luminoso e iluminância refletida em uma superfície e ambiente.



Fonte: Catálogo da Empalux (2016).

A Intensidade luminosa pode ser determinada pela Equação (3) em candela.

$$I = \frac{d\psi}{d\beta} \text{ (cd)} \quad (3)$$

2.2.6 Luminância

A luminancia é o limite da relação entre a intensidade luminosa que irradia em uma única direção, uma superfície elementar com um ponto e a área aparente da superfície para uma direção considerada, quando esta área tende a zero (MOREIRA, 1999, p.19). Pode ser determinada pela Equação (4) em candela/m².

$$L = \frac{I}{S \times \cos \alpha} \text{ (CD/m}^2\text{)} \quad (4)$$

Onde

L = Luminância em cd/m²;

I = Intensidade Luminosa em cd;

S = Área projetada em m²;

α = Ângulo entre a superfície iluminada e a vertical, que é ortogonal à direção do fluxo luminoso.

2.2.7 Refletância

A refletância está relacionada com a quantidade de fluxo luminoso refletido em uma superfície e o fluxo luminoso que incide sobre a mesma (MAMEDE, 2007, p.44).

2.2.8 Emitância

É definida como a quantidade de fluxo luminoso emitido por uma fonte superficial por unidade de área (MAMEDE, 2007, p.44).

2.2.9 Índice De Reprodução De Cor (IRC)

É a relação entre Cor real de um objeto ou superfície e a aparência percebida diante de uma fonte luminosa. Esse índice varia de 0 a 100%, sendo que, quanto mais próximo de 100%, maior fidelidade e precisão das cores dos objetos (EMPALUX, p.8, 2017). As figuras 3.2 apresentam como o olho humano veras cores dos objetos de acordo com a luminosidade de cada tipo de lâmpadas.

Figura 3.2 – Índice de Reprodução de Cor das lâmpadas halógenas, incandescentes, LEDs, fluorescentes, metálicas, mista, mercúrio e sódio.



Fonte: Catálogo da Empalux (2017).

2.2.10 Temperatura De Cor

É a aparência cromática da luz emitida por uma determinada fonte luminosa. Quanto mais alta a temperatura de cor, mais branca e a tonalidade da luz emitida (EMPALUX, p.8, 2017). A figura 4.2 representa a cor da luz ideal para cada tipo de ambiente. O índice de reprodução de cor mínimo deve ser conforme a tabela 1.2.

Figura 4.2– Temperatura de cor da luz amarela, neutra e branca.



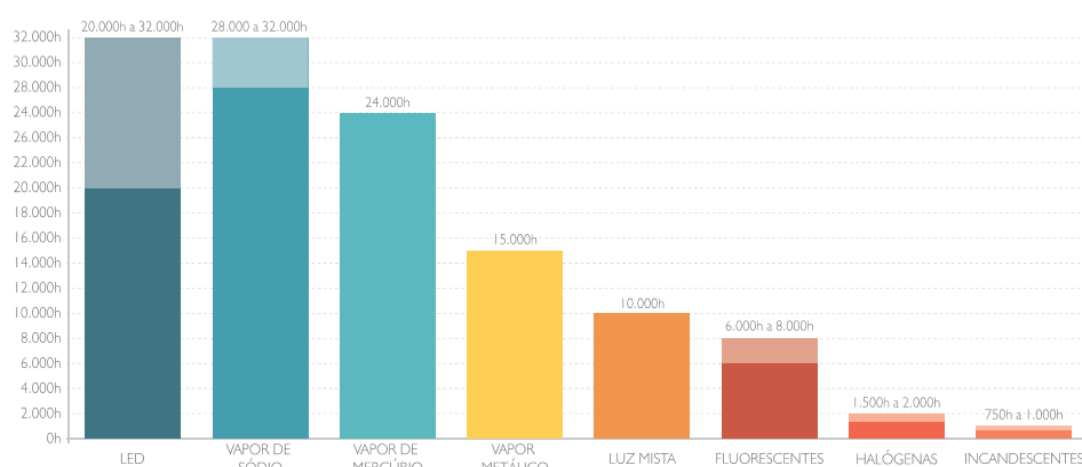
Fonte: Catálogo da Empalux (2017).

Segundo Moreira (1999) a temperatura de cor de aproximadamente 3000 k corresponde a “luz quente” de aparência amarelada. A “luz fria 600 k ou mais, por outro lado, tem uma aparência branco violeta. A “luz branca natural” emitida pelo sol aberto, ao meio dia, tem temperatura de cor de 5800k.

2.2.11 Vida Útil

É a expectativa de durabilidade de uma fonte luminosa. A maior parte das normas da atualidade considera que o término da vida útil de uma fonte luminosa ocorre quando a mesma atinge 70% o fluxo luminoso inicial (LM70) (EMPALUZ,p.8,2017). O gráfico 2.2 demonstra a quantidade de horas que cada tipo de fonte luminosa pode durar.

Gráfico 2.2– Vida útil das lâmpadas LEDs,Vapor de sódio, Vapor de mercúrio, luz mista, fluorescentes, halógenas e incandescentes.



Fonte: Catálogo da Empalux (2017).

2.2.12 Ofuscamento

É a sensação visual produzida por áreas brilhantes dentro do campo de visão, que pode ser um ofuscamento desconfortável (surge diretamente de luminária brilhantes ou janelas) ou um ofuscamento inabilitador (ambiente pouco iluminado, iluminação pontual ou fontes com brilhos intensos) (ISO/CIE 8995, 2013, pg.14). O limite de ofuscamento deve ser de acordo com a tabela 1.2 .

2.2.13 Conforto Visual

A principal responsável pela redução da eficiência visual, a fadiga ocular, pode ser provocada por fatores diretamente subordinados a iluminação. O esforço visual prolongado produz uma dilatação residual na pupila ,só recuperada pelo sono diário. Estudos mostraram que uma iluminação adequada, além de melhorar o conforto visual, reduz a tensão nervosa e os casos de fadiga crônica que levaram

pacientes à insônia ou outros efeitos perturbadores do sistema nervoso (GUERRINI, 2012,pg. 16).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na NBR (Normas Brasileira Técnicas) ISSO/CIE 8.995/2013, uma boa iluminação propicia a visualização do ambiente, permitindo que as pessoas vejam, se movam, com segurança e desempenham tarefas visuais de maneira eficiente, precisa e segura sem causar fadiga visual e desconforto. A iluminação pode ser natural,artificial ou uma combinação de ambos.

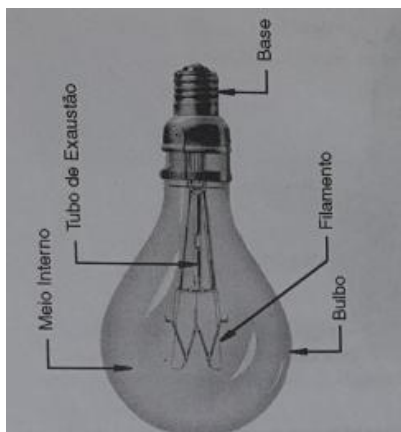
2.3 Tipos de Lâmpadas

As lâmpadas são classificadas de acordo com o processo de emissão de luz e desempenho.

2.3.1 Lâmpadas incandescentes

São compostas por filamentos que na sua composição tem tungstênio,que produz luz quando atinge certa temperatura devido à passagem de corrente elétrica, e também de um bulbo de vidro transparente, translúcido ou opaco, preenchido por uma mistura de gás quimicamente inerte, como o nitrogênio, que evita a oxidação dos filamentos. Essa lâmpada tem uma eficiência luminosa precária e vida útil muito baixa em relação a outras lâmpadas (MAMEDE, 2007, p.44).As principais características construtivas das lâmpadas incandescentes são filamentos, bulbos, meio interno e base. A figura 5.2 demonstra as características construtivas das lâmpadas incandescentes.

Figura 5.2- Características construtivas das lâmpadas incandescentes.



Fonte: Mamede (2007).

Filamento: é feito de tungstênio por possuir um alto ponto de fusão e um baixo ponto de vaporização. Dessa forma, permite o uso de maiores temperaturas de funcionamento e um maior rendimento, em comparação com outros metais(ELEKTRO,2017,p.32).

Bulbo: sua finalidade é isolar o for do meio externo, proteger o conjunto interno, alterar a iluminância da fonte de luz e serve também como forma decorativa. Os bulbos costumam ser feitos de vidro-cal, um tipo de vidro macio e com baixa temperatura de amolecimento; de vidro boro-silicato, um tipo duro que resiste a altas temperaturas, ou ainda de vidro-pirex, resistente a choques térmicos(ELEKTRO,2017,p.32).

Meio interno: o filamento é preservado por mais tempo quando envolto por um gás inerte, normalmente, uma mistura de argônio e nitrogênio. O criptônio é ogás inerte que causa menores perdas, mas, devido ao seu preço, é usado apenasem lâmpadas especiais (ELEKTRO,2017,p.33).

Base: tem por função fixar a lâmpada e conectar o seu circuito de alimentaçãoao sistema elétrico (ELEKTRO,2017,p.33).

A figura 6.2 apresenta algumas cores de lâmpadas incandescentes.

Figura 6.2– Lâmpadas incandescentes do modelo chupeta.



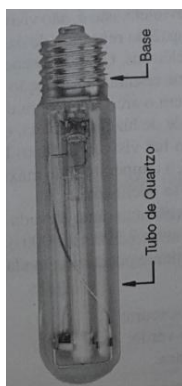
Fonte: Catalogo Empalux (2016).

2.3.2 Lâmpadas Halógenas de Tungstênio

É um tipo aperfeiçoado das lâmpadas incandescentes, constituídas por um tubo quartz, dentro do qual existem um filamento de tungstênio e partículas de iodo, flúor e bromo adicionado ao gás normal (HÉLIO CREDER, 2002, pg.177). O iodo, gás e o tungstênio têm combinação perfeita (produzindo o iodeto de tungstênio). Quando as moléculas passam por um processo de alta temperatura ou passagem de corrente, parte do tungstênio desprende do filamento e retornam ao filamento. Por isso as lâmpadas são mais eficientes do que a incandescente convencional (MAMEDE, 2007, p.45).

A figura 7.2 mostra os componentes externos das lâmpadas halógenas.

Figura 7.2- Componentes externos das Lâmpadas halógenas.



Fonte: Mamede (2007).

As figuras 8.2apresentam alguns modelos de lâmpadas halógenas.

Figura 8.2- Lâmpadas halógenas modelo Palito e Pin.

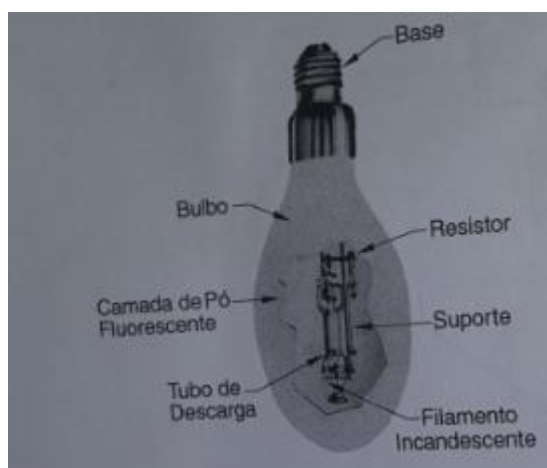


Fonte: catalogo Empalux (2016).

2.3.3 Lâmpadas Mistas

As lâmpadas mistas têm as mesmas características básicas das lâmpadas incandescentes,o seu filamento atua como uma fonte de luz de cor quente, mas ao mesmo tempo funciona como limitador de fluxo de corrente, devido ter em suas ligações internas um resistor. Construtivamente as lâmpadas mistas possuem tubo de descarga a vapor de mercúrio ligado em serie com um filamento de tungstênio, ambos dentro de um bulbo ovóide com paredes internas revestida de uma camada de fosfato de ítrio vanadato (MAMEDE, 2007,p.45). A figura 9.2 abaixo apresenta os componentes das lâmpadas mistas.

Figura 9.2- Componentes de Lâmpadas de luz mista.



Fonte: Mamede (2007).

2.3.4 Lâmpadas de descargas

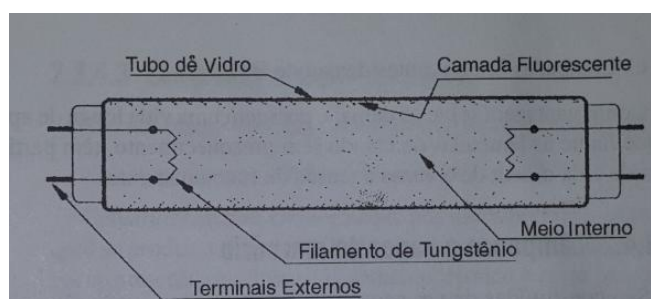
As lâmpadas de descargas, a luz é obtida por uma descarga elétrica contínua em uma mistura de gases ou vapor ionizado. E funciona através de equipamentos auxiliares como reator e ignitor ligado ao circuito elétrico das lâmpadas. Os gases utilizados são o argônio, neônio, xenônio, hélio ou criptônio e os valores de mercúrio e de sódio aditivado. Essas lâmpadas são utilizadas em iluminação residencial, comercial, industrial e em iluminação pública (ELEKTRO, 2017, p.35).

As lâmpadas são classificadas como baixa pressão (mercúrio fluorescente e sódio) e alta pressão (mercúrio, sódio e vapores metálicos). As lâmpadas fluorescentes, a vapor de mercúrio, a vapor de sódio, a vapor metálico são classificadas como de descargas.

2.3.4.1 Lâmpadas fluorescentes

São aquelas constituídas de um longo vidro, cujo interior é revestido por uma camada de fósforo de diferentes tipos. Onde o fósforo que apresenta uma reação química característica de emissão de luz quando ativado por energia ultravioleta, que resulta na descarga no interior do tubo contendo gás argônio e mercúrio que faz o processo de vaporização no instante da partida (MAMEDE, 2007, p.46). A figura 10.2 mostra os elementos básicos de uma lâmpada fluorescente tubular.

Figura 10.2- Lâmpada fluorescente bipino.

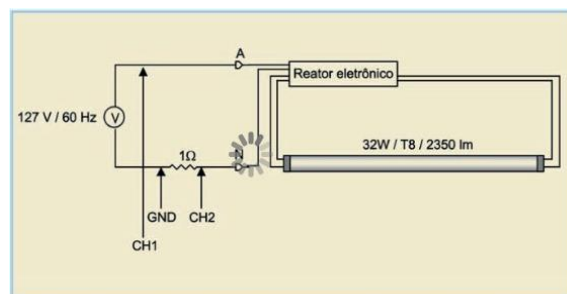


Fonte: Mamede (2007)

As lâmpadas dependem de um reator para funcionar, e no mercado dispõe de dois tipos como o eletromagnético e eletrônico. Os reatores servem para

limitar à corrente e adequar a tensão para o perfeito funcionamento das lâmpadas. A correta aplicação dos reatores garante um melhor desempenho para os projetos elétricos e luminotécnico, contribuindo diretamente para a manutenção do fluxo luminoso e a vida útil da lâmpada (LIGHTING NOW, 2013, p.35). O esquema 1.2 apresenta a montagem elétrica da lâmpada fluorescente.

Esquema 1 – Montagem elétrica das lâmpadas fluorescentes tubular.



Fonte: Arandanet (2015).

As lâmpadas fluorescentes podem ser do tipo tubular, compacta com reator integrada e compacta com reator externo. As tubulares são utilizadas no comércio, indústria e em prédios públicos e os outros tipos de lâmpadas citados podem ser usadas em residências e banheiros de escritório entre outros ambientes de áreas menores. A figura 11.2, 12.2 e 13.2 abaixo apresenta alguns modelos de lâmpadas fluorescentes.

Figura 11.2- Tipos de Lâmpadas fluorescentes tubulares



Fonte: Catálogo Empalux (2016).

Figura 12.2 - Tipos de Lâmpadas fluorescentes Compactas c/ reator integrado.



Fonte: Catálogo Empalux (2016).

Figura 13.2 - Tipos de Lâmpadas fluorescentes Compactas c/ reator externo.

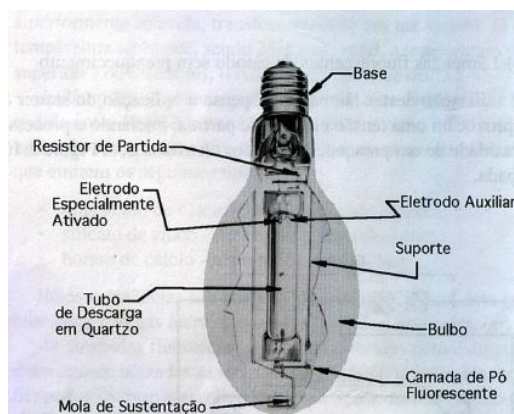


Fonte: Catalogo Empalux (2016).

2.3.4.2 Lâmpada Vapor de Mercúrio

Tem uma aparência branca azulada. A radiação de energia fica na região visível do espectro nos comprimentos de onda de amarelo, verde e azul. Quando se aplica fósforo na camada interna do bulbo consegue-se também o vermelho melhorando a reprodução de cores. Eficiência de 55 – 60 lm/W e IRC de 40 a 48. É utilizada em iluminação pública e indústria (LIGHTING NOW, 2013, p.36). A figura 14.2 apresenta os componentes das lâmpadas de vapor de mercúrio.

Figura 14.2- Lâmpadas de Vapor de Mercúrio.



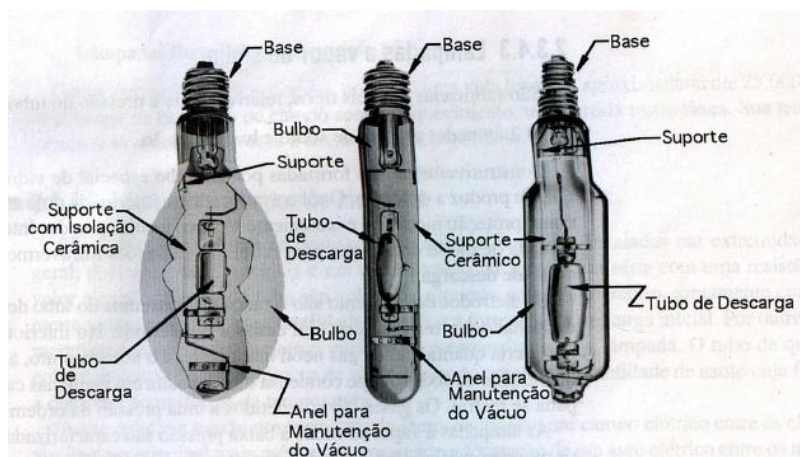
Fonte: Mamede (2007).

2.3.4.3 Lâmpada Vapor Metálico

Similar em construção a lâmpada de mercúrio tendo, porém, um melhoramento substancial na sua eficiência (70 a 95 lm/W) e reprodução de cor (acima de 90). Além do reator, esta lâmpada necessita de uma tensão maior do que a fornecida pela rede para iniciar a descarga. Para isso utilizamos um equipamento auxiliar de partida: O ignitor. Utilizada na iluminação de estádios e ginásios de

esporte, iluminação pública, estacionamentos, etc. (LIGHTING NOW, 2013, p.36).A figura 15.2apresenta os componentesdas lâmpadas de vapor metálico.

Figura 15 - Componente das lâmpadas de vapor metálico.



Lâmpada de vapor metálico

Fonte: Mamede (2007).

As figuras 16.2,17.2 e 18.2apresentam os modelos das lâmpadas de vapor metálico.

Figura 16.2– Lâmpadas de vapor metálico do modelo tubular



Fonte: (Catalogo Empalux, 2016)

Figura 17.2 - Lâmpadas de vapor metálico do modelo ovóide



Tubulares

Fonte: (Catalogo Empalux, 2016).

Figura 18.2- Lâmpadas de vapor metálico do modelo bimetalico.



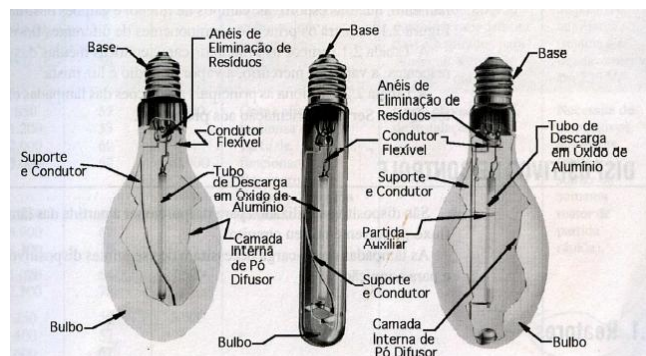
Fonte: (Catalogo Empalux, 2016).

2.3.4.4 Lâmpada Vapor de Sódio

Tem radiação quase monocromática, na faixa do amarelo (570), alta eficiência luminosa (200 lm/W) e longa vida. Muito utilizadas em vias públicas, estacionamentos e galpões onde a necessidade de reprodução de cores não é essencial. Aplicações: Iluminações públicas e demais locais que priorizem a alta eficiência do sistema, uma vez que as lâmpadas de vapor de sódio são as mais eficientes do mercado. Apresentam qualidade de luz regular ($IRC < 25$) (LIGHTING NOW, 2013, p.36).

A figura 19.2 apresenta os componentes das lâmpadas de vapor sódio.

Figura 19.2 - Componente das Lâmpadas de vapor de sódio.



Fonte: Mamede (2007).

Figura 21- Lâmpadas de vapor de sódio ovóide e tubular.



Fonte: Catálogo Empalux (2016).

2.4 Lâmpadas LED ou Tecnologia LED (Light Emitting Diodes)

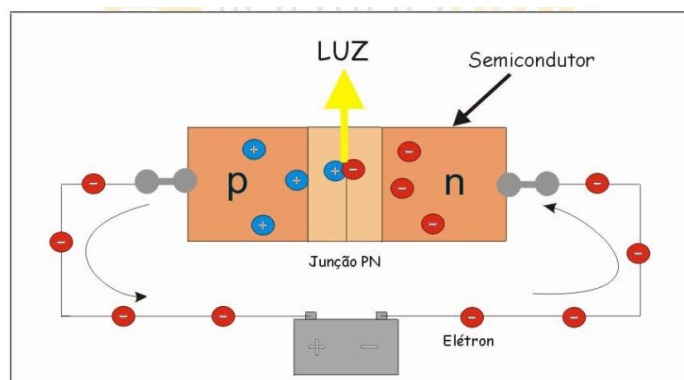
A lâmpada a LED tem como elemento básico o dispositivo eletrônico denominado LED (Light Emitting Diode) ou diodo emissor de luz, isso ela é chamada de lâmpadas eletrônica ou lâmpada de estado sólido (CRUZ, 2012, pg. 258).

Os diodos emissores de luz - dispositivos conhecidos pela abreviatura em língua inglesa LEDs (Light Emitting Diodes) - são fontes luminosas para iluminação artificial. LEDs são semicondutores em estado sólido que convertem energia elétrica diretamente em luz (LIGHTING NOW, 2013, p. 41).

A obtenção da luz através de LEDs ocorre quando os mesmos são diretamente polarizados, permitindo a passagem de uma corrente elétrica. Os elétrons se movem através da junção PN do semicondutor e se recombinam com as lacunas (cargas positivas). Quando as duas cargas são recombinadas, a luz é emitida (LIGHTING NOW, 2013, p. 41).

O esquema 2.2 ilustra a emissão de luz de um LED.

Esquema 2.2- Emissão de luz de um LED.



Fonte: (LIGHTING NOW, 2013).

A tecnologia LEDs (light Emittingdiodes) pode proporcionar alguns benefícios como vida útil maior que as lâmpadas fluorescentes, alta eficiência, baixo consumo de energia, ausência de radiações de infravermelho e ultravioleta, alto índice de reprodução de cores, diferentes disponibilidades de temperatura de cor de K, cores saturadas, dimerizável, diferentes ângulos de aberturas de fecho, pequenas dimensões, aspectos ecológicos, componentes robustos, baixa tensão de operação e acionamentos instantâneos.

-Vida útil: atualmente os LEDsde boa qualidade têm especificações de 20.000h a 50.000h com uma perda do fluxo luminoso de 30%, mesmo conceito empregado pelos fabricantes de lâmpadas tradicionais para definir a sua vida útil lm/W(LIGHTING NOW, 2013,p.42).

-Alta eficiência: hoje os fabricantes de LEDs divulgam eficiências entre 25 a 65 lm/W e já temos divulgação de LEDs em teste com 90 lm/W(LIGHTING NOW, 2013, p.42).

- Baixo consumo de energia: é inerente à tecnologia, pois os LEDs atuais consomem pouco, quando comparados às lâmpadas de mercado. Em instalações comerciais o projeto deve considerar a economia proporcionada pela menor emissão de calor ao ambiente o que resultará em menores gastos com refrigeração(LIGHTING NOW, 2013, p.42).

- **Ausência de radiações de infravermelho:** radiações acima de 780nm é basicamente calor. Não há componentes de comprimento de onda da faixa do infravermelho nos LEDs, portanto a luz emitida por eles é "fria", não alterando as cores dos pigmentos dos objetos iluminados lm/W(LIGHTING NOW, 2013, p.42).

- **Ausência de radiações ultravioletas:** radiações entre 250nm a 380nm são extremamente danosas. O LED branco é fabricado a partir de um chip com emissão azul recoberto com um fósforo amarelo. O comprimento de onda do LED azul é tipicamente de 472nm, portanto não há componentes na faixa de UV lm/W(LIGHTING NOW, 2013, p.42).

- **Alto índice de reprodução de cor:** para os LEDs brancos com temperatura de cor de 3000K, o índice está entre 85 a 90. Já nos LEDs brancos com temperatura de cor em torno de 5000K o índice é 70%. Infelizmente o fluxo luminoso nos LEDs de 3000K é menor que nos de 5000K devido à maior perda introduzida pela camada de fósforo amarelo lm/W(LIGHTING NOW, 2013, p.42).

- **Disponibilidade de temperaturas de cor de 2.700°K a 8000°K:** isto é excelente, pois compatibiliza os LEDs com as temperaturas de cores usuais na indústria iluminação lm/W(LIGHTING NOW, 2013, p.43).

- **Cores saturadas:** o LED emite luz diretamente do material que o compõe em um comprimento de onda específico e monocromático, portanto tem maior saturação lm/W(LIGHTING NOW, 2013, p.43).

- **Dimerização:** é possível, desde que a fonte de alimentação (driver) permita a dimerização, como nos reatores dimerizáveis de lâmpadas fluorescente lm/W(LIGHTING NOW, 2013, p.43).

Custos de manutenção reduzidos: sua vida útil é elevada, permitindo menores custos de reposição, mão de obra, paradas não programadas no serviço, etc.lm/W(LIGHTING NOW, 2013, p.43).

- **Controle de cores:** com LEDs em RGB, dimerizando cada um dos canais, obtém-se, por síntese aditiva, uma infinidade de novas cores(LIGHTING NOW, 2013, p.43).

-Diversidade de ângulos de abertura de fecho: permite aos especificadores escolher os efeitos desejados através do uso de lentes secundáriaslm/W(LIGHTING NOW, dois (LIGHTING NOW, 2013, p.43).

- **Pequenas dimensões:** permite o design de luminárias menores que as tradicionais e introduz novos conceitoslm/W(LIGHTING NOW, 2013, p.43).

- **Aspectos ecológicos:** não se utilizam mercúrio, chumbo e outros materiais considerados como potencialmente danosos ao meio ambiente. Infelizmente o processo de fabricação de LEDs ainda utiliza grandes quantidades de energia para a produção dos semicondutores, fato que é parcialmente compensado pela alta quantidade de chips produzida em relação à energia aplicada ao processo. Outro fator determinante é seu tamanho, reduzindo o impacto do descarte do produto na naturezalm/W(LIGHTING NOW, 2013, p.43).

São componentes bastante robustos: possibilita seu uso em ambientes em que outras fontes de luz necessitariam de proteção extra, como automóvel e aplicações outdoorlm/W(LIGHTING NOW, 2013, p.44).

- **Baixa tensão de operação:** não chega a ser uma vantagem explícita, pois na arquitetura se utiliza um acessório de conversão (fontes de alimentação ou transformadores) da corrente elétrica alternada da rede comercial, mas traz segurança quando os equipamentos são pensados para receber 12 Vca, como por exemplo, em aplicações subaquáticaslm/W(LIGHTING NOW, 2013,p.44).

- **Acionamento instantâneo:** não há a partida lenta de alguns produtos da iluminação tradicional que necessitam de alguns minutos para operar a 100%, como por exemplo, as lâmpadas de descarga (sódio e multi-vapores metálicos)lm/W(LIGHTING NOW, 2013,p.44).

As lâmpadas LED são mais econômicas porque sua eficiência luminosa é maior do que as das outras lâmpadas. Ou seja, gasta menos energia para gerar a mesma iluminação (INMETRO,2017,P.3).O baixo consumo de energia, vida útil mais longa e menor impacto ambiental são as principais características das lâmpadas LED. Regulamentadas pelo Inmetro, elas devem ser certificados, atendendo a

requisitos mínimos com foco no desempenho energético, segurança elétrica e compatibilidade eletromagnética (INMETRO,2017,p.3).

As lâmpadas LED geram menor risco a saúde dos consumidores para o meio ambiente, pois não contêm mercúrio na sua constituição, como é o caso das fluorescentes compactas. Podem inclusive ser descartadas em lixo comum. Elas também possuem várias outras vantagens em relação às outras tecnologias: não emitem radiação ultravioleta e infravermelha (sendo mais confortável para os olhos) e são mais difíceis de quebrar. Mesmo que isso aconteça, um revestimento especial impede que cacos se espalhem pelo ambiente preservando a saúde e a segurança do usuário. (INMETRO, 2017, p.4). As lâmpadas LED, assim como as fluorescentes têm diversos modelos. A figura 22.2 apresenta alguns modelos de formatos bastante conhecidos.

Figura 22.2 – Lâmpadas LED.



Fonte: CatalogoTaschibra(2017).

Figura 23.2 – Lâmpada tubular LED.

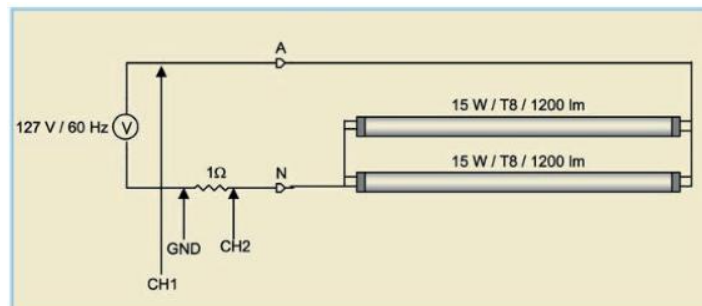


Fonte: CatalogoTaschibra (2017).

As lâmpadas LED seu esquema de ligação é diferente das lâmpadas tubular fluorescentes, não possuem reatores e a ligação é feita através da fase e

neutro diretamente nas lâmpadas. O esquema (3.2) demonstra a ligação das lâmpadas.

Esquema 3.2 – Esquema de ligação das Lâmpadas LED tubulares.



Fonte: Arandanet (2015).

2.4.1 Características construtivas dos LEDs

A tecnologia dos semicondutores desenvolveu um tipo de LED de baixa potência e alto brilho cuja intensidade luminosa é bem próxima à da lâmpada convencional, com a vantagem de trabalhar com potência bem menor e ter uma média muito maior (CRUZ,2012,pg.259).

A luz emitida pelo LED não é monocromática, mas a banda colorida é relativamente estreita. A cor do LED depende do cristal e da impureza de dopagem com que o componente é fabricado. O LED que utiliza o arseneto de gálio emite radiações infravermelhas. Com a dopagem de fósforo o LED, a emissão pode ser vermelha ou amarela, de acordo com a concentração. Se utilizar o fosfeto de gálio com dopagem de nitrogênio, a luz emitida pode ser verde ou amarela. Hoje em dia, com o uso de outros materiais, consegue-se fabricar LEDs que emitem luz azul, violeta e até ultravioleta. O LED branco é obtido através de LED emissores de luz de cor azul, revestidos com uma camada de fósforo do mesmo tipo usado nas lâmpadas fluorescentes, o qual absorve a luz azul e emite luz branca e também os LEDs brancos formados pela junção dos LEDs vermelho (R de red.), um verde (G de gree) e um azul (B de blue) (COTRIN, 2009, pg. 450).

Os LEDs atingem a marca dos 200 lumens de fluxo luminoso, com grande variedade de potências disponíveis em várias cores, responsáveis pelo aumento considerável na substituição de alguns tipos de lâmpadas em várias aplicações de iluminação (CAVALIN, 2011, pag. 98).

Segundo Guerreai (2012) a tensão de operação do LED é variável em função da cor, de 10 a 24 V, e corrente da ordem de 50 mA.

2.4.2 Certificação das lâmpadas LEDs

O futuro do LED é extremamente promissor em todo o mundo e, evidentemente, no Brasil não seria diferente. Mais econômico, duradouro, eficiente e sustentável, já que não leva mercúrio na produção, são diversas as vantagens desse tipo de tecnologia. Estamos dando um importante passo com a certificação, uma demonstração de que, aos poucos, avançamos na construção de um ambiente saudável para o crescimento do LED e desenvolvimento dessa área (SETOR ELÉTRICO, 2017).

3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A eficiência energética pode ser aplicada em vários setores como o comércio, na indústria, residências, órgãos públicos de várias formas, desde a geração de energia até o consumidor final (XI CNEG, 2015, pg.3).

Do início da era eletricidade urbana, na segunda década do século XIX, até o final dos anos de 1960, já no século XX, a questão da eficiência energética não foi considerada. Foram 140 anos de consumo crescente de energia nos edifícios e nas cidades, tanto no setor industrial como nos setores residencial, comercial e público. A questão da eficiência energética foi tratada como assunto de extrema relevância no cenário internacional a partir do início dos anos de 1970 (ROMERO, 2012, pg. XII).

Desde 2001, o Brasil instituiu a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, considerado um instrumento para a indução da eficiência energética. Entende-se que a conservação da energia tem que ter finalidade política energética. A lei tem como objetivo estimular o desenvolvimento tecnológico, a preservação ambiental e a isenção de produtos mais eficientes no mercado nacional (PROCEL, 2017, p.49).

A lei da eficiência energética é o instrumento que determina a existência de níveis mínimos de eficiência energética (o máximo consumo específico de energia) de máquinas e aparelhos consumidores de energia (elétrica, derivados de petróleo ou outros insumos energéticos) fabricados ou comercializados no país, bem como

edificações construídas, com base em indicadores técnicos pertinentes e de forma compulsória (PROCEL, 2017, p.49).

A Eficiência Energética pode ser interpretada como a economia de energia gerada para executar a mesma atividade antes realizada, seja pelo uso de um equipamento mais eficiente (característica técnica), ou mesmo de uma nova tecnologia, ou apenas pelo uso racional da energia (característica comportamental) (EPE, 2007). O mesmo estudo considera que a “substituição energética” de uma fonte por outra menos nobre, como é o caso da energia elétrica por energia solar para gerar energia térmica, gera uma eficiência energética no sentido da prioridade do uso de fontes mais econômicas ou menos competitivas (característica de substituição energética) (EPE, 2007).

Diante dos estudos e normatização, podemos afirmar que para tornarem-se eficientes energeticamente e conservar energia, não precisamos parar de utilizar equipamentos ou ter um ambiente bem iluminado. Precisa-se apenas de termos equipamentos e lâmpadas que consume menos energia, ou seja, eficientes energeticamente.

4 ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA PARA SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES POR LÂMPADAS LED

4.1 Viabilidade Técnica

Neste capítulo é feito o estudo que visa analisar a viabilidade técnica para substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED e também sobre o consumo de energia elétrica no HGPP (Hospital Geral Público de Palmas), mostrando a diferença de consumo das lâmpadas fluorescentes e as lâmpadas LED.

Diante deste estudo, pretende-se buscar mais eficiência elétrica no sistema elétrico. Os métodos de cálculos utilizados para analisar os custos das lâmpadas encontram-se no “Sistema de Preços Custos e Índices” - SINAPI da Caixa Econômica Federal.

Para obter os resultados dos estudos proposto no início do trabalho, foi feita o quantitativo de lâmpadas e reatores. As composições de preço unitário utilizadas para a obtenção dos valores foram: Retirada de Lâmpadas e reatores, Lâmpadas fluorescentes de 32 W, 20 W e Lâmpadas LED de 18 W e 8 W. Somente

haverá necessidade de retirar as lâmpadas e os reatores, as luminárias utilizarão as mesmas, considerando que as lâmpadas tubulares LED não funcionam através de reatores, a ligação é feita na sua alimentação, ou seja, diretamente com a rede elétrica.

Para que o proposto acima aconteça, foi feita o levantamento de quantidade de lâmpadas e reatores a serem substituídos. A quantidade de Lâmpadas é de 3.728 Lâmpadas e 1864 reatores por 3.728 lâmpadas LED. A Tabela 1.4 mostra algumas informações necessárias para os cálculos:

Tabela 2- Custo individual das lâmpadas fluorescentes e LED e Retirada das lâmpadas fluorescentes e reatores.

Descrição	Unidade	Preço unitário
Lâmpada Fluorescente Tubular 20 W	Un.	R\$ 10,41
Lâmpada LED Tubular 8 W	Un.	R\$ 24,58
Lâmpada Fluorescente Tubular 32 W	Un.	R\$ 13,81
Lâmpada LED Tubular 18 W	Un.	R\$ 72,31
Retirada de Lâmpadas tubulares	Un.	R\$ 0,63
Retirada de Reatores	Un.	R\$ 11,83

Fonte: Autora 2017

Os custos unitários foram obtidos através da utilização das composições de preço do “SINAPI” onde utilizamos as quantidades de mão-de-obra e o valor das lâmpadas foram obtidas no mercado local.

4.1.1 Consumo das Lâmpadas fluorescente tubular e Lâmpadas tubulares LED

As lâmpadas LED tubular em estudo consomem uma potência de 18 W que é equivalente a potência de 32 W das lâmpadas fluorescentes e as lâmpadas de LED de 8 W equivalem a lâmpada fluorescente de 20 W.

A Tabela 3 e 4 mostram os ambientes onde foram feitos os levantamentos, a descrição das lâmpadas, quantitativo de lâmpadas e a potência consumida na ponta e fora de ponta. Foi analisado o tempo de funcionamento de cada ambiente.

Os valores das potências consumidas foram obtidos através da equação

4.

$$\text{Potência consumida} = PL \times QL \times QH \times QD \quad (4)$$

PL- Potência da lâmpada em (kW);

QL- Quantidade de lâmpadas;

QH= Quantidade de hora que o ambiente funciona na ponta e fora de ponta;

QD- Quantidade de dia que o ambiente funciona.

Tabela 2.4—Setor, descrição e quantidade de lâmpadas fluorescentes e potências na ponta e fora de ponta

Setor	Descrição	Quant.	Potência (kW)	
			Fora de ponta	Ponta
Pronto socorro	Lâmpadas 32 W	288	1.016,70	514,56
	Lâmpadas 20 W	2	26,16	2,4
Laboratório	Lâmpadas 32 W	66	1.258,88	111,36
Fundação pró-rim	Lâmpadas 32 W	122	1.016,70	55,04
Hemocentro	Lâmpadas 32 W	270	1.499,52	60,16
	Lâmpadas 20 W	14,00	24,64	0
Térreo/internação	Lâmpadas 32 W	128	2.155,26	71,68
	Lâmpadas 20 W	2	26,16	2,4
Imagenologia	Lâmpadas 32 W	182,00	2.692,22	44,80
ADM	Lâmpadas 32 W	138	806,78	-
Ambulatório	Lâmpadas 32 W	192,00	2.096,38	197,12
Cozinha	Lâmpadas 32 W	124	2.355,07	218,88
Farmácia	Lâmpadas 32 W	84	834,56	61,44
Lavanderia	Lâmpadas 32 W	128,00	2.302,85	203,52
Central de Energia	Lâmpadas 32 W	108,00	1.088,13	46,08
2º Piso	Lâmpadas 32 W	320,00	3.561,41	163,84
1º Piso	Lâmpadas 32 W	382,00	5.403,14	340,48
Centro Cirúrgico	Lâmpadas 32 W	332,00	5.878,14	481,28
	Lâmpadas 20 W	14,00	119,04	9,60
Oncologia	Lâmpadas 32 W	70,00	533,89	37,12
UTI adulta	Lâmpadas 32 W	180,00	3.385,73	291,84
	Lâmpadas 20 W	2,00	2,40	-
Térreo	Lâmpadas 32 W	564,00	4.606,21	37,12
	Lâmpadas 20 W	16,00	209,28	379,00
TOTAL GERAL		3.728,00	42.899,26	3.329,72

Fonte:A autora 2017

Tabela 3.4 – Setor, descrição e quantidade de lâmpadas LED e potências na ponta e fora de ponta.

Setor	Descrição	quant.	Potência (kW)	
			Fora de ponta	Ponta
Pronto socorro	Lâmpadas 20 W	288	635,44	321,60
	Lâmpadas 8W	2	10,46	0,96
Laboratório	Lâmpadas 20 W	66	786,80	69,60
Fundação pró-rim	Lâmpadas 20 W	122	635,44	34,40
Hemocentro	Lâmpadas 20 W	270	937,20	37,60
	Lâmpadas 8W	14,00	9,856	-
Térreo/internação	Lâmpadas 20 W	128	1.347,04	44,80
	Lâmpadas 8W	2	10,464	0,96
Imagenologia	Lâmpadas 20 W	182,00	1.682,64	28,00
ADM	Lâmpadas 20 W	138	504,24	-
Ambulatório	Lâmpadas 20 W	192,00	1.310,24	123,20
Cozinha	Lâmpadas 20 W	124	1.471,92	136,8
Farmácia	Lâmpadas 20 W	84	521,60	38,4
Lavanderia	Lâmpadas 20 W	128,00	1.439,28	127,20
Central de energia	Lâmpadas 20 W	108,00	680,08	28,80
2º Piso	Lâmpadas 20 W	320,00	2.225,88	102,40
1º Piso	Lâmpadas 20 W	382,00	3.376,96	212,80
Centro Cirúrgico	Lâmpadas 20 W	332,00	3.673,84	300,80
	Lâmpadas 8W	14,00	47,62	3,84
Oncologia	Lâmpadas 20 W	70,00	333,68	23,20
UTI adulta	Lâmpadas 20 W	180,00	2.116,08	182,40
	Lâmpadas 8 W	2,00	0,96	-
Térreo	Lâmpadas 20 W	564,00	2.878,88	23,20
	Lâmpadas 8 W	16,00	83,71	379,00
Total geral		3.728,00	26.720,31	2.219,96

Fonte: A autora 2017

A diferença de consumo entre as lâmpadas fluorescentes tubular e as lâmpadas LED é de 16.178,97 W fora de ponta (21:00 - 18:00) e 1.109,76 na ponta (18:00-21:00) de potência consumida, foi considerado a mesma quantidade de lâmpadas e horas de funcionamento dos setores da tabela 2.4 e 3.4. Na tabela 4.4 mostra a diferença do fluxo luminoso e eficiência luminosa das lâmpadas fluorescentes e lâmpadas LED.

Tabela 4.4 – Fluxo luminoso e Eficiência luminosa das lâmpadas fluorescentes e lâmpadas LED

Descrição	Fluxo luminoso(lm)	Eficiência luminosa (lm/W)
Lâmpadas fluorescentes -36 W	2300	64
Lâmpadas fluorescentes - 20 W	1100	55
Lâmpadas LED - 18 W	1854	103
Lâmpadas LED - 8 W	690	87

Fonte: Adaptação,2017.

Uma boa lâmpada irá iluminar bem consumindo pouca energia, ou seja, terá uma alta taxa de lumens e um baixo valor de watts. A unidade que mede sua eficiência luminosa, ou rendimento luminoso, é expresso em lm/W, ou seja, lumens /watts. Esse valor indica quantos lúmens uma lâmpada produz a cada watt de energia que ela consome. O ideal é sempre identificar esse número e optar pela lâmpada que emitir maior quantidade de lúmens consumindo a menor quantidade de energia.

Os fatores que se tornam tecnicamente viável a substituição das lâmpadas florescentes por lâmpadas LED, além do baixo consumo apresentado na tabela 3.4, as mesmas tem uma vida útil maior que a lâmpada fluorescente aproximadamente de 25.000 horas, alta eficiência, ausência de radiações de infravermelho e ultravioleta, alto índice de reprodução de cores, diferentes disponibilidades de temperatura de cor de K, cores saturadas, dimerizável, diferentes ângulos de aberturas de fecho, pequenas dimensões, aspectos ecológicos, componentes robustos, baixa tensão de operação e acionamentos instantâneos.

O acionamento instantâneo significa que não há necessidade de reatores para o seu funcionamento, pois é ligada diretamente na alimentação da rede. E também pode aproveitar a mesma luminária das lâmpadas fluorescentes.

5 VIABILIDADE ECONÔMICA

Neste capítulo é feito um estudo sobre a demanda e o consumo de energia elétrica no HGPP- Hospital Geral Público de Palmas, mostrando o modelo tarifário atual e o faturamento mensal. Após esse passo é feito também um estudo sobre o custo com lâmpadas tubulares fluorescentes e lâmpadas tubulares LED. Depois é feito uma comparação entre as lâmpadas. Com isso será possível

constatar se é viável a substituição das lâmpadas tubulares fluorescentes por lâmpadas tubulares LED

5.1 Tarifas de Energia Elétrica em Sistemas Elétricos de Distribuição

A Normativa 414/2014 § XVII – consumidor: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, legalmente representado, que solicite o fornecimento, a contratação de energia ou o uso do sistema elétrico à distribuidora, assumindo as obrigações decorrentes deste atendimento à(s) sua(s) unidade(s) consumidora(s), segundo disposto nas normas e nos contratos. Os consumidores são divididos em dois grupos, em função da tensão de fornecimento de energia elétrica, chamados de Grupo A e Grupo B.

5.1.1- Consumidores de Energia do Grupo A

Grupo A é o grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômia e subdividido nos seguintes subgrupos

Tabela 1.5– Subgrupo A

Subgrupo	Tensão de fornecimento
A1	Igual ou superior a 230 kV
A2	De 88 kV a 138 kV
A3	De 69 kV
A3a	Entre 30 kV a 44 kV
A4	Entre 2,3 kV a 25 kV
As	Inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição

Fonte: Normativa 414/2010

5.1.2- Consumidores de Energia do Grupo B

O grupo B é o grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômia e subdividido nos seguintes subgrupos:

Tabela 2.5 – Subgrupo B

Subgrupo	Tipo de Unidade Consumidora
B1	Residencial
B2	Rural
B3	Demais classes
B4	Iluminação Pública

Fonte: Normativa 414/2010

5.2 Modalidades Tarifárias

As modalidades tarifárias são um conjunto de tarifas aplicáveis aos componentes de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência ativas. As unidades consumidoras pertencentes ao Grupo A pagarão conforme contrato firmado com a concessionária pelos valores de energia (kWh) e demanda (kW) nas opções de tarifas Convencional, Azul ou Verde.

Os critérios de inclusão na estrutura tarifária convencional ou horo-sazonal aplicam-se conforme as condições estabelecidas na Tabela 5.3.

Tabela 3.5 - Enquadramento tarifário para unidades consumidoras do Grupo A

Tensão de Fornecimento	Demanda	Opção Tarifária	Tarifa
Inferior a 69kV	Superior a 75 kW e igual ou inferior 2.500 kW	Estrutura tarifária convencional	Convencional
		Estrutura tarifária horo-sazonal	Verde
			Azul
Igual ou superior a 69kV	Superior a 2.500 kW	Estrutura tarifária horo-sazonal	Azul
		Estrutura tarifária horo-sazonal	Verde

Fonte: Resolução 414/2010

Como no HGPP- Hospital Público Geral Público de Palmas e atendido com tensão inferior a 69kV, e sua demanda contratada é inferior a 2.500kW em qualquer modalidade tarifária, existem duas opções para a escolha da estrutura tarifária em seu contrato de fornecimento: estrutura tarifária verde ou azul. Atualmente, a modalidade escolhida é a tarifa verde.

5.2.1 Tarifa Convencional monômnia

É uma modalidade tarifária aplicada às unidades consumidoras do grupo B, caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia.

Assim, o faturamento mensal é dado por:

Tabela 4.5 - Faturamento na tarifa convencional

Demanda	$D(R\$) = \frac{Dr * Td}{1 - ICMS}$
Consumo	$Cr(R\$) = \frac{Cr * Tc}{1 - ICMS}$
Preço	$Pc(R\$/kWh) = \frac{C(R\$) + D(R\$)}{Cr}$

Sendo que:

Dr – Demanda registrada em kW;

Td – Tarifa de demanda em R\$ / kW;

Cr – Consumo registrado em kWh;

Tc – Tarifa de Consumo em R\$ / kWh;

ICMS – Taxa de ICMS.

5.2.2 Tarifa horária branca

É a modalidade tarifária aplicada às unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1, caracterizadas por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia.

5.2.3 Tarifa Convencional binômnia

É a modalidade tarifária aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia.

5.2.4 Estrutura Horo-sazonal

5.2.4.1 Tarifa Horo-sazonal

Devido às características de comportamento da carga ao longo do dia e ao longo do ano, foi concebida uma estrutura tarifária denominada horo sazonal.

Estrutura caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, conforme especificação a seguir:

- Horário de ponta (P): período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão, com exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi, e os feriados nacionais ;
- Horário fora de ponta (F): período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta;
- Período úmido (U): período de 5 (cinco) ciclos de faturamento consecutivos, referente aos meses de dezembro de um ano a abril do ano seguinte;
- Período seco (S): período de 7 (sete) ciclos de faturamentos consecutivos, referente aos meses de maio a novembro.

A concessionária local, Energisa, que fornece energia ao HGPP- Hospital Geral Público de Palmas, adota como horário de ponta às três horas consecutivas entre as 18h00minhoras e as 21h00min horas.

5.2.4.2 Tarifa azul

É uma modalidade caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, assim como de tarifas diferenciadas de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia.

Nesta estrutura, existem preços variados tanto para demanda quanto para energia, como mostra tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Estrutura tarifaria horo-sazonal azul

Demanda (R\$)/KW	Horário fora de ponta	Preço-Tdfp	
	Horário de ponta	Preço-Tdp	
Energia(R\$)/kW h	Período úmido	Horário fora de ponta	Preço- Tcfp
		Horário de ponta	Preço- Tcp
	Período seco	Horário fora de ponta	Preço- Tcfp
		Horário de ponta	Preço- Tcp

Fonte: Resolução 414/2010

O faturamento na estrutura horo sazonal Azul, de acordo com o período do ano (seco ou úmido), o preço mensal da energia é dado por:

Tabela 6.5 - Faturamento na tarifa azul

Demanda Fora de ponta	$D_{fp}(R\$) = \frac{D_{rfp} \cdot T_{dfp}}{1 - (ICMS + PIS + COFINS)}$
Demanda da Ponta	$D_p(R\$) = \frac{D_{rp} \cdot T_{dp}}{1 - (ICMS + PIS + COFINS)}$
Consumo Fora da Ponta	$D_{fp}(R\$) = \frac{D_{rfp} \cdot T_{cfp}}{1 - (ICMS + PIS + COFINS)}$
Consumo na Ponta	$D_p(R\$) = \frac{D_{rp} \cdot T_{cp}}{1 - (ICMS + PIS + COFINS)}$
Faturamento Mensal	$P(R\$) = \frac{C_{fp}(R\$) + C_p(R\$) + D_{fp}(R\$) + D_p(R\$)}{Cr_{fp} + Cr_p}$

Fonte: Manual Tarifário 2016

Sendo que:

D_{rfp} – Demanda registrada no horário fora de ponta em kW;
 T_{dfp} – Tarifa de demanda no horário fora de ponta em R\$ / kW;
 D_{rp} – Demanda registrada no horário de ponta em kW;
 T_{dp} – Tarifa de demanda no horário de ponta em R\$ / kW;
 Cr_{fp} – Consumo registrado no horário fora de ponta em kWh;
 T_{cfp} – Tarifa de Consumo no horário fora de ponta em R\$ / kWh;
 Cr_p – Consumo registrado no horário de ponta em kWh;
 T_{cp} – Tarifa de Consumo no horário de ponta em R\$ / kWh;
ICMS – Taxa de ICMS;
COFINS – Taxa COFINS;
PIS – Taxa PIS.

5.2.4.3 Tarifa verde

É uma modalidade caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, assim como de uma única tarifa de demanda de potência.

Nesta estrutura existe um preço único para a demanda, e preços variados para a energia, conforme é visto no esquema abaixo.

Tabela 7.5 - Estrutura tarifaria horo-sazonal verde

Demanda (R\$) /KW	Preço únicoTd		
Energia (R\$) /kWh	Período úmido	Horário fora de ponta	Preço - Tc _{fp}
		Horário de ponta	Preço- T _{cp}
	Período seco	Horário fora de ponta	Preço- Tc _{fp}
		Horário de ponta	Preço- T _{cp}

Fonte: Resolução 414/2010

O faturamento na estrutura horosazonal Verde, de acordo com o período do ano (seco ou úmido), é dado por:

Tabela 8.5 - Faturamento na tarifa verde

Demanda Fora de ponta	$D_{fp}(R\$) = \frac{Dr_{fp} \cdot T_{dfp}}{1 - (ICMS + PIS + COFINS)}$
Demanda da Ponta	$D_p(R\$) = \frac{Dr_p \cdot T_{dp}}{1 - (ICMS + PIS + COFINS)}$
Consumo Fora da Ponta	$D_{fp}(R\$) = \frac{Dr_{fp} \cdot T_{c_{fp}}}{1 - (ICMS + PIS + COFINS)}$
Consumo na Ponta	$D_p(R\$) = \frac{Dr_p \cdot T_{cp}}{1 - (ICMS + PIS + COFINS)}$
Faturamento Mensal	$P(R\$) = \frac{C_{fp}(R\$) + C_p(R\$) + D_{fp}(R\$) + D_p(R\$)}{Cr_{fp} + Cr_p}$

Fonte: Manual Tarifário 2016

Sendo que:

Dr_{fp} – Demanda registrada no horário fora de ponta em kW;
T_{dfp} – Tarifa de demanda no horário fora de ponta em R\$ / kW;
Dr_p – Demanda registrada no horário de ponta em kW;
T_{dp} – Tarifa de demanda no horário de ponta em R\$ / kW;
Cr_{fp} – Consumo registrado no horário fora de ponta em kWh;

Tcfp – Tarifa de Consumo no horário fora de ponta em R\$ / kWh;
 Crp – Consumo registrado no horário de ponta em kWh;
 Tcp – Tarifa de Consumo no horário de ponta em R\$ / kWh;
 ICMS – Taxa de ICMS;
 COFINS – Taxa COFINS;
 PIS – Taxa PIS.

5.3 Histórico de Consumo de Energia do HGPP

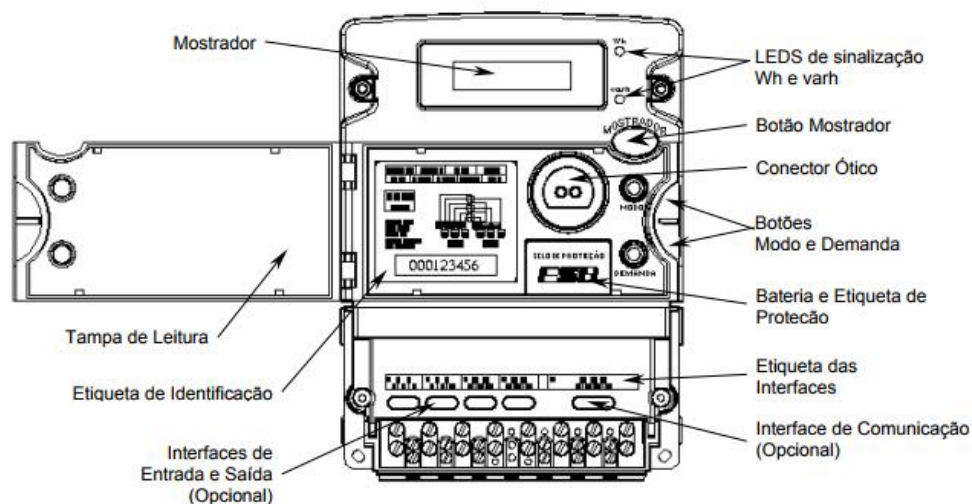
Atualmente o Hospital é alimentada por um ramal subterrâneo proveniente da rede aérea da concessionária Energisa com uma tensão de 13,8kV. Possui uma subestação com capacidade para atender uma carga de 4050 kVA e hoje sua demanda contratada é de 1300 kW e esta enquadrada no grupo A, subgrupo A4 na modalidade tarifária verde.

5.3.1 Medição de Energia

A aquisição dos dados de energia consumida e potência demandada perante a concessionária são realizadas utilizando um medidor eletrônico de energia SAGA1000 específico para a modalidade tarifária horo-sazonal indutivo e fora de ponta capacitivo.

Os medidores SAGA1000 (figura 1.5) são medidores eletrônicos de energia elétrica indicados para medição de fronteira ou faturamento de energia ativa e reativa (quatro quadrantes) e demanda, em diferentes postos horários e períodos do ano, de forma a cobrir as atuais tarifas praticadas no mercado de energia elétrica. Cumpre com as normas ABNT e atende as exigências de medição e comunicação do CCEE (Câmara Comercializadora de Energia Elétrica) e do ONS (Operador Nacional do Sistema).

Figura 1.5 – Vista frontal e identificação das partes do SAGA1000



Fonte: www.reativa.com/img.2017

5.3.2 Consumo e demanda durante do primeiro semestre de 2017

Para possibilitar a análise técnica e econômica para substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas tubulares LEDo HGPP(Hospital Geral Público de Palmas),neste item levantou-se o consumo de energia do primeiro semestre de 2017, bem como a demanda. A tabela9.5mostra esse consumo.

Tabela 9.5 - Apresenta o Consumo de Energia do primeiro semestre de 2017.

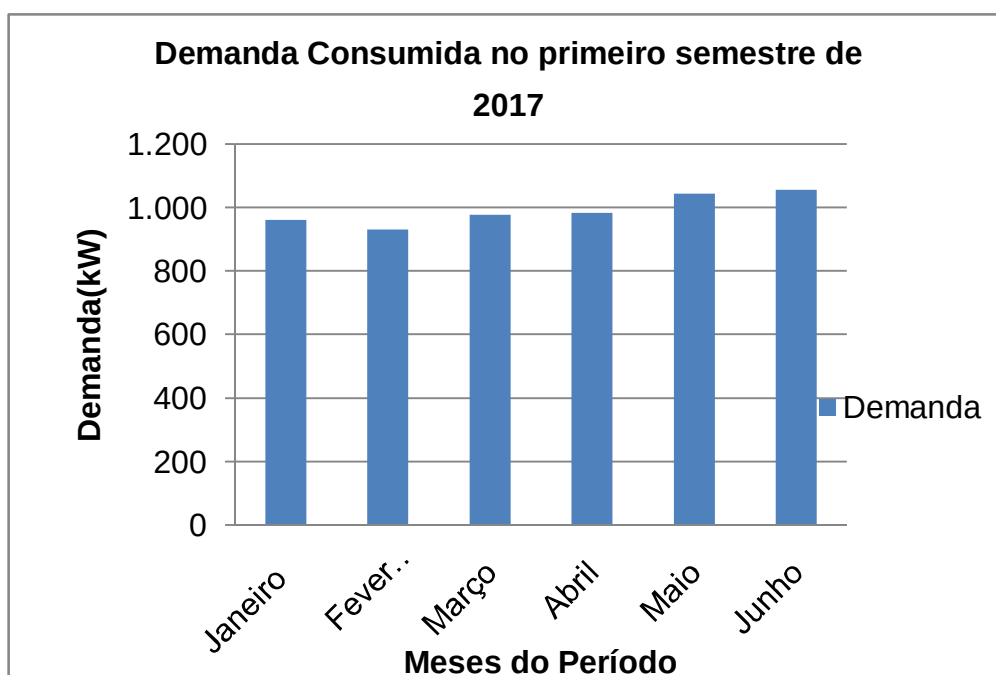
Mês	Ponta	Fora de Ponta
	Consumo (kWh)	Consumo (kWh)
Janeiro	50.074,00	481.471,00
Fevereiro	41.465,00	422.647,00
Março	53.907,00	488.742,00
Abril	44.167,00	499.596,00
Maio	58.222,00	547.373,00
Junho	54.087,00	506.801,00

FONTE: Coordenação de Manutenção do HGPP/2017

O gráfico 1.5mostra a demanda das potências consumida no HGPP(Hospital Geral Público de Palmas) no período de 6 meses.

O mês de maio apresenta o maior consumo e o mês de fevereiro menor consumo.

Gráfico 2.5– Demanda de Potência Consumida no primeiro semestre de 2017



FONTE: Coordenação de Manutenção do HGPP/2017

A demanda maior registra foi no mês de maio e a menor demanda no mês de fevereiro

O preço sem imposto do consumo de energia elétrica e demanda para consumidores dos Grupos A são dados na tabela 10.5.

Tabela 10.5- Preço das tarifas na modalidade tarifária verde

MODALIDADE TARIFÁRIA HORÁRIA VERDE							
SUB-GRUPO	CLASSES	TUSD+TE					
		DEMANDA (R\$/kW)		ULTRAPASSAGEM		CONSUMO (R\$/kWh)	
		PONTA	F. PONTA	PONTA	F. PONTA	PONTA	F. PONTA
A3A (30A 44 KV)	Serviço público		22,05		51,88	1,82	0,22
	Rural		23,35		51,88	1,92	0,24
	Rural irrigação						0,05
	Demais classes		25,94		51,88	2,14	0,26
A4 (2,3A 25 KV)	Serviço público		22,05		51,88	1,82	0,22
	Rural		23,35		51,88	1,92	0,24
	Rural irrigação						0,05
	Demais classes		25,94		51,88	2,14	0,26

Fonte: www.energisa.com.br, 2017.

Na Tabela 5.9 podemos observa que o valor do kWh no horário de ponta(18h as 21h) é cerca de 8 vezes mais caro que do horário fora de ponta.

Os valores de demanda contratada (em kW) são independentes do consumo registrado (em kWh). Quando a unidade consumidora ultrapassa em mais de 5% da demanda contratada, o consumidor pagará multa sobre o excesso calculado pela tarifa de ultrapassagem. O valor da tarifa de ultrapassagem é duas vezes o valor da tarifa básica, tanto para o horário fora de ponta quanto para o horário de ponta.

5.3.3 Faturamento de Energia

O faturamento é feito mensalmente e os valores são calculados separadamente valores diferentes para horários de ponta, fora de ponta e as demandas de acordo com os valores determinados pela ANEEL. Apesar de possuir preços diferenciados de energia elétrica para os períodos do ano. Os cálculos de faturamento foram feitos de acordo com o valor da tarifa de cada mês, com o acréscimo dos impostos de COFINS e PIS e ICMS, no caso do HGPP- Hospital Geral Público de Palmas é isento, por ser um órgão público estadual.

Para o faturamento do primeiro semestre de 2017 (Janeiro de 2017 a Junho de 2017) foram calculados os preços para horário fora de ponta e ponta. E os resultados somados com a demanda estão na tabela 11.5:

Tabela 11.5– Faturamento do primeiro semestre de 2017

Mês	HORÁRIO DE PONTA		HORÁRIO FORA DE PONTA		Total mensal(R\$)
	Consumo (kWh)	Preço(R\$)	Consumo (kWh)	Preço(R\$)	
Janeiro	50.074,00	104.976,96	481.471,00	161.336,59	266.313,54
Fevereiro	41.465,00	86.042,92	422.647,00	144.190,84	230.233,75
Março	53.907,00	109.968,76	488.742,00	158.488,38	268.457,14
Abril	44.167,00	89.530,85	499.596,00	137.904,62	227.435,47
Mai	58.222,00	127.386,53	547.373,00	182.304,32	309.690,85
Junho	54.087,00	116.489,97	506.801,00	167.674,10	284.164,06
TOTAL	301.922,00	634.395,98	2.946.630,00	951.898,83	1.586.294,81

FONTE: Coordenação de Manutenção do HGPP/2017

As tarifas do primeiro semestre de 2017 (Janeiro de 2017 a Junho de 2017) foram calculadas com o acréscimo dos impostos de COFINS e PIS, considerando os preços para horário fora de ponta e ponta. E os resultados estão na tabela 12.5.

Tabela 12.5 – Cálculos das tarifas do primeiro semestre de 2017

TARIFA						
Ponta			Fora de Ponta			
Mês	Consumo (R\$)	Energia reativa (R\$)	Consumo (R\$)	Energia reativa (R\$)	Demanda de potência consumida (R\$)	Demanda de potência não consumida (R\$)
Janeiro	2, 20465	0, 24277	0, 26859	0, 24277	25, 29135	25, 29135
Fevereiro	2, 18345	0, 24044	0, 26601	0, 24044	25, 04825	25, 04825
Março	2, 13964	0, 24044	0,2607	0, 23561	24, 54564	24, 54564
Abril	2, 13766	0, 23561	0,2129	0, 18661	25, 15189	25, 15189
Maio	2, 27581	0, 24571	0, 27249	0, 24571	26,1709	26, 17079
Junho	2, 22721	0, 24047	0, 26662	0, 24047	25, 61196	25, 61196

FONTE: Coordenação de Manutenção do HGPP/2017

5.3.1 Custos Com as Lâmpadas Fluorescentes e Faturamento Mensal

As Lâmpadas fluorescentes tubulares tem um custo unitário, é muito atrativo em relação as lâmpadas fluorescentes tubulares LED. A lâmpada de 20 W é R\$ 14,01 mais barato do que a fluorescente LED de 8 W e a de 32 W R\$ 58,50 mais barata do que a lâmpada LED 18 W .

As lâmpadas fluorescentes apesar de serem baratas, apresentam algumas desvantagens em relação as lâmpadas LED. As fluorescentes consomem mais energia e não tem uma vida útil de aproximadamente 6.000 horas e a LED de 25.000 horas. Na tabela 13.5 mostra o custo com as Lâmpadas fluorescentes, considerando as mesmas quantidades de lâmpadas.

Tabela 13.5 – Custos com as lâmpadas fluorescentes tubulares

Descrição dos serviços	Valor unit.(R\$)	Quant.	Total(R\$)
Lâmpada Fluorescente Tubular 20 W	10,51	50	525,50
Lâmpada Fluorescente Tubular 32 W	13,81	3678	50.793,18
Total geral			R\$51.318,68

Fonte:Autora,2017

O Faturamento mensal com o com o conjunto de 3.678 lâmpadas fluorescentes de 32 W e 50 lâmpadas fluorescentes de 20 W funcionando no

horário de ponta e fora de ponta. A tabela 14.5 mostra os valores mensal das lâmpadas tubulares. Os valores das tarifas são referentes ao mês de junho de 2017 e o consumo calculado de acordo com as tabelas 1.5 e 2.5 .

Tabela 14.5 – Faturamento de consumo mensal com lâmpadas fluorescentes tubulares

Tipo de lâmpadas	Horário	Faturamento		Total mensal (R\$)
		Consumo (kWh)	Preço (R\$)	
Fluorescente tubular	Fora de Ponta 21: 00 – 18: 00	42.899,26	0,26662	11.437,94
Fluorescente tubular	Ponta 18: 00 – 21: 00	3.329,72	2,22721	7.416,01
Total geral				R\$18.853,95

Fonte: Autora, 2017.

5.4 Faturamento Mensal Usando as Lâmpadas LED

O Faturamento mensal com o conjunto de 3.678 lâmpadas LED de 18 W e 50 lâmpadas LED de 8 W funcionando no horário de ponta e fora de ponta. A tabela 14.5 mostra os valores mensal das lâmpadas tubular LED. Os valores das tarifas são referentes ao mês de junho de 2017 e o consumo calculado de acordo com as tabelas 1.5 e 2.5 .

Tabela 14.5 – Faturamento de consumo mensal lâmpadas tubular LED

Tipo de lâmpadas	Horário	Faturamento		Total mensal (R\$)
		Consumo (kW)	Preço (R\$)	
Lâmpada LED	Fora de Ponta 21: 00 – 18: 00	26.720,31	0,26662	7.124,26
Lâmpada LED	Ponta 18: 00 – 21: 00	2.219,96	2, 22721	4.944,33
Total Geral				R\$12.068,59

FONTE: Coordenação de Manutenção do HGPP/2017

Fazendo uma comparação dos custos mensais do faturamento com as lâmpadas LED e lâmpadas fluorescentes tubulares nas tabelas 13.5 e 14.5 respectivamente, pode se observar que a fatura mensal utilizando as lâmpadas LED

é inferior do que a fatura com as fluorescentes. Deste modo, é viável economicamente a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED, com isso diminuindo a fatura de energia elétrica mensal.

6 RESULTADOS E ANALISES

6.1 Custos da Substituição das Lâmpadas Tubulares Fluorescentes por Lâmpadas Tubulares LEDs

Para substituir as lâmpadas fluorescentes tubulares por lâmpadas LED, precisamos saber os custos unitários de cada lâmpada. Como visto no capítulo 2 no item 2.2, as lâmpadas LED tem vários benefícios mais do que as lâmpadas fluorescentes tubulares. Neste item veremos a diferença dos custos unitários das LED em relação as lâmpadas fluorescentes. A tabela 1.6 apresenta os valores unitários das lâmpadas fluorescentes tubular de 20 W, 32 W e as lâmpadas LED de 18 W e 8 W .

Tabela 1.6 –Valor unitários das lâmpadas fluorescentes e Lâmpadas LED

Descrição dos serviços	Valor unit.
Lâmpada Fluorescente Tubular 20 W	10,51
Lâmpada Fluorescente Tubular 32 W	13,81
Lâmpadas LED	
Lâmpada LED Tubular 8 W	24,58
Lâmpada LED Tubular 18 W	72,31

Fonte: Adaptação, SINAPI, 2017

As Lâmpadas LED não tem um custo unitário muito atrativo em relação as lâmpadas fluorescentes tubulares. A lâmpada de LED de 8 W é R\$ 14,01 mais caro do que a fluorescente de 20 W e a de 18 W R\$ 58,50 do que a fluorescentes de 32 W. A lâmpada LED de 18 W substitui a lâmpada fluorescente de 32W e a lâmpada LED de 8 W a de 20 W fluorescentes.

Para substituir as lâmpadas fluorescentes tubulares por lâmpadas LED, será necessário retirar as lâmpadas fluorescentes e os reatores. Na tabela 2.6 mostra os custos adicionais que teremos para a retirada das lâmpadas fluorescentes e reatores.

Tabela 2.6 - Retirada de lâmpadas e Reatores

Descrição dos serviços	Valor unit.	Quant.	total
Retirada de Lâmpadas tubulares	0,63	3.728,00	2.348,64
Retirada de Reatores	11,83	1.864,00	22.051,12
Total geral			24.399,76

Fonte:Autora,2017

Na tabela 3.6 mostra o investimento necessário para aquisição das lâmpadas LED.

Tabela 3.6 – Investimento para aquisição das lâmpadas LED

Descrição dos serviços	Valor unit.	Quant.	total
Lâmpada LED Tubular 8 W	24,58	50	1.229,00
Lâmpada LED Tubular 18 W	72,31	3678	265.956,18
Total Geral			R\$ 267.185,18

Fonte:Autora,2017

6.2 Custo Estimado de Economia

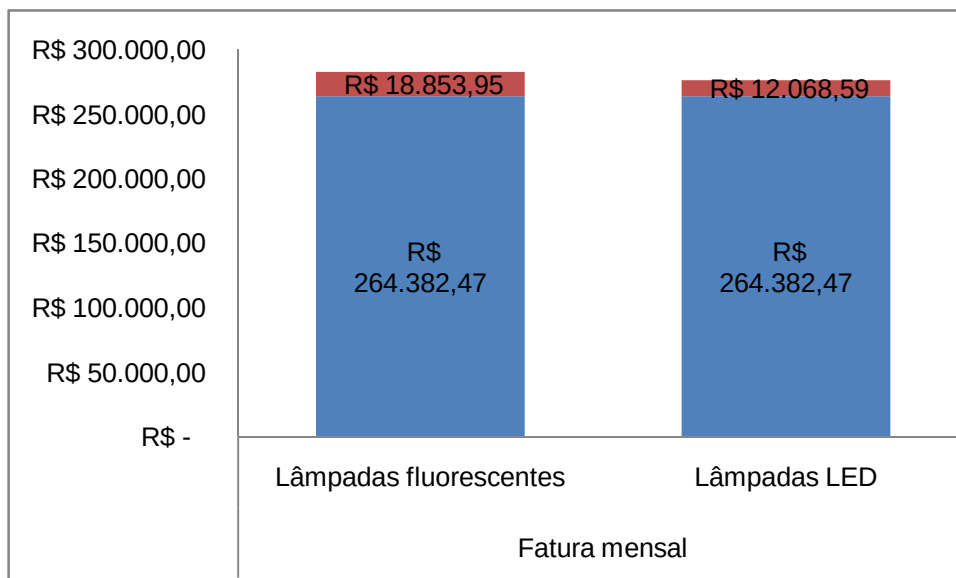
A economia mensal é calculada pelas diferenças dos seguintes custos: fatura mensal com as lâmpadas fluorescentes tubulares (tabela 14.5), menos o total da fatura mensal com energia, em ambos funcionando no horário de ponta e fora de ponta o que resulta em: R\$ R\$18.853,95- R\$ R\$12.068,59= R\$ 6.785,36.

6.3 Demonstrativo da Viabilidade Econômica

- Situação atual com Lâmpadas fluorescente e situação estudada com Lâmpadas LED.

Abaixo temos o gráfico 1.6 que mostra a situação atual de consumo de energia com o conjunto de lâmpadas de 3.728 lâmpadas fluorescentes e lâmpadas LED, onde podemos observar que o gasto mensal com iluminação é maior com fluorescente. A economia é de R\$ 6.785,36 por mês.

Gráfico 1.6 – Gasto mensal com lâmpadas fluorescentes e Lâmpadas LED.



Fonte: Coordenação de manutenção HGPP, 2017.

6.4 Tempos de Retorno do Investimento Com a Substituição das Lâmpadas Fluorescentes por Lâmpadas LED

A economia mensal com a troca das lâmpadas tubulares fluorescentes por lâmpadas tubulares LED é de R\$ 6.785,36 por mês no faturamento mensal. Essa economia corresponde apenas à troca do conjunto de 3.728 lâmpadas tubular fluorescentes de 32 W e 20 W. Através da equação 5, determinaremos o tempo de retorno do investimento na aquisição das lâmpadas tubular LED.

$$R_{\text{investimento}} = \frac{\text{Valor de investimento LED} + \text{retirada das lâmpadas e reator}}{\text{Valor economizado na fatura com a LED}} \quad (5)$$

$$R_{\text{investimento}} = \frac{267.185,18 + 24.399,76}{6.785,36} = \frac{42,97}{12} = 3,58 \text{ anos}$$

O retorno do investimento é de 3,58 anos com a troca das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED. Essa troca é também significativa menos mercúrio no meio ambiente.

7 CONCLUSÃO

Neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), foi levantada uma questão sobre como fazer para economizar energia elétrica no HGPP- Hospital Geral Público de Palmas. Com esse intuito foi apresentada como uma das soluções a troca das lâmpadas fluorescentes tubulares por lâmpadas tubulares LED. Para tanto foram apresentados alguns benefícios, características e princípio de funcionamento das lâmpadas LED.

Neste estudo foram analisadas as características principais para avaliar a eficiência energética na substituição do conjunto de lâmpadas tubulares fluorescentes por lâmpadas tubulares LED. Constatou-se através do estudo de viabilidade técnica que as lâmpadas LED são compatíveis com alimentação elétrica e estruturas existentes (luminárias).

Foram feitos também o estudo de viabilidade econômica que levou em consideração o consumo de energia elétrica, de ambas as lâmpadas, os valores necessários para a substituição das lâmpadas. De acordo com o resultado da proposta, está não mostrou atrativo no ponto de vista financeiro, devido ao alto custo para aquisição das lâmpadas tubulares LED. Em relação o tempo de retorno de investimento é de 3,58 meses.

Neste trabalho foi analisada apenas a troca do conjunto de 3.728 lâmpadas florescentes por lâmpadas tubulares LED, onde foi considerado o horário de funcionamento de cada ambiente. Caso fosse substituir todas as lâmpadas fluorescentes existentes no HGPP- Hospital Geral Público de Palmas o gasto com a iluminação seria maior.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANDANET.COM. **Lâmpadas Fluorescentes e Led Tecnologia em Transição.** Disponível em: <<http://www.arandanet.com.br/assets/revistas/em/2015/setembro/index.php>> Acesso em 23 junho 2017.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas.** (2002). 14ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

COTRIM, Ademaro A.M.B. **Instalações Elétricas.** (2009). 5ª edição São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

CRUZ, Eduardo Cezar Alves. **Instalações Elétricas: Fundamentos, práticas e projetos em instalações residenciais e comerciais.** (2012). 2ª Edição São Paulo: Érica, 2012.

ELEKTRO. **Manual da Iluminação.** Disponível em: <https://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/Eficientiza%C3%A7%C3%A3o%20Energ%C3%A9tica/manualIluminacao_novo.pdf> Acesso em 04 maio 2017.

EMPALUX. **Catálogo.** Disponível em: <http://www.empalux.com.br/catalogo_empalux.pdf> Acesso em 30 novembro 2016.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Plano Nacional de Energia 2030.** Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_11.pdf>. Acesso em 26 junho 2017.

FOLHADELONDRINA: **Desperdício de Energia.** Disponível em: <<http://www.folhadelondrina.com.br/economia/desperdicio-de-energia-atinge-r-61-7-bi-em-tres-anos-978130.htm>> Acesso em: 30 maio 2017.

GUERRINI, Délio Pereira. **Iluminação: Teoria e Projeto.** 2ª Edição São Paulo: Érica, 2012).

INMETRO. **Cartilha Lâmpada Led.** Disponível em: <www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/cartilhas/lampadaled/lampadaled.pdf> Acesso em 17 novembro 2016.

LIGHTINGNOW: **Luminotécnica Básica.** Disponível em: <http://www.lightingnow.com.br/cursos/lum_basic_4/luminotecnica_basica.pdf> Acesso em 05 junho 2017.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais.** (2007). 7ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

MOREIRA, Vinicius de Araujo. **Iluminação Elétrica.** (1999). 1ª edição São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

OSETORELÉTRICO **Os benefícios da Certificação Led.** Disponível em:
<<http://www.osetoelettrico.com.br/category/artigos-tecnicos/os-beneficios-da-certificacao-led/>>. Acesso em 26 junho 2017.

PROCEL. **Lei de Eficiência Energética.** Disponível em:
<<http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2014/lei.pdf>> Acesso em 05 junho2017.

REVISTADAVILA: **História da iluminação.** Disponível em:
<<http://www.revistadavila.com.br/2016/06/luzion-historia-da-iluminacao/>>Acesso em 02 abril2017.

RODRIGUES, PIERRE. **Manual de iluminação eficiente.** Rio de Janeiro: Eletrobrás/Procel, 2002. Disponível em:<<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B33595D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7BB2BAF2D9B05C4080-BF1A-CD72478FE1B5%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>>. Acesso em 18 novembro2016.

ROMERO, Marcelo de Andrade. **Eficiência Energética em Edifícios.** (2012).1ª Edição Barueri,SP: Editora Manole Ltda., 2012.

TASCHIBA: **Catálogo geral.** Disponível em:<http://www.taschibra.com.br/site/web/home/baixarCatalogo?f=catalogo_geral.pdf>Acesso em 26 junho 2017.