ENGINEERING & TECHNOLOGY SCIENTIFIC JOURNAL

ORIGINAL

2023, VOL. 01, N°. 01, e023002
DOI: 10.55977/etsjournal.v01i01.e023002

Estudo técnico em eficiência energética aplicada ao sistema de iluminação artificial

Antonio Carlos de Lima Filho [1]

[1] Centro Universitário Maurício de Nassau – UNINASSAU. Maceió, Alagoas, Brasil.

Received 2022-08-22
Revised 2022-09-27
Accepted 2022-09-28
Published 2023-09-10

***Corresponding author**
Antonio Carlos L.Filho
aclfilho82@gmail.com

Page e-location ID
e023002

Distributed under
CC BY-NC 4.0

Copyright: Authors
OPEN ACCESS

ABSTRACT

Partindo do pressuposto que para a sustentabilidade financeira de uma empresa, a otimização de recursos se faz necessário para continuação de suas atividades e que em uma análise sobre eficiência energética do sistema de iluminação artificial contribui para esta sustentabilidade, foi realizado um estudo técnico sobre a eficiência energética aplicada ao sistema de iluminação artificial. Assim, com base nas literaturas existentes, foram estudadas e avaliadas metodologias sobre o tema, se fez necessário um estudo de caso buscando uma solução que apresentasse uma redução de consumo de energia elétrica. O estudo analisou durante 6 meses o sistema de iluminação artificial de uma empresa, que funciona 8 horas diárias durante aproximadamente 22 dias por mês, variando conforme os meses e feriados. A iluminação artificial conta com lâmpadas do tipo fluorescente tubular cuja potência elétrica é de 36 Watts. Para análise do estudo da eficiência energética, foi comparado com as lâmpadas de LED tubulares de 18 Watts, o estudo seria provar que elas apresentariam uma maior eficiência no consumo de energia elétrica, e consequentemente uma economia financeira. Para efeito de comprovação, foram escolhidos dois ambientes da empresa com área e características semelhantes foram analisadas realizando a instalação das lâmpadas de LED em uma delas. Assim foi constatada a redução do consumo de energia de aproximadamente 47,82% KWh comparando os dois tipos de lâmpadas, essa redução rende uma economia R$ 53,94. Assim foi constatado que as lâmpadas de LED tubulares são mais eficientes na iluminância e na redução de consumo de energia elétrica.

Palavras-Chave Economia; Iluminação; Consumo; Iluminação.

1. INTRODUÇÃO

A eletricidade é um bem inestimável para a evolução do ser humano, é sem dúvida uma das maiores descobertas que o homem conseguiu. Ela trouxe benefícios preciosos para ajudar a humanidade como as tecnologias para a cura de doenças, a produção de alimentos em larga escala e um conforto maior na vida das pessoas. Mais para tudo tem um preço, o aumento da demanda no consumo de energia elétrica traz consigo um aumento na produção de energia elétrica, conforme esse aumento é necessário grande quantidade de matéria prima da natureza para que a demanda energética seja suprida. Como a maioria das fontes de matéria prima são esgotáveis se faz necessário uma administração dos usuários para a economia de eletricidade, reduzir o consumo de eletricidade é reduzir a matéria prima extraída da natureza (Inatomi, 2008; Borelli, Barros e Gedra, 2018).

De acordo com Borelli, Barros e Gedra (2018), os estudos de eficiência energética são os assuntos mais abordados no mundo, pois a extração de matéria prima esgotável, a poluição do meio ambiente e a procura de uma fonte renovável e barata são os principais temas quando se fala de eletricidade.

Para Inatomi (2008), a conscientização do uso racional de energia não depende somente de políticas governamentais, mais também do apoio das industriais e dos consumidores finais, pois o desenvolvimento de tecnologias para produção mais eficientes de energia, a fabricação de eletrodomésticos mais eficientes e o uso consciente de energia depende de todos os envolvidos.

O desperdício de energia elétrica gerado pelo uso ineficiente provoca um acréscimo na conta de energia dos consumidores e o uso maior de matéria prima para a produção de energia (Editora de Economia, 2015).

Pensando nesse contexto de eficiência energética, redução de custos, e preservação ambiental, o artigo irá demonstrar o consumo de energia elétrica do circuito de iluminação artificial, circuito esse que usa lâmpadas fluorescentes tubulares nos ambientes de uma empresa com capacidade para 40 colaboradores.

O estudo visa analisar a redução do consumo desse sistema, realizando a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED tubulares, aplicando normas técnicas para dimensionamento de sistemas luminotécnicos da empresa, assim pressupondo quais ações deverão ser realizadas para que o sistema possa ser mais eficiente e econômico.

A iluminação nos tempos atuais passa muitas vezes despercebida pela maioria das pessoas que a utilizam, pois o ligar e desligar de uma lâmpada já virou rotina no dia a dia, à iluminação só recebe sua devida importância quando em nossas casas falta energia elétrica ou simplesmente quando uma lâmpada queima.

Desde a descoberta do fogo o homem percebeu que poderia utilizar esse artifício para iluminar a noite e conseguir realizar tarefas que seriam impossíveis sem luminosidade. E essa ideia prosseguiu até a descoberta da eletricidade que modificou a forma como as casa e ruas seriam iluminadas durante a escuridão da noite, pois no início dessa descoberta não se imaginava a grandeza da aplicação e da utilidade que a eletricidade traria para a iluminação. Hoje se faz necessário

consultar um técnico especializado em iluminação para aderir métodos e estudos específicos para realizar um dimensionamento adequado para a instalação, pois existem vários tipos de ambientes como exemplo ambiente quente e frio, com iluminação natural ou não, e vários tipos de lâmpadas e cores.

Quando se trata de iluminação em ambientes de estudos e trabalho, a iluminação deverá atender vários critérios específicos, pois esses ambientes não podem ser avaliados como os ambientes domésticos, a iluminação tem que trazer conforto aos olhos e não prejudicar a leitura e desenvolvimento das atividades.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Princípio da Eletricidade

Para estudarmos a eletricidade é necessário entendermos o princípio da eletrostática. Quando falamos de eletrostática estamos nos referindo às cargas elétricas que estão em repouso ou estáticas.

Tudo que é matéria são constituídos de um ou mais átomos, os átomos (**Fig. 1**) são formados por elementos chamados de elétrons, prótons e nêutrons. Esses elementos possuem diferenças de características em suas cargas elétricas, os elétrons possuem cargas elétricas negativas e giram em órbita em torno do núcleo do átomo, os prótons e os nêutrons estão localizados no núcleo do átomo, os prótons possuem cargas elétricas positivas e os nêutrons possuem cargas elétricas nulas.

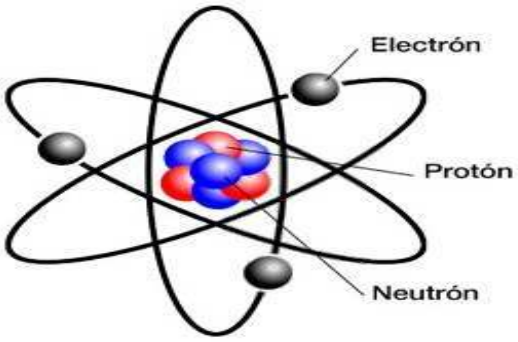


Figura 1. Núcleo do átomo**.**
Fonte: https://quimica.com.br/quimica/atomo-introducao

A eletrostática também é conhecida como princípio da atração e repulsão, pois os elétrons e prótons possuem cargas de mesmo valor, porém de sinais opostos, desta forma como demonstra a (**Fig. 2**) carga elétricas de sinais iguais se repelem e cargas elétricas de sinais opostos se atraem.

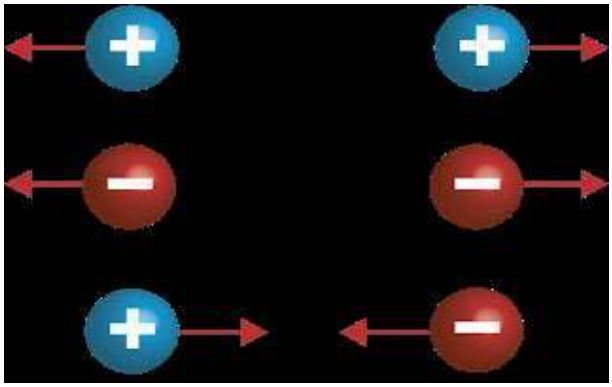


Figura 2. Princípio da atração e repulsão das cargas elétricas.
Fonte: https:// cursodefisica/eletromagnetismo/imas-e-campo-magnetico

Quanto mais distante do núcleo o elétron estiver, mais energia para se mover esse elétron apresenta, pois a força de atração entre elétrons e prótons é reduzida pela distância. Os materiais que apresenta essas características são chamados de materiais condutores de eletricidade, já os materiais que compõem de elétrons muito próximo do núcleo apresentam uma força de atração maior, nesse caso são chamados de materiais isolantes.

Devido os átomos apresentar estado de equilíbrio, não podemos gerar energia elétrica quando os átomos apresentam estado nulo, pois o estudo da eletrostática apresentam partículas em repouso. Para podermos gerar energia elétrica devemos estudar o movimento das cargas elétricas, também chamado de eletrodinâmica.

Analisando a **Fig. 3** identificamos que a diferença de altura entre os reservatórios faz com a água seja transferida de um local para o outro. Essa diferença de altura nos reservatórios comparado com a eletricidade seria a diferença de cargas elétricas presentes nos átomos entre dois condutores, um condutor teria excesso de elétrons e no outro condutor falta de elétrons, essa diferença é chamada de diferença de potencial elétrico ddp ou tensão elétrica e pode ser representado por *V*, *U* ou *E*, e sua unidade de medida é o volt [*V*].

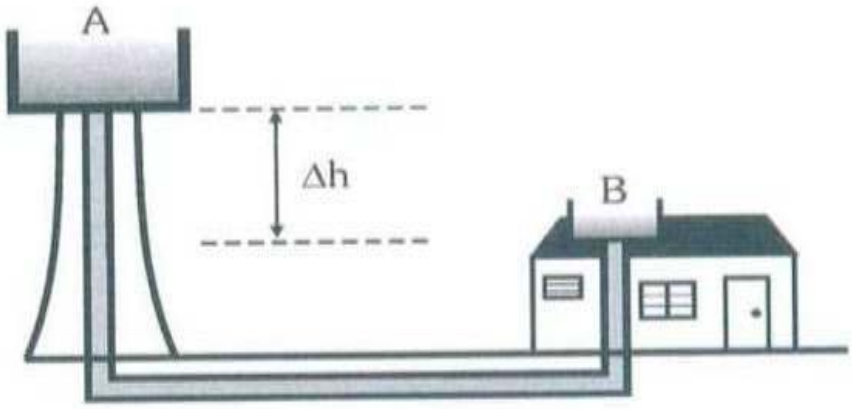


Figura 3. Comparação entre eletricidade e hidráulica.
Fonte: Adaptado do livro Circuitos elétricos (2011).

Para realizar a medição de tensão elétrica *V* será necessária à utilização de um instrumento de medição denominado de Voltímetro, e sua instalação tem que ser realizada em paralelo com a fonte de alimentação ou em paralelo com a carga (**Fig. 4**).

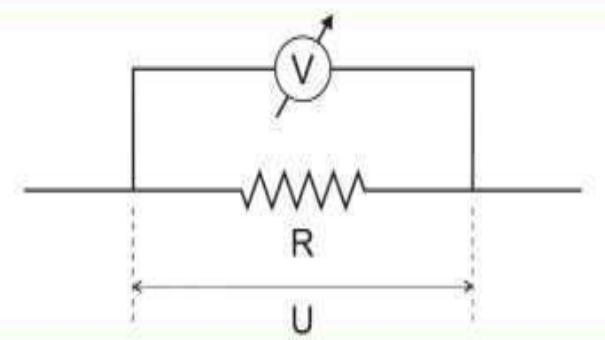


Figura 4. Medição de tensão elétrica em um resistor através de um voltímetro
Fonte: http://osfundamentosdafisica

2.2. Corrente Elétrica

Devido haver uma diferença de potencial elétrico entre dois condutores irá ocorrer à transferência de cargas elétricas de condutor para o outro, já que os átomos sempre voltam para o princípio eletrostático, ou seja, com cargas nulas. Dessa forma as cargas elétricas se orientam em um único sentido gerando um movimento ordenado dos elétrons, se comparado com o sistema hidráulico esse movimento ordenado dos elétrons seria o movimento da água indo de um reservatório para o outro. O movimento da água é chamado de corrente de água e o movimento ordenado dos elétrons é chamado de corrente elétrica, a corrente elétrica é representada pela letra *i* e sua unidade de medida é o ampère [A]. Para realizar a medição de corrente elétrica *I* será necessária à utilização de um instrumento de medição denominado de Amperímetro, e sua instalação deverá ser realizada em serie com a fonte de alimentação ou em serie com a carga (**Fig. 5**).

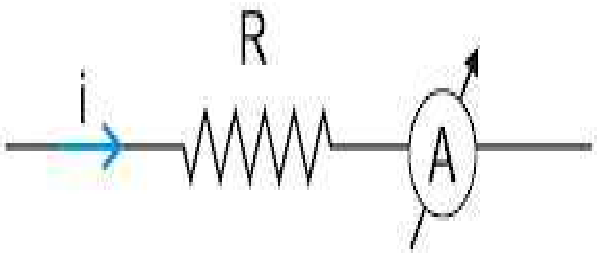


Figura 5. Medição de corrente elétrica em um resistor através de um amperímetro
Fonte: http://osfundamentosdafisica

A quantidade de elétrons que um determinador material tem, influenciam na mobilidade das cargas elétricas, e nesse caso quanto mais distante os elétrons ficam do núcleo do átomo, maior será a facilidade de transferência dessas, e quanto mais próxima do núcleo os elétrons estiverem mais difíceis será essa transferência. É dessa forma que diferenciamos os materiais condutores e os isolantes. A facilidade

que os elementos condutores de eletricidade oferecem a passagem da corrente elétrica é chamada de Condutância Elétrica, a condutância é representada pela letra *G* e sua unidade de medida é o *Siemens* [S]. A dificuldade de que os elementos oferecem a passagem de corrente elétrica é chamada de Resistência Elétrica, a resistência é representada pela letra R e sua unidade de medida é o *ohm* [Ω].

Para realizar a medição de resistência elétrica *R* será necessária à utilização de um instrumento de medição denominado de Ohmímetro, e sua instalação deverá ser realizada em paralelo com a carga (**Fig. 6**). Para realizar a medição de resistência elétrica os componentes resistivos não podem estar submetidos a nenhuma tensão elétrica.

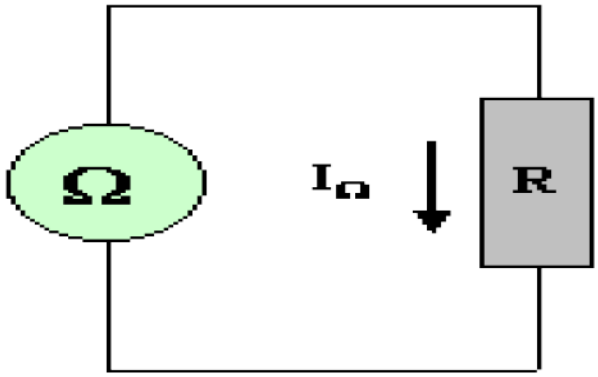


Figura 6. Medição de resistência elétrica em um resistor através de um ohmímetro Fonte: http://osfundamentosdafisica

A temperatura, a natureza dos materiais e suas dimensões fazem com que o valor da resistência varie, isso ocorre porque cada matéria tem suas características específicas e quanto maior a dimensão mais matéria é usada, dessa forma aumentamos a resistência elétrica. Quando ocorre o choque dos elétrons com os átomos do condutor a uma transferência de energia, dessa forma os átomos passam a receber energia e assim o material passa a ter um aumentado de sua temperatura. A essa elevação de temperatura no material condutor devido à corrente elétrica é denominado de *efeito joule*.

Quando inserimos um equipamento elétrico a um circuito, esse equipamento irá solicitar uma determinada quantidade de corrente elétrica, dessa forma o equipamento conseguirá realizar a conversão de energia elétrica em trabalho. Esse trabalho realizado pelos equipamentos nada mais é que a quantidade de Calor desprendido por ele através da passagem da corrente elétrica em relação ao Tempo que estiver ligado ao circuito.

Quando falamos de Potência elétrica estamos nos referindo à quantidade de trabalho realizado por um equipamento ou aparelho elétrico, e como trabalho é a quantidade calor em *(Joules)* gerado em relação ao tempo em (segundos).

2.3. Consumo de Energia Elétrica

O consumo de energia elétrica é medido através de medidor de potência elétrica que também é conhecido por wattímetro, pois a potência elétrica é expressa pela unidade de medida Watts (Creder, 2015).

A energia elétrica é medida através do tempo que um determinado aparelho elétrico consome uma determinada potência, dessa forma podemos expressar a energia elétrica consumida por um aparelho em uma hora pela seguinte expressão matemática (**Equação 1**) (Creder, 2015).

$$\boldsymbol{E = P.h} \qquad \textbf{(Eq. 1)}$$

A **Equação 1** é adaptado do livro Instalações Elétricas 15ª edição (Creder, 2015).

Onde:

E é a expressão de energia consumida;

P é a potência elétrica consumida em Quilowatt;

h é o tempo em horas que ocorreu o consumo de energia elétrica.

Para obter o consumo total de uma determinada carga se faz necessário a medição conforme a concessionária através de 30 dias corridos ou um mês. O valor a ser pago por quilowatt deverá ser consultado no talão de energia fornecido pela concessionária de energia ao qual o consumo foi gerado, dessa forma chegamos ao valor total a ser pago pelo consumo de energia de uma determinada instalação (Creder, 2015).

Tarifa ou tarifação é o valor em reais determinado para a cobrança pela realização de um serviço, relacionando consumidores e concessionárias de energia. Assim a tarifa determina o preço a ser pago em reais pelos consumidores devido ao consumo de energia elétrica.

Durante as 24 horas do dia são determinados períodos de consumo onde os valores a serem pagos são diferenciados, esses períodos são chamados de postos tarifários (Borelli, Barros e Gedra, 2010).

No período do dia em que a tarifação de consumo de energia é mais elevada, esse período corresponde a um intervalo de três horas onde o consumo de energia maior (Borelli, Barros e Gedra, 2010).

O horário de ponta conforme a distribuidora de eletricidade (Eletrobras, 2018) é caracterizado de pôr 3 (três) horas consecutivas definidas por cada Distribuidora. Em Alagoas, o horário de ponta se inicia às 17h30 e se estende até as 20h29, com exceção feita aos sábados, domingos feriados definidos da Resolução Normativa nº 414/2010 da Aneel.

O horário fora de ponta é estabelecido nas demais horas do dia em que o consumo não está no horário referente ao de ponta. Nos feriados nacionais e no sábado e domingo não é levado em consideração horário de ponta (Borelli, Barros e Gedra, 2010).

2.4. Lâmpadas Fluorescentes Tubulares e Lâmpadas Tubulares Led Componentes e seus Componentes

As lâmpadas fluorescentes tubulares são lâmpadas que apresentam um tubo de vidro que é revestido internamente por fósforo branco, essas lâmpadas apresentam vapor de mercúrio sobe baixa pressão. Ela comporta eletrodos e filamentos de óxido que quando submetido a uma diferença de potencial luz visível (Guerrini, 2008).

Com a passagem de corrente elétrica alternada os filamentos se aquecem liberando elétrons que ionizam o vapor de mercúrio presente no seu interior, dessa forma o vapor de mercúrio produz radiação ultravioleta. Como a radiação ou luz ultravioleta não é visível, o preenchimento interno do tubo da lâmpada com fósforo branco e o mercúrio produzindo luz ultravioleta resultará em uma luz visível e brilhante (Guerrini, 2008).

As informações de Guerrini (2008) demonstram as características das lâmpadas fluorescentes mais encontradas no mercado:

Potências fabricadas: 15, 16, 20, 30, 32, 40, 65, 105, 110 W;
Vida média: 7.500 horas;
Eficiência: 60 a 70 lm/W;
Categoria: branca morna 3.000 K – IRC 85%; branca neutra 4.100 K - IRC 66%; luz do dia 6.000 K – IRC 72% (Guerrini, 2008).

As lâmpadas fluorescentes tubulares necessitam de dispositivos de partida para seu funcionamento correto (Guerrini, 2008).

O reator, quando ligado, gera alta tensão nos filamentos, com tempo de início de descarga que pode levar de um a dois segundos. Com a passagem da corrente no interior da lâmpada, a tensão cai para o valor nominal. Tanto no tipo convencional de reator como no tipo de partida rápida, a estabilização da descarga é feita graças à queda de tensão induzida pelos reatores após a ignição (Guerrini, 2008).

O dispositivo de partida conhecido como *stater*, é interligado com os filamentos da lâmpada em série, ele é constituído de dois pares de metais chamados de bimetálicos que fecham o contato entre os filamentos, dessa forma a tensão recebida por eles realizam o aquecimento dos filamentos produzindo a excitação do átomo do mercúrio (Guerrini, 2008).

A **Fig. 7** expressa o diagrama de instalação elétrica da lâmpada fluorescente tubular, dispositivos de partida e reator.

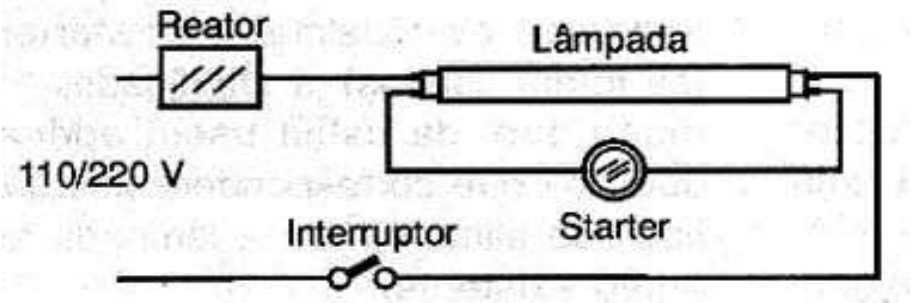


Figura 7. Circuito de instalação da lâmpada fluorescente tubular e seus componentes.
Fonte: Adaptado do livro Circuitos elétricos (2011).

Os reatores mais utilizados atualmente são os reatores eletrônicos, pois possuem uma série de vantagem em relação aos outros tipos, os reatores eletrônicos atualmente apresentam uma grande vida útil que gira em torno de 50mil horas de funcionamento. Para Guerrini (2008), pode haver economia de energia da ordem de 5% a 10%, com aumento da vida útil da lâmpada. Os fabricantes anunciam um rendimento de 92% (contra 85% nos reatores eletromagnéticos), com um fator de potência da ordem de 0,9 ou mais.

LED (diodo emissor de luz) é formado através de um material semicondutor que ao passar uma determinada corrente elétrica produz luz em uma determinada cor. Essa cor depende do material utilizado na sua composição, a efeito de exemplo branca é determinada através da excitação do fósforo em LED azul. As lâmpadas LED não apresentam mercúrio na sua fabricação e dessa forma se tornaram as substitutas das lâmpadas fluorescentes tubulares.

As lâmpadas de LED não apresentam filamento em sua estrutura dessa forma tem sua durabilidade aumentada, pois não produzem tanto calor quantos às lâmpadas que possuem filamento, a lâmpada é constituída de um tubo e internamente possui uma fita de LED que ao passar corrente elétrica por ela produz luz visível. Esse tipo de lâmpada não necessita de dispositivos de partida nem reatores, somente de um circuito eletrônico interno realize a conversão da alimentação para 12 V ou 24 V de corrente contínua. Para Creder (2015), afirma que "Prevê-se que até 2015, 20% da iluminação será feita com lâmpadas LEDs que, além do alto rendimento, possuem uma vida útil de 100 mil horas". A **Fig. 8** expressa o diagrama de instalação elétrica da lâmpada de LED tubular que não necessita de dispositivos de partida e reatores.

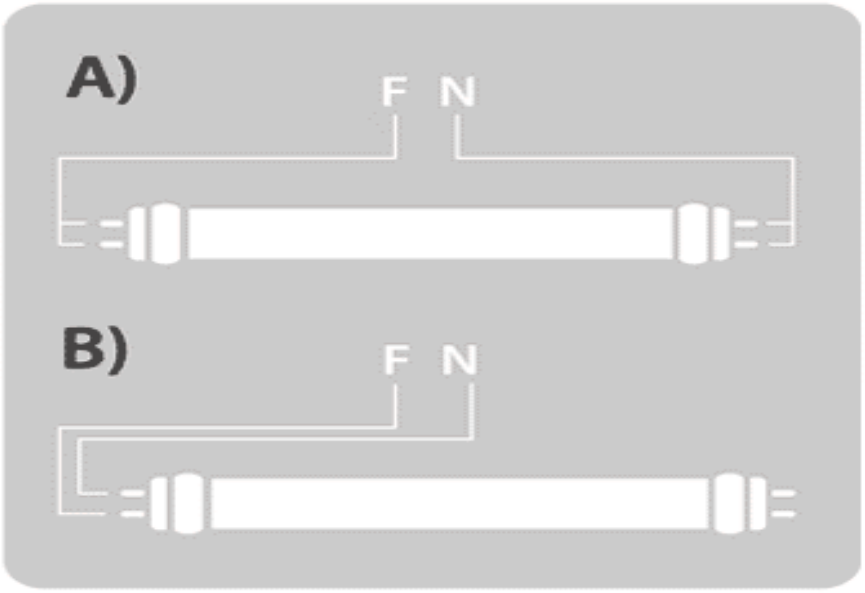


Figura 8. Circuito de instalação elétrica da lâmpada de LED tubular.
Fonte: Adaptado do livro Circuitos elétricos (2011).

3. DESENVOLVIMENTO

Primeiramente será apresentado o projeto arquitetônico de uma empresa comportando todos os ambientes, cujo circuito de iluminação artificial será estudado. A **Fig. 9** representa a divisão dos ambientes da empresa através da utilização de software, onde a estrutura apresenta uma área total de 2808.07 m² com um perímetro de 242.80 m.



Figura 9. Projeto arquitetônico da empresa com suas divisões de ambientes. Fonte: Adaptado do livro Circuitos elétricos (2011).

A empresa conta com um sistema de iluminação artificial que contém 220 luminárias que comportam cada uma com duas lâmpadas tubulares, fazendo assim um total de 440 lâmpadas. No momento atual o circuito de iluminação artificial da

empresa utiliza-se de lâmpadas fluorescentes tubulares. O **Tab. 1** apresentará as características das lâmpadas fluorescentes tubulares usadas no sistema de iluminação artificial da empresa, comparando-as com as lâmpadas de LED que foi sugerido para substituição.

Tabela 1. Demonstra os dados técnicos das lâmpadas fluorescentes e LED tubulares obtidos através de consulta dos fabricantes

	Lâmpadas	
	LED	**Fluorescente**
Potência (W)	18	36
Fator de potência	0,92	Reator = 0,96
IRC (%)	80	80
Cor (K)	6.500	6.400
Lúmens (lm)	1.850	2500
Lâmpada (R$)	21,99	5,25
Reator (R$)	NÃO PRECISA	23,00
Vida útil (h)	25.000	8000h
Fabricante	Orolux	LLUM

Para uma melhor aplicação do estudo foi realizado uma comparação entre dois ambientes da empresa (sala de informática e a sala de instrumentação), desta forma foi realizado analises através de medições e cálculos de potência total, tensão elétrica, corrente elétrica, consumo mensal e iluminância dos ambientes.

A empresa tem uma sala de instrumentação que permaneceu com sua instalação do circuito de iluminação artificial com as lâmpadas fluorescentes tubulares instaladas. A sala de instrumentação tem medidas iguais como a sala de informática, sendo suas áreas de 53,44 m² e o perímetro de 28,9 m. A **Fig. 10** demonstra o desenho arquitetônico da sala de instrumentação.

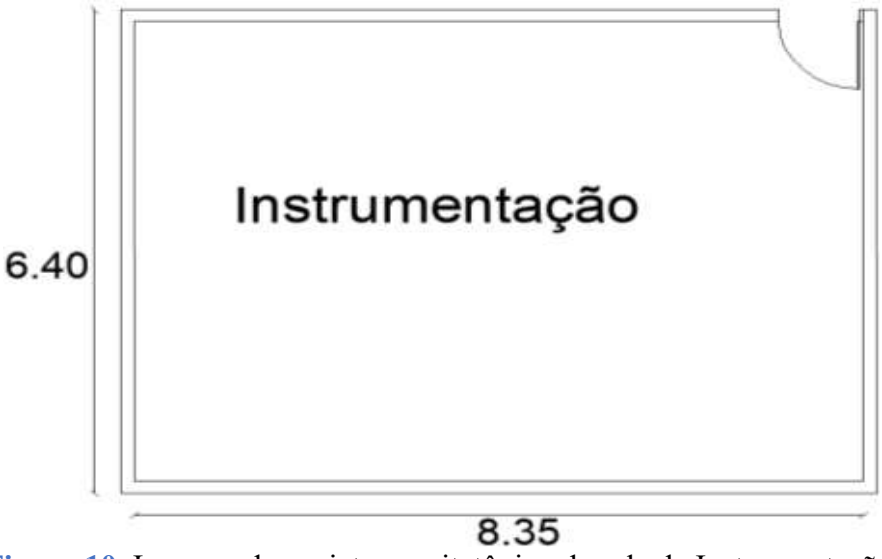


Figura 10. Imagem do projeto arquitetônico da sala de Instrumentação.

Essa sala não apresentou mudanças na sua instalação de iluminação artificial, as **Figs. 11-13** mostram a distribuição das luminárias com lâmpadas fluorescentes tubulares.

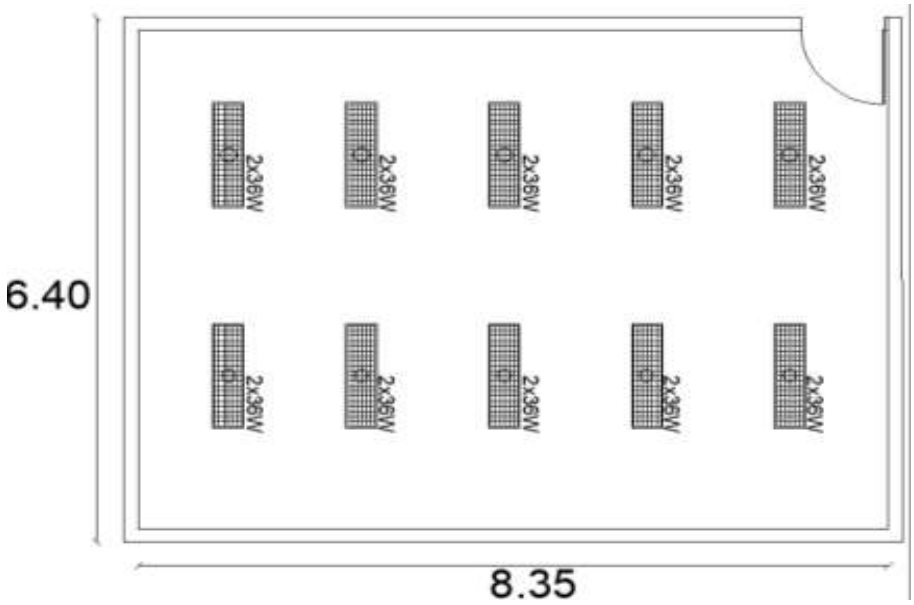


Figura 11. Imagem do projeto arquitetônico representando a distribuição das luminárias de Instrumentação.



Figura 12. Imagem demonstra a visão real da sala de instrumentação com as luminárias e lâmpadas fluorescentes tubulares instaladas.



Figura 13. Imagem demonstra a visão real da sala de instrumentação com as luminárias e lâmpadas fluorescentes tubulares instaladas.

As lâmpadas fluorescentes tubulares apresentaram uma iluminância que obedecem aos requisitos da (NBR) Norma Brasileira Regulamentadora 5413 (1992) norma que trata de iluminância de interiores. Conforme a NBR-5413 (1992) ambientes de sala de aula deve conter uma iluminância de 300lux no local de trabalho. Para comprovação do que exige a norma foi aplicado nas mesas da sala de aula o instrumento de medição luxímetro. As medições de iluminância na sala serão expressas pelas **Figs. 14 e 15**.



Figura 14. Imagem demonstra a menor medição de iluminância na sala de instrumentação.



Figura 15. Imagem demonstra a maior medição de iluminância na sala de instrumentação.

Analisando esse ambiente foi calculado a sua potência total do circuito de iluminação, com 10 luminárias com 2 lâmpadas de 36 Watts cada obtemos uma potência total instalada de 720 Watts. Com a identificação do fator de potência fornecido pelo fabricante do reator eletrônico (**Fig. 16**) será calculada a potência aparente total desse ambiente.



Figura 16. Imagem demonstra as características elétricas do reator eletrônico para lâmpadas fluorescentes da fabricante ECP.

O reator apresenta um fator de potência de 0.96 e uma corrente elétrica de 0,33A quando submetido a uma tensão de 220 V. Com o fator de potência de 0,96 e uma potência ativa de 720 W aplicando o cálculo de potência aparente (**Equação 1**) chegamos a um valor de 750 VA. Para efeito de comprovação das grandezas fornecidas pelos fabricantes foi realizada a medição de corrente elétrica através de

um alicate amperímetro (**Fig. 17**).



Figura 17. Imagem demonstra a medição de corrente elétrica em um reator eletrônico para lâmpadas fluorescentes tubulares.

A corrente elétrica medida no reator através do amperímetro apresentou o valor 0.3 A confirmando a corrente que o fabricante do reator apresentou em sua embalagem. Se a corrente em um reator equivale a 0,3 A e temos 10 reatores na sala de instrumentação obtemos uma corrente equivalente total de 3 A.

Para calcular o consumo mensal total da sala de instrumentação foi aplicado o cálculo de consumo de energia (**Equação 1**) na sala de instrumentação onde se obtém uma potência aparente de 750 W e levando consideração que a empresa funciona 12 horas por dia de segunda-feira a sexta-feira, temos 22 dias uteis aproximadamente por mês. O consumo de energia total da sala em um mês é de 198KWh por mês.

Para realizar o estudo da eficiência energética no circuito de iluminação artificial foi instalado na sala de informática 2 as lâmpadas LEDs que apresentam características contidas na Tabela 1, essa sala contém uma área de 52,24 m² e um perímetro de 28,50 m conforme demonstra a **Fig. 18**.

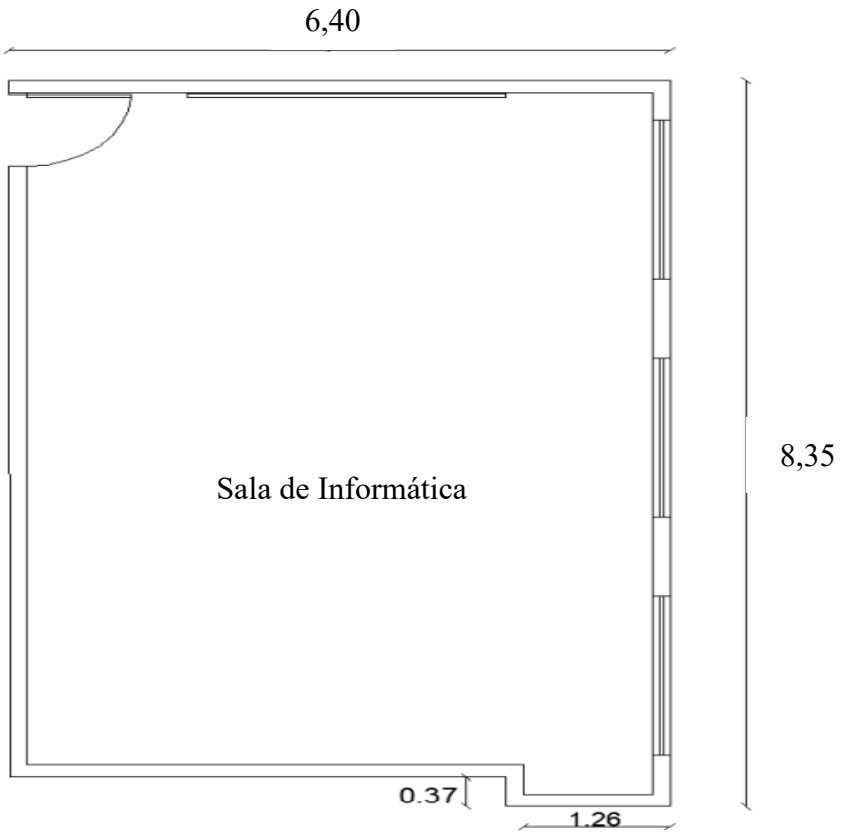


Figura 18. Projeto arquitetônico da sala de informática.

A montagem do conjunto de luminárias na sala de informática está expressa nas **Figs. 19** e **20**.

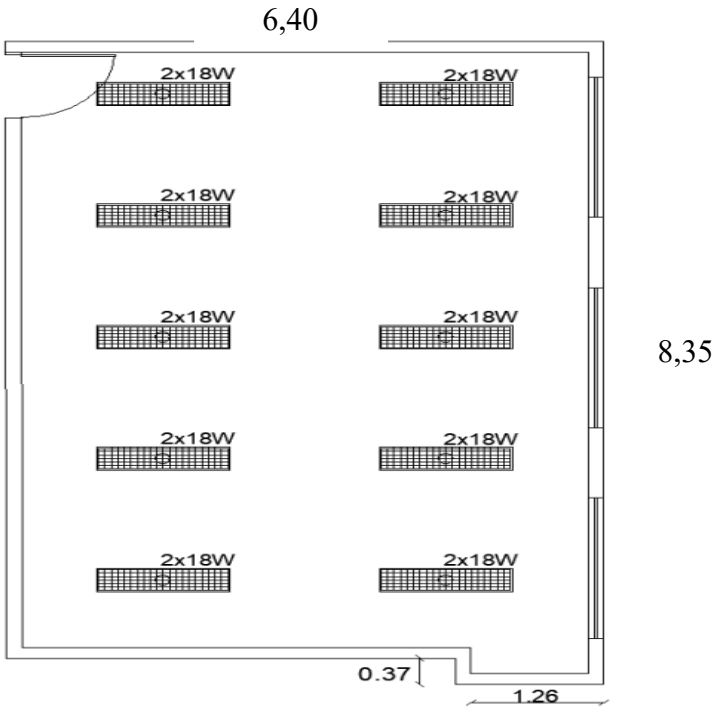


Figura 19. Imagem do projeto arquitetônico representando a distribuição das luminárias da sala de informática.



Figura 20. Imagem demonstra a visão real da sala de informática com as luminárias e lâmpadas LEDs tubulares instaladas.

Com a instalação das lâmpadas de LEDs tubulares na sala de informática também foi realizado a medição de iluminância para efeito comparativo com sala de instrumentação e se as lâmpadas de LED atendiam os padrões exigidos pela NBR 5413 (1992), **Figs. 21 e 22**.



Figura 21. Imagem demonstra a menor medição de iluminância na sala informática.



Figura 22. Imagem demonstra a maior medição de iluminância na sala informática.

Com análise das **Figs. 21 e 22** identificamos um aumento da iluminância na sala de informática 2 com a substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares por lâmpadas tubulares de LED, sendo que os dados apresentados na **Tab. 1** mostram que as lâmpadas de LED obtêm uma potência elétrica equivalente à metade das lâmpadas fluorescentes.

Com a instalação das lâmpadas tubulares de LED o circuito de iluminação analisando a Tabela 1 e a **Fig. 20** passou a ter uma potência instaladas de 20 lâmpadas de 18 W, com um total de 360 W. Conforme o fator de potência das lâmpadas de LED ser igual a 0,92 cada lâmpada passa a consumir uma potência aparente de 19,57 W com uma corrente elétrica de 0,17 A. A potência aparente total do circuito aplicando a **Equação 1** foi equivalente a 391,30 W. Com um amperímetro foi realizado a medição de corrente de uma luminária para comprovação dos valores calculados (**Fig. 23**).



Figura 23. Imagem demonstra a medição de corrente elétrica nas duas lâmpadas de LED tubulares.

Essa potência aparente de 391,30 W ligada 12 horas por dia durante os mesmos 22 dias por mês aplicado na (**Equação 1**) apresenta um consumo total 103,30 KWh por mês. O **Tab. 2** demonstra a comparação entre os consumos mensais nos sistemas de iluminação artificial das duas salas estudadas para avaliação da economia de energia.

Tabela 2. Demonstra o consumo das lâmpadas aplicadas em cada sala

Local	Consumo total de KWh no mês
Sala de Instrumentação	198,0
Sala de Informática	103,3
Economia	94,7

Analisando o **Tab. 2**, fica evidente a economia em KWh, porém temos outra economia também que é a economia financeira o **Tab. 3** mostra esse consumo KWh transformado valor monetário, considerando que o 1 KWh tem um valor de R$ 0,58 centavos de reais.

Tabela 3. Demonstra o consumo das lâmpadas aplicadas em cada sala

Local	Consumo total do mês KWh	Valor total do mês R$
Sala de Instrumentação	198,0	R$ 114,84
Sala de Informática	103,3	R$ 59,91
Economia	94,7	R$ 54,93

Considerando o custo de cada lâmpada temos o seguinte custo anual, a sala

de instrumentação que contém a mesma quantidade de lâmpadas da sala de informática, porém a sala de instrumentação com as luminárias e lâmpadas fluorescentes tubulares. O custo anual considerando que se repetisse a mesma quantidade de KWh no mês de 198 KWh, o custo seria de R$ 1.378,08 anualmente.

Já considerando a sala de informática que tem a mesmas quantidades de lâmpadas da sala de instrumentação, porém a sala de informática com as luminárias e lâmpadas LEDs tubulares. O custo anual considerando que se repetisse a mesma quantidade de KWh no mês de 103,3 KWh, o custo seria de R$ 718,97 anualmente.

A economia fica clara com o uso de luminárias e lâmpadas LEDs tubulares, essa economia chega a ser R$ 659,11 anualmente.

4. CONCLUSÃO

O estudo apresentou uma justificativa para a substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares aplicadas atualmente por lâmpadas de LED tubulares no sistema de iluminação artificial. O consumo de KWh é menor e consequentemente há uma economia financeira viável como foi vista no trabalho.

Foi verificado também que a iluminância em ambas as salas foram verificadas, lembrando que ambas têm a mesmas dimensões, e a lâmpadas de LED tubulares, mostrou uma maior iluminância, tanto na mínima quando na máxima iluminância encontrada, chegando na mínima a diferença de 105 lux e na máxima 213 lux.

De forma geral foi calculado que em um ano teria uma economia de 1136,4KWh em 12 meses, o que daria uma economia financeira de R$ 718,97 em igual período. Dessa forma fica claro que usar as lâmpadas de LED tubulares levando em conta dois fatores a iluminância e a economia financeira.

4. INFORMAÇÃO DO AUTOR

Antonio Carlos Lima Filho
Autor Correspondente. E-mail: aclfilho82@gmail.com

REFERÊNCIAS

Borelli, R., Barros, B. F., & Gedra, R. L. (2010). *Gerenciamento de Energia:Ações administrativas e técnicas de uso adequado da energia elétrica* (1º ed). Érica.

Borelli, R., Barros, B. F., & Gedra, R. L. (2018). *Gerenciamento de Energia: Ações Administrativas e Técnicas de uso adequado da Energia* (2º ed). Érica.

Creder, H. (2015). *Instalacoes Eletricas* (15º ed). LTC.

Editora de Economia. (2015). *Desperdício de Energia Gera Perdas de R$12,6 bilhões*. Jornal do Comércio.

Eletrobras. (2018). *Distribuição Alagoas, Horário de Ponta*.

Guerrini, D. P. (2008). *Iluminação: Teoria e Projeto* (2º ed). Érica.

Inatomi, T. A. H. (2008). *Análise da eficiência energética do sistema de condicionamento de ar com distribuição pelo piso em ambiente de escritório, na cidade de São Paulo, utilizando o modelo computacional Energyplus.* [Universidade de São Paulo]. https://doi.org/10.11606/D.3.2008.tde-07102008-110310.