



**Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Educação a Distância da UFSM – EAD
Universidade Aberta do Brasil – UAB**

**Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos
Processos Produtivos**

Polo: Panambi

**ESTUDO PRELIMINAR DE UM SISTEMA GERENCIÁVEL DE
ILUMINAÇÃO FLUORESCENTE TUBULAR COMBINADO COM A
ILUMINAÇÃO NATURAL PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

OLIVEIRA, Henrique Quatrin¹

MARTINS, Geomar Machado²

RESUMO

Apresentação de estudo para racionalização de energia em sistemas de iluminação fluorescente tubular, onde são apresentados equipamentos para o gerenciamento do seu funcionamento. Também é comentado um estudo de caso apresentado pelo fabricante.

¹ Engenharia elétrica. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI, Ijuí, RS.

² Engenharia elétrica. Professor Orientadora. Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS

RESUMO

Foi realizado um estudo bibliográfico nos manuais do fabricante, para um sistema gerenciável de iluminação fluorescente tubular combinado com a iluminação natural, com objetivo de redução de consumo de energia elétrica e garantia no conforto visual das pessoas. Também foi descrito o funcionamento individual dos equipamentos que compõem o sistema autônomo que regulam a luminosidade, responsável por dosar a quantia necessária de luminosidade artificial em função da natural variável. No estudo de caso apresentado, conclui-se que o tempo de retorno do investimento é de aproximadamente 10 anos, mostrando ser uma boa aquisição para projetos específicos.

Palavras-chave: Iluminação Natural e Artificial, Dimerização e Controle Autônomo de Luminosidade.

ABSTRACT:

A literature review of manufacturers manuals was performed to a tubular fluorescent lighting manageable system combined with natural lighting, with the objective of energy consumption reduction and improved wellbeing of the people. The individual operations of equipment that make up the autonomous system regulate the brightness, dosing the required amount of artificial light according to the natural variable also described. In this case, it is concluded that the pay back of the investment is about 10 years, and it could be a viable acquisition for specific projects.

Key words: Natural and Artificial Lighting, Dimming and Control Brightness Autonomous.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de iluminação utilizados nos setores industriais, comerciais e de instituições de ensino tem baixo rendimento por inúmeros problemas tais como: escolha inadequada de lâmpadas e luminárias; instalação inapropriada; utilização de equipamentos defasados; não realização de projetos para um correto dimensionamento de luminosidade do ambiente e a não utilização da luminosidade natural com sistemas autônomos, sendo este último o assunto pesquisado no trabalho.

Tendo em vistas estes problemas, é proposto uma pesquisa para a utilização de equipamentos de iluminação autônomos que controlem a luminosidade do ambiente, tornando possível a utilização máxima da iluminação natural onde a iluminação artificial se serve da natural, consumindo o mínimo de energia necessária e mantendo os níveis de iluminação de acordo com as normas regulamentadoras.

Portanto, quando o sistema de iluminação é necessário e o dia for ensolarado, a iluminação artificial é pouco solicitada ou até mesmo desligada, ficando a sua utilização em maior potencial apenas em casos específicos, como a noite ou dias nublados, aplicando assim apenas a parcela necessária para manter os níveis de luminosidade adequados.

Para maximizar os ganhos com a redução de consumo de energia e manutenção, há inserção de sensores de presença, que controlam a operação das luminárias e que acionam apenas quando presenciar pessoas no local.

A qualidade da luminosidade do local de trabalho deve ser adequada às tarefas realizadas, visando o máximo de eficiência para melhorar a produtividade com conforto visual e segurança. A luminosidade natural gera um bem estar dos ocupantes, tornando o ambiente mais saudável. DYNALITE, 2014.

2- OBJETIVO GERAL

Realizar um estudo bibliográfico preliminar nos manuais de fabricantes, em sistemas de controle autônomo de iluminação de ambientes, para a utilização da luminosidade natural, com intuito de reduzir o consumo de energia, especificamente aos setores industriais, comerciais e salas de aulas.

3- OBJETIVO ESPECÍFICO

Apresentar equipamentos comercializados no Brasil que são renomados. O seu funcionamento e viabilidade de utilização de sistemas autônomos de controle de iluminação de ambientes para os setores industriais e comerciais.

Apresentar um estudo de caso do fabricante, com uma análise econômica simplificada, para a substituição do sistema convencional para o sistema gerenciável.

4- METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma pesquisa de abordagem metodológica qualitativa, de caráter descritivo.

O trabalho foi realizado com base nos manuais dos fabricantes, revistas online e pesquisas em sites.

O retorno de investimento foi calculado através dos valores necessários para aquisição do sistema, dividido pelo valor da economia alcançada, onde o valor do kWh usado foi de R\$0,30.

5- ILUMINAÇÃO NATURAL

Conforme a Philips do Brasil (2009), centros de pesquisa do mundo todo têm estudado o impacto da luz do dia nos ambientes. A luz natural tem um papel fundamental no bem-estar dos ocupantes e na necessidade destes de manterem uma ligação com o mundo exterior. Os tratamentos das janelas, como cortinas e persianas, bem como os fatores de transmissão do vidro, afetam diretamente na quantidade de luz natural que entra no ambiente de trabalho. A tecnologia de controle da iluminação possibilita a substituição estratégica da luz fluorescente artificial por luz natural, variando lentamente as luzes à medida que a luz do dia entra, gerando uma economia considerável de energia. DYNALITE, 2014.

A distribuição e intensidade da luz natural nos ambientes internos dependem de alguns fatores, como: disponibilidade da luz natural (quantidade e distribuição), de obstruções externas, do tamanho, orientação, posição e detalhes de projeto das aberturas (verticais e/ou horizontais), das características óticas dos fechamentos transparentes, do tamanho e geometria do ambiente e da refletividade

das superfícies internas. GARROCHO, 2005.

Na utilização de iluminação natural, deve-se usufruir e controlar a luz disponível maximizando suas vantagens e reduzindo suas desvantagens. [6] As vantagens, já são bem conhecidas como o bem estar e a economia de energia proveniente da luminosidade natural e as desvantagens são ofuscamento e o calor, embora hoje exista ferramentas projetadas para esses tipos de problema que são os anteparos de proteções e elementos de redirecionamento da luz natural. GRAZIANO, 2014.

Com a atual capacidade dos microcomputadores, pode-se recorrer a procedimentos mecanizados para refletir a luz nas superfícies desejadas. Há benefícios muito válidos, seja do ponto de vista ecológico, financeiro ou social. GRAZIANO, 2014.

De acordo com Mascaró (1975) a luz natural pode ser definida como a radiação luminosa proveniente do sol, que se manifesta de forma direta, através dos raios ou de forma indireta, através da reflexão na atmosfera com ou sem nuvens chamadas de luz difusa, ou da vegetação, dos edifícios ou outros objetos existentes na superfície da terra chamada de luz refletida. MASCARÓ, 1975.

Segundo Silva (2005) a luz visível é uma radiação correspondente ao espectro eletromagnético entre os comprimentos de onda 380nm e 780nm. Através da visão, o ser humano tem a capacidade de distinguir comprimentos de onda intermediários do intervalo, que são percebidos como cores básicas. A Figura 1 apresenta o intervalo do espectro eletromagnético que corresponde a luz visível ao olho humano, em seus diferentes comprimentos de onda e cores. SCARAZZATO, 1995.

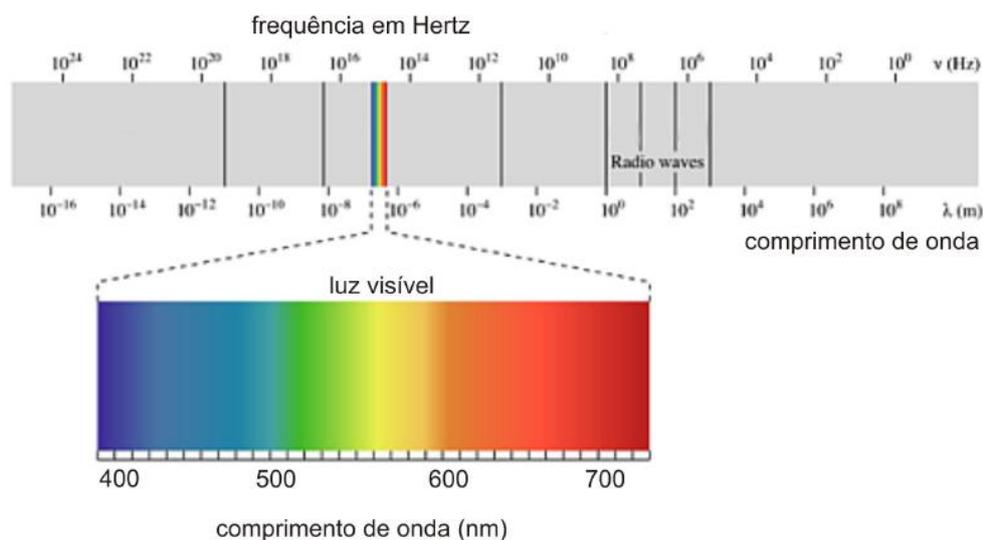


Figura 1 - ESPECTRO DAS CORES, DA LUZ VISÍVEL.

Fonte: CHAVES, 2012.

De acordo com Vianna e Golçalves (2001), o sol tem uma capacidade de seis bilhões de lumens por metro quadrado de sua superfície, sendo que cerca de 134000 lux chegam à atmosfera externa terrestre, 20% desta luz é absorvida e 25% refletida ao espaço. Uma parte apenas dos 55% restante chegam a superfície da terra como luz direta, sendo outra parte difundida pelas camadas da atmosfera como nuvens.

6- ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

A iluminação artificial é tudo aquilo que não é proveniente da iluminação do sol, como fogo, lâmpadas fluorescentes tubulares, lâmpadas incandescentes e etc.

6.1 LUMINÁRIA

É o equipamento responsável por fixar e acondicionar o conjunto dos itens necessários para a geração da luminosidade artificial e distribuir este fluxo proveniente da lâmpada. Uma luminária de boa qualidade é aquela que aperfeiçoa o desempenho da lâmpada, reator e equipamentos auxiliares. PHILIPS, 2014.

A luminária para lâmpada fluorescente tubular é formada basicamente por corpo e pode ser de diversos materiais que corresponde a estrutura externa da

luminária, o porta-lâmpada é o utensílio que fixa a lâmpada ao corpo da luminária e o distribuidor de luz é o item responsável por refletir o fluxo luminoso gerado pela lâmpada, que pode ser com difusor simples ou espelhado com e sem aletas para controle do ofuscamento. PHILIPS, 2014.

Na Figura 2, são apresentados dois exemplos de luminária sendo a primeira aletada (A) que é indicada para locais onde é necessário o controle de ofuscamento, como escritórios salas de aulas e o segundo modelo (B) é indicado para locais que não exigem um controle rígido do fluxo luminoso, indicado para supermercados e corredores.



Figura 2 – LUMINÁRIAS.

Fonte: PHILIPS (2012).

6.2 LÂMPADA FLUORESCENTE

A lâmpada fluorescente tubular produz luz através de uma corrente elétrica que atravessa um gás ou vapor contido no interior de um tubo (denominado tubo de arco ou tubo de descarga), gerando, nesse processo, luz visível e ultravioleta. Essa radiação incidirá sobre o revestimento de pó fluorescente presente na parte interna do bulbo, que converterão essa energia ultravioleta em luz. OLIVEIRA, 2013.

Estas lâmpadas, contém no geral, vapor de mercúrio misturado a um gás

inerte, usualmente argônio. As partes internas do bulbo são revestidas com gás fluorescentes (sais), cuja composição definirá características importantes como a reprodução de cores, a temperatura de cor da lâmpada e níveis de emissão de radiação ultravioleta. OLIVEIRA, 2013.

Na geração de luz pela lâmpada fluorescente, ocorrem três etapas de energia Figura 3. Na primeira, a energia elétrica é convertida em energia cinética acelerando as partículas dos elementos. Segunda, estes cedem sua energia durante a colisão de partículas, transformando-se em radiação eletromagnética, particularmente em ultravioleta. Terceira essa energia ultravioleta é então convertida em energia visível ou luz pelos sais da lâmpada. OLIVEIRA, 2013.

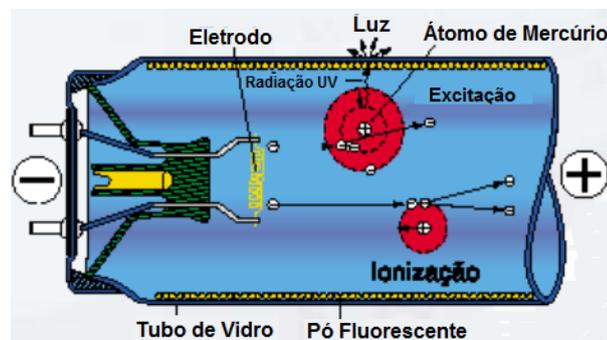


Figura 3 - PROCESSO DE GERAÇÃO DE LUZ LÂMPADA FLUORESCENTE.

Fonte: OSRAM, 2009.

A lâmpada fluorescente necessita operar com um modulador de corrente chamado reator, que também provê a tensão necessária à partida e posteriormente controla o fluxo de corrente no interior da lâmpada. OLIVEIRA, 2013. Na Figura 4, é apresentado um modelo de lâmpada tubular fluorescente.



Figura 4 - LÂMPADA FLUORESCENTE TUBULAR T8 32W.

Fonte: OSRAM, 2014.

7- SISTEMAS GERENCIÁVEIS DE ILUMINAÇÃO

Os sistemas de iluminação artificial, nos edifícios comerciais representam cerca de 35% do consumo de eletricidade. Para alcançar metas de redução de custos e futuro sustentável, é imprescindível o gerenciamento e controle de iluminação dos ambientes. Existem recursos de controle que garantem que as luzes serão usadas somente quando necessário, em um nível que minimiza o consumo de energia sem prejudicar o conforto dos ocupantes. DYNALITE, 2014.

Os equipamentos a seguir demonstrados são das marcas Philips, Osram e ECP, apesar de existirem diversas marcas no mercado só foram pesquisadas estas por serem produtos de alta qualidade e confiabilidade já testada por este pesquisador. Philips e Osram têm as mesmas linhas de produtos, apresentado diferenças mínimas com isso a escolha pela fabricante Philips por estar engajado em uma obra a qual ser usados os produtos e por ter os preços dos produtos.

7.1 REATOR FLUORESCENTE DIMERIZÁVEL

O reator é um equipamento auxiliar que tem o objetivo de limitar a corrente na lâmpada e fornecer as características elétricas adequadas, para utilizarmos a tensão da rede de energia para acionar a lâmpada. Os tipos de reatores encontrados no mercado são: eletromagnéticos e eletrônicos. REATORES PHILIPS, 2014.

O reator eletrônico que tem a capacidade de variar o fluxo luminoso da lâmpada fluorescente é chamado de reator dimerizável, que possui essa característica especial em relação aos convencionais, que não controlam o fluxo luminoso sendo fixo. O reator dimerizável apresenta dois tipos de sinais de controle,

o analógico ou digital, sinais esses que são recebidos dos dispositivos controladores do ambiente ou pessoas (sensores, controles remotos, interruptores etc.). PHILIPS, 2014.

O controle analógico é realizado através do protocolo de comunicação classificado entre 0-10V. O controle digital é conhecido como DALI “*Digital Addressable Lighting Interface*” (Interface de Iluminação Endereçável Digital). PHILIPS, 2014.

Na Figura 5, são apresentados exemplos de reatores que são utilizados nas luminárias com controle de luminosidade, que são operados através destes sinais de controle.



Figura 5- REATORES ELETRÔNICOS DIMERIZÁVEIS.

Fonte: OSRAM e PHILIPS, 2014.

7.2 SENSORES DE PRESENÇA

Os sensores de presença são componentes elétricos que detectam a presença de pessoas na sua proximidade e ligam os sistemas de iluminação, não sendo necessário o acionamento de um interruptor manualmente.

Existem variados modelos e tipos de sensores (Figura 6) mas que tem a mesma função, mudando a forma de fixação que pode ser no teto com um campo de detecção de até 360° ao seu arredor, e os que são instalados no lugar dos interruptores, que apresentam um campo de detecção de até 180°. Os sensores de presença estão com uma diversidade de funcionalidades, como a regulagem do tempo em que permanece ligada a luminária após a detecção de pessoas, e

fotocélula que é um sistema que monitora a luminosidade do ambiente, onde só habilitar o funcionamento da lâmpada quando detecta a passagem da pessoa e local estiver escuro, sendo muito utilizado em ambientes externos, quando dia as lâmpadas não são acionadas.

Conforme a fabricante de equipamentos para iluminação Osram é possível alcançar com a instalação deste sistema uma economia de até 35% no consumo de energia. OSRAM, 2014.



Figura 6- SENSORES DE PRESENÇA PARA ACIONAMENTO DE ILUMINAÇÃO.

Fonte: OSRAM e ECP, 2014.

7.3 SENSORES DE LUMINOSIDADE

O sensor de luminosidade tem a função de converter a luminosidade do ambiente em um sinal, que possa ser interpretado pelos reatores qual é a luminosidade do ambiente. Este sensor mede a luz refletida da superfície abaixo de sua instalação, com isso regula o fluxo luminoso que deve ser emitido pela lâmpada, regulando assim a luminosidade para mais e para menos, sempre buscando o valor pré-configurado de ajuste do sensor. Na Figura 7 são apresentados dois modelos o Luxsense e MicroLuxsense . MICRO LUXSENSE, 2014.



Figura 7 - SENSORES DE LUMINOSIDADE *LUXSENSE* E *MICROLUXSENSE*.

Fonte: PHILIPS, 2009.

O sensor *Luxsense* é acoplado diretamente na lâmpada e o *MicroLuxsense* é fixado na luminária. A regulagem do nível de iluminação do ambiente, nestes casos são diretamente nos sensores, como podem ser visualizados na Figura 8. *MICRO LUXSENSE, 2014.*

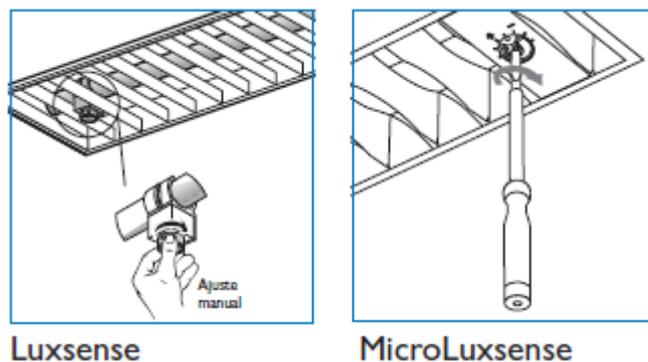


Figura 8 - REGULAGEM DO SENSOR DE CONTROLE DE FLUXO LUMINOSO.

Fonte: PHILIPS, 2009.

O sensor de luminosidade pode ser instalado diretamente no reator dimerizável, não precisando de outros equipamentos, como é mostrado na Figura 9. *MICRO LUXSENSE, 2014.*

Conforme a fabricante Philips (2009) descreve que com este tipo de controle de iluminação é possível chegar a uma economia de energia em até 35%. *MICRO LUXSENSE, 2014.*

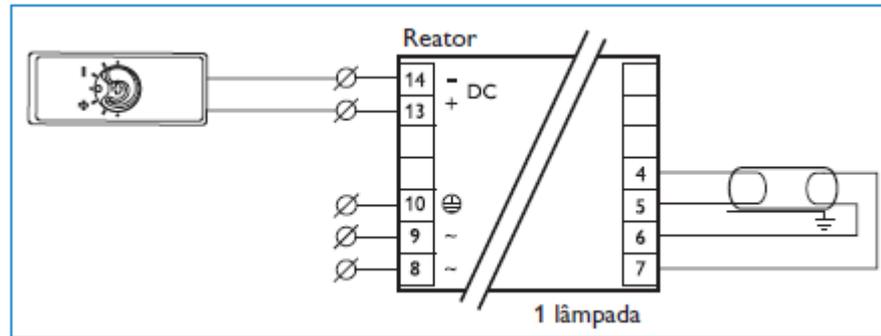


Figura 9 - DIAGRAMA DE INSTALAÇÃO DO SENSOR NO REATOR DIMERIZÁVEL.

Fonte: PHILIPS, 2009.

Também é possível controlar múltiplas luminárias com o uso de um sensor apenas, mas é necessário atentar-se a quantidade máxima que pode ser instaladas de acordo com o reator e sensor. Na Figura 10, é exibida a ligação para múltiplos reatores dimerizáveis. *MICRO LUXSENSE, 2014.*

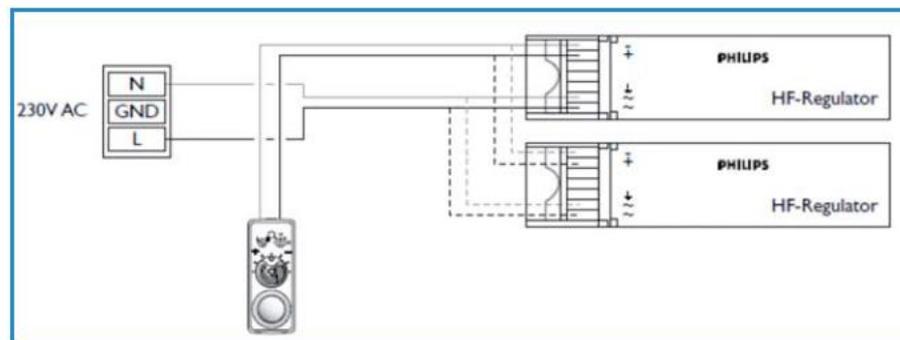


Figura 10 - DIAGRAMA E INSTALAÇÃO PARA MÚLTIPLOS REATORES COM UM SENSOR.

Fonte: PHILIPS, 2009.

7.4 SISTEMAS DE CONTROLE DE LUMINOSIDADES ANALÓGICO

O sistema de controle analógico que é chamado de 1-10V por alguns fabricantes funciona basicamente com um envio de um sinal de tensão para o reator, variando entre 0V (ou 1V) até 10V. Dependendo da variação, o reator regula (dimeriza) a lâmpada para mais ou para menos luz.

Vantagens do protocolo 0-10V:

- Tecnicamente simples: robusto e amplamente utilizado
- Relativamente fácil de instalar

- Baixo custo inicial dos equipamentos (reatores e controladores)

Desvantagens do protocolo 0-10V:

- Necessária tubulação dedicada (separada da rede elétrica);
- Sem endereçamento: os agrupamentos de luminárias devem ser conectados fisicamente via fiação elétrica;
- Para desligar as lâmpadas é preciso retirar a energia elétrica;
- Não existe retorno de informação (comunicação de uma via apenas): Controle/Reator/Lâmpadas. PHILIPS, 2014.

A empresa fabricante Philips tem um sistema de controle de iluminação chamado de *ActiLume 0-10V*, que é dotado do sensor de luminosidade e de presença, que pode proporcionar uma economia de até 70% de energia quando comparado com um sistema com reator eletromagnético e com interruptor convencional. Este sensor que pode ser visualizado na Figura 11. PHILIPS, 2009.

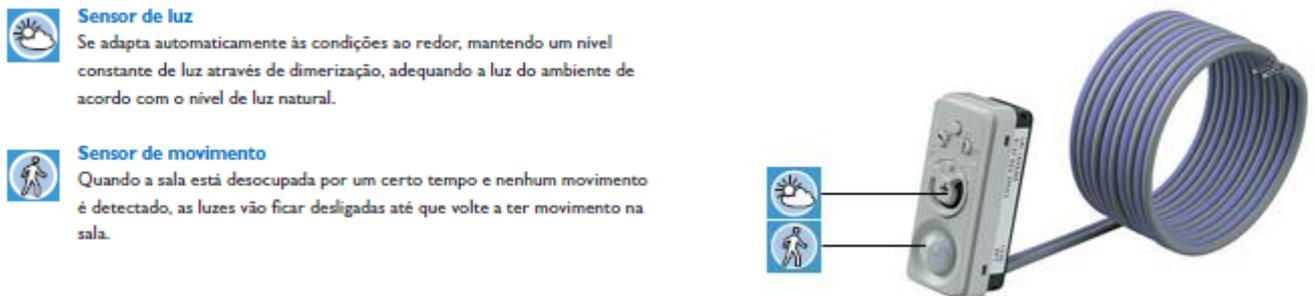


Figura 11 – SENSOR ACTILUME.

Fonte: PHILIPS, 2009.

7.5 SISTEMAS DE CONTROLE DE LUMINOSIDADES DIGITAL

Os sistemas de controle digitais não são o foco deste trabalho, por esse motivo, a abrangência de informações deste sistema será sucinta.

O protocolo DALI (*Digital Addressable Lighting Interface* - Interface de Iluminação Endereçável Digital) torna o sistema de iluminação inteligente. O DALI monitora o status de cada endereço e pode dimerizar individualmente ou um grupo de dispositivos, ou ainda informar ao usuário alguma ocorrência no sistema, como manutenções problemas e queimas de alguns dos equipamentos, ou seja, em caráter informativo ou preventivo. PHILIPS, 2009.

O DALI é uma interface aberta, sendo que atualmente existem mais de 60 fabricantes no mundo, as marcas fornecedoras para o Brasil mais conhecidas autorizadas a produzirem com esta tecnologia são a Philips e a Osram. PHILIPS, 2009.

Vantagens do protocolo dali:

- Comunicação de duas vias: Controle/Reator/Lâmpadas;
- Dispositivos endereçáveis;
- Mesma tubulação para fiação DALI e elétrica (economia na instalação);
- Possibilidade de acender, apagar e regular (dimerizar) por meio da fiação de controle.

Desvantagens do protocolo dali:

- Sistema complexo de especificar e instalar (necessário profundo conhecimento e mão de obra especializada);
- Custo dos equipamentos envolvidos mais altos (quando comparado ao analógico). PHILIPS, 2009.

Na Figura 12, é apresentado o diagrama de instalação de um sistema Dali.

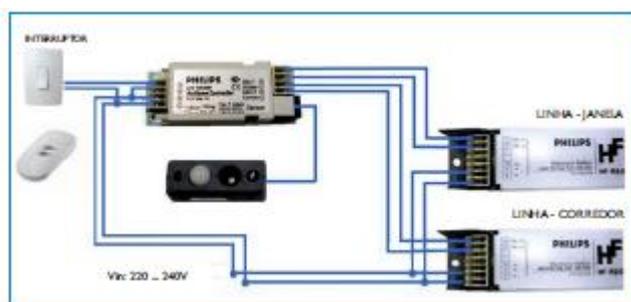


Figura 12 SISTEMA DE COMPLETO COM COMUNICAÇÃO DALI.

Fonte: PHILIPS, 2009.

Na Figura 13, é apresentado o sensor ActiLume, com seus respectivos itens

de funcionalidades, como sensor de luz, de presença ou movimento e receptores para controle infravermelho.

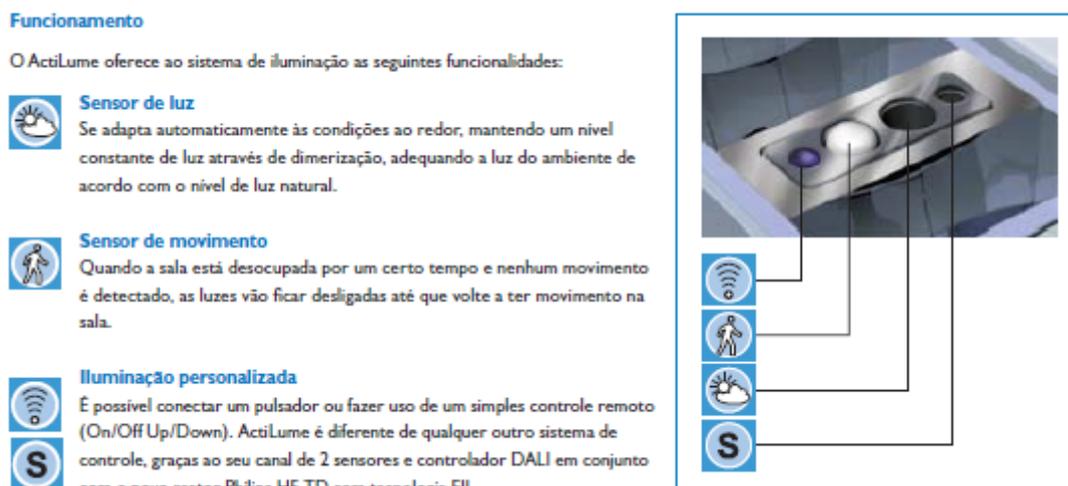


Figura 13 SENSOR ACTILUME

Fonte: PHILIPS, 2009.

8 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

Conforme o estudo, os valores da economia podem variar, pois deve ser levando em conta o aproveitamento da luz natural que é utilizado em conjunto com o sistema de iluminação artificial. Conforme Vianna e Gonçalves (2001), a economia de energia elétrica varia na ordem de 30 a 70%. VIANNA, 2001.

A economia de energia e a sustentabilidade são os motivadores para o uso eficiente da iluminação. O cenário atual cada vez é mais favorável a aplicações de tecnologias mais modernas e eficientes em função do custo da energia elétrica. IWASHITA, 2011.

Com isso, equipamentos mais eficientes de lâmpadas fluorescentes de alto desempenho estão em constante desenvolvimento, para que os projetos luminotécnicos reduzam a carga instalada, mas mantendo o mesmo fluxo luminoso, reduzindo os custos não só com a energia elétrica, mas também com as instalações elétricas.

Conforme apresentado nos itens anteriores, a forma mais eficiente em iluminação é a utilização da luminosidade natural, que é abundante e gratuita, com

um sistema adaptativo autônomo de controle da luminosidade, a qual não dependa das pessoas, para o seu acionamento ou controle atuando de forma automática.

Com este sistema, quanto maior for a quantidade da luminosidade natural menor será a utilização da luminosidade artificial, que em edificações comerciais e industriais a sua maior demanda é durante o dia, sendo este sistema muito atraente em relação a redução do consumo de energia.

Na Figura 14, é apresentado como os sistemas de iluminação convencional funcionam. Mesmo com a presença da luminosidade natural, as lâmpadas ficam em funcionamento em máxima potência, mesmo sendo em muitos casos, uma luminosidade acima do necessário. Também se vê casos em que devido a grande luminosidade natural, o sistema estando ligado ou não, não faz diferença no ambiente.

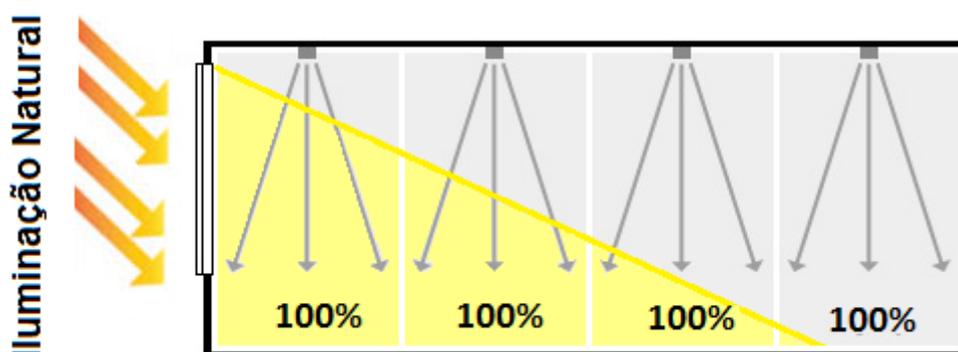


Figura 14 - SISTEMA DE ILUMINAÇÃO CONVENCIONAL.

Fonte: OLIVEIRA, 2014.

Na Figura 15, é ilustrado o comportamento das luminárias pontualmente, as quais são dotadas de sensores que monitoram o nível de luminosidade do ambiente e controlam o despacho de potência das lâmpadas.

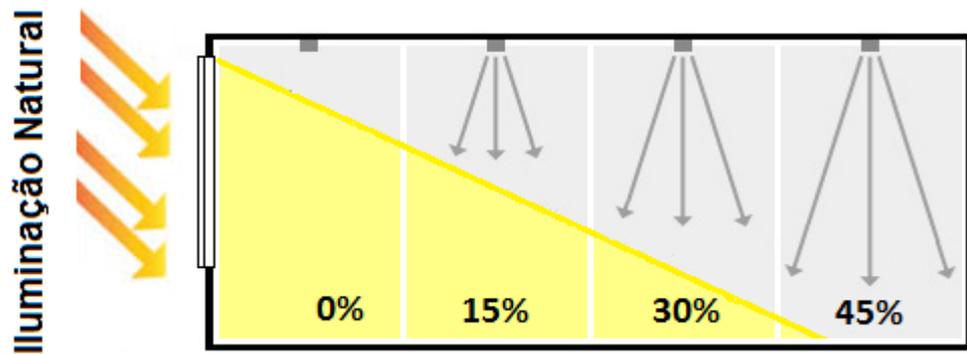


Figura 15 - SISTEMA DE ILUMINAÇÃO COM CONTROLE DO FLUXO LUMINOSO.

Fonte: OLIVEIRA, 2014.

Com este sistema, a luminosidade do ambiente é sempre constante, tornando o mais agradável. Desta forma, quando a luminosidade natural for o suficiente para atingir o valor regulado no sensor, a luminária pode até ficar desligada, conforme Figura 15.

Na realização do projeto luminotécnico com esta tecnologia, pode-se dimensionar o sistema com uma potência um pouco acima do necessário para compensar a degradação das luminárias, não necessitando alterações até o final da sua vida útil.

Este sistema torna a iluminação autônoma, quando habilitado o sensor de presença, tornando o muito eficiente, como ilustrado na Figura 16. As luminárias que ficam em funcionamento no caso de poucas pessoas trabalhando, são apenas as do local que realmente são necessárias, não havendo assim perdas com energia e de vida útil das lâmpadas e reatores.



Figura 16 - SISTEMA DE ILUMINAÇÃO COM SENSORES DE PRESENÇA.

Fonte: PHILIPS, 2009.

O design do conceito atual, é ter ambientes bem claros e ventilados naturalmente nas salas comerciais e industriais, com utilização abundante de vidros, pois resulta em um ambiente bonito com custos benefício e um local aconchegante, como pode ser visualizado na Figura 17.



Figura 17 - DESIGN CONCEITO DOS AMBIENTES DA ARQUITETURA ATUAL.

Fonte: PHILIPS, 2014.

O resultado da utilização do sistema autônomo, e ambiente projetado para o aproveitamento da iluminação natural, gera uma economia de energia, como apresentado no estudo de caso a seguir.

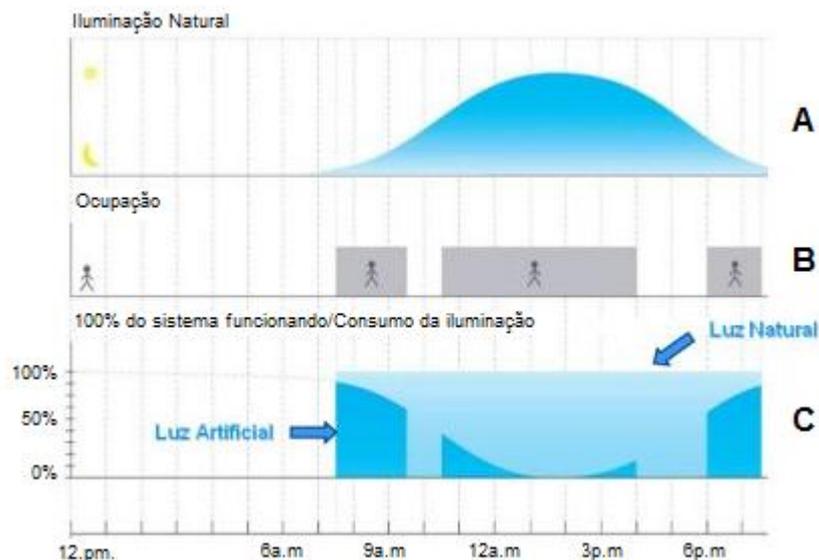


Figura 18 POTENCIAL DE ECONOMIA EM ENERGIA, COM A UTILIZAÇÃO DO SENSOR DE PRESENÇA E LUMINOSIDADE.

Fonte: OSRAM SETOR ELÉTRICO, 2013.

A Figura 18 é formada por três gráficos, sendo que o primeiro, representada como A, mostra o comportamento da luminosidade natural, de acordo com o horário do dia, o segundo gráfico, denominado B, apresenta os períodos de real utilização da iluminação durante o trabalho, e por fim o terceiro gráfico representado como C, demonstra a quantia de luminosidade necessária no ambiente, e o complemento solicitado da iluminação artificial. IWASHITA, 2011.

Na Figura 18, a luminosidade artificial é modulada de acordo com a necessidade que a natural impõe. Com isso fica claro que quanto mais luminosidade natural menor o consumo com a luz artificial.

9 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de serem escolhidos os equipamentos da Philips, foi realizada uma pesquisa dos fabricantes, e os únicos que atenderam com os componentes para gerenciamento foram a Philips e Osram, como apresentado no Quadro 01.

Quadro 1 – Comparativos de equipamentos.

Marca	Sensor de presença	Lâmpada fluorescente t5	Sensor de luminosidade p/ gerenciamento	Reator dimerizavel
Philips	sim	sim	sim	sim
Osram	sim	sim	sim	sim
Intral	Não	Não	Não	Não
FLC	Não	sim	Não	Não
Sylvania	Não	sim	Não	Não
Golden	Não	Não	Não	Não

Fonte: O AUTOR.

O estudo de caso apresentado pela fabricante PHILIPS no seu “Guia de projetos com controles de iluminação”, guia este que apresenta o resultado que é possível chegar a uma economia próxima de 50% no consumo de energia elétrica, e através destes dados calculou-se o tempo de retorno do investimento, que a seguir será explanado. PHILIPS, 2009.

O estudo corresponde a uma sala de aula, onde o lado superior sinalizado por linhas em amarelo é dotado de janelas de vidros e tem a incidência da luminosidade natural, conforme é apresentado na Figura 19.



Figura 19 – PLANTA BAIXA DA SALA DE AULA DO ESTUDO DE CASO.

Fonte: PHILIPS, 2009.

A sala representada na Figura 19 tem seus dados descritos no Quadro 1 em sequência, onde pode-se verificar que a mesma é composta por quarenta luminárias fixadas ao teto com potência de 58W individual e total de 2320kW. A sala tem uma utilização de 12 horas por dia de segunda à sexta-feira e 6 horas nos sábados. O período entre a chegada, intervalo e saída das pessoas, corresponde a um valor medido de 4 horas diárias em que o sistema permanece ligado sem a presença de pessoas no local. O período de utilização da sala e durante a manhã e tarde, apresentando uma média de 7 horas de luminosidade natural plena no ambiente.

No Quadro 2 é apresentado o resumo de todos os dados do estudo de caso.

Quadro 2 LEVANTAMENTO DOS DADOS DA SALA DE AULA.

Potência total da luminária (W):	58
Quantidade de luminárias:	40
Potência total da instalação (W):	2320
Horas de funcionamento por dia:	12
Horas de luz solar:	7
Horas sem presença:	4
Preço do KW/h:	R\$ 0,30
Número de andares:	1

Fonte: PHILIPS (2009).

O resultado do consumo conforme o sistemas dimerizável ActiLume esta representado no Quadro 3, onde pode-se inferir sua utilização. A primeira fileira apresenta uma economia de 55%, correspondendo que as luminárias estão funcionando a 45% de sua potência nominal devido a luminosidade proveniente das janelas a segunda fileira economizando 25% funcionando a 75% de sua carga e a terceira funcionando a 90% de sua potência.

Quadro 3 - RESULTADOS DE CONSUMO CONFORME O SISTEMA DIMERIZAVEL ACTILUME.

Fileira	Cons. Mensal	
1ª fileira	45936	Economia do sensor de luz 1ª fileira: 55%
2ª fileira	76560	Economia do sensor de luz 2ª fileira: 25%
3ª fileira	91872	Economia do sensor de luz 3ª fileira: 10%
4ª fileira	102080	Economia do sensor de luz 4ª fileira: 0%
		Economia sensor de presença: 33%

Fonte: Philips, 2009.

O sistema de luminária convencional, mesmo com toda a luminosidade natural, consome 100% da sua potência, diferentemente da dimerizável que apresenta economia conforme as fileiras de luminárias apresentadas no Quadro -

03, onde são comparados o sistema convencional e o dimerizável ActiLume.

Quadro 4 - COMPARATIVO DE CONSUMO ENTRE OS SISTEMAS CONVENCIONAL E ACTILUME.

SEM ActiLume		COM ActiLume		ECONOMIA	
Consumo Mensal (kWh):	612,48	Consumo Mensal (kWh)	316,45	Redução Consumo (kWh)	296
Total do andar:	R\$ 183,74	Total do andar:	R\$ 94,93	Economia	R\$ 88,81
					48,3%

Fonte: Philips, 2009.

Conforme apresentado no exemplo é possível chegar a uma economia de aproximadamente 50% no consumo de energia e obter ganhos dos benefícios que a luminosidade natural traz ao ambiente. Este resultado está de acordo com os estudos propostos por Vianna e Gonçalves (2001) onde a economia de energia elétrica varia na ordem de 30 a 70%. VIANNA, 2001.

9.1 TEMPO DE RETORNO

Para calcular o tempo de retorno médio do investimento foram levantados os valores das luminárias, lâmpadas, reatores e sensor ActiLume, com a empresa DW Materiais Elétricos, conforme são apresentados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - COMPARATIVO DE INVESTINDO CONFORME O TIPO DE SISTEMA.

	Descrição	Valor		Descrição	Valor
Convencional	Luminária	R\$ 150,00	Com ActiLume	Luminária	R\$ 150,00
	Lâmpada T5 54w	R\$ 10,90		Lâmpada T5 54w	R\$ 10,90
	Reator 2x54w	R\$ 75,90		Reator 2x54w	R\$ 204,90
				Sensor ActiLume	R\$ 129,90
Valor Unit. Luminária		R\$ 236,80			R\$ 495,70

Fonte: DW MATERIAIS ELÉTRICOS.

Os valores a serem considerados para calcular o *Pay Back* (tempo de retorno), é a diferença do valor do sistema convencional para o dimerizável, pois o custo da luminária, lâmpada fluorescente e um percentual do reator, têm-se em ambos os sistemas a serem utilizados. Por esses motivos o valor a ser amortizado é a diferença do preço do reator que não é mais o convencional e passa a ser o dimerizável e o sensor ActiLume que é acrescentado a este sistema, gerando uma diferença de preço de R\$495,70 – R\$236,80 = R\$258,90 reais custo a mais para utilizar um sistema dimerizável ActiLume.

Na Tabela 2, apresenta-se o montante total que será gasto a mais com o sistema dimerizável e o valor médio que cada sistema gasta por ano com energia elétrica, com isso chega-se a um *pay back* de 9,72 anos para que o sistema dimerizável ActiLume se pague.

Tabela 2 - Retorno do investimento.

Descrição	Convencional		Actilume		Pay Back (Ano)
	MWh	Valor	MWh	Valor	
Valor das 40 Luminárias	-	-	-	R\$ 10.356,00	9,72
Consumo (Anual)	7,35 MWh	R\$ 2.204,88	3,80 MWh	R\$ 1.139,16	
Economia	R\$ 1.065,72				

Fonte: O AUTOR.

O valor economizado pode variar para cada tipo de projeto, sendo esse apenas um estudo. A economia pode ser maximizada com uma maior quantidade de luminosidade natural e com compras em escala de produtos, utilizando-se da barganha de preço, pois os preços descritos foram para compra de peças unitária dos produtos.

10 Conclusão

A pesquisa teve a finalidade de buscar sistemas de iluminação autônomos que apresentem a capacidade adaptativa, para integrar a luminosidade natural reduzindo assim a luminosidade artificial.

Conforme o estudo de caso apresentado, é possível chegar a uma economia de aproximadamente 50% no consumo de energia, e ainda obter ganhos e benefícios que a luminosidade natural traz ao ambiente para as pessoas que as utilizam.

Para a aplicação destes sistemas é importante à engenharia de aplicação, para que sejam utilizados os componentes e equipamentos corretos para cada tipo de ocasião, proporcionando o melhor rendimento e custo benefício do sistema de iluminação, através da utilização mutua das luminosidades.

O pay back obtido foi de 9,72 anos para a implementação do sistema ActiLume. Esse sistema é imediatamente recomendável para os casos de necessidade de redução da demanda de energia na planta elétrica, redução do consumo, inserção ao conceito ecológico, certificações de eficiência energética, atualização tecnológica da planta elétrica, padronização de estoque para facilitação da manutenção do sistema de iluminação e redução de peças de reposição, variabilidade e controle da luminosidade dos ambientes e o fim dos pedidos e treinamento das pessoas para que ao saírem dos ambientes apaguem as luzes. Por todos esses motivos muitas vezes o tempo de retorno do investimento apesar de ser acima do usual pode ser irrelevante.

Apesar do sistema gerenciável ser relativamente novo no mercado, sua instalação é simples e os valores tendem a reduzir com a utilização em massa, desmistificado assim sua realidade, tonara o futuro da iluminação, afinal com o elevado custo da energia tornara necessária, e outro fato que relevante e a minimização dos impactos com a natureza, por tornar o sistema mais econômico.

11 REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

ARAUJO, A. C. A comercialização de energia elétrica para os consumidores finais no novo modelo, 2011. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Antonio.pdf>>. Acesso em: 20/04/2014.

CASTRO F. N. de C. e LUCIANO B. A.: Eficiência energética em sistemas de iluminação pública. **Revista O Setor Elétrico**, 2012 Disponível em: (http://www.osetoelettrico.com.br/web/documentos/fasciculos/Ed81_fasc_iluminacao_cap10.pdf). Acessado em 18/11/2014.

CHAVES W. P. Iluminação Natural em Escritórios UnB Brasília, 2012 Disponível em file:///D:/Meus%20Documentos/Downloads/2012_PatriciaWinterChaves.pdf em file:///D:/Meus%20Documentos/Downloads/2012_PatriciaWinterChaves.pdf Acessado em 20/11/2014

DYNALITE, controles de Iluminação em Rede. Disponível em <http://www.lighting.philips.com.br/pwc_li/br_pt/lightcommunity/trends/lighting-controls/assets/Adalberto-dynalite.pdf>. Acesso em 28/10/2014.

FRANÇA, J. G. F.: A importância do uso da iluminação natural como diretriz nos projetos de arquitetura. **Revista On-line IPOG**, 2014.

FURLANETTO, C. O uso da energia elétrica no âmbito residencial, 2010. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR51_0009.pdf>. Acesso em: 10/06/2014.

GARROCHO S. J. – Luz natural e projeto de arquitetura- Estratégia para iluminação Zenital em centros de compras – Tese de mestrado. Curso de Pós-

Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, 2005.

GRAZIANO S. Jr - Iluminação Natural - Por que é tão importante - Disponível em - **Revista LUME Arquitetura**, 2014 <<http://www.sig.arq.br/admin/uploads/1350605252.pdf>> Acessado em 20/11/2014

IWASHITA J. **Revista o Setor Elétrico**, 2011. Disponível em <http://www.osetoreletrico.com.br/web/colunistas/juliana-iwashita/749-por-que-controlar.html>. Acesso em 05/11/2014

MARQUES J. M. O que é eficiência energética?, 2010. Disponível em: <http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia>. Acesso em: 15/06/2014.

MASCARÓ, L. E. Iluminação natural nos edifícios. **FAU/USP**, São Paulo, 1975

MICRO LUXSENSE - **Sensor de Luz integrado à luminária** – Disponível em - <http://www.lighting.philips.com.br/products/controls/indoor/luxsense/> - Acessado em 08/11/14

MIRANDA J. R. Geração De Energia: um “mal necessário e inevitável – o que fazer?”, 2010. Disponível em: <http://www.aquecimento.cnpm.embrapa.br/conteudo/prevencao_nec.htm>. Acesso em: 07/06/2014.

OLIVEIRA B. Leonardo – **Fontes Artificiais de Luz** – Tese de mestrado - Universidade Federal de Minas Gerais – Belo Horizonte- 2013 -Disponível em http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/JSSS-97CFPJ/fontes_artificiais_de_luz.pdf?sequence=2 Acessado em 20/11/2014

OSRAM, Catálogo de Sistemas de Gerenciamento da Iluminação, Disponível em: (http://www.osram.com.br/osram_br/) Acesso em 18/11/2014

OSRAM, do Brasil – Disponível em -
http://www.osram.com.br/osram_br/produtos/eletronicos/sistemas-de-gerenciamento-da-iluminacao/sensores-stand-alone/high-bay/index.jsp Acessado em 09/11/14.

PHILIPS, Guia de projetos com controles de iluminação – Disponível em
www.philips.com.br/lighting acessado em 08/11/14

PHILIPS, Reatores dimerizáveis. Disponível em
<http://www.lighting.philips.com.br/pwc_li/br_pt/lightcommunity/trends/lighting-controls/assets/Informativo-Como-Funcionam-os-Reatores-Dimerizaveis.pdf>.
Acesso em 28/10/2014.

REATORES PHILIPS – Disponível em: -
http://www.lighting.philips.com.br/connect/support/faq_reatores.wpd Acessado em
07/11/2014

SCARAZZATO, P S e SILVA, R. R. **Disponibilidade de Luz Natural (DLN)**
Versão 2.06, São Paulo, 1995.

SOUZA, M. B. Potencialidade de aproveitamento da luz Natural através da utilização de Sistemas automáticos de controle para Economia de energia elétrica. Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2003.

VIANNA, N. S.; GONÇALVES, J. C. S. Iluminação e Arquitetura. São Paulo:
Geros, 2001.