



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CEAU



KAITO ALENCAR

SISTEMA DE CONTROLE DE LUMINOSIDADE AUTÔNOMO DE UM
LABORATÓRIO

Ouro Preto – 2016

KAITO ALENCAR

SISTEMA DE CONTROLE DE LUMINOSIDADE AUTÔNOMO DE UM LABORATÓRIO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Sávio Augusto Lopes da Silva

Coorientador: Diógenes Viegas Mendes Ferreira

Ouro Preto

Escola de Minas – UFOP

Maio/2016

A368s Alencar, Kaito .
Sistema de controle de luminosidade autônomo de um laboratório
[manuscrito] / Kaito Alencar. - 2016.
59f.: il.: color; grafs; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Sávio Augusto Lopes Silva.
Coorientador: Eng. Diógenes Viegas Mendes Ferreira.

Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Ouro
Preto. Escola de Minas. Colegiado do Curso de Engenharia de
Controle e Automação e Técnicas fundamentais.
Área de concentração: Engenharia de Controle e Automação.

1. Luminotécnica. 2. Controle automático. 3. Sensores - LDR.
4. Motores elétricos. 5. Microcontrolador. I. Silva, Sávio Augusto Lopes.
II. Ferreira, Diógenes Viegas Mendes. III. Universidade Federal de Ouro
Preto. IV. Título.

CDU: 681.5

Fonte de catalogação: bibem@sisbin.ufop.br

Monografia defendida e aprovada, em 31 de maio de 2016, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



Prof. Dr. Sávio Augusto Lopes da Silva - Orientador



Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves – Professor Convidado



Prof. Dr. Alan Kardek Rêgo Segundo – Professor Convidado

“Eu tentei 99 vezes e falhei. Mas na centésima tentativa eu consegui. Nunca desista de seus objetivos, mesmo que eles pareçam impossíveis. A próxima tentativa pode ser a vitoriosa.”
(Albert Einstein)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a mãe Natureza por nos oferecer a vida. Aos meu pais Vanderlei e Denise por me darem amor, carinho, dedicação e apoio. Minha irmã Nayara pelo companheirismo. Agradeço todos os professores do DECAT da Escola de Minas, em especial professores Sávio da Silva e Alan Kardek. Agradeço aos colegas que me ajudaram neste trabalho Robson Nunes, Guilherme Brito, Diógenes Viegas e Leonardo Gonzaga.

Agradeço também a minha eterna casa, República Peripatus, e a todos os peripatanos por tudo que vivi em Ouro Preto.

RESUMO

Crises energéticas, busca por energias renováveis, políticas ambientais, economia de energia, esse é o contexto que está levando os estudos e as inovações tecnológicas para o caminho da eficiência energética. Neste projeto é apresentada uma proposta de automação de uma cortina persiana em conjunto a uma lâmpada dimerizada controlada de acordo à luminosidade local, com o objetivo de utilizar melhor a luz solar na área da iluminação. A maneira escolhida para essa automação foi o controle da posição da cortina persiana por meio de um motor de passo controlado por um microcontrolador que recebe informações do sensor de luminosidade. O sensor utilizado é o LDR (Light Dependent Resistor). Outro sensor LDR envia informações da luminosidade da mesa para que a potência da lâmpada aumente caso necessário. O projeto tem a função de abrir a cortina e permitir a entrada de luz no cômodo caso a quantidade de lux incidida esteja abaixo do padrão de conforto determinado e fechar a cortina caso os raios solares estejam incidindo diretamente na janela causando desconforto. Para o funcionamento do sistema é utilizado um microcontrolador modelo PIC18F4550.

Palavras Chave: Controle de luminosidade, motor de passo, microcontrolador, sensor de luminosidade, automação da iluminação.

ABSTRACT

Energy crises, search for renewable energy, environmental policies, energy saving, this is the context that is leading the studies and technological innovation to the way of energy efficiency. This project is a proposal of automatization of a curtain working together with a controlled dimmable lamp according to the local light in order to use better sunlight in the area of lighting. The chosen way to do this automation, is the control of curtain position by a step motor controlled by a microcontroller that receives information from a light sensor. The sensor used was the LDR(Light Dependent Resistor). Another LDR sensor sends the table luminosity information to microcontroller so that the lamp power increases if necessary. The project has the function to open the curtain and allow light to enter the room while the quantity of lux is below the determined standard of comfort and close the curtain if the sun rays are falling directly on the window causing discomfort. For the operation of the system is used a microcontroller model PIC18F4550.

Keywords: brightness control, step motor, microcontroller, light sensor, automation of lighting, LDR.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS	11
<i>1.1.2 Objetivos Gerais</i>	<i>11</i>
<i>1.1.3 Objetivos Específicos</i>	<i>12</i>
1.2 JUSTIFICATIVA	12
1.3 METODOLOGIA	12
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	13
2 ILUMINAÇÃO NATURAL E SUA INTEGRAÇÃO COM A ARTIFICIAL	14
2.1 CONFORTO AMBIENTAL	15
2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	17
2.3 AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	19
2.4 AUTOMAÇÃO DA ILUMINAÇÃO	21
2.5 AUTOMAÇÃO DA ILUMINAÇÃO APLICADA AO PROJETO	23
3 CONCEITOS DE ILUMINAÇÃO PARA PROJETOS LUMINOTÉCNOS	25
3.1 FLUXO LUMINOSO(Φ) - UNIDADE: LÚMEN (LM)	25
3.2 INTENSIDADE LUMINOSA (I) - UNIDADE: CANDELA (CD)	25
3.3 ILUMINÂNCIA (ILUMINAMENTO) (E) - UNIDADE: LUX (LX)	26
3.4 LUMINÂNCIA (L) - UNIDADE: CD/M2	27
3.5 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA(HW) - UNIDADE: LM / W (LÚMEN / WATT)	28
3.6 LAMPADAS LED	29
3.7 ILUMINÂNCIA POR AMBIENTE	33
4 MOTORES DE PASSO	34
4.1 ACIONAMENTO DO MOTOR DE PASSO	36
5 SENSOR LDR (LIGHT DEPENDENT RESISTOR)	37
5.1 CALIBRAÇÃO DO LDR	39
6 MICROCONTROLADORES	43
6.1 A FAMÍLIA PIC	43
6.2 PIC 18F4550	44
7 PROJETO	46
7.1 SIMULAÇÃO E PLACAS DO PROJETO	46
<i>7.1.2 Placas de controle e potência</i>	<i>48</i>
7.2 MOTOR E SENSORES INSTALADOS	49
7.2.1 Motor de Passo	49
7.2.2 Sensor óptico reflexivo	50

7.2.3 <i>Sensor LDR</i>	51
7.2.4 <i>Lâmpada LED</i>	52
7.3 PROGRAMAÇÃO	53
7.4 ANÁLISE DE RESULTADOS	55
8 CONCLUSÕES	56
9 REFERÊNCIAS	58

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, grande parte dos estudos tecnológicos veem a necessidade da introdução do tema sustentabilidade e aproveitamento energético no desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias. Crises energéticas, crise hídrica, desastres em usinas nucleares, aumento da demanda de energia em todos os setores tem impulsionado a indústria de energias renováveis e o abastecimento energético sustentável otimizando o uso dos recursos naturais. Neste contexto, a eficiência energética se apresenta como uma das soluções que agregam mais benefícios, tanto ambientais, como econômicos e sociais (PROCEL, 2012).

A criação da certificação de gestão energética, a ISO 50001, em 2011, é mais uma prova de que entidades de todo o mundo estão unindo esforços no sentido de combater o desperdício de energia e promover o uso eficiente e racional desse insumo (GOMES, 2012).

O modelo de gerenciamento energético tem como objetivo melhorar a produtividade de forma eficiente, fazendo o mesmo ou mais com menos energia elétrica possível. Nesse sentido, os sistemas de controle e de gerenciamento de energia são ferramentas criadas para auxiliar os profissionais a administrarem a qualidade da energia, o consumo e os custos com eletricidade (GOMES, 2012).

Uma solução agregada ao gerenciamento energético é o aproveitamento da luz solar em edificações industriais, empresariais e domiciliares em conjunto com o controle automático de luminosidade de lâmpadas dimirizáveis, o que diminui os desperdícios de energia elétrica gerados na má distribuição de luminosidade.

Com o emprego de técnicas de automação predial é possível garantir uma utilização racional de energia e um provimento contínuo de dados que, analisados adequadamente, viabilizam o gerenciamento e a operação parcimoniosa dos serviços ou funções da edificação, bem como a sua alta integridade (BRAGA, 2007).

Nos últimos anos, o mercado de automação residencial cresce a uma média de 35% ao ano em número de projetos, tais como: cabeamento estruturado para dados, voz e imagem, sistemas de segurança, áudio e vídeo, controle de iluminação, cortinas e venezianas automáticas, utilidades

(como aspiração central, irrigação, piso aquecido e outras) e em especial, o uso da automação para eficiência energética (PAIVA, 2007).

Os projetos de automação residencial podem ser aplicados em grandes edificações como, por exemplo: universidades, prédios comerciais, escritórios, nos quais há necessidade cada vez maior não só do uso de tecnologias de dados e imagens, mas também de iluminação com controle inteligente da luminosidade coerente ao ambiente de trabalho, diminuindo assim custos de energia elétrica.

Conforme o Procel Edifica, estima-se um potencial de redução de consumo de energia elétrica de aproximadamente 30% com a realização de ações de eficiência energética nos sistemas de iluminação, ar condicionado e intervenções arquitetônicas. Este percentual se eleva para 50% em edificações novas (PROCEL, 2012).

Como qualquer novidade, a Automação Residencial inicialmente é entendida somente como um sinal de status, modernidade, comodidade e conveniência pelo cliente. Quando o cliente se inteira mais e recebe mais informações sobre o produto, ele percebe que além das características citadas anteriormente possui também um fator de economia e percebe que o produto se torna uma necessidade vital (LUZ, 2009).

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho procura desenvolver e executar uma proposta de iluminação autônoma de uma sala controlando a incidência da iluminação natural em conjunto com a artificial.

1.1.2 Objetivos Gerais

- Fazer o controle da posição de uma cortina persiana de modo a controlar a incidência dos raios solares em um laboratório;
- Controlar a potência de uma lâmpada de acordo com a necessidade de luz para que o ambiente fique com a luminosidade constante energizando a lâmpada sempre com a menor potência possível.

1.1.3 Objetivos Específicos

- Revisar os conceitos luminotécnicos;
- Estudar e projetar uma forma de controle de abertura de uma cortina persiana utilizando um motor e uma forma de controle de luminosidade dimerizando uma lâmpada;
- Confeccionar uma placa de circuito impresso com os circuitos de potência e controle utilizando PIC 18F4550;
- Implementar o controle de uma cortina persiana usando motor de passo;
- Dimerizar uma lâmpada;
- Realizar testes;
- Escrever um artigo a partir do estudo e dos resultados deste trabalho.

1.2 JUSTIFICATIVA

A automação industrial (e das tecnologias) estão avançando em conjunto com os conceitos de consciência do uso de energia e o uso de energias renováveis devido às crises energéticas e as normas ambientais.

O estudo e desenvolvimento de técnicas inteligentes e autônomas para ajudar no controle e economia do uso de energia na iluminação de edificações.

1.3 METODOLOGIA

No desenvolvimento do trabalho, realizou-se uma abordagem do problema, justificando-se a possível aplicação do conceito de eficiência energética e economia de energia ao se desenvolver e efetuar o protótipo proposto. Fez-se uma revisão de conceitos pertinentes à resolução do problema. Após pesquisa, realizou-se uma proposta para a resolução, e assim, então, desenvolveu-se o protótipo que foi testado e posto em prática. Em suma, o estudo é dividido em:

- Abordagem do problema;
- Estudo dos conceitos pertinentes à resolução do problema;

- Estudo de alguns métodos existentes para resolver, se não o problema todo, parte dele;
- Proposição de um novo protótipo;
- Teste do protótipo.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No primeiro capítulo - Introdução, faz-se uma abordagem da situação energética atual e uma breve síntese do problema. Expõem-se, também, os objetivos e a metodologia utilizada.

No segundo capítulo – Revisão Bibliográfica, tem-se a revisão dos conceitos pertinentes para o entendimento do problema e para a compreensão do método proposto deste trabalho.

No terceiro capítulo – Projeto, é desenvolvido o trabalho proposto.

No quarto capítulo – Resultados e Conclusões, são realizados comentários sobre os resultados e os objetivos atingidos deixando-se propostas para novos trabalhos.

2 ILUMINAÇÃO NATURAL E SUA INTEGRAÇÃO COM A ARTIFICIAL

A luz natural é uma das fontes de energia mais importantes para o homem desenvolver suas atividades, pois é ela que proporciona a visão nítida do mundo. Além disso, todo ser vivo depende da exposição à luz natural para ativar o ciclo de funções fisiológicas (SAITER, 2005).

O conforto visual pode ser obtido pela iluminação natural ou artificial, mas é importante ressaltar que a luz natural provê um aumento da qualidade de vida, leva as pessoas à percepção da variação do tempo e as mantém informadas a respeito do clima no ambiente externo, respeitando seu ciclo circadiano. Além disso, se um projeto for concebido com suficiente integração entre iluminação artificial e natural, poder-se-á obter um significativo ganho de energia elétrica, tanto em iluminação artificial quanto em consumo de ar condicionado, uma vez que toda energia elétrica empregada para iluminação de um espaço se converte em calor, aumenta a temperatura ambiente e exige compensação desta por meio do ar condicionado (CORBELA, 2003).

Também se observa efeitos benéficos da iluminação natural para o ser humano nos aspectos relacionados à saúde, quando Lengen (2004) cita que deve-se pensar os projetos de modo a permitir que os raios de sol entrem e purifiquem o interior da casa pois quando isto não acontece, cria-se oportunidade para o crescimento de ácaros, fungos, vírus e bactérias, levando seus moradores a adoecerem.

De acordo com Amorim (2010), a integração de luz artificial e luz natural é um meio para se alcançar a economia energética em um projeto. O uso da luz natural pode proporcionar todas as vantagens já citadas: bem estar, conforto visual, ambientes mais saudáveis, etc, mas, certamente, não haverá economia de energia se seu projeto para uso da luz natural não estiver diretamente conectado ao projeto de iluminação artificial.

O projetista de iluminação que tenha como objetivo a economia de energia em seus projetos deve considerar que a luz natural não deve ser desperdiçada e precisa ser levada para o interior dos ambientes residenciais, fazendo sua complementação de forma integrada e controlada, com o projeto da luz artificial (LOZZER, 2013).

2.1 CONFORTO AMBIENTAL

O conforto ambiental é um atributo necessário em edificações e a radiação solar é uma de suas importantes variáveis que além de influir no ganho de calor do edifício promove a iluminação natural. No caso de edificações escolares, entre os muitos fatores que influenciam os processos de aprendizagem, aqueles relacionados com as condições ambientais têm um papel determinante, uma vez que o estímulo educacional é repassado através da percepção dos sentidos, sendo um dos mais importantes a visão. Portanto, boas condições de iluminação natural, por exemplo, favorecem o desempenho e a saúde dos alunos, professores e funcionários (ALMEIDA, 2012).

De maneira geral, segundo Bertolotti (2006), existem quatro fatores básicos de desempenho que devem ser levados em consideração em relação às condições de iluminação natural em ambientes educacionais para manter a qualidade da produtividade, do ensino, da aprendizagem, da saúde física e psicológica dos usuários, como:

- a iluminação dos ambientes deve ser realizada preferencialmente com luz natural, de modo que o tempo de utilização do sistema de iluminação artificial seja o mínimo possível (durante o dia e durante o ano) e o ganho de luz natural não implique em ganho excessivo de carga térmica.
- os níveis mínimos de iluminância, ou seja, a quantidade mínima de luz no plano de trabalho deve possibilitar a realização das atividades pretendidas sem esforço visual;
- a luz no ambiente deve ser adequadamente distribuída e depende basicamente da forma, dimensões e posição das aberturas;
- a ausência de ofuscamento em relação à iluminação natural deve evitar a incidência de luz solar direta nos planos de trabalho, por exemplo: lousas, carteiras, mesas e computadores.

A luz natural é composta basicamente pela radiação luminosa solar difusa (luz do céu) e a luz do sol direta. A luz difusa é proveniente da filtragem que a radiação solar direta sofre ao passar pela atmosfera da terra. A radiação direta do Sol não é incluída na iluminação natural, apesar de ser sua fonte, porque a incidência direta gera efeitos negativos no conforto visual e térmico, por

exemplo, como o ofuscamento da visão e a elevação da temperatura, Figura 2.1 (ALMEIDA, GRAÇA, RUIZ, 2012).



Figura 2.1 Simulação física de uma sala de aula sem proteção na janela.

Fonte: ALMEIDA, GRAÇA, RUIZ, 2012

Uma forma de impedir a radiação direta da luz em uma sala de aula é o uso de cortinas. Devido aos fatores citados, não é recomendado impedir a incidência total da luz natural, portanto uma cortina persiana é uma solução cabível. O manuseio da cortina pode aumentar a necessidade de manutenção, o controle automático exclui a necessidade do trabalho manual e em conjunto com controle de lâmpadas gera economia de energia, Figura 2.2.



Figura 2.2: Simulação física de uma sala de aula com proteção na janela.

Fonte: ALMEIDA, GRAÇA, RUIZ, 2012

2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O conceito básico de eficiência energética é a realização da mesma tarefa, utilizando menos energia, mantendo o mesmo resultado final, ou também, manter o mesmo consumo de energia e melhorar o resultado final, aumentando assim o rendimento da tarefa, portando, as medidas de uso racional de energia buscam a redução das perdas e desperdícios, sem afetar, a qualidade dos serviços energéticos, e sem necessariamente haver a redução dos usos finais (TOLMASQUIM, 1998).

Também pode ser citado (MARTINS, 1999) que conceitua por eficiência energética “o conjunto de práticas e políticas, que reduza os custos com energia e/ou aumente a quantidade de energia oferecida sem alteração da geração, que podem ser resumidas a seguir”:

a) Planejamento integrado dos recursos – são práticas que subsidiam os planejadores e reguladores de energia a avaliar os custos e benefícios sob as óticas da oferta (geração) e demanda (consumidor final), de forma a que a energia utilizada pelo sistema seja a de menor custo financeiro e ambiental;

b) Eficiência na Geração, Transmissão e Distribuição – são práticas e tecnologias que estimulam a eficiência em toda a eletricidade que é gerada e entregue aos consumidores finais. Esta categoria inclui cogeração e turbinas de queima de gás natural, além de outras tecnologias capazes de disponibilizar maior quantidade de energia elétrica em plantas já existentes.

c) Gerenciamento pelo lado da Demanda – são práticas e políticas adotadas pelos planejadores de energia, que encorajam os consumidores a usar a energia de uma forma mais eficiente, além de permitir a administração da curva de carga das concessionárias;

d) Eficiência no Uso Final – são tecnologias e práticas que estimulam a eficiência energética no nível do consumidor final. Essa categoria inclui praticamente todos os empregos de eletricidade e tecnologias caloríficas existentes, tais como motores, iluminação, aquecimento, ventilação, condicionamento de ar, entre outros. Também inclui tecnologias que propiciem a conservação e o melhor uso da energia, tais como geradores de energia solar e aparelhos de controle do consumo de energia.

A mais convincente vantagem da eficiência energética é a de que ela é quase sempre mais barata que a produção de energia. É claro que o investimento em tecnologia eficiente para vários usos-finais requererá também maiores gastos de capital e que sistemas e equipamentos eficientes são, geralmente, mais caros que as tecnologias que substituem. Entretanto, o custo de conservar 1kWh é, de modo geral, mais barato que sua produção. Além disso, em muitas aplicações, o custo da eficiência energética corresponde a apenas uma pequena parcela dos custos da produção de energia. Tradicionalmente, esses custos são contabilizados por agentes diferentes, sendo ora debitados ao consumidor, à companhia de energia ou ao próprio governo.

O mercado de eletricidade brasileiro, não considerava normas e leis que garantissem a utilização de tecnologias eficientes e, com o passar dos anos, (em meados da década de setenta até os anos 90) houve períodos de restrição financeira e várias crises de energia, entre elas a crise do petróleo, que desencadeou a introdução de esforços governamentais e incentivos principalmente para a substituição do petróleo por outras fontes de energia, principalmente na consolidação do mercado brasileiro de energia elétrica (JANNUZZI, 2001).

Nos últimos anos o mercado brasileiro apresentou um aumento do consumo do uso de eletricidade. Nos anos que antecederam 2001, os níveis das capacidades de armazenamento das represas se apresentavam abaixo de 30% do total, contíguo à eminência da secagem completa dos reservatórios, foi implementado em 1º de Junho de 2001 a Março de 2002 o período de racionamento de energia (ARAÚJO, 2009).

Com a privatização de empresas do setor elétrico, desencadeou-se um caráter mais competitivo neste segmento, onde o principal objetivo é vender energia elétrica, não havendo, de maneira geral, interesse em buscar a redução do consumo em seus clientes. As atividades de P&D, focadas na busca de soluções para redução das perdas e do consumo além do desenvolvimento científico e tecnológico, não chamam a atenção das empresas privadas, por apresentarem alto investimento e um retorno financeiro de longo prazo (JANNUZZI, 2000).

Apesar dos benefícios obtidos pelos projetos que visam adotar medidas de eficiência energética, algumas barreiras impedem sua disseminação como, por exemplo, a dificuldade na captação de financiamentos, a falta de informação, conscientização, treinamento, o conhecimento das regras de um contrato de desempenho, altos custos de transação e a falta de confiança nos resultados

das medidas, entre outros. Para que estas barreiras sejam mitigadas, há a necessidade de políticas adequadas, inclusive o fortalecimento de agentes promotores como ESCO's (Empresas de Serviços de Eficiência Energética), por exemplo. (PNE 2030).

2.3 AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

A evolução dos processos automatizados na indústria trouxeram padrões, uniformidade e flexibilização nos meios de produção. Com o intuito de melhorar a qualidade de vida das pessoas, a automação vem se estendendo do ambiente industrial para o ambiente residencial (FERREIRA, 2010).

O termo Automação Residencial designa e referencia a utilização de processos automatizados em casas, apartamentos e escritórios. Podem-se utilizar outras denominações sinônimas, tais como, Automação Doméstica, Automatização Residencial ou Domótica (TEZA, 2002).

Segundo Mariotoni e Junior (2001) tem-se uma definição mais técnica para o termo Domótica dizendo que, uma rede domótica seria representada por um conjunto de serviços de uma residência assistidos por um serviço interligado que realiza várias funções de gerenciamento e atuação, podendo estar conectadas entre si por meio de uma rede de comunicação interna e/ou externa oferecendo um conjunto de aplicações tais como:

- Segurança;
- Gestão de energia;
- Automação de tarefas domésticas;
- Formação cultural e entretenimento;
- Escritório de trabalho em casa;
- Monitoramento do conforto ambiental;
- Operação e supervisão de instalações.

De uma maneira geral um sistema domótico será composto de uma rede de comunicação que permite a interconexão de uma série de equipamentos com o objetivo de obter informações sobre o ambiente residencial, e efetuando determinadas ações nesse a fim de gerenciá-lo. Haverá elementos de campo como detectores e sensores que transmitem informações para as unidades centrais inteligentes que se encarregarão de processar os dados recebidos e como consequência efetuar o acionamento de determinados equipamentos ou gerar alertas de aviso. Com isso a unidade central de processamento irá atuar sobre o sistema e seus circuitos correspondentes com o objetivo de corrigir as falhas encontradas.

Os tipos de comandos de acesso aos serviços de uma rede domótica caracterizam-se por fornecer aos usuários diferentes formas de controle e gerenciamento da rede. Essas formas de controle dividem-se de acordo com o tipo de equipamento a ser acionado ou programado, e com o serviço a ser acessado pelo usuário, dividindo-se em controle interno, controle externo, programabilidade e acesso remoto, utilização de redes de comunicação externa para acesso à residência, ou a partir da residência a utilização de serviços externos como bancos, concessionárias de serviços públicos e privados, etc.

As redes domóticas se encarregam de gerenciar principalmente os serviços de economia de energia elétrica, segurança, comunicação e conforto. O controle do consumo de energia elétrica é realizado por meio da implantação de temporizadores, relógios programadores, sensores e termostatos, aproveitando-se também da tarifação diferenciada quanto da utilização de equipamentos fora de horários de pico (PAIVA, 2007).

Nesse contexto o controle da iluminação e da luminosidade em uma residência está introduzido no ambiente da domótica.

O setor residencial respondeu por 22% do consumo total de eletricidade no Brasil em 2006 (LUCAS; GONÇALVES; FEDRIGO, 2009). O consumo residencial, observa-se que a parcela relativa a iluminação representa por volta de 14% do total do consumo de energia em residências, conforme Figura 2.3.

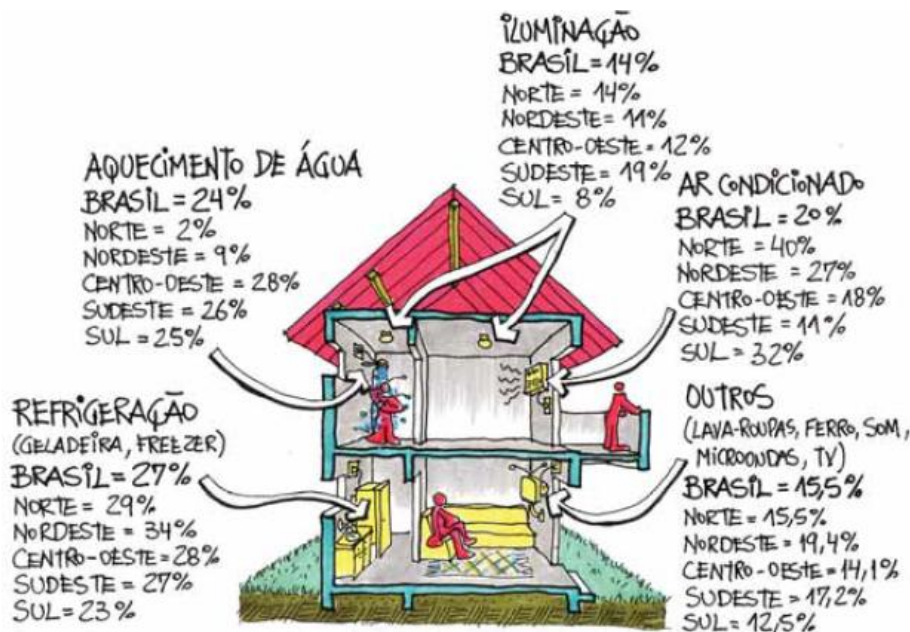


Figura 2.3 – Consumo por uso final em residências

Fonte: Lamberts (2004)

Mesmo não sendo a parcela mais representativa de consumo de energia em uma residência, a iluminação artificial também merece uma atenção quanto às medidas de redução de consumo, eliminação de desperdícios, podendo contribuir com a eficiência energética.

2.4 AUTOMAÇÃO DA ILUMINAÇÃO

Sendo a iluminação um dos grandes responsáveis pelo consumo de energia elétrica, os projetos e sistemas de iluminação inteligente são de suma importância para o desenvolvimento das tecnologias de eficiência energética em toda edificação seja ela industrial, comercial, ou residencial, diminuindo o consumo de energia de uma maneira global na sociedade.

Do ponto de vista energético, um edifício seria dito mais eficiente que outro se, oferecidas as mesmas condições ambientais, apresentar menor consumo de energia (LAMBERTS,2004).

Segundo Costa (2000), “conservar energia significa economizar, eliminando o desperdício”. Além de atendimento às necessidades das funções ou atividades dos usuários, além dos aspectos de conforto e segurança, o sistema de iluminação de uma habitação deve levar em conta a

eficiência energética, pois “o usuário tem o direito de ter um sistema de iluminação adequado à sua necessidade e orientado para uma conservação energética” (COSTA, 2000).

Brown (2004) representa em dois gráficos, mostrados nas Figuras 2.4 e 2.5, os efeitos da redução do consumo de energia em iluminação artificial quando usada de forma adequada, integrada ao sistema de iluminação natural. Estes conceitos podem ser aplicáveis a todos os segmentos de consumo de energia.

Os níveis de iluminância da luz natural mostrado na Figura 2.4 em determinadas horas do dia assumem um valor maior que o nível de iluminância do projeto, por isso a entrada da luz natural no ambiente deve ser controlada para maior conforto visual e térmico.

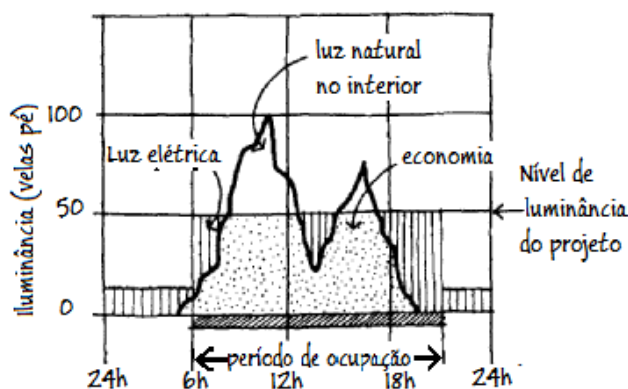


Figura 2.4 – Economia potencial de energia com o uso da iluminação natural

Fonte: Brown (2004)

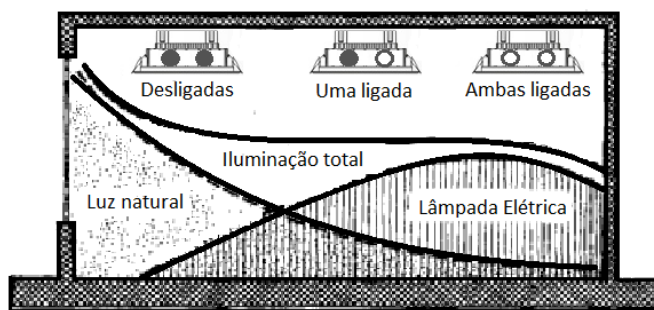


Figura 2.5 – Conservação dos níveis de iluminância adequados através do acionamento de lâmpadas elétricas por zonas

Fonte: Brown (2004)

Na Figura 2.5 três grupos de lâmpadas são mostrados os quais há necessidade de acionamentos separados para cada lâmpada do grupo. O objetivo desse trabalho é automatizar esse acionamento das lâmpadas mas, através de sensores, dimmers e microcontrolador, controlar a potência dos grupos de lâmpadas de acordo com a iluminância necessária de maneira a deixar a iluminação homogênea em todo o ambiente.



Figura 2.6 – Sistema de iluminação por controle fotoelétrico

Fonte: Lamberts (2004)

2.5 AUTOMAÇÃO DA ILUMINAÇÃO APLICADA AO PROJETO

Na Figura 2.6 é mostrado de uma maneira geral o funcionamento do controle da potência de um sistema por controle fotoelétrico e como citado por (LAMBERTS, 2004) “possui sensores que identificam a luz natural e diminuem ou até impedem a luz artificial, através de dimmers controlados automaticamente”.

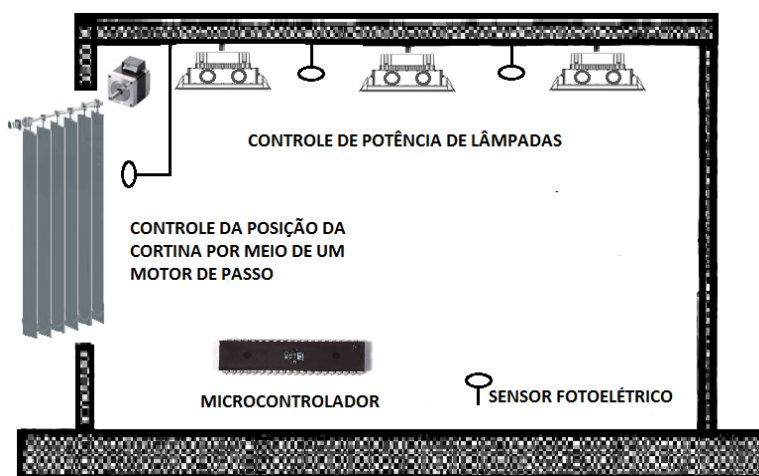


Figura 2.7 Controle da luminosidade de um ambiente fechado com janela.

A Figura 2.7 mostra a proposta deste trabalho para o controle autônomo de um cômodo. Um sensor fotoelétrico é colocado próximo a janela para que a quantidade de luz natural que entra no ambiente seja monitorado. Dependendo da necessidade o microcontrolador envia um sinal para o motor abrir ou fechar a cortina. Os sensores fotoelétricos espalhados pelo repartimento levam informação ao microcontrolador do quanto é necessário aumentar a potência das lâmpadas para que a iluminância fique homogênea em todo o cômodo. A potência das lâmpadas são independentes.

O fluxograma da Figura 2.8 mostra o comportamento do sistema.

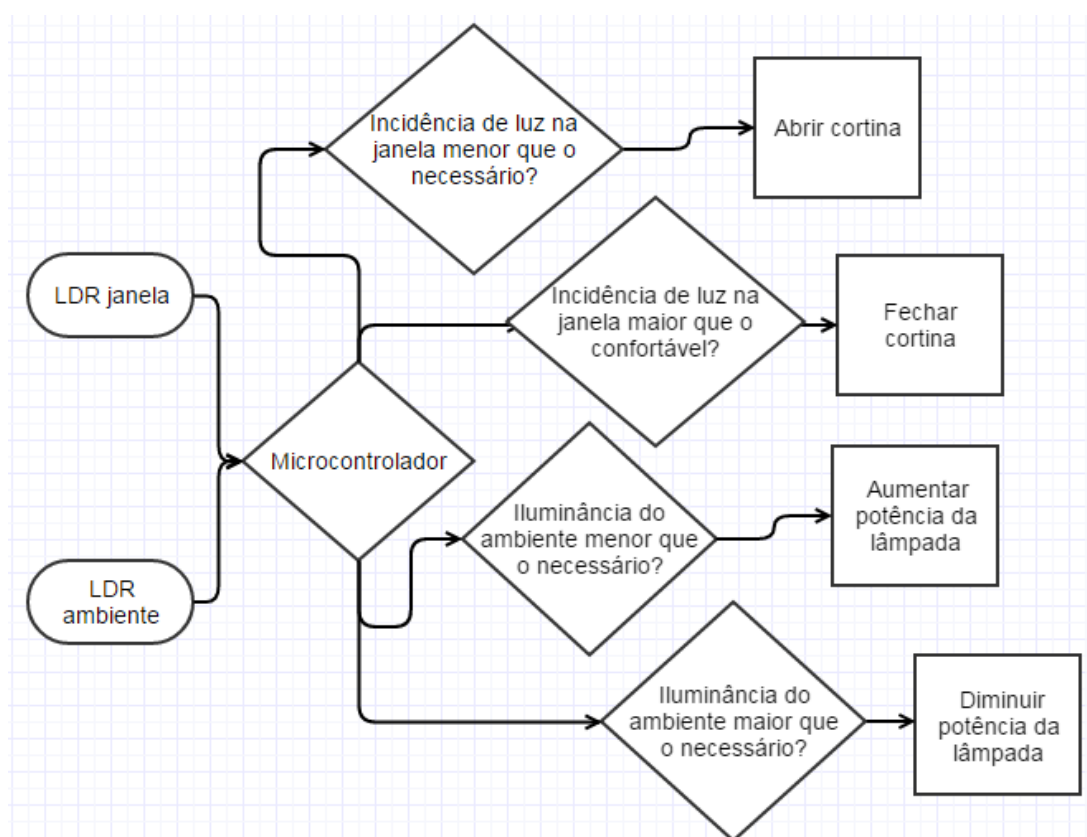


Figura 2.8: Fluxograma

3 CONCEITOS DE ILUMINAÇÃO PARA PROJETOS LUMINOTÉCNOS

3.1 FLUXO LUMINOSO(Φ) - UNIDADE: LÚMEN (LM)



Figura 2.9: Fluxo luminoso

Fonte: Manual Luminotécnico Prático OSRAM

Fluxo Luminoso é a radiação total da fonte luminosa, entre os limites de comprimento de onda mencionados (380 e 780nm). O fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida por uma fonte, medida em lúmens, na tensão nominal de funcionamento (OSRAM).

3.2 INTENSIDADE LUMINOSA (I) - UNIDADE: CANDELA (CD)

Se a fonte luminosa irradiasse a luz uniformemente em todas as direções, o Fluxo Luminoso se distribuiria na forma de uma esfera. Tal fato, porém, é quase impossível de acontecer, razão pela qual é necessário medir o valor dos lúmens emitidos em cada direção. Essa direção é representada por vetores, cujo comprimento indica a Intensidade Luminosa. Portanto é o Fluxo Luminoso irradiado na direção de um determinado ponto.(OSRAM)

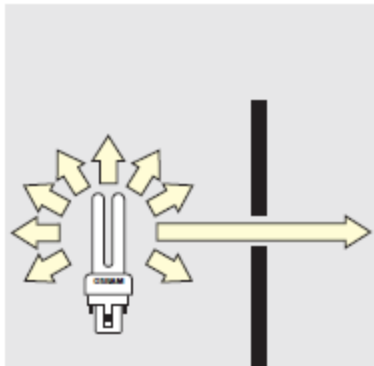


Figura 2.10: Intensidade luminosa

Fonte: Manual Luminotécnico Prático OSRAM

3.3 ILUMINÂNCIA (ILUMINAMENTO) (E) - UNIDADE: LUX (LX)

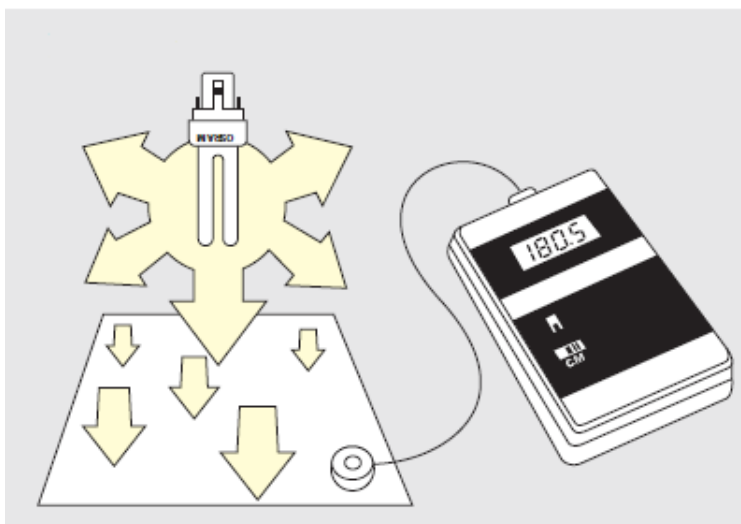


Figura 2.11: Iluminância

Fonte: Manual Luminotécnico Prático OSRAM

A luz que uma lâmpada irradia, relacionada à superfície a qual incide, define uma nova grandeza luminotécnica, denominada de Iluminamento ou Iluminância.

Expressa em lux (lx), indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada à uma certa distância desta fonte. A equação que expressa esta grandeza é:

$$E = \frac{\varphi}{A} \quad (1)$$

Na prática, é a quantidade de luz dentro de um ambiente, e pode ser medida com o auxílio de um luxímetro. Como o fluxo luminoso não é distribuído uniformemente, a iluminância não será a mesma em todos os pontos da área em questão. Considera-se por isso a iluminância média (E_m). Existem normas especificando o valor mínimo de E_m , para ambientes diferenciados pela atividade exercida relacionados ao conforto visual (OSRAM).

3.4 LUMINÂNCIA (L) - UNIDADE: CD/M²

Das grandezas mencionadas, nenhuma é visível, isto é, os raios de luz não são vistos, a menos que sejam refletidos em uma superfície e aí transmitam a sensação de claridade aos olhos (OSRAM).

Essa sensação de claridade é chamada de Luminância. Em outras palavras, é a Intensidade Luminosa que emana de uma superfície, pela sua superfície aparente. A equação que permite sua determinação é:

$$L = \frac{I}{A \cdot \cos(a)} \quad (2)$$

onde:

L = Luminância, em cd/m²

I = Intensidade Luminosa, em cd

A = área projetada, em m²

a = ângulo considerado, em graus

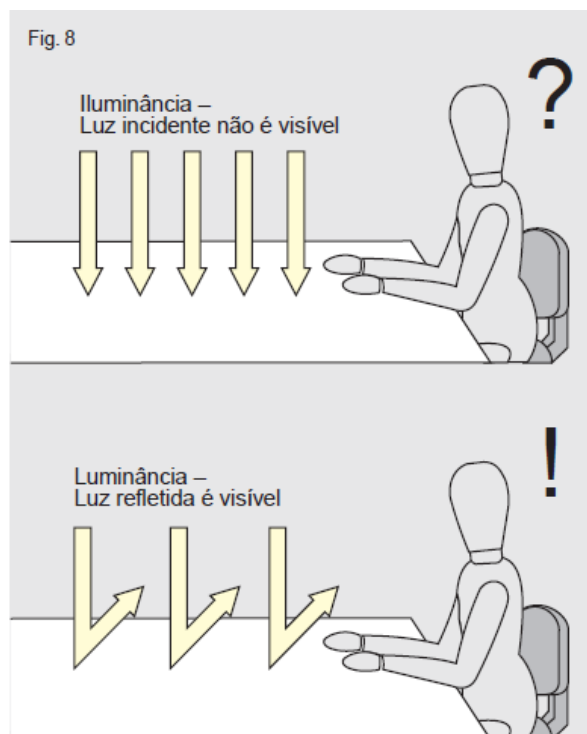


Figura 2.12: Luminância

Fonte: OSRAM

Como é difícil medir-se a Intensidade Luminosa que provém de um corpo não radiante (através de reflexão), pode-se recorrer a outra fórmula:

$$L = \frac{\rho \cdot E}{\pi} \quad (3)$$

Em que:

ρ = Refletância ou Coeficiente de Reflexão

E = Iluminância sobre essa superfície

3.5 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA(HW) - UNIDADE: LM / W (LÚMEN / WATT)

As lâmpadas se diferenciam entre si não só pelos diferentes Fluxos Luminosos que elas irradiam, mas também pelas diferentes potências que consomem. Para poder compará-las, é necessário que

se saiba quantos lúmens são gerados por watt absorvido. A essa grandeza dá-se o nome de Eficiência Energética (antigo “Rendimento Luminoso”) (OSRAM).

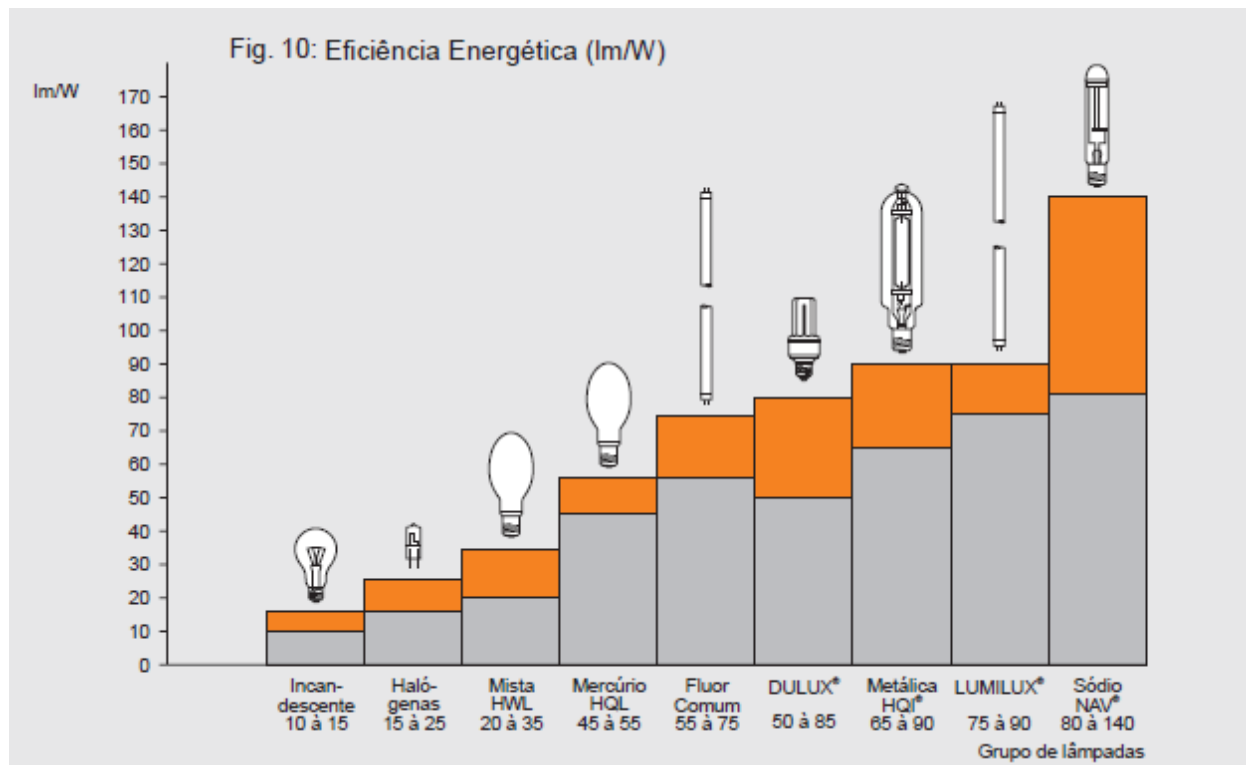


Figura 2.13: Eficiência energética de diferentes tipos de lâmpadas

Fonte: OSRAM

As lâmpadas de LED, hoje muito citadas e utilizadas em projetos de iluminação, não foram apresentadas na Figura 2.13 mas serão abordadas no próximo tópico.

3.6 LAMPADAS LED


O mercado de iluminação está passando por um período de transição tecnológica. Com o surgimento dos LEDs, novas possibilidades foram apresentadas no que diz respeito a eficiência, durabilidade, qualidade da luz e flexibilidade. Este processo já começou, e a tecnologia LED está ganhando espaço no mercado a cada dia. Os LEDs possibilitam novidades em termos de eficiência e economia de energia, além de não agredirem o meio ambiente, reduzem o consumo

de energia em até 90% e duram até 45 vezes mais do que as lâmpadas convencionais (OSRAM, 2015).

Antigamente, o LED era utilizado apenas em alguns eletroeletrônicos para indicar se estavam em stand by ou se estavam ligados. Atualmente, são capazes de emitir luz para iluminar um ambiente inteiro, podendo ser utilizados em luminárias domésticas, palcos, semáforos, faróis de automóveis, e até para a iluminação urbana. A utilização do LED em forma de lâmpada, além de ser um avanço tecnológico, é muito interessante do ponto de vista dos benefícios ambientais, pois seu consumo de energia é consideravelmente inferior às lâmpadas convencionais, como as incandescentes e as fluorescentes compactas.

Outros benefícios ambientais das lâmpadas de LED são as características e possibilidades de descarte final de resíduos, além da sua durabilidade. O LED é produzido com materiais atóxicos ao meio ambiente, o que faz com que possa ser descartado sem a necessidade de uma destinação e disposição final especiais. Sua durabilidade é outro aspecto interessante, pois demanda menos trocas o que, conseqüentemente, gera menos descartes no ambiente. Já a lâmpada fluorescente, por exemplo, contém Mercúrio, o que exige maiores cuidados quanto ao descarte, devido às características nocivas deste elemento (SANTOS, BATISTA, POZZA, ROSSI, 2015).


A comparação das lâmpadas LEDs com os outros tipos de lâmpadas ainda se faz necessário para que o LED si introduza no mercado. As Figuras 2.14, 2.15, 2.16 e 2.17 mostram algumas comparações entre tipos de lâmpadas do catálogo da Plilips.



	Standard Incandescente 60W	MASTER LEDbulb 12W
Potência	60W	12W
Vida mediana	1.000h	25.000h
Temperatura de cor	2.700K	2.700K
Tensões disponíveis	127V ou 220V	220V
Fluxo luminoso	864lm (127V) e 715lm (220V)	806lm
Dimerizável	Sim	Sim
Base	E27	E27
Economia de energia		80% de economia
Aumento de vida		Dura 24 vezes mais

Figura 2.14: Comparação lâmpada incandescente e lâmpada LED


Fonte: Philips 2014





	Halógena MR16 Dicroica 35W	MASTER LEDspot MR16 6,5W
Potência	35W	6,5W
Vida mediana	2.000h	40.000h
Temperatura de cor	3.000K	2.700K
Tensões disponíveis	12V	12V
Intensidade luminosa	465cd	1100cd
Base	GU5.3	GU5.3
Abertura de fecho	36°	36°
Dimerizável	Sim	Sim
Economia de energia		81% de economia
Aumento de vida		Dura 7 vezes mais

Figura 2.15: Comparação lâmpada halógena e lâmpada LED

Fonte: Philips 2014








➔


	Fluorescente T8, T10 e T12	Essential LEDtube 20W
Potência	32W (T8) e 40W (T10/T12)	20W
Vida mediana	15.000h (32W) e 7.500h (40W)	30.000h
Temperatura de cor	4.000K ou 6.500K	3000K, 4000K ou 6500K
Tensões disponíveis	Uso com reator	220-240V
Fluxo luminoso	2.350lm (32W) e 2.600lm (40W)	1.500lm (3000K) ou 1600lm (4000K, 6500K)
Base	G13	G13
Abertura de fecho		140°
Dimerizável	Sim	Não
Economia de energia		41% (32W) e 53% (40W) de economia
Aumento de vida		Dura 1 (32W) e 3 (40W) vezes mais

Figura 2.16: Comparação lâmpada fluorescente e lâmpada LED

Fonte: Philips 2014




➔

*

**

	Halógena PAR38 100W	MASTER LEDspot PAR38 14,5W, 17W e 18W
Potência	100W	14,5W*, 17W** e 18W**
Vida mediana	2.000h	45.000h
Temperatura de cor	3.000K	2.700K
Tensões disponíveis	127V ou 220V	220V* e 127V ou 220V**
Intensidade luminosa	4.500cd (127V) e 3.000cd (220V)	4.700cd (14,5W), 3.500cd (17W) e 3.400cd (18W)
Base	E27	E27
Abertura de fecho	30°	25°
Dimerizável	Sim	Sim
Economia de energia		85% / 83% / 82% de economia
Aumento de vida		Dura 21,5 vezes mais

Figura 2.17: Comparação lâmpada halógena e lâmpada LED

Fonte: Philips 2014

3.7 ILUMINÂNCIA POR AMBIENTE

De acordo com a ABNT 5413, iluminância de interiores, recomenda-se uma quantidade diferente de lux incidente para cada ambiente de acordo com a necessidade de iluminação do trabalho realizado naquele ambiente.

5.3.13 Escolas

- salas de aulas	200 - 300 - 500
- quadros negros	300 - 500 - 750
- salas de trabalhos manuais	200 - 300 - 500
- laboratórios	
. geral	150 - 200 - 300
. local	300 - 500 - 750
- anfiteatros e auditórios:	
. platéia	150 - 200 - 300
. tribuna	300 - 500 - 750

Figura 2.18: Iluminância por ambiente

Fonte: NBR 5413 1992

O controle da iluminação estudado neste trabalho é baseado na norma da Figura 2.18. O sistema será executado em um laboratório sendo assim a faixa de luminosidade escolhida será de 350 a 450 lux.

4 MOTORES DE PASSO

Motores de passo são atuadores eletromecânicos incrementais não-lineares. Permitir um controle preciso de posição e velocidade, aliado a um baixo custo, faz do motor de passo a escolha ideal para um grande número de aplicações (CAO, 1999).

A propriedade que diferencia o motor de passo dos demais motores elétricos é a capacidade de fazer movimentos incrementais precisos em malha aberta. Essas rotações discretas são chamadas de passo (ACARNLEY, 2002).

O motor de passo é composto de um rotor e um estator, onde o primeiro é a parte interna e que gira do motor, e a segunda é a parte externa e estática do motor, onde são enroladas as quatro bobinas, pequenos cilindros de cobre, que geram um campo magnético girante. No acoplamento entre o estator e o rotor, deve restar um pequeno espaço vazio para ocorrer o movimento de rotação e deve ser feito através de um sistema de engrenagens, de modo a aumentar a precisão do motor diminuindo a angulação dos passos (MATOS, 2009).

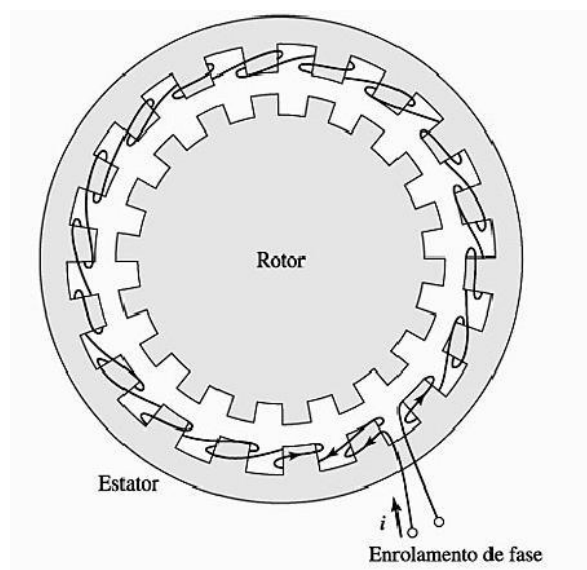


Figura 2.19 – Motor de passo: Rotor, Estator e Enrolamento de fase.

Fonte: (GAMEIRO, 2000)

A forma como as fases do motor de passo são excitadas determina o tamanho do incremento de rotação e o torque disponível. Existem três modos de excitação: passo completo, meio passo e

micropasso. O modo passo completo pode ser obtido energizando as fases de forma sequencial, uma ou duas de cada vez. Energizar duas fases de cada vez gera mais torque no rotor. Outra forma é energizar duas fases e desenergizar uma na sequência, obtendo assim um meio passo. No modo micropasso, é feita uma variação quase contínua da energização das fases – assim, um passo pode ser subdividido. O passo é dividido, tipicamente, por 4, 8 ou 16. Entretanto, existem sistemas capazes de subdividir um passo milhares de vezes. A desvantagem deste método é a maior complexidade do driver e menor precisão

A Tabela 2.1 apresenta a sequência de polaridades que devem ser aplicadas aos terminais do motor para realizar passos no sentido horário. Para realizar passos no sentido anti-horário, basta seguir a tabela de baixo para cima.

Tabela 2.1: Sequência de polaridade para acionar um motor de passo

Passo	A+	A-	B+	B-
0	+	-	+	-
1	-	+	+	-
2	-	+	-	+
3	+	-	-	+

O motor de passo utilizado no trabalho foi o Pm551-048 retirado de uma impressora usada, Figura 2.20.



Figura 2.20: Motor de passo

4.1 ACIONAMENTO DO MOTOR DE PASSO

Para o acionamento do motor de passo foi utilizado dois circuitos integrados para facilitar o tipo de comando gerado pelo microcontrolador. Os CIs utilizados foram o L298N e o L297.



(a)



(b)

Figura 2.21: (a) L298N; (b)L297

Utilizando os dois CIs a sequência de polaridades que devem ser aplicadas aos terminais do motor são geradas sem que precise ser feita a programação desse sequenciamento no PIC. O acionamento do motor de passo terá 5 entradas, reset, enable, passo completo/meio passo, direção horária/anti horária e o clock. O clock deve ser gerado pelo microcontrolador e a velocidade do motor é diretamente proporcional à velocidade do clock. As outras entradas são entradas digitais.

5 SENSOR LDR (LIGHT DEPENDENT RESISTOR)

Com a incidência da luminosidade, algumas substâncias têm a sua resistência alterada dependendo da quantidade de luminosidade e com isso ocorre a liberação de portadores de carga que ajudam a condução da corrente elétrica como na Figura 2.22 (THOMAZINI, 2005).

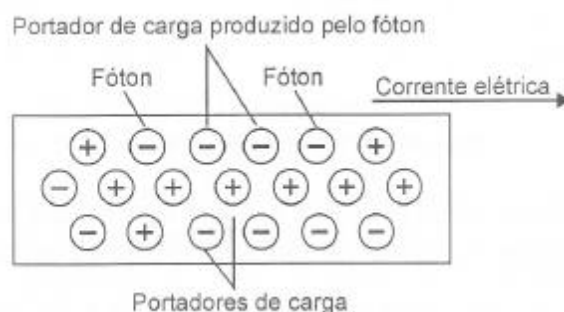


Figura 2.22 – Representação de portadores de carga que reduzem a resistência elétrica de determinados materiais.

Fonte: THOMAZINI, 2005

Nos detectores de fótons, os fótons individuais incidentes interagem com os elétrons dentro do material. Na absorção de um fóton liberta um elétron do material, ou seja, a absorção de fótons aumenta o número de portadores de carga do material ou muda a sua mobilidade. Como os portadores de carga ficam soltos, a resistência do material diminui.

Os LDRs são formados de sulfeto de cádmio, que tem como fórmula química o CdS. Essas células de CdS são também chamadas de fotocélulas de sulfeto de cádmio. Os LDRs apresentam uma resistência elevada no escuro, chegando a milhões de ohms e apresentam uma resistência bem menor quando na claridade, chegando a algumas centenas de milhares de ohms. Esse comportamento é demonstrado na Figura 2.23 (THOMAZINI, 2005).



Figura 2.23 – A variação de resistência com a luz.

Fonte: THOMAZINI, 2005

A superfície do LDR é composta de sulfato de cádmio, pequenas trilhas do material condutor, eventualmente ouro, que se entrelaçam com o material condutor de modo a aumentar a superfície de contato e com isso chegar a uma maior capacidade de corrente e a uma maior sensibilidade (THOMAZINI, 2005).

A luminosidade chega à superfície do LDR por uma janela de plástico que o envolve. Para ter acesso ao sensor, têm-se dois terminais ligados ao LDR, esses terminais são ligados ao circuito que o utilizará. Na figura 2.24 segue um LDR com as indicações desses terminais e dos símbolos utilizados (THOMAZINI, 2005).

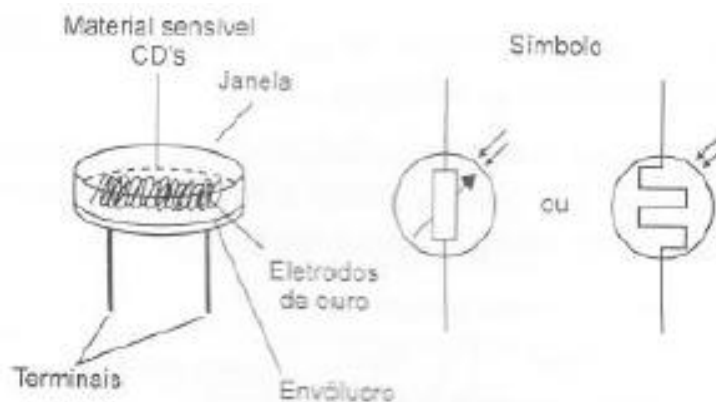


Figura 2.24: LDR, aspecto e símbolo.

Fonte: THOMAZINI, 2005

5.1 CALIBRAÇÃO DO LDR

Para melhor entendimento e execução do projeto foi feita a calibração do sensor LDR.

Para calibrar um sensor de densidade de fluxo luminoso foram usados um Arduino UNO, um protoboard, uma resistência de 3.300Ω , um sensor LDR, uma lâmpada incandescente de 40W, um dimmer, e um luxímetro, usado como padrão de referência.

Uma tensão de 5v é aplicada ao LDR que quando, sob incidência de luz, varia sua resistência de acordo com a quantidade de luz incidida. Assim a diferença de potencial entre os lados do LDR é enviada para uma entrada analógica do Arduino e medida em volts.

A montagem foi feita em uma pequena sala para tentar fazer com que o sistema ficasse o mais livre de interferências externas quanto possível. Na sala, o LDR foi ligado em série com um resistor de 3.300Ω , alimentado e o ponto comum entre eles foi ligado à entrada analógica do Arduino para ler a diferença de potencial.

Uma lâmpada foi afixada à beira de uma prateleira para diminuir a variação de luz recebida devido à sua movimentação. A intensidade da luz emitida pela lâmpada podia ser controlada usando um dimmer. O luxímetro foi colocado ao lado do LDR para que fosse medido a mesma quantidade de lux e assim comparado os valores. A Figura 2.25 mostra como ficou a montagem realizada.

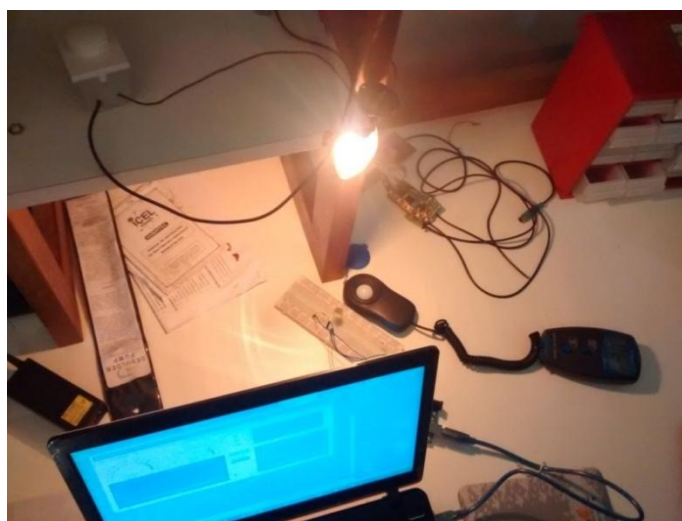


Figura 2.25: Área de trabalho usada para realizar as medições

Para realizar o ajuste dos valores do sensor foram feitas 50 medições a intervalos de 300(ms) para cada valor de referência. Foram tomados 17 valores de referência entre 0(lx) e 2000(lx), com espaçamentos diferentes, devido à dificuldade de se obter um ambiente com iluminação zero.

A partir da medição de 1000(lx), foi utilizado uma lanterna de celular para auxiliar nas medições, já que apenas a claridade da lâmpada não era suficiente.

Concluídas as medições, foi feito o gráfico mostrado na Figura 2.26 da curva de resposta relacionando a tensão registrada com a iluminância indicada pelo luxímetro. Traçando uma linha de tendência polinomial de grau 2, foi possível obter um coeficiente de determinação de 0,9905 e a equação correspondente.

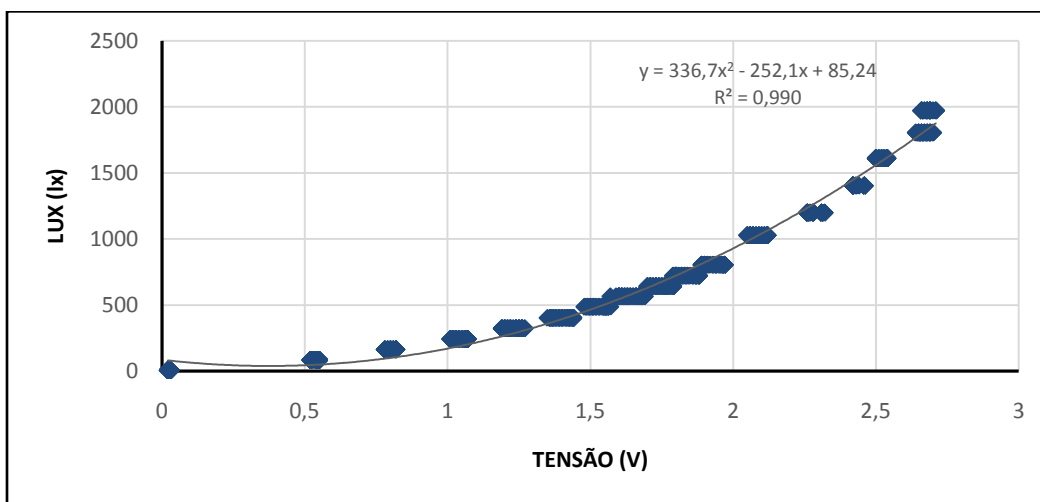


Figura 2.26: Curva de Resposta

Para auxiliar nas medições, calibração e, posteriormente, no uso do sensor de iluminância criado, foi feito um sistema supervisorío no programa Visual Studio. O sistema criado, que pode ser visto na Figura 2.27, faz a coleta das tensões recebidas, exibe os valores em gráficos e indicadores, e salva os valores para que a calibração seja feita.

Depois de traçar a curva de resposta, a equação gerada pela linha de tendência foi incorporada no sistema supervisorío e uma nova bateria de medições foi realizada, usando os mesmos

procedimentos. Desta vez, o valor indicado no sistema supervisorio e salvo no arquivo foi em lux.

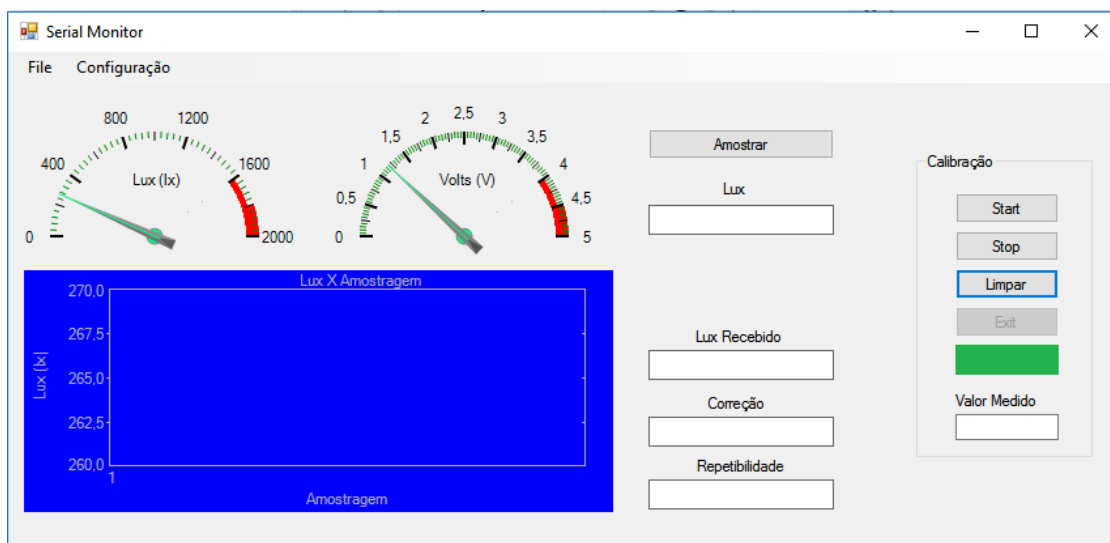


Figura 2.27: Sistema Supervisorio utilizado para coleta de dados.

Com as novas medições concluídas e indicadas em lux, foi calculada a média dos valores medidos pelo sensor para cada valor de referência indicado pelo luxímetro. Comparando a média registrada com o valor verdadeiro convencional é obtida a tendência do sensor.

Sabendo-se que o número de graus de liberdade com 50 medições é de 49, foi feita uma interpolação e o valor de 2,0523 para o t de student foi encontrado. Multiplicando o t de student pelo desvio padrão amostral calculado, é obtida a repetitividade do sistema.

O gráfico da Figura 2.28 é então gerado e é possível visualizar a curva de erro do sensor construído. Com essa curva e os dados calculados, o sistema supervisorio foi reajustado para exibir uma amostragem de um valor instantâneo de iluminância com a correção aplicada e a repetitividade do ponto indicada, sendo usada interpolação nos casos necessários.

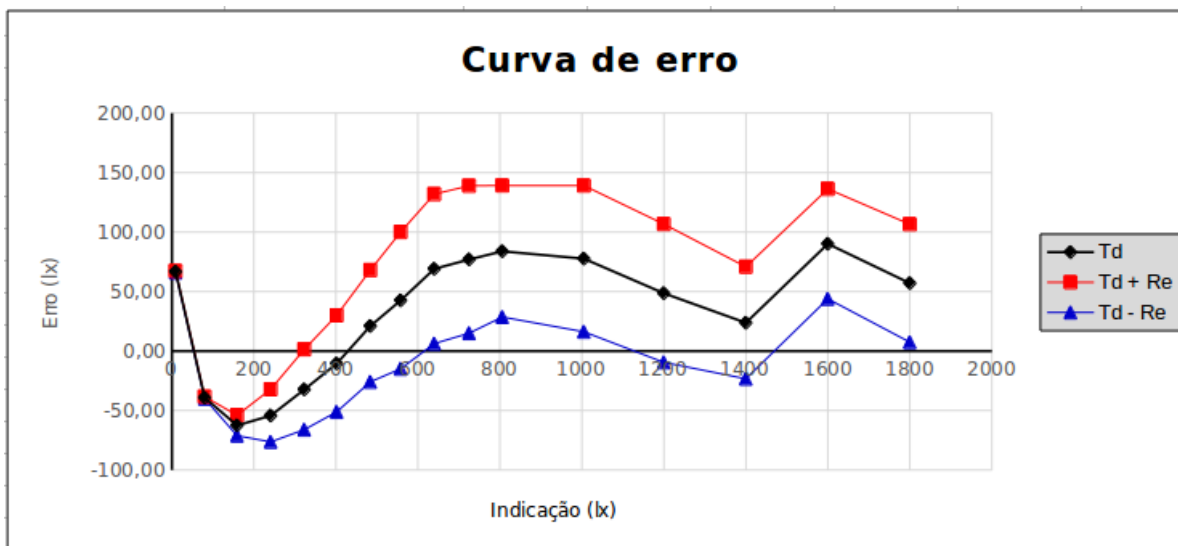


Figura 2.28: Curva de erros.

Feito isso ao receber um valor em volts do sensor LDR pode-se saber, com uma margem de erro, o valor em lux da iluminação do ambiente.

6 MICROCONTROLADORES

O microcontrolador é um componente eletrônico que pode ser programado de acordo com a sua utilidade e com a necessidade do programador, e é utilizado no controle de processos lógicos (SOUZA, 2005).

O microcontrolador é programável, pois toda a lógica de operação é estruturada na forma de um programa e gravada dentro do componente. Depois disso, toda vez que o microcontrolador for alimentado, o programa interno será executado. Quanto à “inteligência” do componente, pode-se associá-la à Unidade Lógica Aritmética (ULA), pois é nessa unidade que todas as operações matemáticas e lógicas são executadas. Quanto mais poderosa a ULA do componente, maior sua capacidade de processar informações (SOUZA, 2005).

Os microcontroladores estão presentes cada vez mais no cotidiano de pessoas comuns fazendo funções básicas do dia-dia. Há tempos os microcontroladores fazem parte da maioria dos eletrodomésticos, automóveis, celulares, entre outros apesar de estarem a grande maioria das vezes escondidos.

6.1 A FAMÍLIA PIC

Os microcontroladores PIC apresentam uma estrutura de máquina interna do tipo Havard, enquanto grande parte dos microcontroladores tradicionais apresenta uma arquitetura tipo Von-Neumann. A diferença está na forma como os dados e o programa são processados pelo microcontrolador. Na arquitetura tradicional, tipo Von-Neumann, existe apenas um barramento (bus) interno (geralmente de oito bits), por onde passam as instruções e os dados. Já na arquitetura tipo Havard existem dois barramentos internos, sendo um de dados e outro de instruções. No caso dos microcontroladores PIC, o barramento de dados é sempre de oito bits e o de instruções pode ser de 12, 14 ou 16 bits, dependendo do microcontrolador. Esse tipo de arquitetura permite que, enquanto uma instrução é executada, outra seja “buscada” da memória, o que torna o processamento mais rápido. Além disso, como o barramento de instruções é maior do que oito bits, o OP-CODE da instrução já inclui o dado e o local onde ela vai operar (quando

necessário), o que significa que apenas uma posição de memória é utilizada por instrução, economizando assim muita memória de programa (SOUZA, 2005).

Desta forma, pode-se observar que dentro da palavra do OP CODE, que pode ser de 12, 14 ou 16 bits, não sobra muito espaço para o código da instrução propriamente dito. Por isso, os PICs utilizam uma tecnologia chamada RISC, que significa Reduced Instruction Set Computer (Computador com set de instruções reduzidas). Desta forma, os PICs possuem mais ou menos 35 instruções (o número correto varia de acordo com o microcontrolador), muito menos que os microcontroladores convencionais (CISC) que chegam a possuir mais de cem instruções. Isso torna o aprendizado muito mais fácil e dinâmico, mas, por outro lado, implica no fato de que muitas funções devem ser “construídas”, pois não possuem uma instrução direta, exigindo maior habilidade do programador (SOUZA, 2005).

6.2 PIC 18F4550

A pinagem do microcontrolador PIC 18f4550 é mostrado na Figura 2.29.

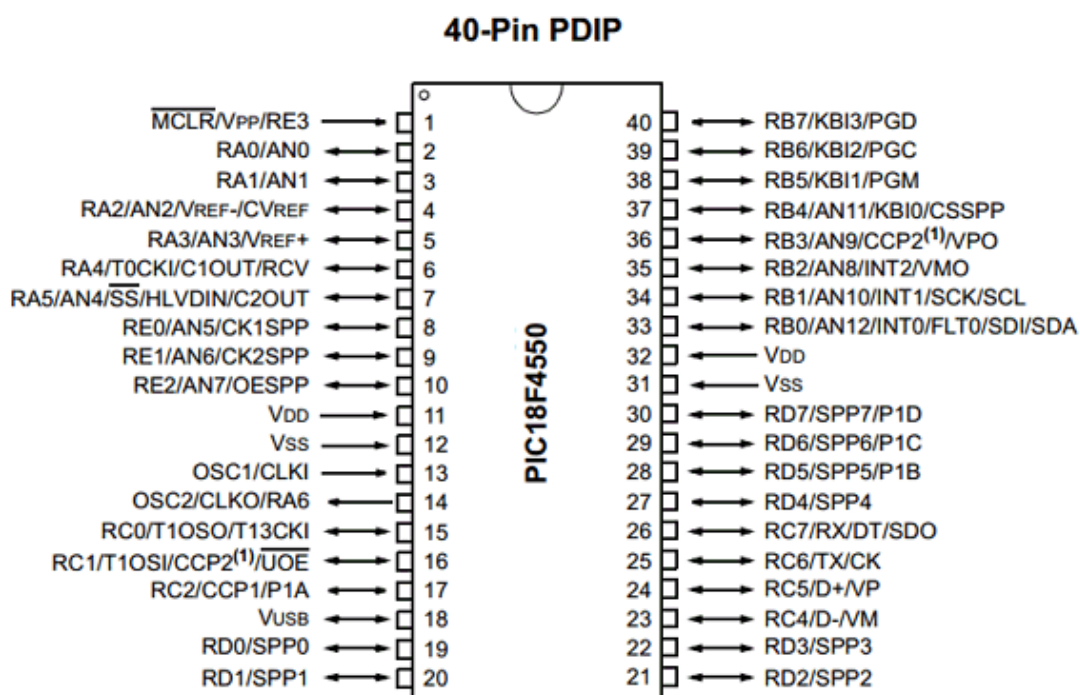


Figura 2.29: Pic 18F4550 pinagem.

Fonte: MICROCHIP.

Os pinos do microcontrolador são responsáveis pela interação entre o microcontrolador e o resto do circuito através do envio de sinais elétricos.

As características do microcontrolador usado no projeto são apresentadas na Tabela 2.2.

Tabela 2.2: Características do PIC 18f4550

Features	PIC18F4550
Operating Frequency	DC – 48 MHz
Program Memory (Bytes)	32768
Program Memory (Instructions)	16384
Data Memory (Bytes)	2048
Data EEPROM Memory (Bytes)	256
Interrupt Sources	20
I/O Ports	Ports A, B, C, D, E
Timers	4
Capture/Compare/PWM Modules	1
Enhanced Capture/ Compare/PWM Modules	1
Serial Communications	MSSP, Enhanced USART
Universal Serial Bus (USB) Module	1
Streaming Parallel Port (SPP)	Yes
10-Bit Analog-to-Digital Module	13 Input Channels
Comparators	2
Resets (and Delays)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT
Programmable Low-Voltage Detect	Yes
Programmable Brown-out Reset	Yes
Instruction Set	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled
Packages	40-pin PDIP 44-pin QFN 44-pin TQFP

Fonte: MICROCHIP

7 PROJETO

O projeto foi executado no Laboratório de Instalações Elétricas e Luminotécnica da Escola de Minas. A cortina persiana usada já estava instalada no laboratório, porém foi necessário acoplar o motor de passo à cortina. A lâmpada assim como a cortina já estavam instaladas.

A figura 3.1 mostra o ambiente de trabalho do projeto, a cortina e a lâmpada de LED dimerizada.



Figura 3.1. Cortina e lâmpada utilizadas no trabalho.

7.1 SIMULAÇÃO E PLACAS DO PROJETO

Antes da execução física do projeto o circuito foi testado através do software Proteus como mostra a Figura 3.2. A utilização do Proteus foi importante para fazer simulações e assim encontrar erros de projeto podendo corrigi-los antes da confecção da placa.

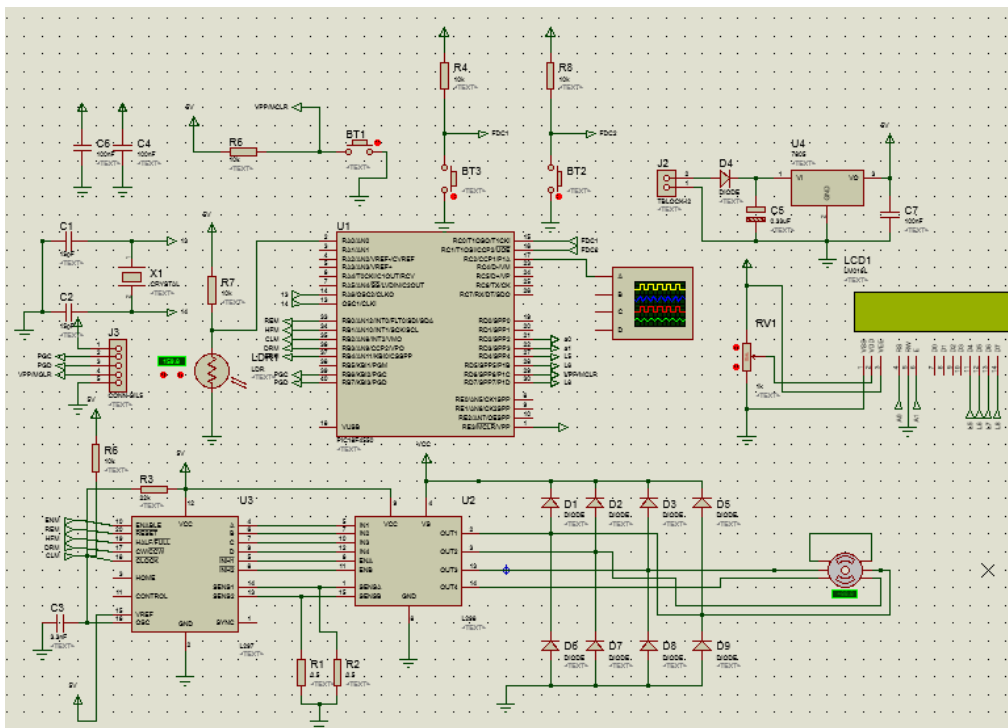


Figura 3.2: Simulação do projeto no Proteus.

A simulação funcionou de acordo com o esperado. Também no software Proteus a placa de controle do projeto foi projetada como mostra a Figura 3.3.

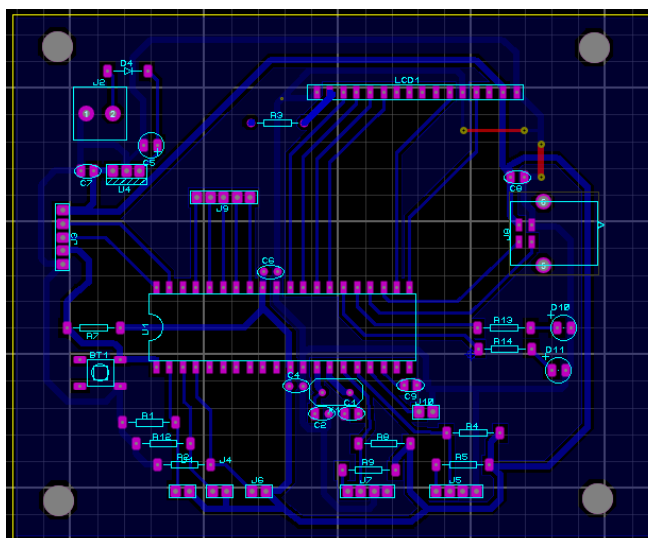


Figura 3.3: Placa desenhada no ares do software Proteus.

7.1.2 Placas de controle e potência

A placa de controle foi confeccionada por uma fresa CNC do Laboratório de Máquinas Elétricas da Escola de Minas, Figura 3.4.

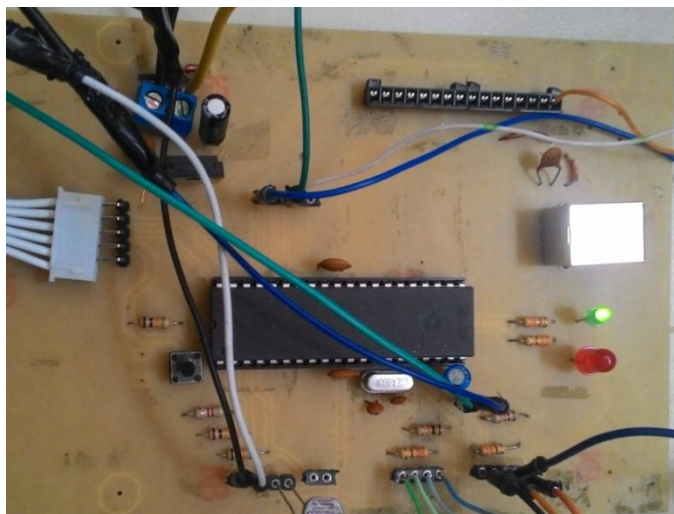


Figura 3.4: Placa confeccionada.

A placa de acionamento do motor de passo foi disponibilizada pelo Laboratório de Prototipia e Desenvolvimentos de Novas Tecnologias da Escola de Minas. A Figura 3.5 mostra a placa.

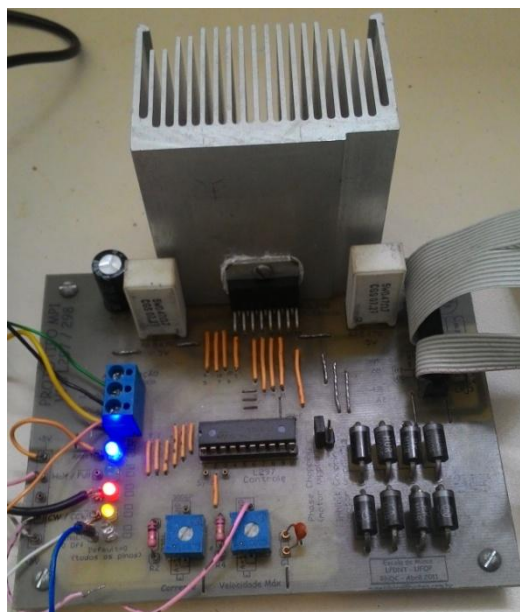


Figura 3.5: Placa de acionamento de motor de passo.

Esta placa possui os CIs L298 e L297 citados no item acionamento de motor de passo deste trabalho.

7.2 MOTOR E SENSORES INSTALADOS

Para a execução do projeto foram instalados dois sensores LDR, dois sensores ópticos reflexivos, e um motor de passo.

7.2.1 Motor de Passo

O motor de passo foi acoplado à engrenagem da cortina persiana do laboratório como mostrado na Figura 3.6.



Figura 3.6: Acoplamento do motor à cortina.

O motor de passo utilizado não possui encoder por isso foi necessária a utilização de dois sensores de final de curso para detectar as posições totalmente fechada e totalmente aberta. Foram utilizado dois sensores opticos reflexivos TRT5000.

7.2.2 Sensor óptico reflexivo



Figura 3.7: Sensores opticos reflexivos

O TCRT5000, Figura 3.7, contém dois componentes que são presos num suporte plástico. O primeiro deles é um LED que emite um feixe de luz infravermelha numa frequência não visível a olho nu. O segundo componente é um foto transistor que tem a função de capturar o feixe de luz emitido pelo LED infravermelho. Seu funcionamento é bem semelhante ao de um transistor, possui um coletor, um emissor, e a base que, no caso, é ativada ao receber um feixe de luz infravermelha, como mostrado na Figura 3.8. Assim, os dois componentes funcionam em conjunto.

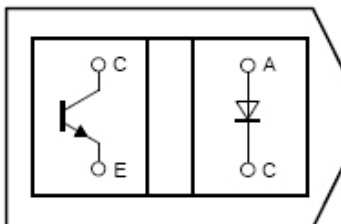


Figura 3.8: Circuito sensor óptico reflexivo

O LED emite um feixe de luz infravermelha que é refletida pelo objetivo que estiver à frente do sensor e que é, por sua vez, detectada pelo foto transistor. A cor e o material do objeto podem interferir no funcionamento do sensor. Existem materiais que refletem menos luz do que outros. Um exemplo são os objetos de cor preta que não são bons refletores, especialmente se sua superfície não for lisa. A Figura 3.9 mostra como os sensores foram instalados na cortina.



Figura 3.9: Sensores opticos instalados

7.2.3 Sensor LDR

Foram usados no trabalho dois sensores LDR para o controle da luminosidade. Um foi instalado à frente da janela para controlar a posição da cortina, Figura 3.10, e outro na mesa para controlar a potência da lâmpada e manter a luminosidade da mesa constante, Figura 3.11.

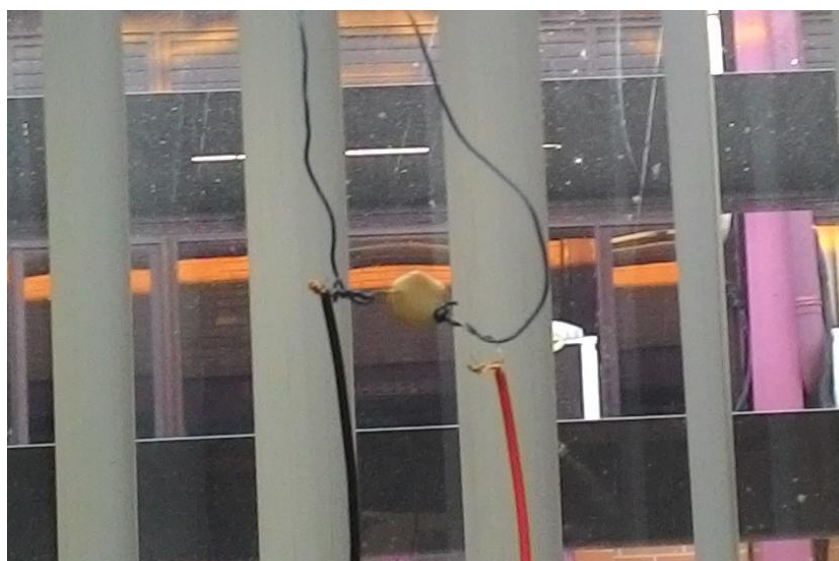


Figura 3.10: LDR cortina

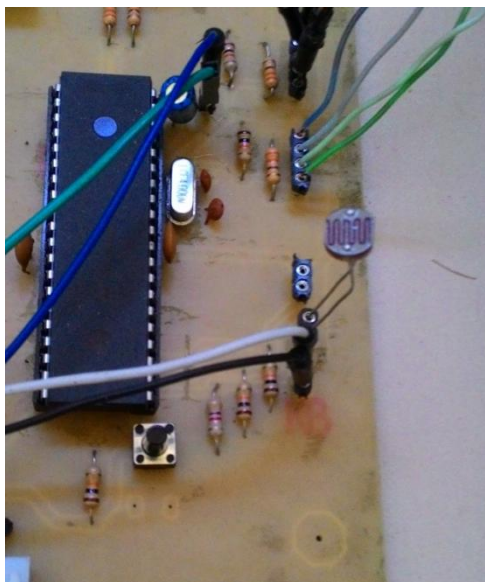


Figura 3.11: LDR mesa

7.2.4 Lâmpada LED

A lâmpada utilizada foi a fita LED. Duas fitas LEDs de 12v coladas em uma luminária de lâmpada fluorescente tubular, Figura 3.12.



Figura 3.12: Lâmpada de fita LED

Para dimerizar a lâmpada foi montado um circuito com um transistor NPN de 3A(TIP31). O sinal PWM gerado pelo PIC dimeriza a lâmpada como mostrado na figura 3.13.

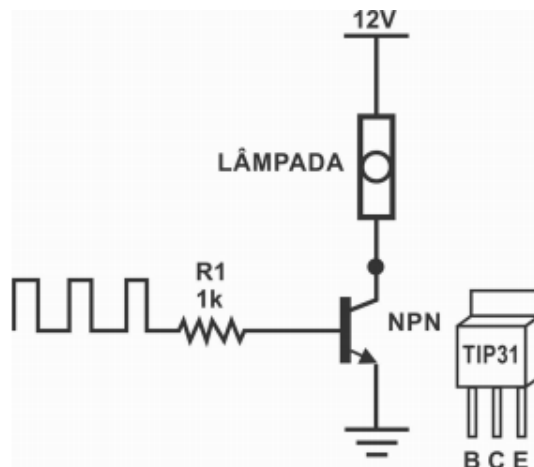


Figura 3.13: Circuito de dimerização da lâmpada LED

7.3 PROGRAMAÇÃO

A programação do PIC 18f4550 foi feita no software PIC C Compiler em linguagem C. Para fazer o download do programa no PIC foi utilizada uma placa de download e o software PICKit2.

A programação ficou simples, o clock para acionar o motor de passo foi realizado através da interrupção Timer 0. A programação utilizada para controlar a cortina foi:

```
// MOTOR PARADO
if (leitura_adc > 920 && leitura_adc < 970) // Luminosidade entre 350 e 450lux aproximadam.

{
    habilita_motor=0;
}

// MOTOR GIRA PARA ESQUERDA DIMINUI A LUMINOSIDADE //
if (leitura_adc < 920) // Luminosidade maior que 450 lux
{
    if (fim_de_curso1 == 0) // Cortina não chegou ao fim de curso
    {
        habilita_motor=1;
        direcao_motor=1;
    }

    if (fim_de_curso1 == 1) // Cortina chegou ao fim de curso
```

```

    {
        habilita_motor=0;
    }
}

// MOTOR GIRA PARA DIREITA AUMENTA A LUMINOSIDADE //

if (leitura_adc>970) // Luminosidade menor que 350 lux
{
    if(fim_de_curso2==0) // Cortina não chegou ao fim de curso
    {
        habilita_motor=1;
        direcao_motor=0;
    }

    if(fim_de_curso2==1) // Cortina chegou ao fim de curso
    {
        habmotor=0;
    }
}

```

Para dimerizar a lampada foi utilizada a programação como se segue:

```

// DIMERIZAÇÃO DA LÂMPADA //
if(leitura_adc2>970) // Luminosidade menor que 350 lux
{
    duty=duty+10;
    if (duty>1020)
        duty=1020;
}

if(leitura_adc2<920) // Luminosidade maior que 450 lux
{
    if (duty<20)
        duty=10;
    duty=duty-10;
}
set_pwm1_duty (duty);

```

Sendo “duty” o tamanho da saída PWM que varia de 0 a 1023.

7.4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Observou-se o funcionamento do sistema durante grande parte do dia. Por toda a parte da manhã a cortina ficou totalmente aberta pois o sol não bate diretamente na janela do Laboratório de Instalações Elétricas e Luminotécnica da Escola de Minas durante esta parte do dia. A lâmpada proporcionou um aumento de potência em momentos de nebulosidade mas na maior parte da manhã ficou em média com 50% de sua potência aproximadamente.

No decorrer da tarde, a partir das 14:00 horas, aproximadamente, os raios solares começam a incidir na janela, assim a quantidade de lux incidente torna-se maior que o confortável para um laboratório, de acordo com a norma da ABNT 5413 citada neste trabalho. Faz-se necessário então que a posição da cortina seja controlada. O controle ficou suficiente sendo que nem sempre a cortina fecha completamente. Quando havia algumas nuvens no céu a posição da cortina ficou intermediária, mostrando que o posicionamento da persiana modifica a luminosidade do ambiente mesmo quando a mesma não está totalmente fechada ou aberta. No horário entre 14:00 horas e 17:00 horas, aproximadamente, a lâmpada ficou desligada.

A partir 17:00 a lâmpada aumentou a potência gradativamente até o dia escurecer. Assim que necessário a lâmpada estava na sua potência máxima. O sistema ficou completamente autônomo e pôde funcionar durante o dia inteiro.

O maior problema encontrado foi a instalação dos sensores de final de curso que foram colocados em uma das persianas como mostrado na Figura 3.9 deste trabalho. Ao se abrir a janela, a persiana pode se mexer devido ao vento, o que pode impedir o funcionamento dos sensores.

8 CONCLUSÕES

O presente sistema de controle de luminosidade de um ambiente atendeu as necessidades iniciais propostas pelo trabalho. Através da confecção de uma placa de controle foi possível controlar a incidência de luz natural no cômodo. Acoplou-se um motor de passo à cortina e o motor foi controlado utilizando a placa de controle e um sensor LDR para medição da luminosidade proveniente dos raios solares. Também foi efetuada a dimerização da lâmpada controlando sua potência e mantendo a iluminância constante, dentro de uma faixa pré determinada de acordo com os conceitos luminotécnicos, durante todo o dia.

O acoplamento do motor à cortina se deu de forma adequada e a velocidade de abertura e fechamento da cortina foi satisfatória. A lâmpada de fita LED, apesar de gerar luminosidade menor que as lâmpadas fluorescentes tubulares, gerou a luminosidade necessária quando a luz solar não atingia a iluminância requerida. A dimerização funcionou corretamente e a programação gerou resultados de acordo com o planejado.

O comportamento do sistema foi observado durante um dia e mostrou-se satisfatório. A cortina ficou aberta durante a manhã e em momentos de nebulosidade na parte da tarde, quando os raios solares incidem na janela. A lâmpada em poucos momentos do dia teve que trabalhar em sua potência total sendo que em grande parte da tarde ficou desligada. Apenas observando o comportamento da lâmpada foi possível concluir que com o uso controlado da energia solar e a dimerização da lâmpada pode-se diminuir o gasto de energia elétrica na área de iluminação consideravelmente.

Para trabalhos futuros sugere-se uma pesquisa sobre o posicionamento ideal dos sensores de fim de curso. Outra proposta é colocar um motor com encoder ou outro tipo de sensor que se pode saber a posição do motor, assim dispensa-se a necessidade dos sensores de fim de curso podendo controlar o fim do curso da cortina pela posição do motor.

A parte prática deste trabalho foi feito utilizando uma lâmpada, sendo que, o laboratório possui vários grupos de lâmpadas para sua iluminação total. Assim a iluminância medida de parte do laboratório representou a iluminância de todo o ambiente. Também para trabalhos futuros e para aprimorar o estudo de um sistema de iluminação autônomo, faz-se necessário o controle de todas

a lâmpadas do ambiente, assim pode-se saber se a quantidade de lux se mantém constante em todo o cômodo. Neste caso seria necessário o uso de mais sensores fotoelétricos como mostrado na Figura 2.7 deste trabalho.

9 REFERÊNCIAS

ACARNLEY, P.; **Stepping Motors – A guide to theory and practice**; 4.ed.; London: The Institution of Electrical Engineer; 2002.

ALMEIDA, Merielen, RUIZ, E. de Oliveira, GRAÇA, Valéria A. C.. Iluminação natural e saúde em salas de aula: A melhoria do desempenho ambiental através do controle da radiação solar direta no IFSP-SP. **Artigo, publicado em Sinergia**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 42-53, jan./abr. 2012.

AMORIM, Prof^ª Dra. Cláudia N. D. **Estratégias Projetuais para Iluminação Natural**. (Material Didático – IPOG), 2010.

BRAGA, Laura Caixeta. **Estudo de Aspectos de Eficiência Energética de Edificações com uma Abordagem de Automação Predial**. 2007. 165 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia da UFMG, Universidade de Minas Gerais, 2007.

BROWN, G. Z.; DEKAY, Mark. Sol, Vento e Luz: **Estratégias para o projeto de Arquitetura**, 2ª Edição. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2004.

CAO, L.; Schwartz, H.; Oscillation, **Instability and Control of Stepper Motor**, Nonlinear Dynamics 18; p.383-404; Kluwer Academic Publishers; Netherlands; 1999.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos**, Rio de Janeiro: Ed. REVAN, 2003.

FERREIRA, V. Z. G. **A Domótica Como Instrumento para a Melhoria da Qualidade de Vida dos portadores de Deficiência**. Dissertação (Monografia), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, João Pessoa, 2010.

FEDRIGO, Natália Sens, GONÇALVES, Guilherme, LUCAS Paulo Figueiredo. **Usos Finais de Energia Elétrica no Setor Residencial Brasileiro**. Relatório de Iniciação Científica. Universidade Federal De Santa Catarina. Florianópolis, Janeiro de 2009.

GARROCHO, Juliana Saiter. **Luz natural e projeto**. 2005. Programa de Pesquisa e Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília

GOMES, Anderson Tomé. Pesquisa: Automação e Gerenciamento de Energia. **O setor elétrico**., São Paulo, ano 7, Ed. 83, p. 67, dez. 2012.

JANNUZZI, G. de M. **Aumentando a eficiência nos usos finais de energia no Brasil**. Trabalho apresentado no evento de Sustentabilidade na geração e no uso de energia. Departamento de Energia, Faculdade de Engenharia Mecânica. UNICAMP, 2001.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PRO Livros, 2004

LAMONICA, M. **Already efficient, LED lights get smarter**. MIT Technology Review. Abril, 2013.

LENGEN, Johan Van. **Manual do arquiteto descalço**. Porto Alegre: Livraria do Arquiteto, 2004.

LOZZER, Maria Cristina. Aplicação da automação da iluminação e sua contribuição para a eficiência energética em empreendimentos residenciais. **Especialize revista online IPOGA**. Julho de 2013

LUZ, Gabriela Yoshitani da; Maria Eduarda Scarsanella Miranda; Mariana Pereira Cledes; Marília Ferrari; **Artigo Acadêmico**; Universidade Federal de Santa Catarina; Automação residencial. Julho/2009.

MARIOTONI, Carlos Albert e JUNIOR, Edivaldo P. de Andrade. **Descrição de Sistemas de Automação Predial Baseados em Protocolos PLC utilizados em Edifícios de Pequeno Porte em Residências**, 2001.

MARTINS, M. P. De Souza. **Inovação Tecnológica e Eficiência Energética**, Outubro De 1999 Monografia De Pós Graduação Mba Em Energia Elétrica Universidade Federal Do Rio De Janeiro Instituto De Economia.

MATOS, Bruno Moreira; **Projeto Final - Janela Residencial Automatizada**. Brasília/DF (2º semestre de 2009).

MICROCHIP, **PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet**, 28/40/44-Pin, High-Performance, Enhanced Flash, USB Microcontrollers with nanoWatt Technology.

OSRAM **Catálogo de Soluções em LED** 2015.

PAIVA, Lenardo Silvera. **Metodologia para a Implantação de Automação Residencial**. Monografia. Universidade Federal de Ouro Preto, 2007.

PESSOA, João L. Novais, GHISI, Enedir. **Nota Técnica referente à eficiência de produtos LED encontrados no mercado Brasileiro.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, dezembro 2013

PHILIPS, **Lâmpadas LED Tabela de substituição, SPOT** - Serviço Philips de Orientação Técnica, 2014.

PROCEL – Programa Nacional de conservação de energia elétrica. **Dicas de economia de energia para um mundo melhor.** Ministério de Minas e Energia, 2013.

SANTOS Talía Simões, BATISTA Marília Carone, POZZA Simone Andréa, ROSSI Luciana Savoi. Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais. **Artigo Técnico**, Scielo, Eng Sanit Ambient | v.20 n.4 | out/dez 2015 | 595-602.

TEZA, V. R. Alguns aspectos sobre automação residencial – **Domótica.** Tese de Mestrado. UFSC, Santa Catarina, 2002

THOMAZINI, Daniel; Pedro Urbano Braga de Albuquerque; **Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações.** 1ª Ed. São Paulo: Editora Érica Ltda., 2005.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno; ROSA, Luiz Riguelli; SKLO, Alexandre Salem; SCHULER, Marcio Edgar; DELGADO, Marco Antonio de Paiva. **Tendências de eficiência elétrica no Brasil - Indicadores de eficiência energética.** ENERGE/COPPE/UFRJ/PROCEL/ELETROBRÁS 1998.