

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Caio Augusto Fonseca de Freitas

**Projeto de Eficiência Energética Realizado no
Departamento de Educação Física da UFPB**

João Pessoa

2018

Caio Augusto Fonseca de Freitas

**Projeto de Eficiência Energética Realizado no
Departamento de Educação Física da UFPB**

Relatório de Estágio Interno submetido ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Universidade Federal da Paraíba

Centro de Energias Alternativas e Renováveis

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

Supervisor: Prof. Dr. Yuri Percy Molina Rodriguez

Orientador: Prof. Dr. Helon David de Macêdo Braz

João Pessoa

2018

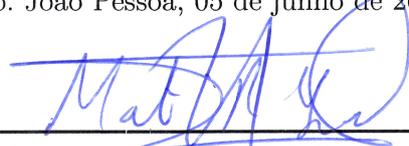
© Caio Augusto Fonseca de Freitas

Caio Augusto Fonseca de Freitas

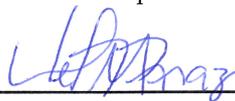
Projeto de Eficiência Energética Realizado no Departamento de Educação Física da UFPB

Relatório de Estágio Interno submetido ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Trabalho aprovado. João Pessoa, 05 de junho de 2018:



Prof. Dr. Yuri Percy Molina Rodriguez
UFPB
Supervisor



Prof. Dr. Helon David de Macêdo Braz
UFPB
Orientador



Prof. Dr. Rogério Gaspar de Almeida
UFPB
Avaliador

João Pessoa
2018

Agradecimentos

A Deus, pelo dom da vida e por sempre guiar meus passos.

Aos meus pais, Nildo e Gilma, e meu irmão Felipe, por estarem sempre ao meu lado, e por todo o esforço feito até aqui para me oferecer as melhores oportunidades.

À minha esposa, Maria Luiza, por todo o suporte e apoio de sempre e por acreditar mais em mim do que eu mesmo. Estendo o agradecimento à sua família, por também serem minha família.

Aos amigos que fiz durante a graduação e intercâmbio, em especial Filype, Guilherme e Luanna, por compartilharem conhecimento e momentos de felicidade e de preocupação.

Aos professores Yuri e Helon, por toda orientação recebida durante este trabalho.

Ao Prof. Rogério, por ter prontamente aceitado participar da banca avaliadora e pelas valiosas contribuições ao trabalho.

A todos os professores do Departamento de Engenharia Elétrica da UFPB, por terem nos transmitido todo o conhecimento necessário para que nos tornemos excelentes profissionais.

E a todos que de alguma forma contribuíram para este trabalho.

Identificação

EMPRESA/INSTITUIÇÃO:

Nome: Universidade Federal da Paraíba

Endereço: Cidade Universitária, s/n

Bairro: Castelo Branco III

Cidade/Estado: João Pessoa/Paraíba

CEP: 58051-085

ESTÁGIO:

Área da Instituição: Laboratório do Grupo de Inteligência Computacional Aplicada a Engenharia Elétrica

Data de Início: 05/02/2018

Data de Término: 25/05/2018

Carga Horária Semanal: 20 horas

Carga Horária Total: 300 horas

Supervisor de Estágio: Prof. Dr. Yuri Percy Molina Rodriguez

Resumo

O estágio supervisionado é uma etapa muito importante na vida do estudante. A possibilidade de tirá-lo do ambiente acadêmico e oferecer experiências de trabalho torna essa oportunidade ainda mais valiosa. Partindo dessa premissa, e cumprindo um requisito da graduação em Engenharia Elétrica, foi realizado o estágio supervisionado que será relatado neste trabalho. O estagiário participou durante três meses do cotidiano do laboratório do Grupo de Inteligência Computacional Aplicada a Engenharia Elétrica, tendo como objetivo realizar um Projeto de Eficiência Energética (PEE) no ginásio poliesportivo e na quadra de tênis do Departamento de Educação Física da Universidade Federal da Paraíba. Foram realizadas visitas aos locais e medições de iluminância. Com isso, foram realizados projetos luminotécnicos e cálculos da viabilidade econômica para implementação do PEE.

Palavras-chave: Eficiência Energética, Projeto Luminotécnico, Estágio Supervisionado.

Lista de ilustrações

Figura 1.1 – Maquete 3D do laboratório do GICA.	17
Figura 2.1 – Funcionamento da lâmpada fluorescente.	21
Figura 2.2 – Modo de ligação da lâmpada fluorescente.	22
Figura 2.3 – Luxímetro MLM-1011 da Minipa.	24
Figura 3.1 – Planta da quadra do ginásio poliesportivo da UFPB.	29
Figura 3.2 – Medições de iluminância do ginásio poliesportivo.	30
Figura 3.3 – Refletor LED Ultra 400 W da Leox.	30
Figura 3.4 – Projeto luminotécnico do ginásio poliesportivo.	31
Figura 3.5 – Ginásio poliesportivo da UFPB.	32
Figura 3.6 – Modelo 3D do projeto luminotécnico do ginásio.	32
Figura 3.7 – Planta da quadra de tênis da UFPB.	33
Figura 3.8 – Medições de iluminância da quadra de tênis.	33
Figura 3.9 – Projeto luminotécnico da quadra de tênis.	34
Figura 3.10–Quadra de tênis da UFPB.	35
Figura 3.11–Modelo 3D do projeto luminotécnico da quadra.	35

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEE	Ação de Eficiência Energética
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
EVO	<i>Efficiency Valuation Organization</i>
GICA	Grupo de Inteligência Computacional Aplicada a Engenharia Elétrica
IRC	Índice de Reprodução de Cores
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
PEE	Projeto de Eficiência Energética
UFPB	Universidade Federal da Paraíba

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	Eficiência Energética	19
2.2	Conceitos Básicos sobre Iluminação	19
2.3	Lâmpada Fluorescente	20
2.4	Lâmpada LED	22
2.5	Projeto Luminotécnico	23
2.6	Luxímetro	23
2.7	Norma Brasileira de Iluminação	25
2.8	Modalidades Tarifárias	25
2.8.1	Grupo A	25
2.8.2	Grupo B	26
2.9	Cálculo de Gastos e <i>Payback</i>	26
3	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	29
3.1	Projetos Luminotécnicos	29
3.1.1	Ginásio Poliesportivo	29
3.1.2	Quadra de Tênis	33
3.2	Cálculo de Gastos e <i>Payback</i>	36
4	CONCLUSÕES	37
	REFERÊNCIAS	39

1 Introdução

O estágio interno é denominado supervisionado e é feito no âmbito da universidade em que o aluno está se graduando. A UFPB (Universidade Federal da Paraíba) foi o ambiente utilizado para a realização do estágio interno, mais especificamente o laboratório do GICA (Grupo de Inteligência Computacional Aplicada a Engenharia Elétrica). O GICA visa desenvolver ferramentas baseadas em inteligência computacional aplicada para resolver problemas de otimização e apoio à decisão em atividades do setor elétrico. Com isso, a repercussão do grupo gera benefícios e oportunidades de desenvolvimento tecnológico para os alunos de graduação e pós-graduação de Engenharia Elétrica, bem como empresas que atuam no setor. Suas atividades são relacionadas a estudos relativos aos temas de Análise de Sistemas de Potência, Inteligência Artificial Aplicado a Energias Renováveis, Previsão de Demanda em Sistemas Elétricos, Sistemas de Medição Inteligente, Big-Data e Análise de Dados. Para isso, dispõe além de equipamentos e programas de informática, espaço físico apropriado para realização de suas atividades.

Figura 1.1 – Maquete 3D do laboratório do GICA.



Fonte: <http://www.cear.ufpb.br/gica/contents/paginas/infraestrutura>.

O estágio tem como finalidade proporcionar ao estudante a chance de utilizar os conhecimentos previamente adquiridos em sala de aula para atuar em práticas profissionais, além de amenizar o impacto resultante da diferença entre os ambientes acadêmicos e do mercado de trabalho. Estas práticas de aprendizado ocorrem por meio da execução de funções referentes à profissão que será exercida no futuro, tendo em vista que o aprendizado se torna mais eficiente quando obtido através da experiência (MEC, 2004; SCALABRIN, 2013).

O objetivo do estágio interno foi de se aproximar ao máximo das atividades de uma empresa, com as tarefas a serem feitas, os problemas enfrentados, a carga-horária de um ambiente de trabalho e os prazos a cumprir. Com foco no desenvolvimento de um projeto de eficiência energética, foram propostas algumas atividades para que fossem realizadas no laboratório, assim como visitas aos locais alvos do projeto. Essas visitas tiveram como propósito realizar medições necessárias para subsidiar a implementação do projeto.

As atividades desenvolvidas são aqui apresentadas de forma a deixar claro o conhecimento teórico e as soluções de engenharia envolvidos. Para tal propósito, este relatório foi organizado em quatro capítulos. No primeiro capítulo é feita uma breve introdução sobre o local onde foi realizado o estágio e quais seus objetivos. No segundo capítulo, é apresentado o embasamento teórico relativo às atividades exercidas. No terceiro capítulo, são tratados os procedimentos práticos desenvolvidos. Por fim, no quarto capítulo são abordadas as conclusões do trabalho, elaboradas com o intuito de elencar os principais conhecimentos adquiridos ao longo do estágio.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Eficiência Energética

Obter a eficiência energética significa utilizar processos e equipamentos que sejam mais eficientes, reduzindo o desperdício no consumo de energia elétrica, tanto na produção de bens como na prestação de serviços, sem que isso prejudique a sua qualidade (ELETROBRAS, 2009).

Uma Ação de Eficiência Energética (AEE) é uma atividade ou um conjunto de atividades planejadas para aumentar a eficiência energética de uma instalação, sistema ou equipamento. Uma AEE pode ser aplicada como uma alteração a um sistema ou instalação já existentes ou como uma modificação a um projeto antes da construção de um novo sistema ou instalação (EVO, 2012).

Como forma de incentivo para a realização de Projetos de Eficiência Energética (PEE), em 24 de julho de 2000 foi decretada a Lei nº 9.991. Ela dispõe sobre realização de investimentos em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica. Para as empresas distribuidoras de energia, 0,50% da receita operacional líquida deveria ser utilizada em PEEs, valor que foi reduzido para 0,40% com o decreto da Lei nº 13.280 de 3 de maio de 2016.

O objetivo do PEE é promover o uso eficiente e racional de energia elétrica em todos os setores da economia por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de ações de combate ao desperdício e de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia (ANEEL, 2013).

Para contribuir com a eficiência energética por meio da iluminação, existem várias práticas possíveis, entre elas a substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED. O PEE realizado neste estágio teve como objetivo propor este tipo de substituição em parte do sistema de iluminação do Departamento de Educação Física da UFPB. Para explicitar o ganho obtido com isso, são apresentados a seguir alguns conceitos básicos sobre iluminação e o funcionamento desses dois tipos de lâmpada.

2.2 Conceitos Básicos sobre Iluminação

Um sistema de iluminação deve ser capaz de oferecer boas condições de visão, contribuindo com as atividades desenvolvidas, tendo em vista que o organismo humano é sensível ao excesso e à ausência de iluminação (BARROS; BORELLI; GEDRA, 2015).

Fluxo luminoso (φ) é a quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa na tensão nominal de funcionamento, sendo a unidade de medida o lúmen.

A iluminância (E) corresponde ao fluxo luminoso que incide em uma superfície, sendo a unidade de medida o lux, medido pelo aparelho denominado luxímetro.

A eficiência luminosa representa a relação entre o fluxo luminoso emitido e a potência consumida por uma fonte luminosa, sendo a unidade representativa o lm/W.

O Índice de Reprodução de Cores (IRC), representado pela variável R_a , estabelece uma correspondência entre a cor real de um objeto e aquela que está sendo efetivamente apresentada diante da fonte de luz. Sua unidade é a porcentagem (%), de forma que quanto maior o IRC, melhor é a fidelidade das cores. O parâmetro utilizado para comparação e verificação da cor real do objeto é a luz emitida pelo sol. Portanto, a reprodução de cores está diretamente associada à qualidade, ao tipo e às características da luz incidente. Na Tabela 2.1 (SILVA, 2014) são apresentados os níveis de classificação deste índice.

Tabela 2.1 – Classificação de IRC

Índice de Reprodução de Cores			
Excelente	Nível 1	1a - R_a 90 a 100	Testes de cor, floricultura, escritórios, residências, lojas
Muito Bom		1b - R_a 80 a 89	
Bom	Nível 2	2a - R_a 70 a 79	Áreas de circulação, escadas, oficinas, ginásios esportivos
Razoável		2b - R_a 60 a 69	
Regular	Nível 3	R_a 40 a 59	Depósitos, postos de gasolina, pátio de montagem industrial
Insuficiente	Nível 4	R_a 20 a 39	Vias de tráfego, canteiros de obras, estacionamentos

A temperatura de cor expressa a aparência da cor da luz emitida pela fonte de luz, considerando-se uma escala cujos extremos são representados pelas tonalidades amarelo e azul. Os termos luz “quente” ou “fria”, não se referem ao calor físico da lâmpada, e sim ao tom de cor que ela dá ao ambiente. A unidade representativa desta medida é o kelvin (K). Quanto mais alta é a temperatura de cor, mais clara é a tonalidade de cor da luz e quanto mais baixa, mais amarelada é a luz emitida pela fonte. A luz “quente” de aparência amarelada tem aproximadamente 3000 K. A luz “fria” de aparência azul violeta tem temperatura de cor maior que 6000 K. Já a luz branca natural, emitida pelo sol em céu aberto ao meio-dia, tem temperatura de cor próxima de 5800 K (KUCZYNSKI; MUNCINELLI, 2014).

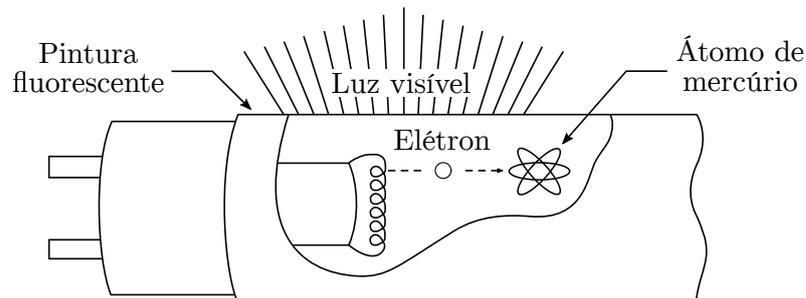
2.3 Lâmpada Fluorescente

A lâmpada fluorescente é o tipo mais utilizado para economia na iluminação, podendo ser fabricada nos tipos tubular e compacta. Ela substitui as lâmpadas incandescentes,

que tiveram sua comercialização proibida no Brasil pelo Ministério de Minas e Energia, e são consideradas eficientes e duráveis, comparadas às incandescentes.

Consistindo em um bulbo cilíndrico de vidro, possui eletrodos metálicos feitos de tungstênio em suas extremidades, por onde circula corrente elétrica. Em seu interior existe vapor de mercúrio a baixa pressão e as paredes internas do tubo são pintadas com materiais fluorescentes, como apresentado na Figura 2.1. A passagem da corrente elétrica gera uma radiação ultravioleta através da interação dos elétrons com os átomos de mercúrio. Em seguida, o pó fluorescente converte essa radiação em luz visível.

Figura 2.1 – Funcionamento da lâmpada fluorescente.



Fonte: Adaptada de Creder (2018).

Um reator deve ser utilizado em conjunto com a lâmpada, tanto para sua ignição, quanto para limitar a corrente elétrica no valor nominal de operação. Existem três tipos de reatores, que serão descritos a seguir.

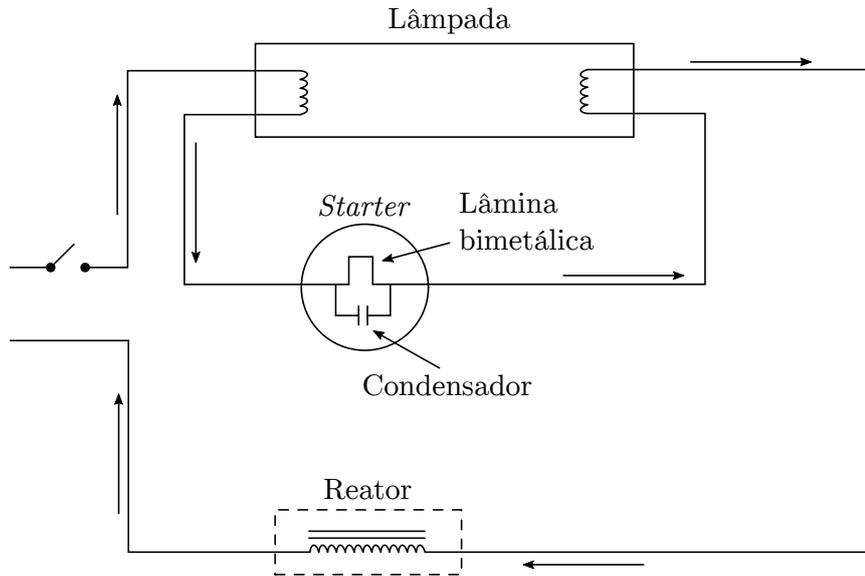
O eletromagnético, pouquíssimo utilizado nos dias atuais, é composto de simples indutores que operam juntamente com um dispositivo de chaveamento, que pode ser mecânico ou térmico (*starter*). É apresentado na Figura 2.2 o modo de ligação desses componentes.

Fechando-se o interruptor, a corrente segue o circuito indicado pelas setas. Os filamentos da lâmpada são aquecidos e inicia-se a descarga entre os contatos do *starter*, que são aquecidos e fecham. Pouco depois de fechados os contatos, a descarga cessa, resfriando-os rapidamente e abrindo-os. Esta abertura interrompe a corrente no reator, produzindo uma sobretensão entre suas extremidades, que faz romper um arco elétrico entre os filamentos. Assim, o circuito fecha-se através do interior da lâmpada, e não mais pelo *starter*.

Os reatores de partida rápida não necessitam do *starter*, pois eles utilizam um transformador cujos enrolamentos são acoplados magneticamente com um indutor para realizar o aquecimento. Assim é possível reduzir a tensão de ignição.

O reator eletrônico, mais eficiente e recomendado para utilização, converte a tensão da rede (50 Hz ou 60 Hz) em uma tensão de frequência superior a 18 kHz. Ele possui um conversor CA-CC, que transforma a tensão alternada da rede em contínua, e um inversor

Figura 2.2 – Modo de ligação da lâmpada fluorescente.



Fonte: Adaptada de Creder (2018).

que converte esta tensão contínua em uma tensão alternada de alta frequência. Além disso, possui circuitos que realizam a ignição e a estabilização da corrente na lâmpada.

As lâmpadas fluorescentes representaram um grande avanço na eficiência energética, principalmente quando relacionadas às incandescentes. Entretanto, existe uma enorme desvantagem referente às questões ambientais. Existem pelo menos doze elementos que são utilizados nessas lâmpadas que podem originar impactos ambientais negativos. São eles: mercúrio, antimônio, bário, chumbo, cádmio, índio, sódio, estrôncio, tálio, vanádio, ítrio e elementos de terras raras (ZANICHELI et al., 2004).

O mercúrio é o que apresenta o maior potencial de perigo, pois em condições ambientes se encontra em um estado de alta volatilidade. É considerado por fabricantes de lâmpadas e pelo ELC (*European Lamp Companies Federation*) como a única substância de relevância ecológica, representando altos riscos ambientais. São utilizados cerca de dez toneladas por ano de mercúrio para produzir esses tipos de lâmpadas. As fluorescentes tubulares de 15 W a 110 W possuem entre 8 e 25 mg de mercúrio (ZANICHELI et al., 2004).

2.4 Lâmpada LED

Com o desenvolvimento tecnológico da indústria de iluminação nos últimos anos, foi apresentada ao mundo a lâmpada LED (*Light Emitting Diode*), ou Diodo Emissor de Luz. O LED é um componente semicondutor que converte a energia elétrica em luz visível, propondo vantagens que vão desde a redução da conta de energia a benefícios ambientais.

Essas fontes de luz têm uma eficiência energética muito superior aos outros tipos de lâmpadas. Por exemplo, uma lâmpada incandescente de 60 W pode ser substituída por uma lâmpada LED de apenas 3 W, mantendo-se a eficiência luminosa, possuindo, também, alto rendimento com uma vida útil de 30 mil horas (CREDER, 2018).

As lâmpadas LED são fabricadas em muitos modelos e utilizadas para uso residencial, comercial ou automotivo. Por não conterem mercúrio, são conceituadas como uma fonte de iluminação artificial limpa. Por isso, não precisam de nenhum tipo de tratamento antes de sua reciclagem, sendo composta por 98% de material reciclável (VGR, 2018).

2.5 Projeto Luminotécnico

Uma das exigências de um PEE é o projeto luminotécnico do espaço onde será realizada a AEE. Para a execução destes projetos neste estágio foi utilizado o *software* DIALux 4.13.

O DIALux é um *software* livre utilizado para projetar, calcular e visualizar a iluminação de maneira profissional, simulando ambientes como quartos, edifícios e até ambientes a céu aberto. Ele é usado como uma ferramenta de planejamento por mais de 700 mil projetistas de iluminação em todo o mundo e constantemente passa por desenvolvimento, cumprindo os requisitos de *design* de iluminação moderna e cálculo de iluminação. Com ele, é possível planejar e projetar empregando os catálogos de luminárias dos fabricantes mais importantes do mundo.

O método utilizado pelo DIALux é o Ponto a Ponto, que consiste em calcular as contribuições de todas as fontes de luz em cada ponto do ambiente que se deseja iluminar. Este método pode ser utilizado tanto para aplicações em ambientes internos como em ambientes externos.

2.6 Luxímetro

Além do projeto luminotécnico, é necessária a realização de medições da iluminância atual do espaço onde será realizada a AEE para posterior comparação das iluminâncias fornecidas pelo sistema atual e pelo sistema projetado.

Para isso, utiliza-se o aparelho denominado luxímetro, que consiste em um mini amperímetro ligado a uma célula fotoelétrica. Quando a luz incide sobre ela, uma corrente é formada, carregando positivamente o semicondutor da célula, enquanto a parte metálica do sensor fica carregada negativamente, gerando assim uma diferença de corrente. Essa corrente é lida pelo aparelho e convertida para o valor equivalente em lux.

O luxímetro utilizado para as medições, apresentado na Figura 2.3, foi o modelo

Figura 2.3 – Luxímetro MLM-1011 da Minipa.



Fonte: <http://www.abreai.com/luximetro>.

MLM-1011 da Minipa. Ele possui as seguintes características (MINIPA, 2010):

- Display: LCD 3 ½ dígitos com leitura máxima de 1999, indicação x10 e x100;
- Sobrefaixa: o dígito “1” é mostrado para as faixas 2.000, 20.000. OVER é mostrado na faixa 100.000;
- Calibrado com o padrão de lâmpada incandescente 2856 K;
- Taxa de medida: 0,2 vezes por segundo (nominal);
- Sensor: foto-diodo de silício;
- Resolução: 1 lux, 10 lux, 100 lux;
- Coeficiente de temperatura: $\pm 0,1\%/^{\circ}\text{C}$;
- Ambiente de operação: -10°C a 40°C com umidade relativa $< 70\%$;
- Dimensões:
 - Instrumento: 230(A) x 72(L) x 30(P) mm;
 - Sensor: 106(A) x 57(L) x 26(P) mm;
 - Comprimento do cabo: aproximadamente 1,5 m.
- Peso: 190 g (incluindo bateria).

As medições foram realizadas por volta das 18 horas, a uma altura de 0,75 m do chão, no sentido de atender as recomendações da norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

2.7 Norma Brasileira de Iluminação

Qualquer projeto, envolvendo iluminação de ambientes, deve atender aos critérios definidos na norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013. Ela cancela e substitui a ABNT NBR 5413:1992 e a ABNT NBR 5382:1985.

Esta norma especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os requisitos para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança durante todo o período de trabalho (ABNT, 2013).

Neste estágio foram realizados projetos luminotécnicos para o ginásio poliesportivo e para a quadra de tênis do Departamento de Educação Física da UFPB. Segundo a norma, os requisitos mínimos para salas de esportes, ginásios e piscinas são de iluminância média de 300 lux e IRC de 80%, considerando-se toda a superfície utilizada para a prática de atividades.

2.8 Modalidades Tarifárias

As unidades consumidoras de energia elétrica são classificadas em dois grupos, grupo A e grupo B, conforme o nível de tensão do fornecimento de energia elétrica. Através dessas classificações são definidos os valores das tarifas.

2.8.1 Grupo A

As unidades consumidoras do grupo A são atendidas nos níveis de tensão igual ou superior a 2,3 kV e com potência instalada superior a 75 kW. Sua forma de tarifa é binômia, ou seja, cobra-se a potência contratada (demanda) e a energia utilizada (consumo).

O grupo A é dividido em subgrupos, de acordo com o nível de tensão recebido, conforme apresentados a seguir:

- A1 para o nível de tensão de 230 kV ou superior;
- A2 para o nível de tensão de 88 a 138 kV;
- A3 para o nível de tensão de 69 kV;
- A3a para o nível de tensão de 30 a 44 kV;
- A4 para o nível de tensão de 2,3 a 25 kV.

Os consumidores do grupo A devem optar entre dois sistemas tarifários, o horossazonal verde ou o horossazonal azul, apresentando valores diferenciados de tarifa ao longo do dia.

Na estrutura tarifária horossazonal verde, também denominada de tarifa verde, a cobrança correspondente à demanda é realizada com base em um único valor, independente do horário do dia ou período do ano. O valor correspondente ao consumo de energia é constituído de duas parcelas: a primeira relacionada ao horário de ponta e a outra para o horário fora de ponta.

No caso da estrutura tarifária horossazonal azul, também conhecida como tarifa azul, os valores de tarifa correspondentes tanto à demanda quanto ao consumo são diferenciados para os horários de ponta e fora de ponta.

O horário de ponta é um período composto por 3 horas diárias consecutivas, em dias úteis, definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico. Na Paraíba é das 17:30h às 20:29h. Durante o horário de ponta a tarifa é mais cara, tendo em vista a concentração de consumo nesse período do dia.

2.8.2 Grupo B

O grupo B refere-se às unidades consumidoras atendidas em uma classe de tensão abaixo de 2,3 kV e potência instalada de até 75 kW. Sua forma de tarifa é monômnia, ou seja, é cobrado apenas o consumo da energia utilizada.

O grupo B é dividido em subgrupos tarifários de acordo com a atividade do consumidor, conforme apresentados a seguir. Cada subgrupo apresenta uma tarifa específica.

- B1 – residencial e residencial baixa renda;
- B2 – rural e cooperativa de eletrificação rural;
- B3 – demais classes;
- B4 – iluminação pública.

Mesmo que não haja consumo ou se o consumo for muito pequeno, será realizada a cobrança de uma taxa mínima, denominada custo de disponibilidade.

2.9 Cálculo de Gastos e *Payback*

O *payback* simples é uma das técnicas de análise de investimento mais comuns. Este método visa calcular quanto tempo o investidor irá precisar para recuperar o capital investido a partir das receitas derivadas da realização do projeto.

A metodologia aplicada no PEE realizado neste estágio foi o *payback* simples, que não considera o valor do dinheiro no decorrer do tempo, os fluxos de caixa depois do período de *payback* e o custo de capital da empresa. Não leva em consideração a taxa de

juros, nem a inflação do período. Porém, é possível se obter ótimos resultados no caso estudado (MESQUITA, 2016).

Sabendo-se o valor do investimento inicial, considerando todos os gastos realizados, o *payback* simples é a razão entre este investimento e o resultado médio mensal do fluxo de caixa, isto é, quanto deixou-se de gastar com a realização do projeto.

3 Atividades Desenvolvidas

Nesse capítulo serão descritas, através de tópicos, as atividades desenvolvidas no período de estágio.

3.1 Projetos Luminotécnicos

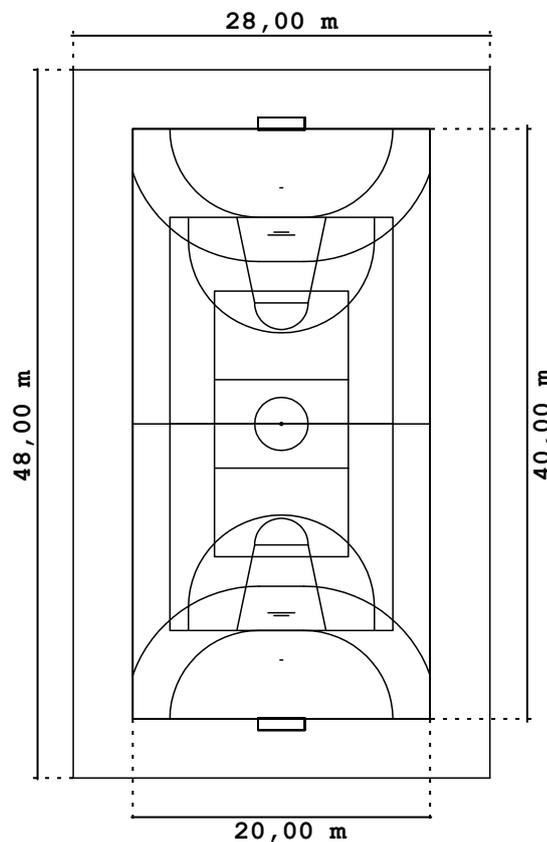
Como mencionado na Seção 2.5, um dos requisitos de um PEE é o projeto luminotécnico da área onde será realizada a AEE.

O objetivo deste estágio é realizar um PEE no sistema de iluminação do ginásio poliesportivo e da quadra de tênis da Universidade Federal da Paraíba. Desta forma, os projetos luminotécnicos exigidos são apresentados a seguir.

3.1.1 Ginásio Poliesportivo

As medidas da quadra do ginásio estão apresentadas na Figura 3.1.

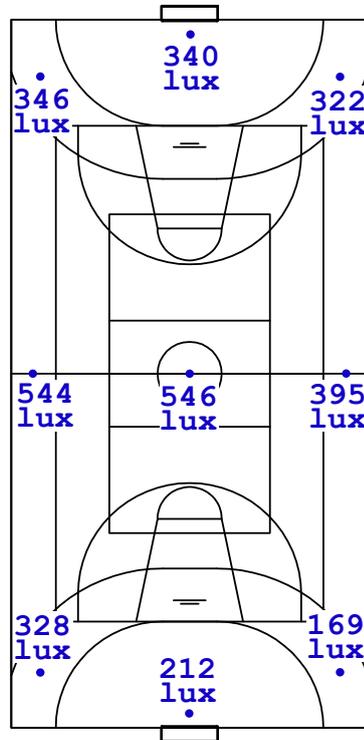
Figura 3.1 – Planta da quadra do ginásio poliesportivo da UFPB.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O sistema de iluminação atual da quadra possui 10 refletores de lâmpadas de vapor de mercúrio de 1000 W cada. Foram realizadas medições da iluminância do sistema atual em alguns pontos da quadra. Os valores estão apresentados na Figura 3.2.

Figura 3.2 – Medições de iluminância do ginásio poliesportivo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O projeto luminotécnico do novo sistema foi feito através do *software* DIALux 4.13 utilizando refletores LED de 400 W da marca Leox. Esses refletores chegam a emitir, segundo o fabricante, um fluxo luminoso de 52.000 lúmens, sendo uma eficiência luminosa de 130 lm/W, e possuem uma vida útil de até 80.000 h. O refletor está apresentado na Figura 3.3.

Figura 3.3 – Refletor LED Ultra 400 W da Leox.

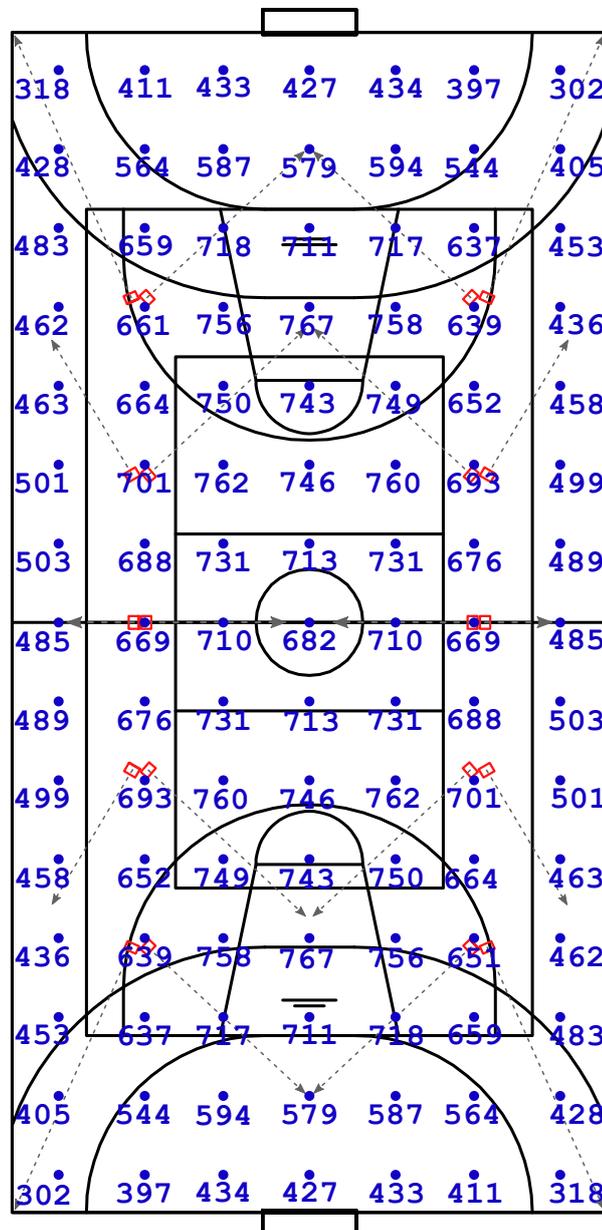


Fonte: <http://www.leox.com.br/portfolio/refletor-ultra-led-leox>.

Como exposto na Seção 2.7, é determinado por norma que salas de esportes e ginásios devem ser iluminados com uma iluminância média de no mínimo 300 lux. Para que essa condição seja respeitada e para que o novo nível de iluminância seja tão bom quanto, ou melhor, que o atual, o projeto luminotécnico foi realizado utilizando 20 refletores. O resultado está apresentado na Figura 3.4, com os valores dados em lux.

A iluminância média é de 594 lux, respeitando a norma. Vê-se, ainda, que grande parte dos pontos terão uma melhor iluminância do que no sistema atual. O ponto de menor iluminância é no canto da quadra, com 302 lux. Na Figura 3.4 os refletores são os símbolos vermelhos e a direção para a qual eles devem ser apontados está representada por uma seta. Esse direcionamento serve para que a iluminância média de 594 lux seja obtida.

Figura 3.4 – Projeto luminotécnico do ginásio poliesportivo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Figura 3.5 tem-se o ginásio e na Figura 3.6, o modelo 3D do ginásio com o sistema de iluminação do projeto luminotécnico. Esse modelo foi desenvolvido no próprio DIALux, através das opções de modelamento de ambientes.

Figura 3.5 – Ginásio poliesportivo da UFPB.



Fonte: Autor.

Figura 3.6 – Modelo 3D do projeto luminotécnico do ginásio.

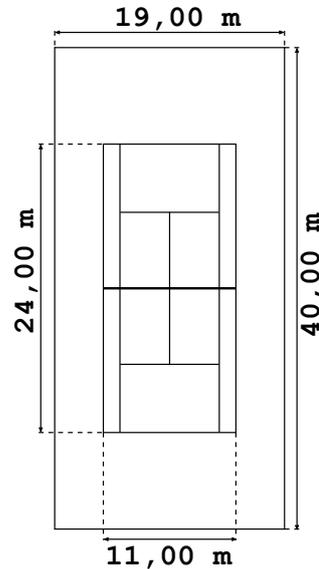


Fonte: Autor.

3.1.2 Quadra de Tênis

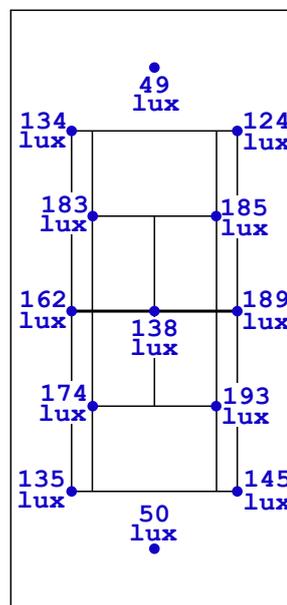
As medidas da quadra estão apresentadas na Figura 3.7.

Figura 3.7 – Planta da quadra de tênis da UFPB.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 3.8 – Medições de iluminância da quadra de tênis.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O sistema de iluminação atual da quadra possui 16 refletores de lâmpadas de vapor de mercúrio de 400 W cada. Foram realizadas medições da iluminância do sistema atual em alguns pontos da quadra. Os valores estão apresentados na Figura 3.8.

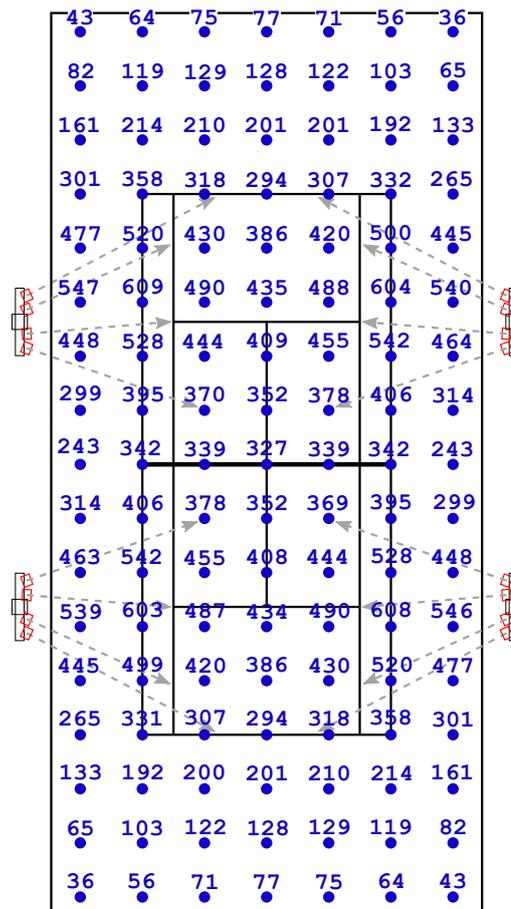
Através do *software* DIALux 4.13, o projeto luminotécnico do novo sistema foi feito utilizando refletores LED de 200 W da marca Leox. Esses refletores chegam a emitir,

segundo o fabricante, um fluxo luminoso de 26.000 lúmens, sendo uma eficiência luminosa de 130 lm/W, e possuem uma vida útil de até 80.000 h.

Para que a norma seja respeitada e para que o novo nível de iluminância seja tão bom quanto, ou melhor, que o atual, o projeto luminotécnico foi realizado utilizando o mesmo número de refletores do sistema atual: 16. O resultado está apresentado na Figura 3.9, com os valores dados em lux.

A iluminância média é de 310 lux, respeitando a norma. Vê-se, ainda, que grande parte dos pontos terão uma melhor iluminância do que no sistema atual. O ponto de menor iluminância é no canto da quadra, com 36 lux. Apesar de ser um valor baixo é aceitável, já que a norma estabelece um padrão apenas para a iluminância média. Na Figura 3.9 os refletores são os símbolos vermelhos e a direção para a qual eles devem ser apontados está representada por uma seta. Esse direcionamento serve para que a iluminância média de 310 lux seja obtida.

Figura 3.9 – Projeto luminotécnico da quadra de tênis.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Figura 3.10 tem-se a quadra e na Figura 3.11, o modelo 3D da quadra com o sistema de iluminação do projeto luminotécnico. Esse modelo foi desenvolvido no próprio DIALux, através das opções de modelamento de ambientes.

Figura 3.10 – Quadra de tênis da UFPB.



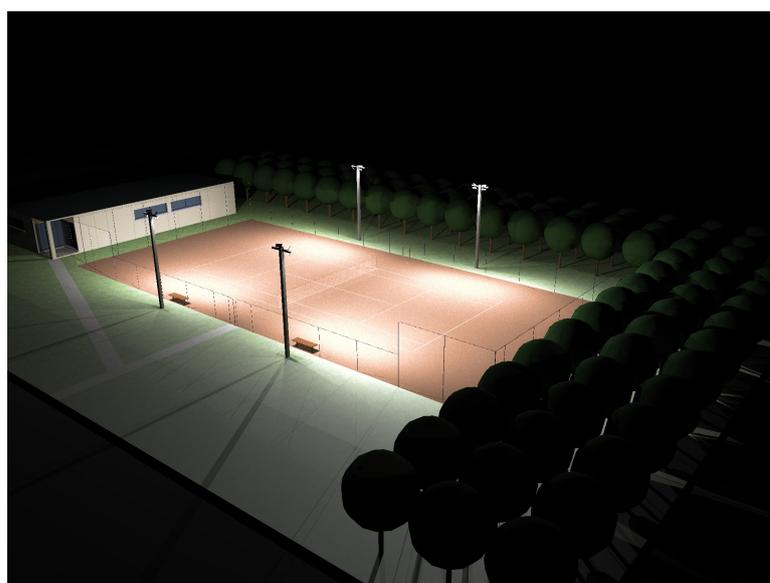
(a)



(b)

Fonte: Autor.

Figura 3.11 – Modelo 3D do projeto luminotécnico da quadra.



Fonte: Autor.

3.2 Cálculo de Gastos e *Payback*

Como detalhado na Seção 3.1, deseja-se substituir os refletores atuais do ginásio e da quadra de tênis por 20 refletores LED de 400 W e 16 de 200 W, em cada espaço respectivamente. A marca de refletores utilizada no projeto luminotécnico foi a Leox. O preço de um refletor de 400 W é R\$360,00, enquanto o de 200 W custa R\$140,00.

Assumindo o valor da mão de obra para substituição dos sistemas de iluminação como R\$2.000,00, tem-se que o custo total do projeto é de R\$11.440,00.

Considerando que o sistema de iluminação do ginásio e da quadra funciona de segunda-feira a sábado, das 16:00h até as 23:00h, tem-se 3 horas de ponta e 4 horas fora de ponta diariamente. Mensalmente, 60 horas de ponta e 108 horas fora de ponta.

Com isso, são apresentados na Tabela 3.1 os valores mensais de demanda e consumo na ponta e fora ponta dos sistemas atual e proposto. Já na Tabela 3.2, tem-se a demanda evitada e a energia economizada com o sistema proposto, na ponta e fora ponta.

Tabela 3.1 – Demanda e consumo dos sistemas atual e proposto.

	Mensalmente			
	Sistema atual		Sistema proposto	
	Demanda	Consumo	Demanda	Consumo
Ponta	16,4 kW	984,0 kWh	11,2 kW	672,0 kWh
Fora Ponta	16,4 kW	1.771,2 kWh	11,2 kW	1.209,6 kWh

Tabela 3.2 – Demanda evitada e energia economizada com o sistema proposto.

	Mensalmente	
	Demanda	Energia
	Evitada	Economizada
Ponta	5,2 kW	312,0 kWh
Fora Ponta	5,2 kW	561,6 kWh

A concessionária atuante na Paraíba é a Energisa. A UFPB faz parte da modalidade tarifária A4 Azul. Assim, tem-se que a tarifa da demanda na ponta é de R\$45,27/kW e fora da ponta, R\$15,12/kW, enquanto a tarifa do consumo na ponta é de R\$0,31115/kWh e fora da ponta, R\$0,21126/kWh.

Desta forma, o resultado médio mensal do fluxo de caixa será:

$$FC = 5,2 \cdot 45,27 + 5,2 \cdot 15,12 + 312,0 \cdot 0,31115 + 561,6 \cdot 0,21126 = \text{R}\$529,75 \quad (3.1)$$

Dividindo-se o investimento inicial de R\$11.440,00 por FC , tem-se que o *payback* ocorrerá depois de 22 meses. Ou seja, depois de 1 ano e 10 meses o investimento realizado, para que o projeto proposto seja implementado, será recuperado através da economia obtida com o PEE.

4 Conclusões

O estágio realizado no Grupo de Inteligência Computacional Aplicada a Engenharia Elétrica constituiu uma etapa muito importante da vida profissional do estagiário, tendo em vista que foi uma excelente oportunidade de envolvimento com um ambiente diferente das salas de aula.

As atividades realizadas, tendo em vista o currículo acadêmico do curso de Engenharia Elétrica, contemplaram com maior proximidade as disciplinas de Instalações Elétricas e Gestão Energética.

Inicialmente foram realizadas visitas aos locais onde desejou-se realizar um projeto de eficiência energética. A primeira etapa consistiu na medição de comprimentos dos espaços e da iluminância gerada pelo sistema atual de iluminação. Com esses dados, realizou-se os projetos luminotécnicos, respeitando-se a norma. Verificadas as vantagens do PEE em termos de iluminação, calculou-se o *payback* do projeto. Com isso, obteve-se que a implementação do PEE resultaria numa economia mensal de R\$529,75, recuperando o investimento inicial de R\$9.940,00 em 19 meses.

Dessa forma, o estágio foi concluído de forma satisfatória e com um resultado positivo para vida acadêmica e profissional do estagiário.

Referências

ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA. *Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE*. Brasília, Brasil, 2013. Citado na página 19.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO/CIE 8995-1:2013: Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior*. Rio de Janeiro, Brasil, 2013. Citado na página 25.

BARROS, B. F. D.; BORELLI, R.; GEDRA, R. L. *Eficiência Energética: Técnicas de Aproveitamento, Gestão de Recursos e Fundamentos*. São Paulo, Brasil: Érica, 2015. Citado na página 19.

CREDER, H. *Instalações Elétrica*. 16. ed. Rio de Janeiro, Brasil: LTC, 2018. Citado 3 vezes nas páginas 21, 22 e 23.

ELETROBRAS, CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. *Metodologia de Realização de Diagnóstico Energético: Guia Básico*. Rio de Janeiro, Brasil, 2009. Citado na página 19.

EVO, EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION. *Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance: Conceitos e Opções para a Determinação de Economias de Energia e de Água*. Toronto, Canadá, 2012. Citado na página 19.

KUCZYNSKI, D. A.; MUNCINELLI, G. Estudo de Comparação das Características de Desempenho Técnico e Financeiro da Tecnologia LED com as Fluorescentes e Incandescentes em Ambiente Residencial. *Ágora: Revista de Divulgação Científica*, v. 19, n. 1, p. 149–173, 2014. Citado na página 20.

MEC, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. *Normas para a Organização e Realização de Estágio de Alunos do Ensino Médio e da Educação Profissional*. 2004. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/pceb35_03.pdf>. Acesso em: Abril de 2018. Citado na página 17.

MESQUITA, R. *Payback: O que é e como calcular o da sua empresa*. 2016. Disponível em: <<http://saiadolugar.com.br/payback>>. Acesso em: Maio de 2018. Citado na página 27.

MINIPA. *Manual de Instruções: Luxímetro Digital MLM-1011*. São Paulo, Brasil, 2010. Citado na página 24.

SCALABRIN, I. C. *A Importância da Prática do Estágio Supervisionado nas Licenciaturas*. 2013. Disponível em: <http://revistaunar.com.br/cientifica/documentos/vol7_n1_2013/3_a_importancia_da_pratica_estagio.pdf>. Acesso em: Abril de 2018. Citado na página 17.

SILVA, M. L. da. *Luz, Lâmpadas e Iluminação*. 4. ed. Rio de Janeiro, Brasil: Ciência Moderna, 2014. Citado na página 20.

VERDE GHAIA RESÍDUOS. *Qual a destinação correta para as lâmpadas de LED?* 2018. Disponível em: <<https://www.vgresiduos.com.br/blog/>>

qual-a-destinacao-correta-para-as-lampadas-de-led/>. Acesso em: Maio de 2018. Citado na página 23.

ZANICHELII, C. et al. Reciclagem de Lâmpadas: Aspectos Ambientais e Tecnológicos. Campinas, São Paulo, Brasil, 2004. Citado na página 22.