

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

ALEX CARLOS RODRIGUES ALVES

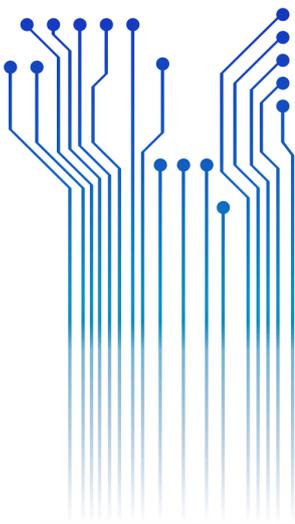


Centro de Engenharia
Elétrica e Informática

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO
LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO - UFCG



Departamento de
Engenharia Elétrica



Campina Grande
2016

ALEX CARLOS RODRIGUES ALVES

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO NO LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido
à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica
da Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Sistemas Elétricos

Orientador:

Professor George Rossany Soares de Lira, D. Sc.

Campina Grande
2016

ALEX CARLOS RODRIGUES ALVES

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO NO LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido
à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica
da Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Sistemas Elétricos

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor George Rossany Soares de Lira, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho ao meu avô, José Belarmino Alves (*in memoriam*), que sempre cobriu sua família com ensinamentos de amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu pai, Paulo Elesbão Alves, por todo o esforço para me proporcionar todas as oportunidades de buscar e alcançar meus objetivos, por me apoiar nos momentos de dificuldade e pelos ensinamentos que fazem de mim a pessoa que sou.

Ao meu irmão, Paulo Roberto Rodrigues Alves, por todos os momentos compartilhados e por todos os ensinamentos.

A toda minha família, por todo o apoio, carinho, confiança e companheirismo em mim depositados ao longo desta caminhada.

Aos amigos do Laboratório de Eletrônica Aplicada a Sistemas Elétricos (LEASE), por toda ajuda durante a execução das mais diversas atividades.

Por fim, mas não menos importante, ao professor George Rossany Soares de Lira pela atenção, oportunidade e orientação no decorrer das atividades.

“Life comes from within your heart and desire.”

Pearl Jam.

RESUMO

Neste relatório são descritas as atividades desenvolvidas por Alex Carlos Rodrigues Alves durante o Estágio Supervisionado no Laboratório de Alta Tensão da Universidade Federal de Campina Grande. As atividades descritas referem-se à: medição de iluminamento e cálculo de intensidade luminosa pra uma lâmpada fluorescente compacta; medição da iluminância média em algumas salas localizadas no laboratório e testes de aquisição de dados de tensão utilizando o conversor ADS8568 e a *BeagleBone Black*.

Palavras-chave: Medição de Intensidade Luminosa, Medição de Iluminância, ADS8568, *BeagleBone Black*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Salão de Alta Tensão.....	12
Figura 2 – Definição de lúmen.	15
Figura 3 – Curva de distribuição de intensidades luminosas no plano transversal e longitudinal para uma lâmpada fluorescente isolada (A) ou associada a um refletor (B).	16
Figura 4 – Iluminamento a partir da fonte de intensidade luminosa.....	17
Figura 5 – BeagleBone Black.....	18
Figura 6 – Pinos do converso ADS8528.....	19
Figura 7 – Medição de intensidade luminosa da lâmpada fluorescente FOXLUX® UB46.2.	21
Figura 8 – Luxímetro utilizado nas medições.....	21
Figura 9 – Curva de distribuição luminosa da lâmpada FOXLUX UB46.2 (Matlab).	23
Figura 10 – Curva de distribuição luminosa da lâmpada FOXLUX UB46.2 (QLumEdit).	23
Figura 11 – Malha de cálculo e pontos de cálculo para o auditório Professor Ricardo A. J. Loureiro.	25
Figura 12 – Malha de cálculo e pontos de cálculo para o auditório Professor S.R. Naidu.	26
Figura 13 – Malha de cálculo e pontos de cálculo para a sala dos alunos de graduação.	27
Figura 14 – Interface gráfica para o auxílio na medição de iluminamento.....	28
Figura 15 – Trecho de um documento Word gerado por meio da interface desenvolvida.	29
Figura 16 – Placa do conversor ADS8568.	30
Figura 17 – Valores de tensão nos canais do ADS8568 (tensão de 5 V no canal A0).....	31
Figura 18 – Valores de tensão nos canais do ADS8568 (tensão de 2 V no canal A0).....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de iluminância e intensidade luminosa.....	22
---	----

SUMÁRIO

1	Introdução.....	11
1.1	Laboratório de Alta Tensão.....	11
1.1.1	Salão de Alta Tensão	12
1.1.2	Laboratório de Eletrônica Aplicada a Sistemas Elétricos	13
1.1.3	Auditório Professor Ricardo A. J. Loureiro	13
1.1.4	Auditório Professor S.R. Naidu	13
1.1.5	Sala dos Alunos de Graduação	13
1.1.6	Sala de Almojarifado	14
1.2	Estrutura deste Relatório	14
2	Embasamento Teórico	15
2.1	Luminotécnica	15
2.1.1	Fluxo Luminoso.....	15
2.1.2	Intensidade Luminosa.....	16
2.1.3	Curva de Distribuição Luminosa (ou Curva Fotométrica).....	16
2.1.4	Iluminamento (ou Iluminância)	16
2.2	BeagleBone Black.....	18
2.3	Conversor A/D ADS8568	19
3	Atividades Desenvolvidas	20
3.1	Medição de Intensidade Luminosa de uma Lâmpada Fluorescente Compacta	20
3.1.1	Procedimento para Medição da Intensidade Luminosa	20
3.1.2	Curva de Distribuição Luminosa (Curva Fotométrica).....	22
3.2	Medição de Iluminamento	24
3.2.1	Auditório Professor Ricardo A. J. Loureiro	24
3.2.2	Auditório Professor S. R. Naidu	25
3.2.3	Sala dos Alunos de Graduação	26
3.2.4	Interface Gráfica para Auxílio na Medição de Iluminamento	27
3.3	Teste do Conversor A/D ADS8568 Utilizando a BeagleBone Black	29
3.3.1	Placa do Conversor A/D ADS8568	30
3.3.2	Teste de Aquisição de Dados de Tensão	30
4	Conclusão	33
	Referências	34
	APÊNDICE A – Programação da BeagleBone Black para Aquisição de Dados do ADS8568	35

1 INTRODUÇÃO

Neste documento serão apresentadas as atividades desenvolvidas pelo estudante Alex Carlos Rodrigues Alves durante seu Estágio Curricular Supervisionado realizado no Laboratório de Alta Tensão da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

O estágio curricular é obrigatório e faz parte do requisito para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica na UFCG. Além disso, corresponde a uma importante etapa na formação do aluno de engenharia elétrica e tem por finalidade oferecer ao aluno a oportunidade de integrar o saber acadêmico às práticas profissionais.

O estágio teve início no dia 17 de Outubro de dois mil e dezesseis e terminou no dia 05 de Outubro do mesmo ano, totalizando uma carga horária de 214 horas.

Este relatório tem por objetivo descrever as principais atividades realizadas pelo estagiário durante o período de estágio. Deste modo, as atividades detalhadas neste documento são: Medição de Intensidade Luminosa de uma Lâmpada Fluorescente Compacta e Construção de sua Curva Fotométrica; Medição de Iluminamento em Diferentes Ambientes do Laboratório de Alta Tensão e Teste do Conversor A/D ADS8568 Utilizando a *BeagleBone Black*.

1.1 LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO

O Laboratório de Alta Tensão (LAT) fica localizado na Universidade Federal de Campina Grande e é um laboratório do Departamento de Engenharia Elétrica. Ele teve sua implantação iniciada em 1974, devido a uma associação de recursos nacionais com os de algumas cooperações técnicas internacionais. Hoje, com uma área de 1050 m² é, na sua especialidade, o laboratório melhor equipado do Norte-Nordeste do país (GSE, 2016).

O LAT possui um corpo técnico formado por docentes-pesquisadores, engenheiros e técnicos dos mais qualificados e experientes. Além disso, dispõe de equipamentos sofisticados, cujos valores ultrapassam três milhões de dólares (GSE, 2016).

Hoje em dia, o LAT é composto por diversos ambientes de laboratório. Entre eles, tem-se: o salão de Alta Tensão; a sala do Gerador de Impulso de Corrente; a Sala do Laboratório de Descargas Parciais; o Laboratório de Eletrônica Aplicada a Sistemas Elétricos; entre outros (GSE, 2016).

Além dos ambientes citados anteriormente, o LAT contém uma sala de almoxarifado, auditórios para realização de aulas e apresentação de projetos acadêmicos e salas de estudo para os estudantes de graduação e pós-graduação.

1.1.1 SALÃO DE ALTA TENSÃO

O salão de Alta Tensão (Figura 1) é apontado como sendo o principal ambiente, para realização de ensaios em alta tensão, do LAT. Neste salão, podem ser encontrados equipamentos como: transformadores de potência ligados em cascata, os quais permitem a geração de até 600 kV, em corrente alternada; gerador de impulsos de alta tensão (700 kV e 36 kJ) (GSE, 2016).

Figura 1 – Salão de Alta Tensão.



Fonte: GSE, 2016.

Além disso, no salão está localizada uma câmara de névoa, a qual é utilizada para ensaios envolvendo umidade ou névoa salina, como os ensaios realizados em isoladores.

1.1.2 LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA APLICADA A SISTEMAS ELÉTRICOS

O Laboratório de Eletrônica Aplicada a Sistemas Elétricos (LEASE) fica localizado no térreo do LAT e foi instalado para que fossem desenvolvidos projetos de eletrônica para serem aplicados à Sistemas Elétricos de alta tensão. Nele são realizados ensaios de protótipos desenvolvidos por alunos de graduação e pós-graduação e utilizados, por exemplo, na aquisição de dados para obtenção de parâmetros de qualidade de energia elétrica e no monitoramento e diagnóstico de para-raios de óxido de zinco baseado na medição da corrente de fuga total. Além disso, ocasionalmente, são feitos treinamentos de dispositivos disponíveis no laboratório, como a *BeagleBone Black*, qualímetros e a fonte de alimentação AC programável.

1.1.3 AUDITÓRIO PROFESSOR RICARDO A. J. LOUREIRO

Localizado no térreo do LAT, o auditório Professor Ricardo A.J. Loureiro foi denominado assim em memória do professor Ricardo Jorge de Aguiar Loureiro. Este auditório é um ambiente de difusão de conhecimento onde são ministradas aulas, realizadas defesas de Trabalhos de Conclusão de Curso, entre outras atividades.

1.1.4 AUDITÓRIO PROFESSOR S.R. NAIDU

O Auditório Professor S.R. Naidu recebe este nome em homenagem ao professor Sreeramulu Raghuram Naidu. Ele fica localizado no primeiro andar do LAT e é um ambiente para realização de apresentações, aulas, reuniões, entre outras atividades.

1.1.5 SALA DOS ALUNOS DE GRADUAÇÃO

A sala dos alunos de graduação se localiza no primeiro andar do LAT e é um ambiente de estudos destinado aos alunos de graduação em Engenharia Elétrica da UFCG e que participam de projeto desenvolvidos no LAT. Possui mesas e computadores que podem ser utilizados pelos alunos.

1.1.6 SALA DE ALMOXARIFADO

Localizada no térreo do LAT, a sala de almoxarifado é um ambiente onde são guardados dispositivos e instrumentos do laboratório. Entre estes dispositivos, tem-se: osciloscópios, multímetros, pontas de prova de baixa e alta tensão, gerador de sinais, termovisor, luxímetros, entre outros.

1.2 ESTRUTURA DESTE RELATÓRIO

Este relatório está dividido do seguinte modo: o capítulo 1 é dedicado à introdução; no capítulo 2 são apresentadas algumas das bases teóricas para a execução das atividades do estágio; no capítulo 3 são descritas as principais atividades desempenhadas pelo estagiário durante o período de estágio; por fim, no capítulo 6, são apresentadas as conclusões obtidas por meio da experiência no Estágio Supervisionado.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

Nesta seção são apresentadas as bases teóricas para execução das atividades do estágio supervisionado.

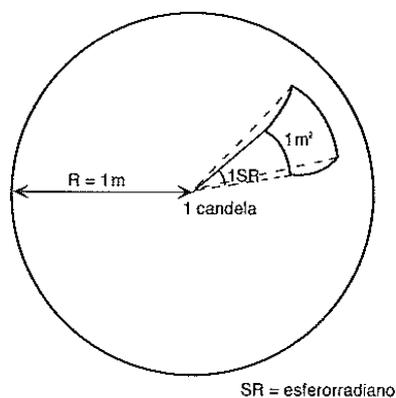
2.1 LUMINOTÉCNICA

2.1.1 FLUXO LUMINOSO

O fluxo luminoso é medido em lúmens (lm) e é entendido como sendo a potência de radiação total emitida por uma fonte de luz. Em outras palavras, é a potência de energia luminosa de uma fonte percebida pelo olho humano. Um lúmen (1 lm) corresponde ao fluxo luminoso emitido segundo um ângulo sólido de um esferorradiano, por uma fonte puntiforme, a qual apresenta intensidade invariável em todas as direções e igual a uma candela (1 cd) (LUZ, 2016).

Considerando a Figura 1, tem-se uma esfera de 1 metro de raio, no centro da qual é colocada uma fonte com intensidade de 1 candela, em todas as direções. Deste modo, o ângulo que subentende uma área de 1 m^2 é dito como sendo 1 esferorradiano e o fluxo emitido no interior deste ângulo é o lúmen (CREDER, 2007).

Figura 2 – Definição de lúmen.



Fonte: CREDER, 2007.

2.1.2 INTENSIDADE LUMINOSA

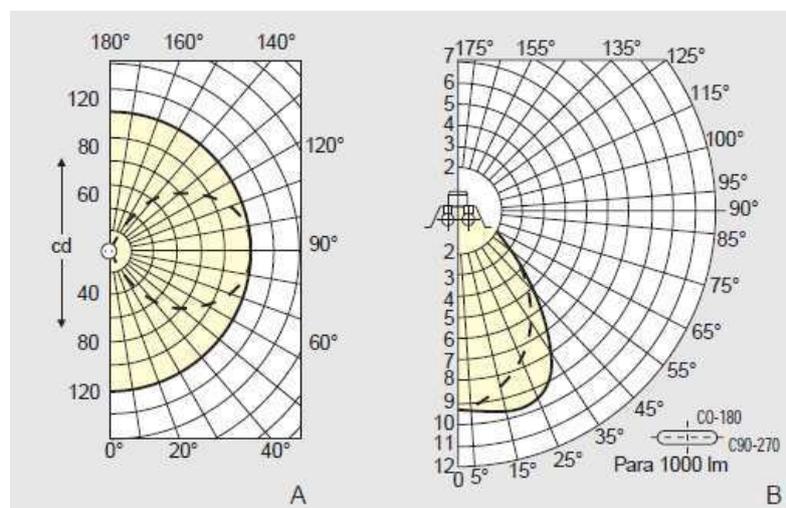
A intensidade luminosa é definida como a radiação visível disponível em uma determinada direção e decorre do fato de que uma fonte luminosa não emite a mesma potência luminosa em todas as direções (CAVALIN e CERVELIN, 2006). Esta grandeza é mediada em candelas (cd).

2.1.3 CURVA DE DISTRIBUIÇÃO LUMINOSA (OU CURVA FOTOMÉTRICA)

A curva de distribuição luminosa (CDL), ou curva fotométrica, diz respeito a um diagrama polar em que a luminária é reduzida a um ponto no seu centro, onde as intensidades luminosas são medidas e registradas em função do ângulo formado com a vertical. Normalmente, as curvas de distribuição luminosa são feitas para 1000 lúmens. Deste modo, para outros valores do fluxo, basta multiplicar por sua relação a 1000 lúmens (CREDER, 2007).

Na Figura 3, podem ser observados alguns exemplos de curva de distribuição luminosa.

Figura 3 – Curva de distribuição de intensidades luminosas no plano transversal e longitudinal para uma lâmpada fluorescente isolada (A) ou associada a um refletor (B).



Fonte: OSRAM, 2016.

2.1.4 ILUMINAMENTO (OU ILUMINÂNCIA)

A iluminância é medida em lux e entendida como sendo a relação entre o fluxo luminoso incidente em uma superfície pela área dessa superfície (CAVALIN e

CERVELIN, 2006). Ou seja, é a densidade de fluxo luminoso na superfície sobre a qual este incide. O lux é estabelecido como o iluminamento de uma superfície de 1 m², a qual recebe, de uma fonte puntiforme a 1 m de distância, um fluxo luminoso de 1 lúmen, uniformemente distribuído, na direção normal (LUZ, 2016).

Matematicamente, a iluminância é dada por:

$$E = \frac{\phi}{S} \quad (1)$$

em que E é a iluminância [lux]; ϕ é o fluxo luminoso [lm] e S é a área da superfície [m²].

Como o fluxo luminoso não se distribui uniformemente sobre a superfície, na prática, o iluminamento corresponde ao valor médio.

Na Figura 4, pode-se observar o iluminamento a partir da fonte de intensidade luminosa. No ponto A da superfície, afastado de uma distância d da luminária, o iluminamento é calculado por:

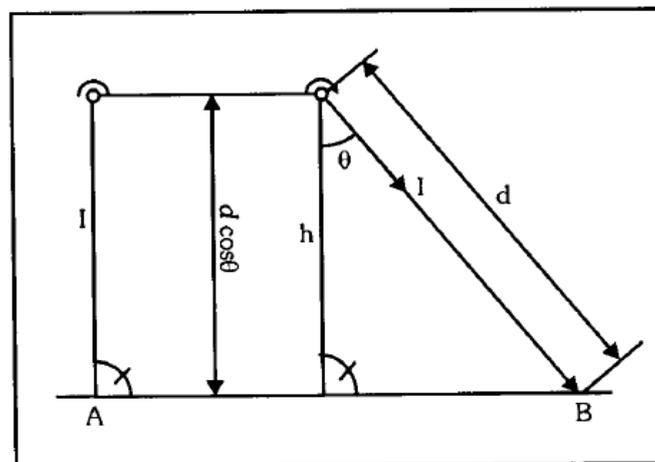
$$E = \frac{I}{d^2} \quad (2)$$

onde E é a iluminância [lux]; I é a intensidade luminosa [cd] e d é a distância do ponto a luminária. No ponto B, a incidência da luz é oblíqua e o iluminamento é calculado por:

$$E = \left(\frac{I}{d^2}\right) \cdot \cos\theta = \left(\frac{I}{h^2}\right) \cdot \cos^3\theta \quad (3)$$

em que θ é o ângulo de incidência da luz.

Figura 4 – Iluminamento a partir da fonte de intensidade luminosa.



Fonte: CAVALIN e CERVELIN, 2006.

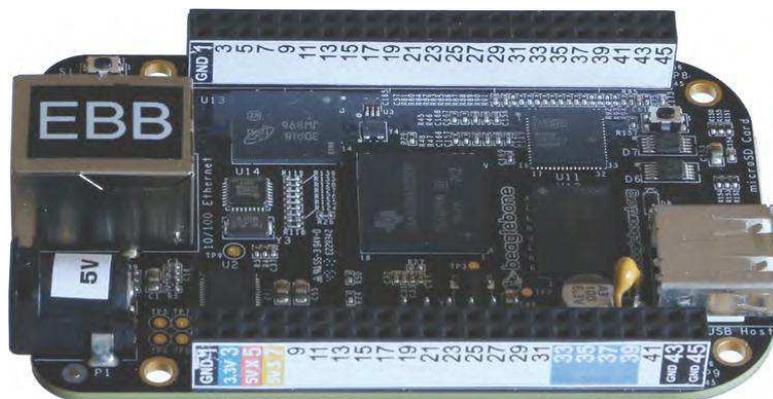
Alguns exemplos de iluminamento ou iluminância são (CAVALIN e CERVELIN, 2006):

- Verão, com céu limpo ao ar livre = 100.000 lux;
- Dia encoberto de verão = 20.000 lux;
- Dia escuro de inverno = 3.000 lux;
- Boa iluminação de trabalho interno = 1.000 lux;
- Boa iluminação de rua = 20 a 40 lux;
- Ao ar livre com lua cheia = 0,25 lux;
- Lux de estrelas = 0,01 lux.

2.2 BEAGLEBONE BLACK

A *BeagleBone Black* (BBB) é um Computador de Placa Única (SBC, do inglês, *Single Board Computer*) de custo relativamente baixo e baixo consumo de energia, o qual possui: processador de 1 GHz (capaz de executar até 2 bilhões de instruções por segundo), memória DDR3 de 512 MB, Ethernet, armazenamento eMMC e suporte de vídeo HDMI. Além disso, a BBB apresenta dois microcontroladores *on-board*, chamados *Programmable Real-time Units* (PRU0 e PRU1), que podem ser programados para aplicações em tempo real (MOLLOY, 2015).

Figura 5 – BeagleBone Black.



Fonte: MOLLOY, 2015.

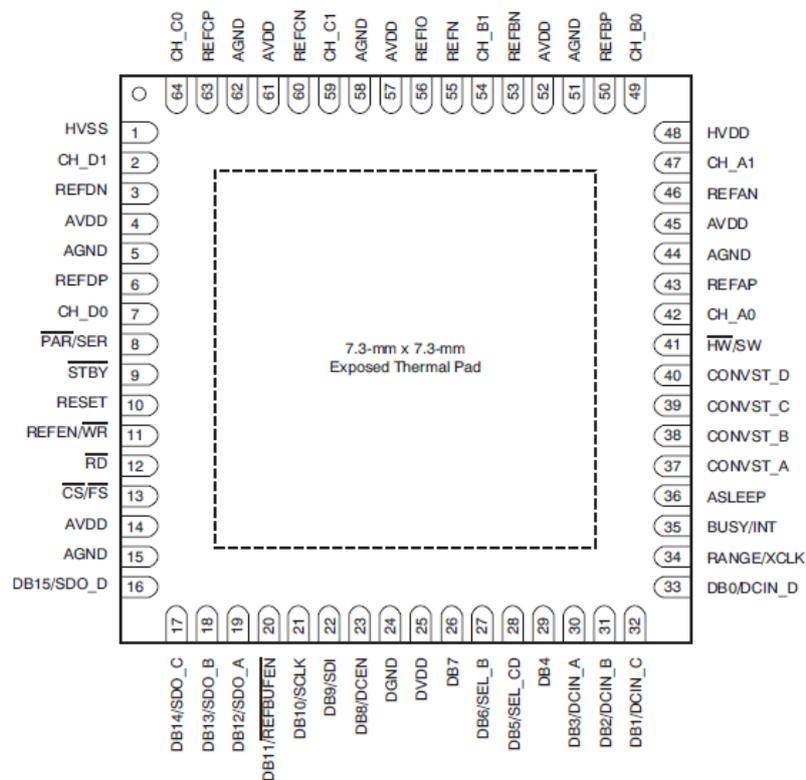
2.3 CONVERSOR A/D ADS8568

O ADS8568 é um conversor analógico/digital de 8 canais, 12 bits de resolução, taxa de amostragem de até 650 kSPS (interface paralela) ou 480 kSPS (interface serial), que possui entre as possíveis aplicações:

- Relés de proteção;
- Medição de qualidade de energia;
- Controle de motores multi-eixo;
- Controladores lógicos programáveis;
- Aquisição de dados industriais.

Este conversor possui 64 pinos, os quais são descritos em detalhes em TEXAS INSTRUMENTS (2011). Na Figura 6, podem ser observados os pinos do conversor.

Figura 6 – Pinos do conversor ADS8528.



Fonte: TEXAS INSTRUMENTS, 2011.

3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

3.1 MEDIÇÃO DE INTENSIDADE LUMINOSA DE UMA LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA

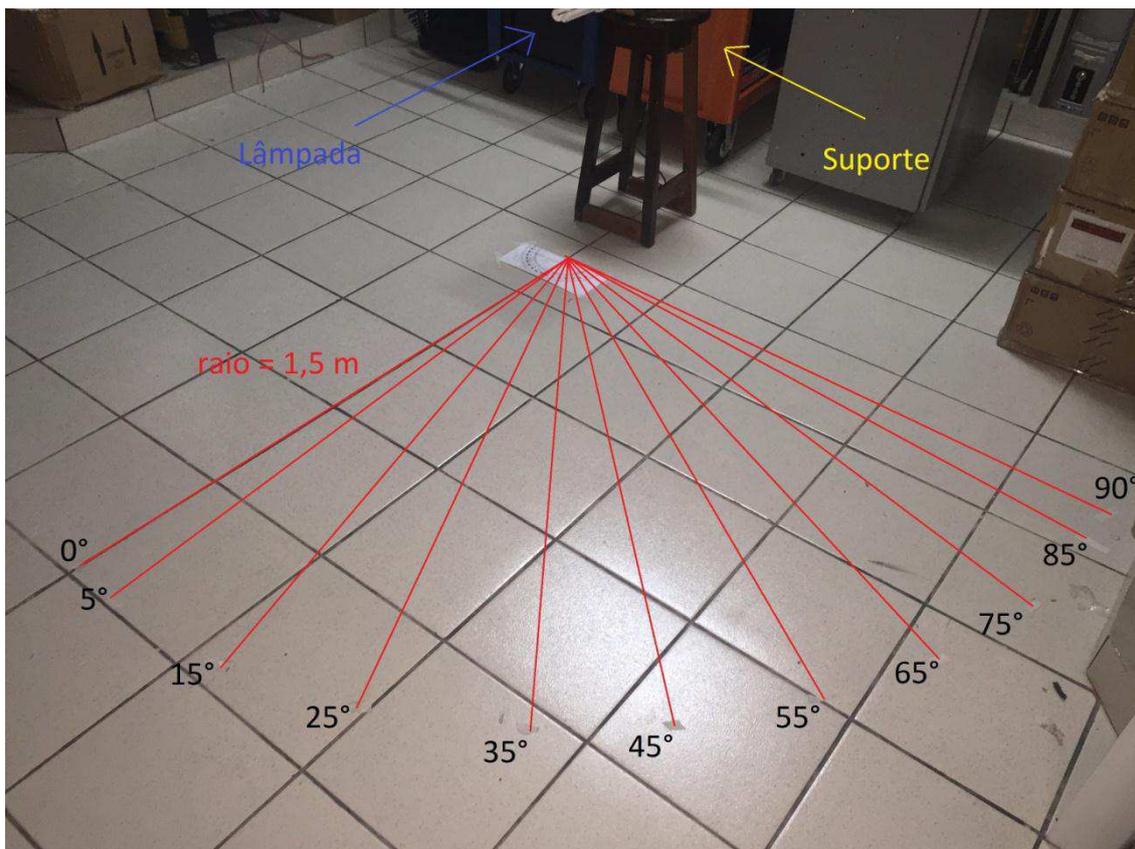
3.1.1 PROCEDIMENTO PARA MEDIÇÃO DA INTENSIDADE LUMINOSA

A fim de efetuar a medição de intensidade luminosa da lâmpada fluorescente compacta FOXLUX® modelo UB46.2 de tensão nominal 220 V, potência 46 W, fluxo luminoso de 2760 lúmens (lm), foi executado o seguinte procedimento:

- Escolheu-se uma sala escura. Neste caso, o experimento foi realizado na sala de almoxarifado localizada no Laboratório de Alta Tensão.
- Colocou-se a lâmpada posicionada sobre um plano horizontal;
- Traçou-se um semicírculo na frente da iluminação com raio de 1,5 metros;
- A medição de iluminamento foi então efetuada com o auxílio de um luxímetro, sobre o semicírculo traçado, à altura do eixo longitudinal da lâmpada;
- Os iluminamentos foram medidos em pontos espaçados em 10°, a partir do ângulo de 5°.

O arranjo experimental pode ser observado na Figura 7. Nela, estão marcados os ângulos correspondentes à metade do semicírculo traçado no chão, pois, uma vez que a lâmpada é simétrica, as medições para a outra metade do semicírculo foram consideradas como sendo iguais àquelas obtidas para os ângulos mostrados na figura.

Figura 7 – Medição de intensidade luminosa da lâmpada fluorescente FOXLUX® UB46.2.



Fonte: o próprio autor.

Para realizar as medições, foi utilizado o luxímetro da marca Homis®, modelo HLU-259, o qual pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 – Luxímetro utilizado nas medições.



Fonte: o próprio autor.

Os valores de iluminância da lâmpada, medidos durante o experimento, foram utilizados para preencher a segunda coluna Tabela 1. Com o objetivo de minimizar os erros, estes valores foram obtidos pela média de três medições.

Tabela 1 – Valores de iluminância e intensidade luminosa.

Ângulo	Iluminância (lux)	Intensidade Luminosa (cd)	Intensidade Luminosa (cd) – referida à 1000 lm
0°	37,000	83,2500	30,1630
5°	37,865	85,1963	30,8682
15°	44,935	101,1038	36,6318
25°	53,160	119,6100	43,3370
35°	58,030	130,5675	47,3071
45°	63,145	142,0763	51,4779
55°	70,115	157,7587	57,1590
65°	74,690	168,0525	60,8886
75°	79,405	178,6613	64,7323
85°	81,810	184,1063	66,7052
90°	83,100	186,9750	67,7446

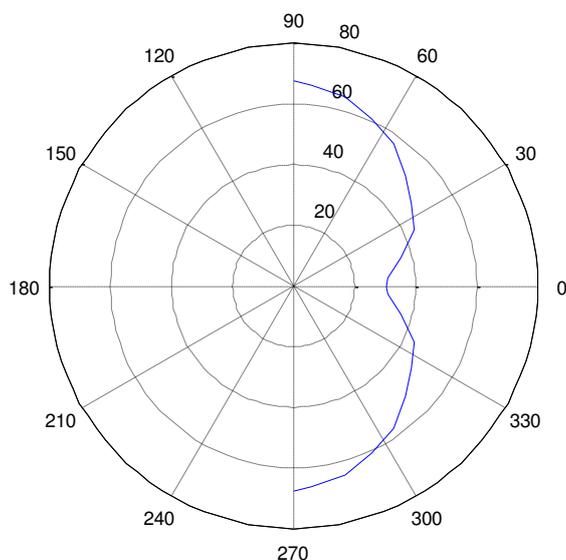
Fonte: o próprio autor.

A intensidade luminosa foi calculada por meio da equação (2) e os resultados obtidos são apresentados na terceira coluna da Tabela 1. A quarta coluna desta tabela foi preenchida com o resultado da multiplicação dos valores da terceira coluna por 1000/2760, uma vez que, a curva fotométrica é referida a 1000 lúmens.

3.1.2 CURVA DE DISTRIBUIÇÃO LUMINOSA (CURVA FOTOMÉTRICA)

A curva fotométrica foi traçada com auxílio do *software* Matlab. Para isto, foram considerados os valores de intensidade luminosa referidos a 1000 lm para a lâmpada utilizada. A função *polar()* foi utilizada para a construção do diagrama. Na Figura 9, pode-se observar o resultado obtido.

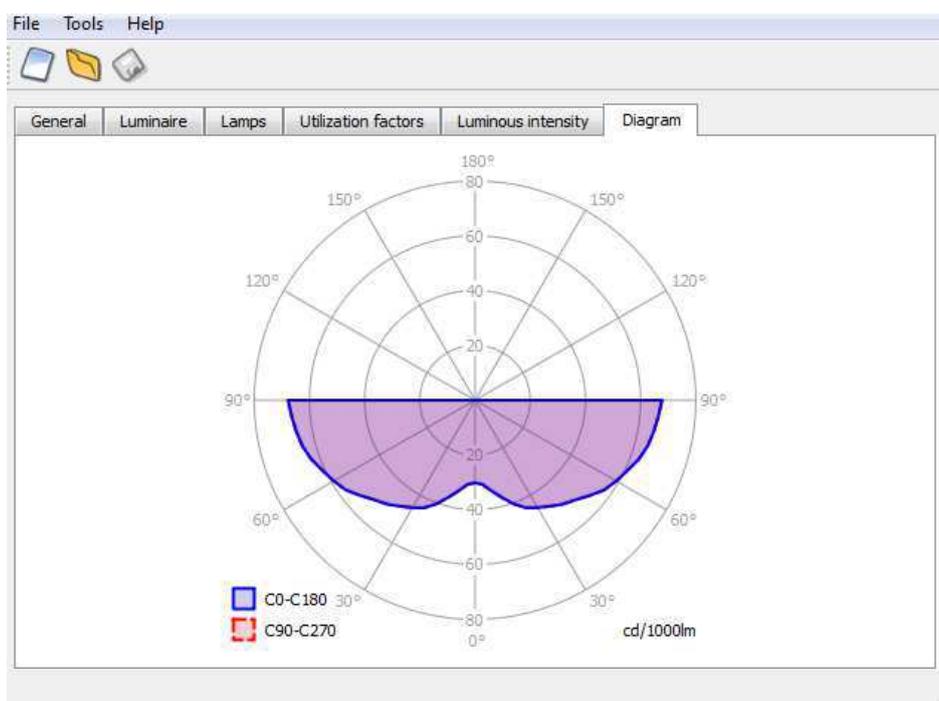
Figura 9 – Curva de distribuição luminosa da lâmpada FOXLUX UB46.2 (Matlab).



Fonte: o próprio autor.

Além do Matlab, também foi utilizado o *software* QLumEdit®, o qual permite a construção de curvas fotométricas que podem ser salvas como arquivos em formato IES e EULUMDAT. Estes arquivos são utilizados para especificação de dados fotométricos. Com eles, podem-se utilizar *softwares* (como, por exemplo, o DIALUX®) para estudos luminotécnicos. A CDL obtida com o QLumEdit é apresentada na Figura 10.

Figura 10 – Curva de distribuição luminosa da lâmpada FOXLUX UB46.2 (QLumEdit).



Fonte: o próprio autor.

3.2 MEDIÇÃO DE ILUMINAMENTO

Durante o estágio supervisionado, foram efetuadas as medições de iluminação das seguintes salas localizadas no LAT:

- Auditório Professor Ricardo A. J. Loureiro;
- Auditório Professor S. R. Naidu;
- Sala dos alunos de graduação.

O processo utilizado nestas medições foi o recomendado pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), a qual determina que o tamanho da malha de cálculo para projeto do sistema de iluminação é dado por:

$$p = 0,2 \times 5^{\log_{10} d} \quad (4)$$

onde p é o tamanho da malha em metros e d é a maior dimensão da superfície de referência em metros.

O número de pontos de cálculo (n) é estabelecido como sendo o número inteiro mais próximo da relação d para p .

Ainda de acordo com a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), “as superfícies de referência retangulares são subdivididas em pequenos retângulos, aproximadamente quadrados, com os pontos de cálculo em seu centro”.

A iluminância média é obtida pela média aritmética de todos os pontos de cálculo. Caso a superfície de referência tenha uma relação de comprimento *versus* largura entre 0,5 e 2, o tamanho da malha e o número de pontos de cálculo podem ser determinados com base na maior dimensão d da superfície de referência. Caso contrário, a menor dimensão deve ser tomada como base (ABNT, 2013).

A seguir, são apresentados os resultados das medições de iluminação das salas citadas anteriormente.

3.2.1 AUDITÓRIO PROFESSOR RICARDO A. J. LOUREIRO

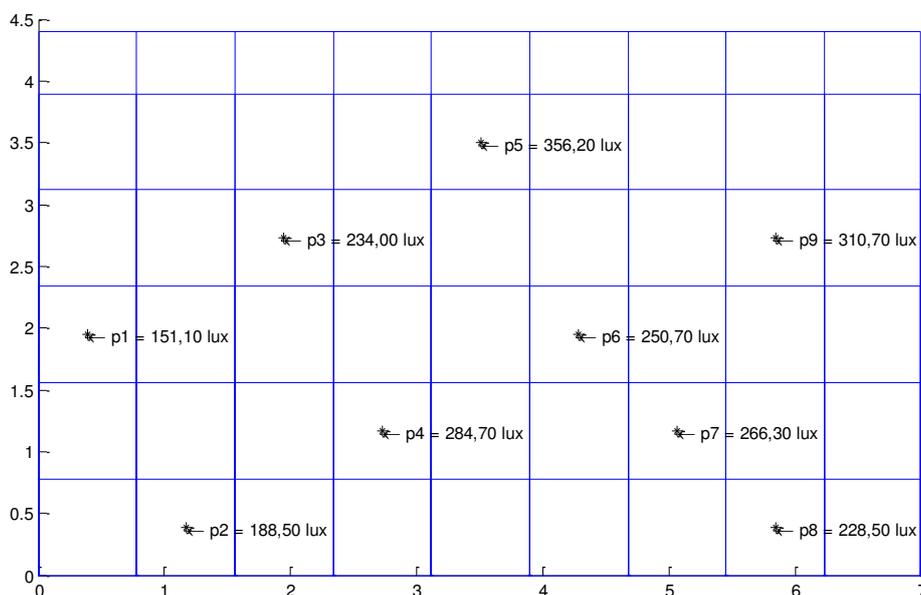
Inicialmente, foram medidas as dimensões do auditório, obtendo-se uma largura de 4,4 m e um comprimento de 7 m. Como, neste caso, a relação comprimento *versus*

largura está entre 0,5 e 2, o valor de d foi considerado como sendo igual a 7 m. Deste modo, obteve-se $p = 0,7793$ m e $n = 9$.

Em seguida, com o auxílio do Matlab, a malha de cálculo foi traçada e os pontos de cálculo foram marcados. A iluminância foi, então, medida em cada um destes pontos, com a utilização do luxímetro (Figura 8).

A malha de cálculo, os pontos de cálculo e os valores de iluminância em cada um deles podem ser verificados na Figura 11.

Figura 11 – Malha de cálculo e pontos de cálculo para o auditório Professor Ricardo A. J. Loureiro.



Fonte: o próprio autor.

Considerando-se os pontos da Figura 11, a iluminância média foi calculada como sendo $E_m = 252,3$ lux.

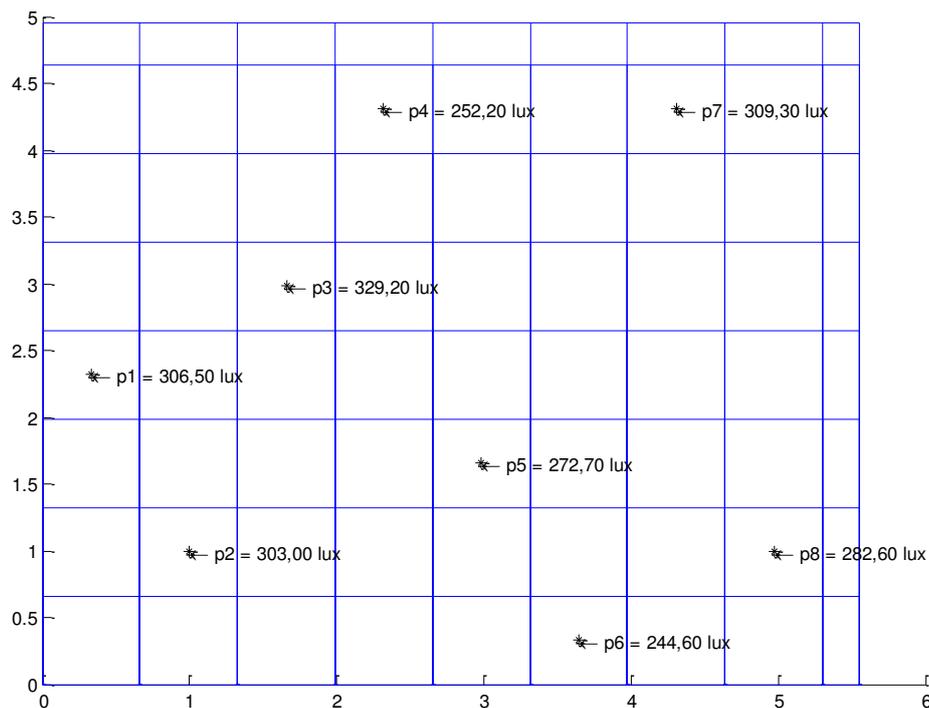
3.2.2 AUDITÓRIO PROFESSOR S. R. NAIDU

Primeiramente, efetuou-se a medição das dimensões do auditório. Deste modo, foi obtida uma largura de 4,95 m e um comprimento de 5,55 m. A relação entre o comprimento e a largura corresponde a um valor que se encontra entre 0,5 e 2, consequentemente, o valor da maior dimensão foi considerado como base para o cálculo do tamanho da malha (p). Com auxílio da equação (4), obteve-se $p = 0,6626$. O número de pontos de cálculo foi então encontrado como sendo $n = 8$.

Para a construção da malha de cálculo e para a marcação dos pontos de cálculo na mesma, foi utilizado o Matlab. Uma vez marcados os pontos, a iluminância foi medida em cada um deles com a utilização do luxímetro (Figura 8).

Na Figura 12, são apresentados a malha de cálculo, os pontos de cálculo e seus respectivos valores de iluminamento.

Figura 12 – Malha de cálculo e pontos de cálculo para o auditório Professor S.R. Naidu.



Fonte: o próprio autor.

Com os valores de iluminância obtidos em cada um dos pontos, a iluminância média foi calculada como sendo $E_m = 287,5125$.

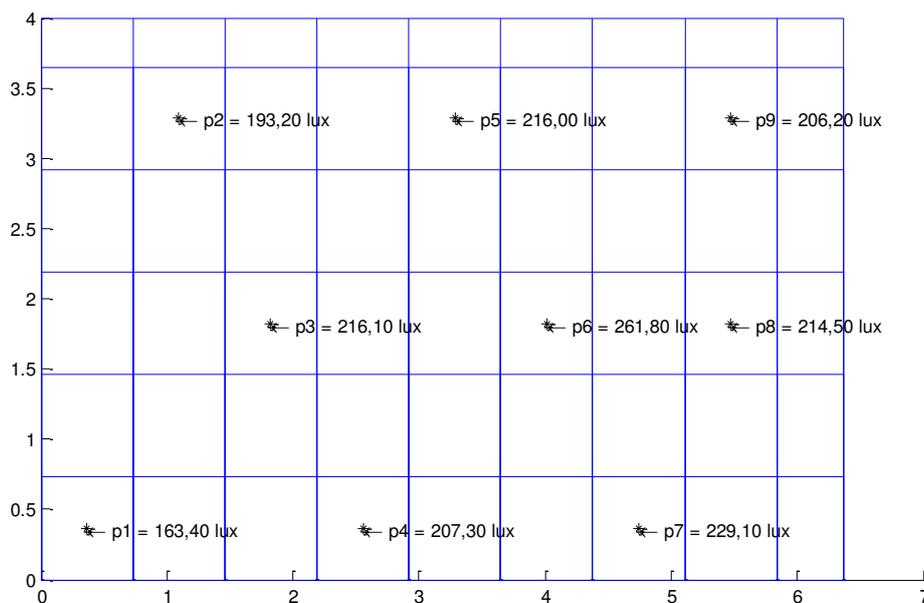
3.2.3 SALA DOS ALUNOS DE GRADUAÇÃO

A princípio, as dimensões da sala foram medidas. A largura e o comprimento foram encontrados como sendo, respectivamente, 4 m e 6,37 m. Uma vez que a relação entre o comprimento e a largura está entre 0,5 e 2, a maior dimensão (6,37 m) foi tomada como base para o cálculo do tamanho da malha por meio da equação (4). Sendo assim, p apresentou valor igual a 0,7296 e o número de pontos de cálculo foi igual a 9.

A malha de cálculo foi traçada no Matlab e os pontos de cálculo foram, então, marcados sobre a mesma. Em seguida, foram medidas as iluminâncias em cada um dos pontos marcados.

Na Figura 13, podem ser verificados a malha de cálculo, os pontos de cálculo e os valores de iluminância medidos em cada um destes pontos.

Figura 13 – Malha de cálculo e pontos de cálculo para a sala dos alunos de graduação.



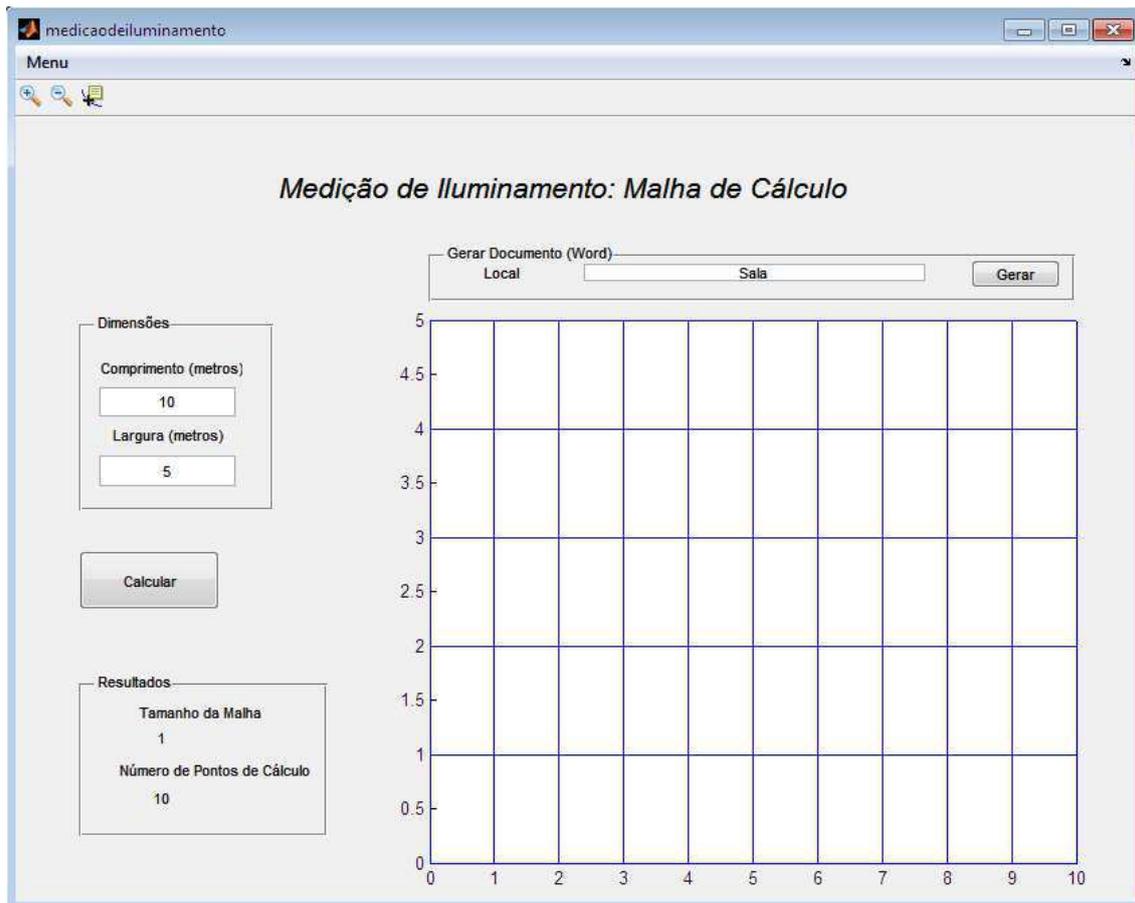
Fonte: o próprio autor.

Com os valores de iluminância obtidos em cada um dos pontos, a iluminância média foi calculada como sendo $E_m = 211,9556$.

3.2.4 INTERFACE GRÁFICA PARA AUXÍLIO NA MEDIÇÃO DE ILUMINAMENTO

Após a realização das medições nos ambientes descritos anteriormente e com o intuito de facilitar futuras medições de iluminação em superfícies retangulares, foi desenvolvida uma interface gráfica utilizando o GUIDE (*Graphical User Interface Development Environment*) do Matlab. Esta interface pode ser observada na Figura 14.

Figura 14 – Interface gráfica para o auxílio na medição de iluminação.



Fonte: o próprio autor.

Pela observação da Figura 14, verifica-se que a interface permite que o usuário forneça os dados equivalentes ao nome do local onde a medição de iluminação será feita e as dimensões deste local. Ao fornecer o comprimento e a largura, o usuário pode clicar em “Calcular” para que sejam obtidos os valores correspondentes ao tamanho da malha de cálculo (p) e ao número de pontos de cálculo (n), bem como, a imagem da malha de cálculo para a superfície especificada pelas dimensões inseridas. Além disso, ao clicar em “Gerar”, um arquivo do *Microsoft Word* (pré-formatado) é criado. Este arquivo contém o nome do local onde a medição será realizada, as dimensões deste local, os valores de p e n , uma imagem da malha de cálculo para que sejam marcados os pontos de cálculo e uma tabela para que sejam anotados os valores de iluminância medidos nestes pontos.

Como exemplo, foram inseridos um comprimento de 10 m e uma largura de 5 m na interface apresentada anteriormente. Após clicar em “Calcular”, foram obtidos o valor de $p = 1$ m e $n = 10$, bem como, a imagem da malha de cálculo. O nome do local

foi escolhido como sendo “Sala” e o documento obtido ao clicar em “Gerar” pode ser observado na Figura 15.

Figura 15 – Trecho de um documento Word gerado por meio da interface desenvolvida.

Medição de Iluminamento

Local: Sala

Comprimento: 10 m

Largura: 5 m

p: 1 m

n: 10

Pontos	Iluminância (Lux)

Fonte: o próprio autor.

3.3 TESTE DO CONVERSOR A/D ADS8568 UTILIZANDO A BEAGLEBONE BLACK

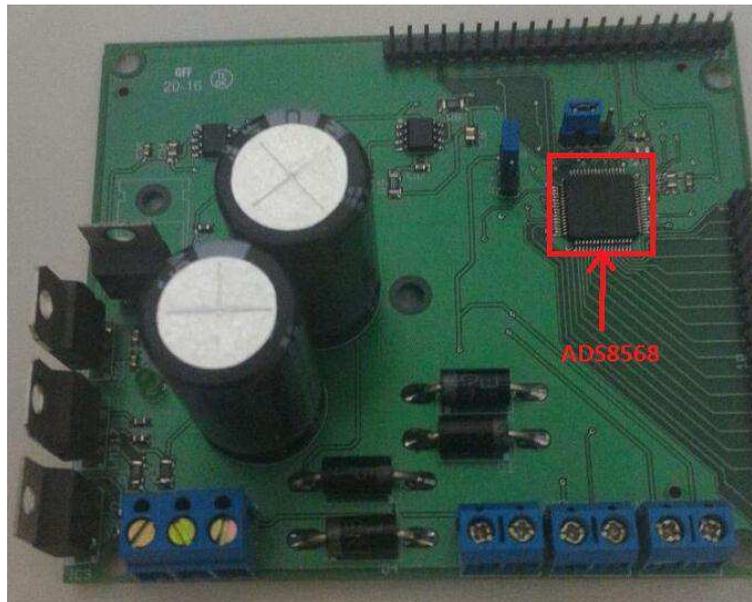
No Laboratório de Eletrônica Aplicada a Sistemas Elétricos, foram realizados testes de aquisição de dados de tensão com o conversor A/D ADS8568 utilizado a *BeagleBone Black*. Para estes testes, foram usados os seguintes dispositivos:

- Fonte de alimentação regulável DC (HILARI HF-3003S);
- Osciloscópio;
- Placa do conversor A/D ADS8568;
- *BeagleBone Black*.

3.3.1 PLACA DO CONVERSOR A/D ADS8568

A placa contendo o conversor A/D ADS8568 (Figura 16) possui todos os componentes eletrônicos necessários para o funcionamento do mesmo. Alguns dos pinos desta placa foram conectados a BBB para que o conversor pudesse ser testado.

Figura 16 – Placa do conversor ADS8568.



Fonte: o próprio autor.

3.3.2 TESTE DE AQUISIÇÃO DE DADOS DE TENSÃO

O canal A0 do conversor ADS8568 foi utilizado para o teste de aquisição de dados de tensão. Deste modo, utilizando a fonte, aplicou-se diferentes valores de tensão DC no canal e, com o auxílio do programa da BBB, desenvolvido para o controle do conversor e a aquisição de dados (Apêndice A), foram verificados os valores convertidos.

Inicialmente, foi aplicada uma tensão de 5 V DC ao canal A0 (os demais canais foram ligados ao GND) e, com o auxílio da BeagleBone Black, verificou-se os resultados de diversas conversões. Na Figura 17, estão apresentados os resultados obtidos durante este teste. Cada linha do arquivo diz respeito a uma conversão. Na primeira coluna, estão os dados referentes à tensão aplicada no canal A0. As demais colunas correspondem aos valores de tensão nos outros canais do conversor (A1, B0, B1, C0, C1, D0 e D1). Observa-se que o conversor apresentou estabilidade nas conversões, uma vez que os valores foram sempre próximos a 5 V.

Figura 17 – Valores de tensão nos canais do ADS8568 (tensão de 5 V no canal A0).

Arquivo	Editar	Formatar	Exibir	Ajuda					
5.0024	0.0244	0.0195	0.0195	0.0195	0.0049	0.0098	0.0293	0.0342	
5.0073	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	
5.0073	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	
5.0073	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	
5.0073	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0147	0.0147	0.0195	0.0195	
5.0073	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0147	0.0147	0.0195	0.0195	
5.0073	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0147	0.0147	0.0195	0.0195	
5.0073	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0147	0.0147	0.0195	0.0195	
5.0073	0.0195	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	
5.0073	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	
5.0073	0.0147	0.0098	0.0147	0.0098	0.0098	0.0098	0.0147	0.0147	
5.0073	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	
5.0073	0.0195	0.0195	0.0195	0.0147	0.0147	0.0147	0.0195	0.0195	
5.0073	0.0195	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	
5.0073	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	
5.0073	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	
5.0073	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	
5.0073	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	
5.0073	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0147	0.0147	0.0195	0.0195	
5.0073	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	
5.0073	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	
5.0073	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0147	0.0147	0.0195	0.0195	
5.0073	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	
5.0073	0.0195	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0195	0.0195	
5.0073	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	
5.0073	0.0195	0.0147	0.0195	0.0147	0.0147	0.0147	0.0195	0.0147	
5.0073	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	
5.0073	0.0244	0.0244	0.0244	0.0244	0.0244	0.0244	0.0244	0.0244	

Fonte: o próprio autor.

Em seguida, foi efetuado um teste semelhante ao anterior, modificando-se apenas a tensão de 5 V DC para 2 V DC. O resultados obtidos estão dispostos na Figura 18. Nesta, observa-se que, apesar dos valores convertidos apresentarem certa estabilidade (próximos a 2 V) eles foram, eventualmente, dispostos em colunas que não correspondem ao canal A0.

Figura 18 – Valores de tensão nos canais do ADS8568 (tensão de 2 V no canal A0).

Arquivo	Editar	Formatar	Exibir	Ajuda					
2.2960	0.1954	0.2198	0.2159	0.2198	0.2159	0.1954	0.2003		
2.0322	-0.1466	-0.1514	-0.1466	-0.1514	-0.1368	-0.1417	0.7572		
-0.1661	0.0000	-0.1514	0.0000	0.6448	0.6400	0.6448	0.6448		
2.0322	-0.1466	-0.1514	-0.1466	-0.1514	0.7035	0.7035	0.7572		
-0.1710	-0.1514	-0.1563	-0.1417	-0.1466	-0.1612	2.0176	-0.1514		
-0.1417	-0.1466	-0.1417	-0.1466	-0.1319	-0.1368	0.4983	0.4934		
-0.1417	-0.1466	-0.1368	-0.1368	-0.1514	-0.1514	2.0225	-0.1417		
-0.1417	-0.1466	-0.1417	-0.1466	-0.1368	-0.1368	0.6448	0.6448		
2.0567	-0.1270	-0.1319	-0.1270	-0.1319	-0.1221	-0.1221	-0.1368		
2.0225	-0.1466	-0.1514	-0.1466	-0.1514	0.6058	0.6009	0.5813		
-0.1661	-0.1466	-0.1514	-0.1368	-0.1417	-0.1563	-0.1563	2.0225		
-0.1661	0.0000	-0.1514	0.0000	-0.1514	0.0000	0.6253	0.6302		
2.0420	-0.1466	-0.1514	-0.1466	-0.1514	-0.1368	-0.1417	0.7035		
2.0274	-0.1417	-0.1566	-0.1417	-0.1466	0.6253	0.6009	0.6058		
2.0371	-0.1466	-0.1514	-0.1466	-0.1514	0.6937	0.6986	0.7328		
2.0322	-0.1417	-0.1466	-0.1417	-0.1466	0.7474	0.7572	0.8109		
-0.1417	-0.1466	-0.1417	-0.1466	-0.1368	-0.1368	0.6204	0.6253		
2.0322	-0.1417	-0.1466	-0.1417	-0.1466	-0.1319	-0.1368	0.8109		
2.0420	-0.1368	-0.1417	-0.1270	-0.1319	-0.1417	-0.1466	2.0420		

Fonte: o próprio autor.

Outros testes foram feitos e verificou-se que, embora o conversor tenha apresentado resultados estáveis, provavelmente, ocorreu um problema nos níveis lógicos apresentados nos pinos da BBB encarregados de controlar as conversões do ADS8568.

A fim de resolver este problema, verificou-se, com o auxílio de um osciloscópio, o comportamento dos pinos de saída da BBB. Deste modo, foi possível observar que os sinais dos pinos apresentavam alteração em seu comportamento quando eram conectados à placa do ADS8568. Uma vez que estes pinos tinham por função controlar o início das conversões e a disposição dos valores convertidos na saída do conversor A/D (pinos DB0-DB11), eventuais perturbações no sinal causariam erros na leitura efetuada pelos pinos de entrada da BBB. Para amenizar estas perturbações, foram introduzidos filtros nas saídas dos pinos. Embora eles tenham sido colocados em nível de teste e não tenham sido dimensionados adequadamente, foi possível verificar que os dados adquiridos foram dispostos numa mesma coluna com maior frequência. Ainda assim, outros testes necessitam ser feitos para que os erros possam ser completamente corrigidos.

4 CONCLUSÃO

Nas atividades desenvolvidas durante o estágio, foi possível aplicar na prática os conhecimentos teóricos adquiridos em disciplinas do curso de graduação em Engenharia Elétrica, como Instalações Elétricas e Laboratório de Instalações Elétricas.

As medições de iluminância para lâmpada fluorescente compacta FOXLUX® permitiram que fosse construída a curva fotométrica da mesma. Esta curva pode, então, ser utilizada para estudos luminotécnicos em *softwares* como o DIALUX.

No que se refere à medição de iluminância de interiores, foi desenvolvida uma interface gráfica que facilita a construção da malha de cálculo e a escolha dos pontos de cálculo para medição de iluminância média de um ambiente. Contudo, é importante destacar que o usuário tem que estar ciente dos procedimentos descritos na NBR ISSO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), uma vez que a interface foi elaborada com base na mesma.

Por fim, a interação entre a BBB e o conversor A/D ADS8568 se mostrou ineficaz, pois os dados não foram adquiridos na ordem correta, o que prejudica futuras aplicações em que se necessita obter os resultados de diversas conversões em um mesmo canal do conversor.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR ISO/CIE 8995-1 Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior.** [S.l.]: Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2013.
- CAVALIN, G.; CERVELIN, S. **Instalações Elétricas Prediais.** 14ª. ed. [S.l.]: Érica, 2006.
- CREDER, H. **Instalações Elétricas.** 15ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. ISBN ISBN 978-85-216-1567-5.
- GSE. Grupo de Sistemas Elétricos. Disponível em: <<https://sites.google.com/a/dee.ufcg.edu.br/gse>>. Acesso em: 16 Outubro 2016.
- LUZ, J. M. D. **Curso de Luminotécnica.** Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/Luminotecnica.pdf>>. Acesso em: 16 Outubro 2016.
- MOLLOY, D. **Exploring BeagleBone: Tools and Techniques for Bulding with Embedded Linux.** [S.l.]: Wiley, 2015. ISBN ISBN 978-0-750-65081-5.
- OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático.** Acesso em: 16 Outubro 2016.
- TEXAS INSTRUMENTS. **PRU Linux Application Loader API Guide.** Disponível em: <http://processors.wiki.ti.com/index.php/PRU_Linux_Application_Loader_API_Guide>. Acesso em: 17 Outubro 2016.
- TEXAS INSTRUMENTS. **ADS85x8, 12-, 14-, and 16-Bit, 8-Channel, Simultaneous Sampling ADCs,** 2011. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads8568.pdf>>. Acesso em: 16 Outubro 2016.

APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO DA *BEAGLEBONE* *BLACK* PARA AQUISIÇÃO DE DADOS DO ADS8568

1. Configuração dos Pinos da BBB

Na Tabela 1, são apresentados os pinos da PRU0 e da PRU1 que necessitam ser configurados para o controle do conversor ADS8528 e para aquisição dos dados do mesmo.

Tabela 1 – Pinos utilizados com o ADS8568.

Pino – Beaglebone	Endereço	Entrada/Saída	Resistor de Pull-Down	Pino – ADS8528
PRU0_0 (P9.31)	0x190	Saída	Ativado	CONVST_X
PRU0_2 (P9.30)	0x198	Saída	Ativado	RD
PRU0_3 (P9.28)	0x19c	Saída	Ativado	CS
PRU1_0 (P8.45)	0x0a0	Entrada	Ativado	DB0
PRU1_1 (P8.46)	0x0a4	Entrada	Ativado	DB1
PRU1_2 (P8.43)	0x0a4	Entrada	Ativado	DB2
PRU1_3 (P8.44)	0x0ac	Entrada	Ativado	DB3
PRU1_4 (P8.41)	0x0b0	Entrada	Ativado	DB4
PRU1_5 (P8.42)	0x0b4	Entrada	Ativado	DB5
PRU1_6 (P8.39)	0x0b8	Entrada	Ativado	DB6
PRU1_7 (P8.40)	0x0bc	Entrada	Ativado	DB7
PRU1_8 (P8.27)	0x0e0	Entrada	Ativado	DB8
PRU1_9 (P8.29)	0x0e4	Entrada	Ativado	DB9
PRU1_10 (P8.28)	0x0e8	Entrada	Ativado	DB10
PRU1_11 (P8.30)	0x0ec	Entrada	Ativado	DB11

Fonte: o próprio autor.

A primeira coluna da Tabela 1 se refere aos pinos do BBB que são utilizados para interação com o conversor A/D. A última coluna diz respeito aos pinos do conversor que são conectados aos respectivos pinos da BBB (coluna 1). Todos os pinos são configurados com resistor de pull-down ativado. Os pinos de entrada têm por função receber os 12 bits do conversor A/D (conversão em modo paralelo) e os pinos de saída têm como função controlar a conversão e a leitura dos dados.

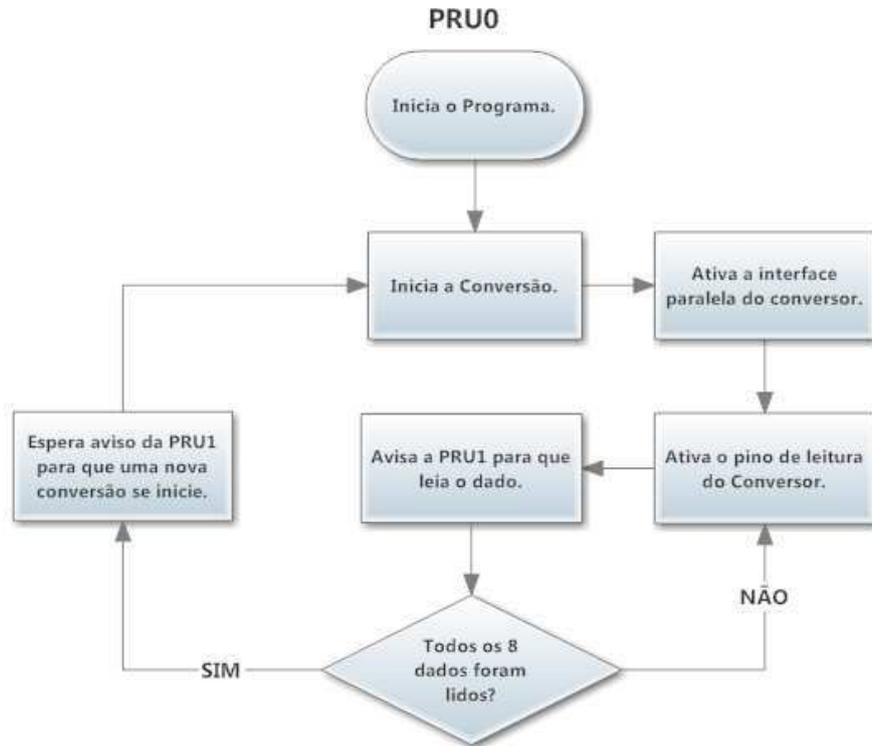
2. Descrição de Funcionamento dos Programas da PRU da BBB

Devido à grande quantidade de pinos utilizados no controle do conversor e na aquisição de dados, faz-se necessário o uso das duas PRUs disponíveis na BBB. Deste modo, a PRU0 fica encarregada de executar o programa em Assembly responsável pelo controle do ADS8528. Enquanto isso, a PRU1 se encarrega de executar o programa responsável pelo armazenamento dos dados na memória.

No diagrama da Figura 1, podem-se observar, de uma forma mais geral, as etapas de execução do programa em Assembly da PRU0. Este programa tem como função controlar os pinos RD, CS e CONVST_X (A, B, C e D) do ADS8528. Quando o pino CONVST_X é colocado em nível alto, uma nova conversão é iniciada no conversor A/D. O pino CS é colocado em nível baixo para que a interface paralela do conversor seja ativada e o pino RD é colocado em nível baixo para que a leitura possa ser efetuada nos pinos de saída do ADS8528.

Como os dados são salvos pelo programa executado na PRU1, é necessário que o programa da PRU0 envie um “aviso” para que a PRU1 saiba quando ler o dado. Este aviso é feito através de um *flag* armazenado no endereço 0x00010000 da memória. Este endereço corresponde a uma memória compartilhada entre as duas PRUs. Este mesmo endereço também é usado, pela PRU1, para avisar a PRU0 que o dado foi salvo. Esta, por sua vez, verifica se todos os oito dados foram salvos e, caso não tenham sido, inicia uma nova leitura. Caso tenham sido, espera um “aviso” da PRU1 para que uma nova conversão comece. Todo o procedimento então se repete.

Figura 1 – Diagrama de fluxo do programa da PRU0.



Fonte: o próprio autor.

Na figura 2, apresenta-se, de um modo mais geral, o diagrama de fluxo do programa em Assembly executado na PRU1. O programa inicia configurando alguns registradores e, logo em seguida, espera o “aviso” da PRU0 para que possa armazenar os dados na memória da PRU1 (inicialmente, endereço 0x00000000). Depois de salvar os dados, o programa incrementa 4 bytes no endereço da PRU1 e verifica se os oito dados foram salvos. Caso nem todos os dados tenham sido salvos, a PRU1 avisa a PRU0 para que uma nova leitura seja efetuada e, em seguida, espera por um novo sinal para salvar os dados. Caso todos os dados tenham sido salvos, a PRU1 envia um sinal para que a PRU0 inicie uma nova conversão e todo o ciclo volta a se repetir.

Embora seja apresentada, na Figura 2, apenas a interação do programa da PRU1 com o da PRU0, o programa da PRU1 também se encarrega de enviar um evento de interrupção para o programa em C do servidor Linux (descrito no próximo tópico). Esta interrupção ocorre depois que certo número de amostras é salvo na memória da PRU1.

Figura 2 – Diagrama de fluxo do programa da PRU1.



Fonte: o próprio autor.

Ambos os programas descritos anteriormente apresentam *delay* entre algumas de suas instruções. Os tempos de espera são definidos de acordo com as especificações de tempo do ADS8528 e da taxa de amostragem em que se deseja usá-lo.

3. Descrição do Programa em C para a Aquisição de Dados do ADS8568

O programa em C é utilizado para que o arquivo binário (.bin) – gerado quando o programa em assembly (.p) é compilado – seja transferido para o PRU-ICSS. Além disso, ele atua como ponte de comunicação entre a PRU e o Linux (MOLLOY, 2015).

Existem determinadas funções que são utilizadas para toda interação entre o programa do servidor Linux (.c) e os programas da PRU. Muitas destas funções estão presentes na biblioteca PRUSSDRV e são usadas, entre outras coisas, para: controle

básico da PRU (habilitar/desabilitar/resetar); auxiliar (carregar e executar código na PRU); fazer mapeamento da memória; e, fazer o gerenciamento de eventos (por exemplo, gerar interrupções, esperar pela ocorrência de algum evento). Uma descrição detalhada das funções presentes na biblioteca citada pode ser conferida em (TEXAS INSTRUMENTS, 2016).

Além das funções descritas anteriormente, o código em C, utilizado para executar os programas em Assembly encarregados da aquisição de dados, faz uso de *POSIX threads (Pthreads)*. Este corresponde a um conjunto de instruções, tipos e constantes que tornam capaz implementar *threads* nas aplicações em C no BBB (MOLLOY, 2015). Deste modo, uma parte do código é executada, aparentemente em paralelo.

No sistema de aquisição de dados, a função *thread* cria um arquivo (.txt) e espera um evento de interrupção gerado pela PRU1. Quando este evento ocorre, o código na função *thread* abre o arquivo e salva os dados armazenados na memória da PRU1 no mesmo. Estes dados são acessados através de uma função de mapeamento da memória. Por fim, o arquivo é fechado e o evento de interrupção é “limpo”.

O número de dados salvos no arquivo (.txt) depende da quantidade de amostras que se deseja analisar.