

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ.
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

JORGE ASSADE LELUDAK

SISTEMA ENERGETICAMENTE EFICIENTE DE ILUMINAÇÃO LED
ASSISTIDO POR ENERGIA SOLAR

CURITIBA

2013

JORGE ASSADE LELUDAK

SISTEMA ENERGETICAMENTE EFICIENTE DE ILUMINAÇÃO LED
ASSISTIDO POR ENERGIA SOLAR

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Área de concentração: Conservação de Energia, da Escola Politécnica, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de doutor em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Nathan Mendes
Co-Orientador: Prof. Dr. Luís Mauro
Moura

CURITIBA

2013

JORGE ASSADE LELUDAK

SISTEMA FOTOVOLTAICO ENERGETICAMENTE EFICIENTE DE
ILUMINAÇÃO LED

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica,
da Escola Politécnica, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito
parcial à obtenção do título de doutor em engenharia Mecânica.

Comissão examinadora

Prof. Dr. Nathan Mendes
PUCPR

Prof. Dr. Luís Mauro Moura
PUCPR

Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior
UTFPR

Prof. Dr. Eduardo Rocha Loures
PUCPR/UTFPR

Prof. Dr. Samuel Nelson M. de Souza
UNIOESTE

Curitiba, 09 de dezembro de 2013.

Dedico este trabalho à minha esposa
Lisiane, que sempre me incentivou e me
ajudou.

Agradecimentos

Agradeço a DEUS pela minha vida e de meus entes queridos.

Agradeço a minha esposa Lisiane que sempre me apoiou nesta caminhada

Agradeço aos Professores Nathan Mendes e Luís Mauro Moura por acreditarem no meu trabalho, pela paciência nesta caminhada.

Agradeço ao LACTEC, na pessoa do Fabio Sanada, por disponibilizarem o Laboratório de Eletrotécnica para os ensaios nas lâmpadas fluorescentes e LED utilizadas neste estudo.

Agradeço à doutoranda, deste programa, Ana Paula Rocha por ter simulado o LST-2 no Daysim.

Agradeço ao Eng. Walter Mazuroski pela ajuda e colaboração no uso do DOMUS.

Meu agradecimento especial para:

Prof. Msc. José da Silva Maia, Prof. Msc. Gerson Máximo Tiepolo, Prof. Dr. Agnelo Denis Vieira, Eng. Luis Manoel, Eng. Sami Badreldin, Prof. Dr. José Alberto Coraiola, Prof. Dr. Plínio Cornélio Filho.

Agradeço à UTFPR e a PUCPR por darem condições e meios para este doutorado. Agradeço a CAPES pela Bolsa para este estudo.

“Há três métodos para ganhar sabedoria:
primeiro, por reflexão, que é o mais nobre;
segundo, por imitação, que é o mais fácil;
e terceiro, por experiência, que é o mais
amargo.”

(Confúcio, indeterminado)

RESUMO

A utilização de lâmpadas LED na iluminação de ambientes representa um sistema energeticamente eficiente do ponto de vista ambiental e financeiro. A utilização da energia elétrica aumenta com o crescimento da população. A iluminação artificial dos ambientes é um destes fatores. Com a tecnologia LED para iluminação, este consumo pode ser reduzido, uma vez que estas lâmpadas utilizam menos energia para o mesmo nível de iluminância. Este trabalho compara o consumo de lâmpada fluorescente com a LED através de experimentos práticos, simulação, pesquisa de satisfação de usuários e desenvolvimento de um controle PWM para a utilização racional da lâmpada LED de acordo com a iluminação natural no ambiente. Os experimentos práticos foram realizados em um protótipo (caixa) para verificar o nível de iluminância produzido pelos dois tipos de lâmpadas assim como sua temperatura, para estas lâmpadas. Verificou-se uma redução na potência de iluminação, para o mesmo nível de iluminamento de 25%. O outro experimento analisa a iluminação no Laboratório de Sistemas Térmicos (LST-2) da PUCPR, com as lâmpadas existentes, com troca de todas as lâmpadas e seus respectivos reatores e com a substituição por LEDs. Neste caso a redução na densidade de iluminação foi de 37%, para o mesmo nível de iluminamento. Na simulação é utilizado o software Domus-Eletróbrás Edifica para analisar o consumo de energia ao longo de um ano. A pesquisa de satisfação foi realizada com usuários do LST-2, para os três tipos de iluminação (existentes fluorescentes novas e LEDs). Os resultados da pesquisa mostram que não existe diferença na percepção de objetos, para os tipos de lâmpadas usadas. O controle de iluminação, de acordo com a luz natural, foi desenvolvido com a técnica PWM, para controlar a intensidade de iluminação do LED, de acordo com o nível de iluminação natural no plano de trabalho e filtros para cortar ou ascender integralmente à iluminação. Um conjunto de quatro módulos fotovoltaicos foi instalado para suprir a energia do sistema de iluminação do LST-2. Com este controle foi possível uma redução no consumo de energia de 30%. O comparativo de consumo de energia entre as lâmpadas mostrou que a LED consome menos energia e produz o mesmo nível de iluminância da fluorescente, a carga térmica no ambiente é menor em virtude da menor densidade de carga de iluminação. A simulação do ambiente no Domus comprovou a redução do consumo de energia tanto pelo fluxo de calor proveniente da iluminação, quanto pela carga térmica gerada pelas lâmpadas e dissipadas pelo sistema de ar condicionado no ambiente.

Palavras-chave: Consumo de energia. LED. Sistema Fotovoltaico integrado.

Simulação de Consumo Energético.

ABSTRACT

The use of LED lamps in lighting environments is an energy- efficient system from an environmental and financial perspective. The use of electricity increases with population growth . Artificial lighting environments are one of these factors . With LED lighting technology , this consumption can be reduced , since these lamps use less power for the same illuminance level . This paper compares the consumption of fluorescent lamp with LED through practical experiments , simulation , user satisfaction survey and development of a PWM control for the rational use of LED lamp according to natural ambient light . Practical experiments were performed on a prototype (box) to verify the level of illuminance produced by the two types of bulbs as well as its temperature , for these lamps . There was a reduction in light output for the same level of luminance of 25%. The second experiment examines the lighting in Thermal Systems Laboratory (LST - 2) of LST, with existing lamps with replacement of all lamps and ballasts and their replacement with LEDs . In this case the reduction in the density of lighting was 37 % for the same level of luminance . In the simulation the Domus - Procel Build software to analyze the energy consumption over a year is utilized. The satisfaction survey was conducted with users of LST - 2 , for the three types of lighting (existing and new LED fluorescent) . The survey results show that there is no difference in the perception of objects , for the types of lamps used . The lighting control , according to natural light , has been developed with the PWM technique to control the illumination of the LED according to the level of natural lighting in the work plan and filters to cut or ascend to full enlightenment. A set of four photovoltaic modules was installed to supply power to the lighting system of the LST - 2 . With this control was possible a reduction in energy consumption of 30%. The comparison of power consumption between the LED lamp shown consumes less energy and produces the same level of the fluorescent illuminance , the thermal load on the environment is lower due to the lower density of the lighting load. The simulation environment at Domus proved the reduction of energy consumption by both the flow of heat from the lighting, as the heat load generated by the lamps and dissipated by the air conditioning system in the environment.

Keywords: Energy consumption. LED. Photovoltaic integrated system. Simulation of Energy Consumption

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Potência (MW) 2010, 2011 e 2012.....	2
Figura 2 Esquemático dos assuntos apresentados na revisão	5
Figura 3 Organizador gráfico do Domus	7
Figura 4. Modelo de Candelabro	10
Figura 5 Lâmpada de Edison	12
Figura 6 Formato do bulbo de vidro	13
Figura 7 Evolução da eficiência luminosa dos LEDs a partir de 1962.....	15
Figura 8 Evolução da potência luminosa dos LEDs e seu encapsulamento, a partir de 1962.	15
Figura 9 Comparativo de preço e eficiência dos LEDs.....	17
Figura 10 Modelamento básico do Ligthswitch.....	19
Figura 11 Energia primária anual requerida para iluminação, aquecimento e refrigeração	20
Figura 12 Resultado da simulação de iluminação nas quatro posições geográficas.	22
Figura 13 Tela inicial do Domus com o ambiente a ser utilizado para a simulação ..	23
Figura 14 Tela de ajuste de parâmetros de simulação.....	23
Figura 15 Tela de resultados do Domus	24
Figura 16 Exemplo de módulos fotovoltaicos.....	25
Figura 17 Radiação Solar Global Horizontal Média Anual	26
Figura 18 Mapa Fotovoltaico do estado do Paraná.....	27
Figura 19 Circuito para dimerização de LED através da técnica PWM series	28
Figura 20 Comparativo entre a tensão de entrada e a saída com níveis de saída do fluxo luminoso. (a) 100% da iluminação; (b) 70% de iluminação produzida; (c) 50% de iluminação e (d) 10% de iluminação gerada pelo LED.....	29
Figura 21 Circuito alternativo sem capacitor eletrolítico.....	30
Figura 22 Diagrama em blocos do driver para LED.	30
Figura 23 Fluxograma de aplicação do questionário.....	38
Figura 24 Caixa de ensaio.....	43
Figura 25 Caixa com lâmpada fluorescente (32W, 2700lm).....	44
Figura 26 Caixa com LEDs (6x8W, 2400lm)	45

Figura 27 Posição dos Sensores no interior da caixa	47
Figura 28 Posição dos Sensores no interior da caixa	48
Figura 29 Posição dos sensores dentro da caixa.....	48
Figura 30 Luminária dentro da caixa.....	49
Figura 31 Pontos de medição do nível de iluminância.....	51
Figura 32 Esfera de ensaio luminotécnico.....	54
Figura 33 Ensaio na esfera com fluorescente.....	55
Figura 34 Ensaio na esfera com LED.....	55
Figura 35 Módulos fotovoltaicos na cobertura do bloco III.....	58
Figura 36 Instalação dos módulos fotovoltaicos.....	58
Figura 37 Verificação do ângulo de instalação.....	59
Figura 38 Potência gerada durante as horas do dia 21 de dezembro de 2012.....	60
Figura 39 Energia gerada nos dias medidos.....	62
Figura 40 Tela inicial PowerDomus com o ambiente de simulação	64
Figura 41 Tela de acesso à configuração de iluminação	65
Figura 42 Tela para definir a densidade de carga de iluminação.....	65
Figura 43 Tela de configuração do horário.....	65
Figura 44 Tela de configuração dos parâmetros de Simulação	66
Figura 45 Tela de configuração do relatório.....	66
Figura 46 Tela de inicio da simulação	67
Figura 47 Tela com resultado da simulação.....	67
Figura 48 Tela com a edificação a ser simulada.....	69
Figura 49 Zona 6 em destaque.....	70
Figura 50 Aba de configuração dos parâmetros gerais de simulação.....	70
Figura 51 Aba de parametrização das Zonas.....	71
Figura 52 Tela de configuração do relatório.....	71
Figura 53 Parametrização do horário de funcionamento do LST-2.....	72
Figura 54 Densidade de iluminação para a primeira simulação.....	72
Figura 55 Densidade de iluminação para a segunda simulação	72
Figura 56 Circuito projetado para controle do nível de iluminância do LED.....	78
Figura 57 Circuito gerador de pulso	79
Figura 58 Resultado da simulação com o sinal de saída do pino 5.....	79
Figura 59 Resultado da simulação com os sinais dos pinos 5 e 9, com R3 a 5%....	79
Figura 60 Resultado da simulação com os sinais nos pinos 5 e 9, com R3 a 75%...80	80

Figura 61 Filtro do sinal gerado pelo pino 9.	81
Figura 62 Circuito chaveador da lâmpada LED.....	81
Figura 63 Circuito PWM de acordo com o projeto.....	90
Figura 64 Circuito de acionamento da lâmpada.....	90
Figura 65 Lâmpada LED com intensidade máxima.....	91
Figura 66 Lâmpada LED com intensidade média.....	91
Figura 67 Tela osciloscópio para iluminação natural ideal	92
Figura 68 Tela do osciloscópio com LED a 100%.....	92
Figura 69 Tela osciloscópio com LED a 40%.....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Consumo líquido anual de energia elétrica por região (TWh). EIA 2012.....	1
Tabela 2 Consumo anual de energia no setor comercial no Brasil (MWh). ANEEL 2013	1
Tabela 3 Consumo de Energia Elétrica – GWh. MME 2013	2
Tabela 4 Comparativo entre as lâmpadas LED, incandescente, fluorescente e fluorescente compacta	16
Tabela 5 Análise das distorções harmônicas de lâmpada fluorescente compacta e LED.	17
Tabela 6 Comparativo de algoritmo e sistema de controle	21
Tabela 7 Valores de equipamentos e serviços do projeto	33
Tabela 8 Atividades metodológicas adotadas	34
Tabela 9 Modelo de Tabela com os resultados do Minitab	41
Tabela 10 Medições de nível de iluminância na caixa (Lux)	46
Tabela 11 Medição de Temperatura nos dez pontos com a fluorescente.	49
Tabela 12 Medição de temperatura nos dez pontos com a LED.....	50
Tabela 13 Medidas de temperatura com LED de 18W do LST-2.....	50
Tabela 14 Medições, em lux, para iluminância do LST-2 com lâmpadas existentes.	52
Tabela 15 Medições, de corrente (A), potência ativa (W) e Fator de Potência, do LST-2 com lâmpadas existentes.	52
Tabela 16 – Medições, em lux, para iluminância do LST-2 com <i>retrofiting</i>	52
Tabela 17 – Medições, de corrente (A), potência ativa (W) e Fator de Potência, do LST-2 com <i>retrofiting</i>	53
Tabela 18 Medições, em lux, para iluminância do LST-2 com LED.	53
Tabela 19 Medições, de corrente (A), potência ativa (W) e Fator de Potência, do LST-2 com LED.....	53
Tabela 20 Dados das medições no LACTEC.....	56
Tabela 21 Medição de grandezas elétricas geradas nos módulos fotovoltaicos.	60
Tabela 22 Geração de energia no período.....	60
Tabela 23 Cálculo de iluminação e densidade de potência de iluminação	63

Tabela 24 Resultado da simulação no Domus do consumo de energia mensal e anual	68
Tabela 25 Resultados das simulações no DOMUS do consumo de energia (kWh)..	73
Tabela 26 Resultados da pesquisa com lâmpadas existentes	76
Tabela 27 Resultados da pesquisa com <i>retrofiting</i>	76
Tabela 28 Resultado da pesquisa com LED	77
Tabela 29 Media das medições de iluminância (Lux) nos furos	82
Tabela 30 Comparação entre medidas de temperatura	83
Tabela 31 Variação de Temperatura entre os pontos internos e o externo.....	84
Tabela 32 Comparação da iluminância (Lux) média com os três tipos de lâmpadas	85
Tabela 33 Comparação das grandezas elétricas entre os três tipos de lâmpadas ...	85
Tabela 34 Consumo de energia sem e com <i>dimmer</i> no LST-2	89
Tabela 35 Dados dos entrevistados da primeira pesquisa	94
Tabela 36 Análise dos resultados da primeira pesquisa	95
Tabela 37 Dados dos entrevistados da segunda pesquisa	95
Tabela 38 Análise dos resultados da segunda pesquisa	96
Tabela 39 Dados dos entrevistados da terceira pesquisa	97
Tabela 40 Análise dos resultados da terceira pesquisa	98
Tabela 41 Resultado das três pesquisas	98
Tabela 42 Custo evitado na troca de lâmpadas fluorescentes em 10 anos	99

ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
LED	Diodo Emissor de Luz - <i>Light Emitting Diode</i>
PUCPR	Pontifícia Universidade Católica do Paraná
LST-2	Laboratório de Simulação Térmica
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
PROCEL	Programa de Combate ao Desperdício de Energia
IEEE	<i>INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS</i>
EUA	Estados Unidos da America
EIA	<i>U.S. Energy Information Administration</i>
UDI	Índice da luz natural útil - <i>Useful Daylight Index</i>
DA	Luz do dia Autônoma – <i>Daylight Autonomy</i>
DF	Fator da luz natural – <i>Daylight Factor</i>
PWM	<i>Pulse-width modulation</i> (Modulação por Largura de Pulso)
DC	<i>Direct Current</i> (Corrente Contínua)
lm	Lúmens – Unidade de Intensidade luminosa, Fluxo luminoso
K	Kelvin – Temperatura de cor de uma lâmpada
W	Watt – Unidade de Potência Elétrica Ativa
A	Ampere – Unidade de corrente elétrica
fp	Fator de potência
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
NTC	Norma Técnica COPEL
LACTEC	Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
RTQ-C	Requisitos Técnicos da Qualidade em Edifícios Comerciais
THD	<i>Total Harmonic Distorsion</i> (Distorção Harmônica Total)
PAF	<i>Power Adjustment Factor</i> (Fator de Ajuste de Potência)
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i> (Resistor Dependente de Luz)
EPS	Expanded polystyrene (Poliestireno expandido)
PV	Solar Panels (Painel Solar)
MME	Ministério de Minas e Energias

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	6
1.2 OBJETIVOS	8
1.2.1 OBJETIVO GERAL	8
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
1.3 JUSTIFICATIVA	9
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	9
2 REVISÃO DA LITERATURA	10
2.1 LÂMPADAS	10
2.1.1 A iluminação no século 19	10
2.1.2 Lâmpada Incandescente	11
2.1.3 Lâmpada LED	14
2.2 SIMULAÇÃO DE ILUMINAÇÃO	18
2.2.1 Simulador DOMUS	22
2.3 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	24
2.4 DIMERIZAÇÃO DE LED	27
2.5 AVALIAÇÃO DOS USUÁRIOS DO LST-2	31
2.6 VIABILIDADE ECONÔMICA	32
3 METODOLOGIA	34
4 MEDIÇÕES E SIMULAÇÕES	42
4.1 EXPERIMENTAL	42
4.1.1 Medições e comparações do consumo de energia entre lâmpada fluorescente e LED	42
4.1.1.1 Medição do Nível de Iluminância na Caixa de Teste	43
4.1.1.2 Resultados encontrados	45
4.1.2 Medição e Comparação da Temperatura gerada no ambiente para a lâmpada fluorescente e a LED	46
4.1.2.1 Ensaio de temperatura	47
4.1.2.2 Resultados encontrados	49
4.1.3 Medição no nível de iluminância, potência elétrica, corrente elétrica e fator de potência na iluminação do LST-2	51
4.1.3.1 Introdução	51
4.1.3.2 Medições nas condições encontradas	51

4.1.3.3	Medições com troca de lâmpadas e reatores (<i>retrofiting</i>)	52
4.1.3.4	Medições com sistema de iluminação do LST-2 a LED	53
4.1.4	Ensaio Luminotécnico das Lâmpadas.....	54
4.1.4.1	Ensaio.....	54
4.1.4.2	Resultados do Ensaio	55
4.1.5	Medição de energia gerada pelos módulos fotovoltaicos	57
4.1.5.1	Dimensionamento dos módulos fotovoltaicos	57
4.1.5.2	Resultados das medições.....	59
4.2	SIMULAÇÕES DE CONSUMO DE ENERGIA	62
4.2.1	Cálculo da carga térmica de iluminação para um ambiente.....	62
4.2.2	Simulação do consumo de energia no Domus para um determinado ambiente.....	64
4.2.2.1	Definição do ambiente teórico para simulação.....	64
4.2.2.2	Resultados encontrados	67
4.2.3	Simulação de carga térmica no LST-2	68
4.2.3.1	Definição do ambiente LST-2 para simulação.....	68
4.2.3.2	Resultados encontrados.....	73
4.3	COMPARAÇÕES ENTRE EXPERIMENTAL E A SIMULAÇÃO	74
5	PESQUISA DE SATISFAÇÃO DE USUÁRIOS DO LST-2 SOBRE A ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL.....	75
6	DESENVOLVIMENTO DO CONTROLE DA INTENSIDADE LUMINOSA DO LED DE ACORDO COM A ILUMINAÇÃO NATURAL NO AMBIENTE	78
7	RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES	82
7.1	ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA ENTRE FLUORESCENTE E LED.....	82
7.2	ANÁLISE DA TEMPERATURA DE TRABALHO DA LÂMPADA FLUORESCENTE E DA LED.	83
7.3	ANÁLISE E COMPARAÇÃO DO NÍVEL DE ILUMINÂNCIA E CONSUMO DE ENERGIA DO LST-2 COM AS LÂMPADAS EXISTENTES, COM <i>RETROFITING</i> E COM A SUBSTITUIÇÃO POR LED'S	84
7.4	ANÁLISE DOS DADOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA COM OS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.	86
7.5	ANÁLISE NUMÉRICA DOS AMBIENTES TESTADOS E COMPARAÇÃO COM OS RESULTADOS PRÁTICOS.....	88

7.6 PROJETO E TESTE DO PROTÓTIPO PARA CONTROLE DO NÍVEL DE ILUMINAÇÃO LED EM FUNÇÃO DA LUZ NATURAL	90
7.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA DE SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS DO LST-2	94
7.8 CÁLCULO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO	99
7.8.1 Cálculo do Valor Presente Líquido do investimento para as lâmpadas LED	99
7.8.2 Cálculo do Valor Presente Líquido do investimento para os módulos fotovoltaicos	100
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	102
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
APÊNDICES	115
ANEXOS	149

1 INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica cresce proporcionalmente com o aumento da população, crescimento das cidades e a construção de edifícios, casas e indústrias que requerem energia da rede elétrica. A Tabela 1 mostra o consumo, por continente, anual de energia elétrica entre 2006 e 2010, segundo a *International Energy Statistic* (EIA, 2012).

Tabela 1 Consumo líquido anual de energia elétrica por região (TWh). EIA 2012

Região	2006	2007	2008	2009	2010
América do Norte	4543.89	4630.51	4601.88	4422.39	4599.60
América do Sul e Central	806.15	844.55	874.31	877.61	929.66
Europa	3306.38	3345.07	3378.24	3219.05	3369.75
Oriente Médio	557.17	582.85	622.62	656.21	709.22
Ásia e Oceania	5490.57	6000.21	6198.51	6473.95	7052.65
Mundo	16391.51	17151.39	17444.97	17360.34	18466.46

O Consumo anual no setor comercial, no Brasil, segundo a ANEEL(2013) é mostrado na Tabela 2. Da mesma forma que o mostrado na Tabela 1, no setor comercial, o consumo aumenta ano após ano.

Tabela 2 Consumo anual de energia no setor comercial no Brasil (MWh). ANEEL 2013

Consumo de Energia Elétrica no Setor Comercial em MWh	
Ano	Consumo (MWh)
2007	57.312.767,00
2008	60.173.068,89
2009	63.625.174,40
2010	66.830.400,60
2011	70.806.597,94
2012	75.278.016,30

O consumo de energia elétrica, de acordo com o Ministério das Minas e Energia (MME) é mostrado na Tabela 3. No setor comercial o consumo aumentou de julho de 2011 para julho de 2012 em 9,4% e no acumulado dos últimos 12 meses o aumento foi de 7%. O termo “outros” se refere a consumidores rurais, de baixa renda, sem medição, entre outros.

Tabela 3 Consumo de Energia Elétrica – GWh. MME 2013

	Mesmo Mês					Acumulado - 12 meses				
	Junho 2011		Junho 2012		Evolução	Jul/10-Jun/11		Jul/11-Jun/12		Evolução
	GWh	%	GWh	%	%	GWh	%	GWh	%	%
Residencial	8,887	21,4	9,582	22,3	7,8	109,408	21,2	114,779	21,4	4,9
Industrial	15,402	37,2	15,165	35,3	-15,0	182,250	35,3	184,803	34,5	1,4
Comercial	5,732	13,8	6,269	14,6	9,4	71,194	13,8	76,213	14,2	7,0
Outros	4,940	11,9	5,491	12,8	11,2	59,886	11,6	66,193	12,4	10,5
Perdas	6,497	15,7	6,499	15,1	0,04	93,482	18,1	93,902	17,5	0,4
Carga-GWh	41,458	100	43,006	100	3,7	516,219	100	535,890	100	3,8

Na região sul, semelhante às outras regiões, o aumento de consumo está demonstrado na Figura 1. Em todos os meses do ano houve aumento do consumo quando comparados a 2010 e 2011. Exceção aos meses de fevereiro de 2010 e março de 2011.

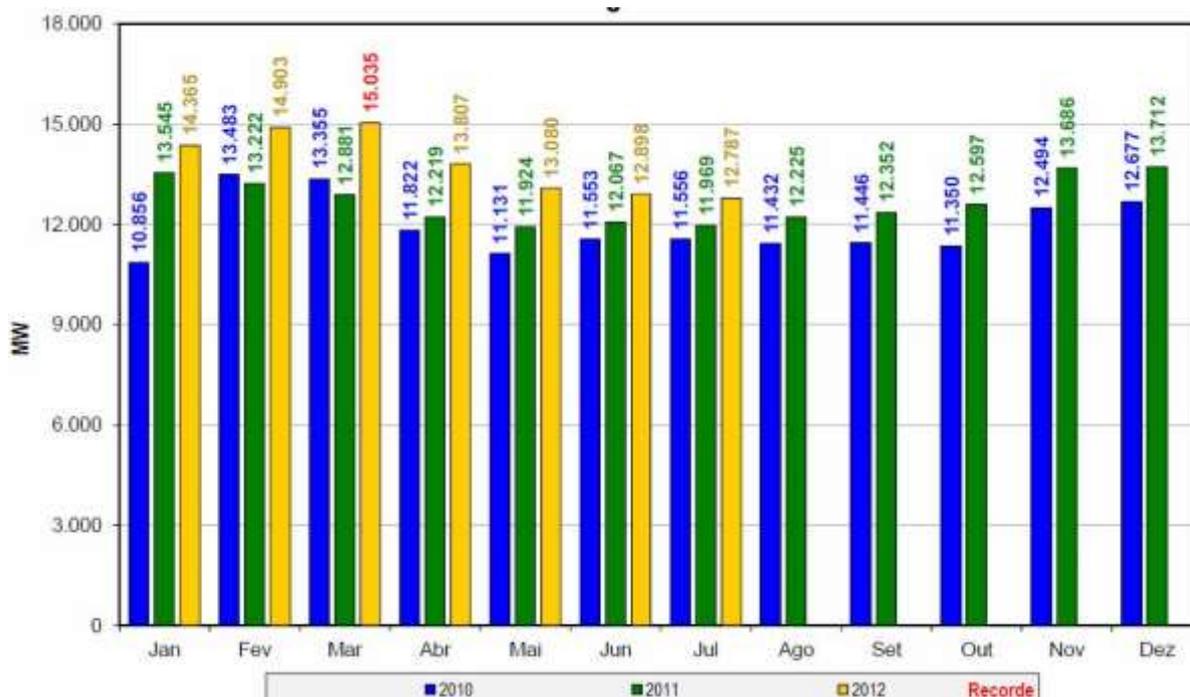


Figura 1 Potência (MW) 2010, 2011 e 2012
Fonte MME, 2012

Em edifícios comerciais, o consumo de energia elétrica ocorre principalmente pelo uso da iluminação artificial, elevadores, bombas, sistemas de segurança, condicionadores de ar, equipamentos, entre outros. Segundo a NBR 5461 a definição de iluminação é a aplicação de luz a uma cena e/ou objetos, e suas circunvizinhanças, para que possam ser vistos de maneira adequada.

Diante deste cenário de demanda energética, o consumo de energia elétrica para iluminação é de 19%, nos Estados Unidos, segundo Ye *et al.* (2008) e de 22% no Brasil (MME, 2013), esta é a última estatística oficial existente para o Brasil. Os sistemas de iluminação comercial são compostos basicamente por lâmpadas fluorescentes, halógenas, fluorescente compactas, incandescentes e de descarga. Estas lâmpadas, de modo geral, emitem, além da luz (radiação visível), radiação infravermelha e ultravioleta, que é transformado em calor no ambiente e que deverá ser compensado pelo sistema de condicionamento de ar. Nos tipos de lâmpadas que são acionadas por reatores ou ignitores existe, ainda, a geração de calor destes dispositivos.

A dimerização de lâmpadas fluorescente, como propõe Cheng (2010), podem ser usadas para a diminuição do consumo de energia. Para projetos de reatores de baixo custo, o próprio sistema consome energia elétrica, sobre o sistema de controle, mantendo o consumo praticamente igual ao sistema sem dimerização. Para uma dimerização sem perda de energia é necessário tempo de engenharia para projetar reatores adequados.

As lâmpadas LED (*Light Emitting Diode* – Diodo Emissor de Luz) têm como característica direcionar o feixe de luz apenas para uma direção, desta forma toda a energia transformada em luz é direcionada para onde se deseja iluminar, evitando desperdício de energia. Além disto, como mostrado em Cheng (2006) a lâmpada LED não gera radiação ultravioleta nem infravermelho, restringindo sua emissão somente a radiação na banda espectral visível.

Nos edifícios comerciais, onde a maioria da iluminação é fluorescente, a substituição destas por lâmpadas LED irá contribuir para a diminuição do consumo de energia, desta forma tornando a edificação mais eficiente. Em estudos, como o de Qin (2009) que apresenta um comparativo entre eficiência luminosa e dissipação de calor, lâmpadas como a T5 (modelo de lâmpada fluorescente tubular com melhor eficiência luminosa até o momento) se mostraram melhores que os LED de alto brilho. Com a evolução rápida dos LEDs de alto brilho este panorama já se inverteu, ou seja, a eficiência da lâmpada LED é melhor que a fluorescente no aspecto de iluminação e semelhante no aspecto de dissipação de energia. Macias (2012) comparou a lâmpada LED com lâmpadas a vapor de sódio e concluiu que o consumo pode ser menor, para a primeira em relação à segunda entre 41 e 73%, além de permitir um melhor conforto visual.

Soori (2011) apresentou o estudo da eficiência energética em edifício comercial, utilizando o DIALux (software para simulação de sistemas de iluminação) para simular o consumo de energia de alguns tipos de lâmpadas, como: Lâmpadas Fluorescentes Compactas (CFL), *Light Emitting Diode* (LED) e Lâmpada a Baixa Pressão de Sódio, entre outras. Concluiu que utilizando o DIALux é possível comparar os diversos cenários com os tipos de iluminação escolhidos, verificar qual sistema permite o menor consumo de energia e demonstra que a iluminação mais eficiente é viável economicamente. Este trabalho, demonstrou, através da simulação, que sistemas de iluminação LED são viáveis economicamente.

A utilização de LED como substituto de fluorescente e incandescente é apresentada por Koh (2011). Nele é mostrado um controle individualizado para o nível de iluminância do ambiente, de acordo com as preferências do usuário. A proposta foi apresentada numa matriz de LEDs, alimentados em corrente contínua e o controle do nível de iluminância através de controle sem fio, pelo usuário. Neste trabalho ficou demonstrado que, um sistema de iluminação com parte das lâmpadas serem controladas por sensores diminui o consumo de energia.

Análise e simulação de consumo comparativo entre incandescente e LED têm sido geradas por autores como Zhang (2011). Com a utilização de programas para traçar curvas isolux em ambientes e reprodução do resultado da iluminação, é possível verificar a melhoria da iluminação e a redução do consumo de energia.

Os sistemas de iluminação compostos por LEDs apresentam uma densidade de potência inferior aos demais tipos de lâmpadas, desta forma integrar este tipo de iluminação com fontes alternativas de energia vem sendo estudada por autores como Abu (2012) e Ali (2011).

A utilização de módulos fotovoltaicos na geração de energia elétrica já é bastante estudada no meio acadêmico e na indústria, uma vez que a quantidade de placas disponível para venda e instalação cresce no mercado mundial. Trabalhos como o de Ekren (2008) analisam diversos tipos de cargas e o comportamento do módulo solar fotovoltaico para atender estas cargas. A utilização de módulos fotovoltaicos ligados diretamente à rede de energia, através de inversor *on grid*, é uma forma de zerar ou reduzir o consumo da iluminação do ambiente.

A temática tratada nesta tese sugere, como se observa, a caracterização de algumas áreas de investigação, tais como: a) tecnologia LED em sistemas de iluminação e lâmpadas eficientes ; b) controle de luminosidade e dimerização; c)

cogeração e integração com módulos fotovoltaicos; d) simulação de consumo no ambiente estudado; e) Pesquisa de satisfação com usuários. A Figura 2 mostra uma representação esquemática mostrando estas áreas estudadas na revisão e onde se situa esta pesquisa. Nas referências analisadas encontram-se estudos com LEDs e PV para iluminação externa, troca de lâmpadas incandescente por fluorescente, troca de lâmpadas fluorescente e halógenas por LEDs em ambientes internos e externos, simulação de iluminação em ambientes comerciais e residenciais, simulação de consumo de energia elétrica em ambientes, sistemas de dimerização de LEDs.



Figura 2 Esquemático dos assuntos apresentados na revisão

Portanto, este trabalho propõe a integração de técnicas de geração de energia e de controle e de tecnologia LED para comprovar a redução no consumo de energia de maneira prática, experimental e por simulação. Além deste aspecto, foi apresentado um filtro que permite desligar integralmente a lâmpada LED, quando a

iluminação natural sobre a área de trabalho for suficiente, e permitir o acendimento integral quando a natural já não for capaz de iluminar o ambiente, com a intensidade necessária.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

As instalações da PUCPR (Pontifícia Universidade Católica do Paraná), Campus Curitiba, têm, em suas salas de aulas e laboratórios, lâmpadas fluorescentes como fontes de luz artificial. No parque tecnológico, bloco III, no LST_2, o sistema de iluminação, hoje, é composto por sete luminárias e cada uma delas é montada com duas lâmpadas fluorescentes de 32W e seu respectivo reator. A proposta é substituir as lâmpadas fluorescentes por LEDs e comprovar o menor consumo de energia, para um mesmo nível de iluminância e a diminuição do fluxo de calor a ser refrigerado pelo sistema de ar condicionado.

Esta comprovação será por meio de medições de nível de iluminância, medição de grandezas elétricas, simulação de consumo anual de energia e de horários possíveis de diminuição da iluminação artificial em função da natural. No final será instalado um conjunto de módulos fotovoltaicos, num total aproximado de 600W, alimentando um inversor “*on grid*” que será ligado diretamente à tomada do laboratório.

Este inversor, que deverá estar de acordo com a portaria 004 do INMETRO (2011), fica recebendo energia do painel solar fotovoltaico e entrega a energia gerada diretamente para a concessionária de energia, gerando uma reserva de energia que poderá ser usada quando anoitecer, por exemplo. Este tipo de geração é chamado de Geração Distribuída e, pela potência instalada, classificada como microgeradores (Norma Técnica COPEL - NTC 905100, dezembro de 2012). O custo desta instalação e o VPL-Valor Presente Líquido serão analisados para verificar a viabilidade econômica desta instalação.

Depois de feitas as experiências citadas serão feitas simulações de consumo anual de energia com base nas características construtivas do LST-2 bem como as cargas térmicas para os dois tipos de iluminações estudadas fluorescentes e LED. Para esta simulação será utilizado o Domus-Eletróbrás que é um programa desenvolvido para simular e analisar parâmetros como consumo de energia,

conforto térmico, levando em conta posição geográfica, irradiação, características construtivas, densidade de carga de iluminação, ar condicionado, pessoas no ambiente, entre outras. A Figura 3 mostra o organizador gráfico do Domus. Como entrada de dados tem-se a Edificação, Solo, Ganhos Internos, Climatização e Energia. Os parâmetros necessários são: Localização da Edificação, Clima, Solo, Ventilação Natural, Infiltração, Intervalo de Simulação, Intervalo de Relatório, Férias/Feriados, Passo de Tempo, Critérios de Convergência, Horários de uso, Condições Iniciais, Modelos de Umidade e Coeficiente de Convecção.

Os dados de saída do Domus podem ser: Temperatura, Umidade Relativa, Sensação Térmica, Percepção da Qualidade do Ar, Ambientes Naturalmente Ventilados, Ganhos Térmicos, Demanda e Consumo, Conversão, Avaliação Econômica. O organograma se encontra no Anexo 4 para melhor visualização.

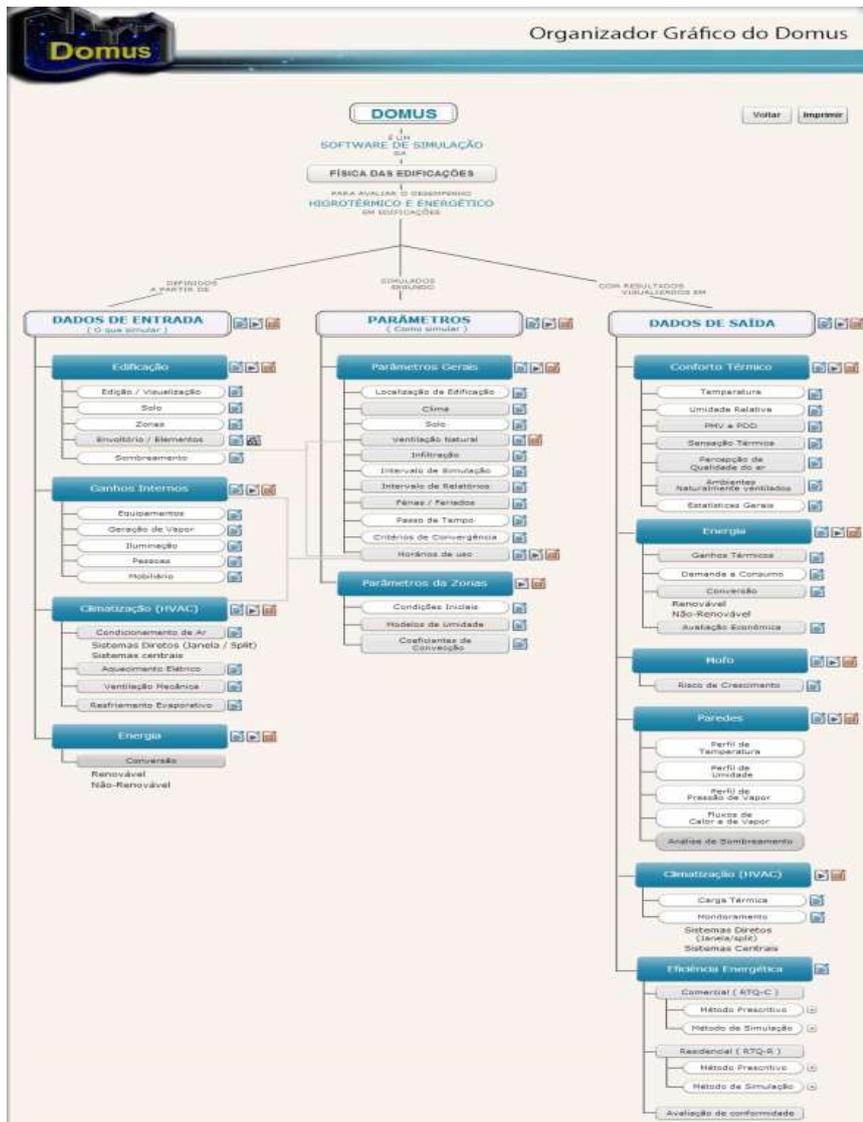


Figura 3 Organizador gráfico do Domus

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a viabilidade técnica e econômica de um sistema energeticamente eficiente de iluminação LED, assistida por energia solar, com compensação da luz natural.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar o nível de iluminância entre uma lâmpada fluorescente e uma lâmpada LED em laboratório;

- Medir e comparar a temperatura em torno da luminária com lâmpada fluorescente e LED em laboratório e condições controladas;

- Simular o consumo de energia com os dois tipos de lâmpadas no Domus e comparar os consumos encontrados no ambiente estudado para as condições de laboratório;

- Implantar um sistema de iluminação no LST-2 com lâmpada LED e verificar o nível de iluminância alcançado e o consumo de energia;

- Simular o ambiente do LST-2 e verificar, através do Domus o consumo de energia e a temperatura interna.

- Implantar sistema de geração solar de energia elétrica para atender às lâmpadas LED do LST-2, tornando o laboratório autossuficiente em iluminação no balanço energético.

- Desenvolver um controle automático, baseado na iluminação natural, para variar o fluxo luminoso da lâmpada LED no LST-2.

- Analisar a viabilidade econômica da implantação deste sistema de iluminação.

1.3 JUSTIFICATIVA

Ações como apagar a luz ao sair de um ambiente, não deixar a luz acesa enquanto se dorme, desligar aparelhos quando não estão sendo usados, demonstram preocupação com o desperdício de energia.

Segundo Lamberts *et al.* (1987) um edifício é energeticamente mais eficiente que outro quando, para as mesmas condições ambientais, proporciona um menor consumo de energia. Além de consumir apenas o necessário, para se conseguir níveis de eficiência satisfatórios é preponderante a utilização de equipamentos que trabalhem com menos energia que outros para a mesma finalidade.

O PROCEL (Programa de Combate ao Desperdício de Energia) possui uma tabela que indica se um equipamento possui maior ou menor eficiência energética. Nos sistemas de iluminação, da mesma forma que em outros equipamentos, as lâmpadas apresentam determinada eficiência energética para produzir a mesma quantidade de Lúmens por metro quadrado.

As lâmpadas fluorescentes apresentam uma boa relação lúmen por Watt e um substituto para este sistema, deve apresentar uma eficiência melhor e não aumentar o fluxo de calor proveniente desta iluminação, desta forma, propõe-se a lâmpada LED como alternativa à fluorescente, apresentando melhor eficiência energética, melhor reprodução de cores, ausência de radiação ultravioleta e infravermelha, além de ter todos os seus materiais totalmente reciclados após a sua vida útil.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Capítulo 2. Revisão da Literatura
Capítulo 3. Metodologia
Capítulo 4. Medições e Simulações
Capítulo 5. Pesquisa de Satisfação dos Usuários
Capítulo 6. Controle de intensidade Luminosa
Capítulo 7. Resultados e Considerações
Capítulo 8. Considerações Finais

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo serão abordados os temas que envolvem esta pesquisa, inicialmente um histórico da origem da lâmpada elétrica, fluorescente e do LED como lâmpada, simuladores de consumo de energia em ambientes com densidades de carga e carga térmica, geração de energia através de módulos fotovoltaicos, dimerização de LEDs e aplicação de questionário de satisfação de usuários.

2.1 LÂMPADAS

Neste tópico é abordado a origem da lâmpada incandescente, as primeiras experiências, relatos e sequência de acontecimentos para aprimorar seu funcionamento e o uso do LED como lâmpada.

2.1.1 A iluminação no século 19.

Em 1880 a iluminação a gás já estava estabelecida, assim como com velas e tochas, conforme apresentado em IEEE (Bowers,1995). As velas eram feitas de sebo, extraído de gordura animal. A partir de 1860 as velas passaram a ser de parafina, tornando-as mais barata e fácil de produzir. Um modelo de iluminação da época é o candelabro mostrado na

Figura 4.

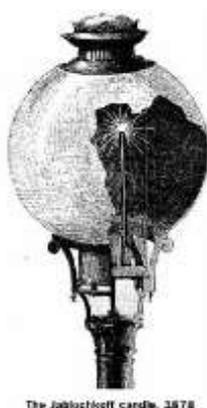


Figura 4. Modelo de Candelabro
Fonte: Bowers, 1995

2.1.2 Lâmpada Incandescente

De acordo com Silva (2008), Thomas Edison criou a primeira iluminação pública elétrica. Ela foi instalada no Menlo Park e foi ligada em 31 de dezembro de 1879. Este fato, na realidade, teve sua origem bem antes de Edison, em 1802 quando o químico inglês Humphry Davy, observou que uma corrente elétrica ao circular por uma fita de platina aquecia e emitia luz. A luz emitida neste experimento era fraca e a fita se destruía, quase que imediatamente, com a passagem da corrente elétrica. O próprio Davy, em 1809 melhorou seu invento, fazendo a corrente circular entre duas barras de carvão.

Segundo Bowers (1985), o primeiro a desenvolver um filamento incandescente foi William Grove, em 1840. Em 1845, nos EUA, John Wellington Starr conseguiu uma patente para a utilização de filamentos a carbono. Em 1845 o alemão Heinrich Gobel, em Nova York fabricou uma lâmpada em um vidro com ausência de ar (vácuo) com filamento a bambu, Silva (2008).

O Professor americano Draper demonstrou que, quando um filamento de platina fica incandescente, emite raios vermelhos, em 1847 (Bowers, 1985).

Em 1874 os canadenses Matthew Evans e Henry Woodwards aprimoraram uma proteção para o condutor do filamento, com a introdução de um gás inerte no bulbo de vidro (Silva, 2008). Desta forma foi possível para Edison, desenvolver o seu sistema de iluminação. A Figura 5 mostra o modelo da lâmpada patenteada por Thomas Edison.

Em 1892 foi fundada a General Electric, tendo como sócios Thomas Edison, Elihu Thomson e Edwin Houston (American History, 2012).

Em 1900, ainda segundo Bowers (1985), era intensa a rivalidade entre os fabricantes de lâmpadas e os defensores da iluminação a gás, pois estes conseguiram melhorar a eficiência da iluminação a gás. A General Electric desenvolveu um filamento de carbono mais resistente e que funcionava em temperaturas mais elevadas. A conclusão, na época, era que o uso de três metais, ósmio, tântalo e tungstênio permitiriam às lâmpadas incandescentes uma durabilidade maior.

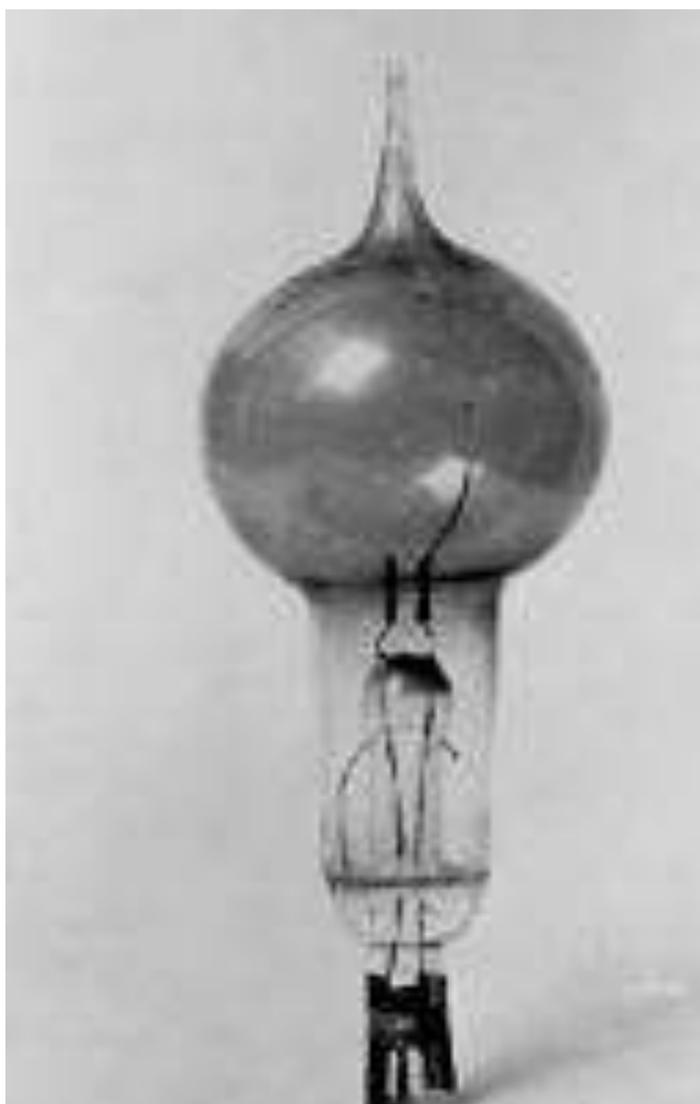


Figura 5 Lâmpada de Edison
Fonte: Thomas Edison Birthplace Museum

Em 1901, Peter Cooper Hewitt patenteou a lâmpada fluorescente (USA Patent Office, 1907). Seu princípio de funcionamento está baseado na passagem de elétrons pelo gás, mercúrio, gerando uma luminescência.

Um aprimoramento na confecção da lâmpada incandescente, foi apresentado em 1907, em Glasgow, que era uma forma de selar os condutores de forma a baratear o custo de produção, bem como garantir duração na vida útil da lâmpada. (Bastian, 1907). A Figura 6 mostra como ficou o modelo desenvolvido. Ainda, de acordo com Bowers (1985), William Coolidge em 1909 desenvolveu um filamento de tungstênio que se mostrou robusto e eficiente. Desta forma em 1920 esta técnica passou a ser utilizada por vários fabricantes de lâmpadas. O problema destas lâmpadas era a evaporação do tungstênio, submetido às altas temperaturas, que

escureciam o bulbo das lâmpadas. Este problema foi solucionado com o preenchimento interno do bulbo com gás inerte, porém, como o gás conduz o calor do filamento para longe do mesmo, a eficiência da lâmpada piorou.

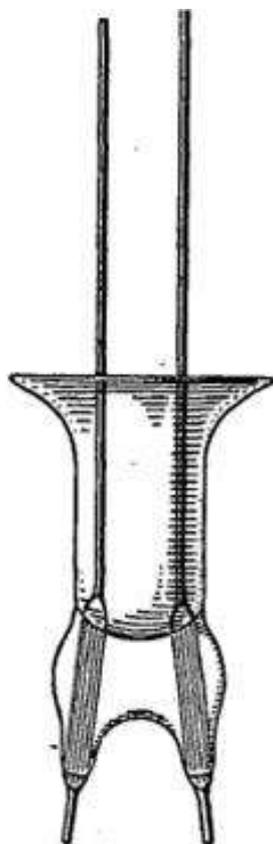


Figura 6 Formato do bulbo de vidro

Fonte IEEE, Bastian 1907

Segundo Bowers (1985), Irving Langmk desenvolveu um filamento em forma de bobina, com gás azoto e depois argônio, de tal maneira que, em 1913, este modelo foi adotado por vários fabricantes de lâmpadas incandescentes.

A evolução da lâmpada incandescente é a halógena, que tem o mesmo princípio de funcionamento, porém, com a inserção do gás halogênio, que tem como característica fazer retornar ao filamento o material evaporado (IEEE,1985), melhorando a vida útil da mesma bem como disponibilizar temperatura de cor mais alta que a incandescente (3000K contra 2.700K da incandescente).

A General Electric, em 1938, começou a fabricação de lâmpadas fluorescentes com quatro tamanhos diferentes (GE, 2012). A partir da segunda guerra mundial. Em 1951 já eram produzidas mais lâmpadas fluorescentes que incandescentes.

2.1.3 Lâmpada LED

O Diodo Emissor de Luz, ou como é mais conhecido LED (*Light Emitting Diode*), é um diodo semicondutor que quando energizado emite luz visível. A este fenômeno é chamado de eletroluminescência. Quando o diodo emissor de luz é percorrido por uma corrente elétrica, devidamente polarizada, ocorre recombinação de lacunas e elétrons. Quando o elétron libera energia ocorrem dois fenômenos: calor e emissão de fótons. Nos LEDs com silício ou germânio, por serem opacos a emissão de luz é mínima, agregando arseneto de gálio, fósforo ou índio as frequências se elevam e o semicondutor emite luz na faixa do azul, verde, laranja, amarelo e vermelho, por exemplo. Nestes casos o número de fótons é significativo e a luz emitida torna-se eficiente. (Dupuis, 2008)

Os estudos com LEDs começaram a apresentar certa relevância a partir de 1962, quando Nick Holonyak Jr. demonstrou a emissão da luz vermelha e dos lasers. A Figura 7 mostra a evolução dos LEDs a partir desta data. A barra vertical mostra uma evolução a partir da década de 1990. Até então a dopagem do semicondutor era através de *Vapor-Phase Epitaxy* (dopagem em forma de vapor) e *Liquid-Phase Epitaxy* (dopagem em forma de líquido). A partir desta década a tecnologia utilizada para produção de LEDs com eficiência luminosa superiores a 100 lm/W passou a ser *Metalorganic Chemical Vapor Deposition* (Deposição Química Vaporosa de compostos orgânicos).

A forma como o LED é encapsulado também variou nestes anos, assim como a potência de saída e a intensidade emitida, como mostra a Figura 8.

Os fabricantes de lâmpadas LED, como Acriche, Phillips, Osram, Cree, Lumileds, entre outros, melhoraram a eficiências destas lâmpadas, tornando-as produtos competitivos com as lâmpadas tradicionais, tais como incandescente, fluorescente e fluorescente compactas. A Tabela 4 mostra algumas comparações entre elas.

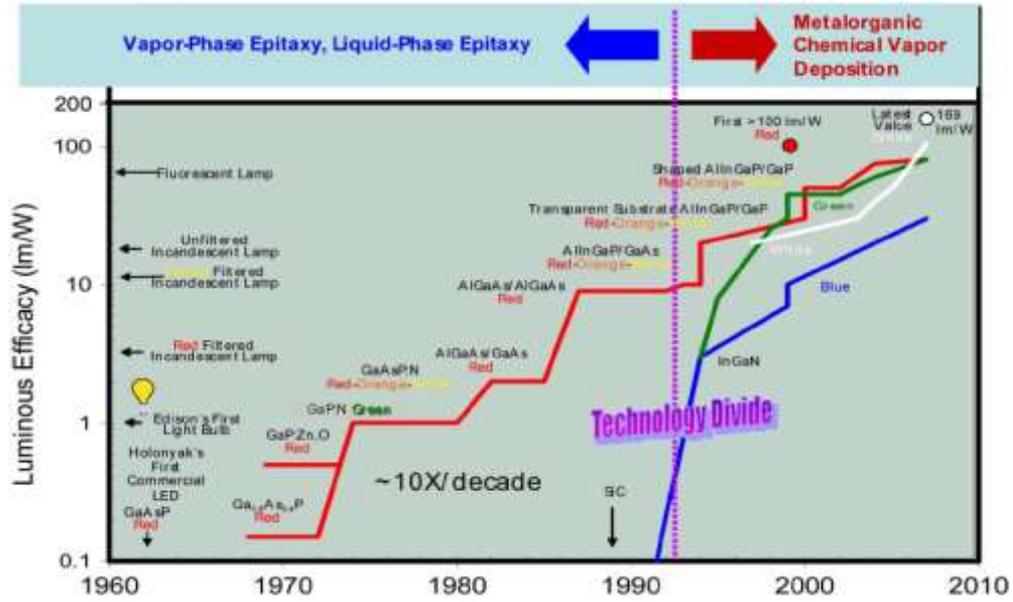


Figura 7 Evolução da eficiência luminosa dos LEDs a partir de 1962
 Fonte: Dupuis (2008)

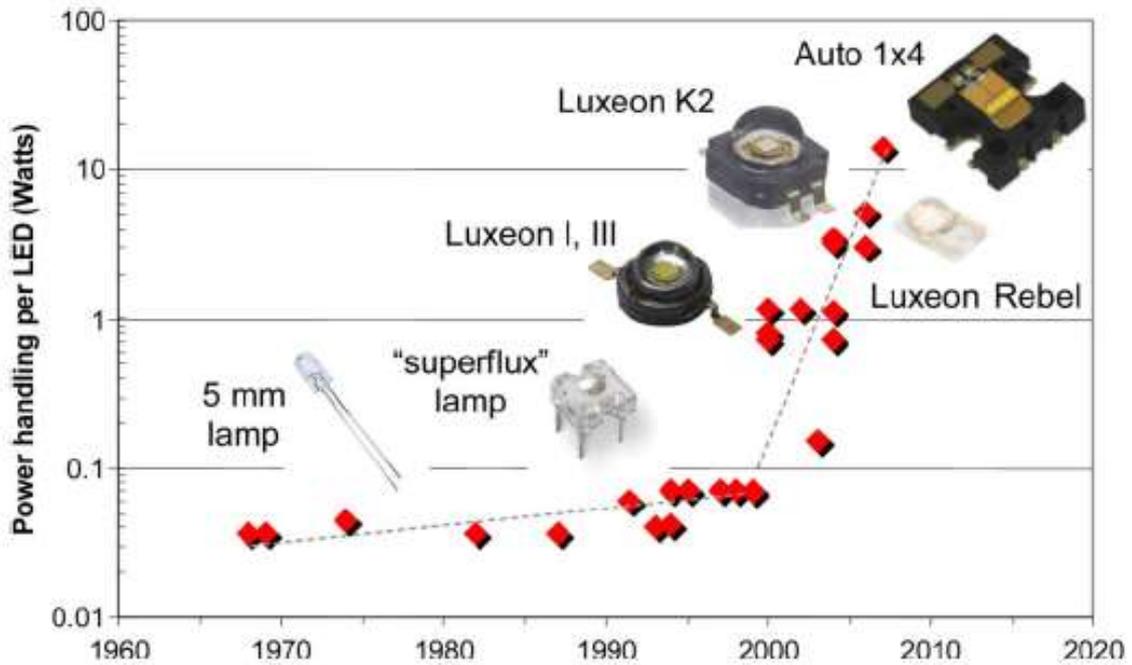


Figura 8 Evolução da potência luminosa dos LEDs e seu encapsulamento, a partir de 1962.
 Fonte: Dupuis (2008)

Tabela 4 Comparativo entre as lâmpadas LED, incandescente, fluorescente e fluorescente compacta
 Fonte: *Metha et al. (2008)*

Lâmpada/ Característica	LED	Incandescente	Fluorescente	Fluorescente compacta
Eficiência Luminosa (lm/W)	200	16	85	45
Índice de Reprodução de Cores	>80	95	75	75
Tipo de Iluminação	Direcionada	geral	difusa	geral
Tensão de funcionamento	baixa tensão	rede	Reator de partida	Reator de partida e funcionamento
Tempo de partida (s)	0,01	0,1	1	1
Tempo para brilho total(s)	0,01	1	Alguns minutos	1 a 2
Controle de intensidade e FP	fácil	possível	Caros para alguns modelos	Não viável comercialmente
Cores	Programável	Monocromática	Cores limitadas	Cores limitadas
Efeito "Flicker"	não	pequeno	Alguns casos	não
Fora de uso	Totalmente reciclável	Algumas partes	Perigoso, contém mercúrio	Perigoso, contém mercúrio

Na Tabela 4, o termo "geral" indica que a lâmpada pode iluminar em qualquer direção. Já o termo "*Flicker*" indica uma percepção de mudança constante do nível de iluminância da lâmpada.

A Figura 9 mostra a evolução da eficiência dos LEDs e a respectiva redução de preço. Com este decréscimo de valor e aumento da eficiência a utilização destes

dispositivos em instalações comerciais fica viável economicamente e com eficiência melhor que a fluorescente.

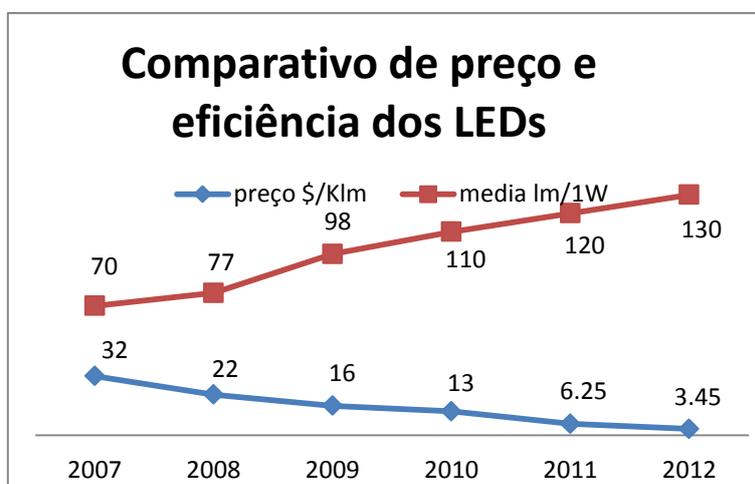


Figura 9 Comparativo de preço e eficiência dos LEDs

Fonte: Revista LED Magazine 2013, março, com dados da Strategies Unlimited

Outra característica interessante dos LEDs de iluminação é a baixa distorção harmônica gerada. Kumar *et al.* (2011) mostra uma tabela comparativa das distorções harmônicas, geradas pelas lâmpadas LED e fluorescente compacta. Esta comparação é baseada em reatores comerciais de baixo custo. Esta comparação é mostrada na Tabela 5.

Tabela 5 Análise das distorções harmônicas de lâmpada fluorescente compacta e LED.
Fonte: Kumar *et al.*(2011)

Sr. N°	Parâmetros da Lâmpada	Tipo	
		CFL	LED
1	Tensão Nominal rms aplicada na lâmpada V (V)	230	230
2	Corrente rms através da lâmpada I (A)	1,359	0,4
3	Tensão THD nos terminais da lâmpada (%)	2,3	1,8
4	Corrente THD que circula pela lâmpada (%)	96,9	8,5
5	Tensão rms fundamental V1 (V)	229,8	229,8
6	Harmônica rms de tensão V _H (V)	4,2	4,1
7	Corrente rms fundamental I1 (A)	0,976	0,39
8	Corrente rms harmônica I _H (A)	0,946	0,09
9	Potência total aparente S (VA)	310	83,09
10	Potência aparente fundamental S1 (VA)	225,2	82,1

Continuação da Tabela 5

11	Potência aparente não fundamental S_N (VA)	213,1	12,7
12	Potência ativa total P (W)	198	81,8
13	Potência ativa fundamental P1 (W)	197	81,6
14	Potência ativa harmônica P_H (W)	1	0,2
15	Potência reativa total Q (var)	237	14,5
16	Potência reativa fundamental Q1 (var)	109	13,7
17	Potência reativa não fundamental Q_H (var)	213,1	4,7
18	Fator de potência total	0,64	0,94
19	Fator de potência fundamental	0,875	0,98
20	Fator de potência de distorção	0,732	0,96
21	Ordem da harmônica em destaque	3 th	5 th
22	Fator de pico	3,19	1,68

Nas linhas 6 e 7 ficam evidentes os valores da harmônica na CFL e na LED, onde esta última apresenta valores significativamente menores (na linha 6, 40% da CFL e na linha 7, 9,5%) além disto a harmônica no LED é de quinta ordem e a da CFL é de terceira ordem, indicando menos perdas no sistema elétrico.

Neste experimento de Kumar *et al.* (2011) foram utilizadas dez lâmpadas CFL Phillips 20W e uma luminária Phillips LED de 90W.

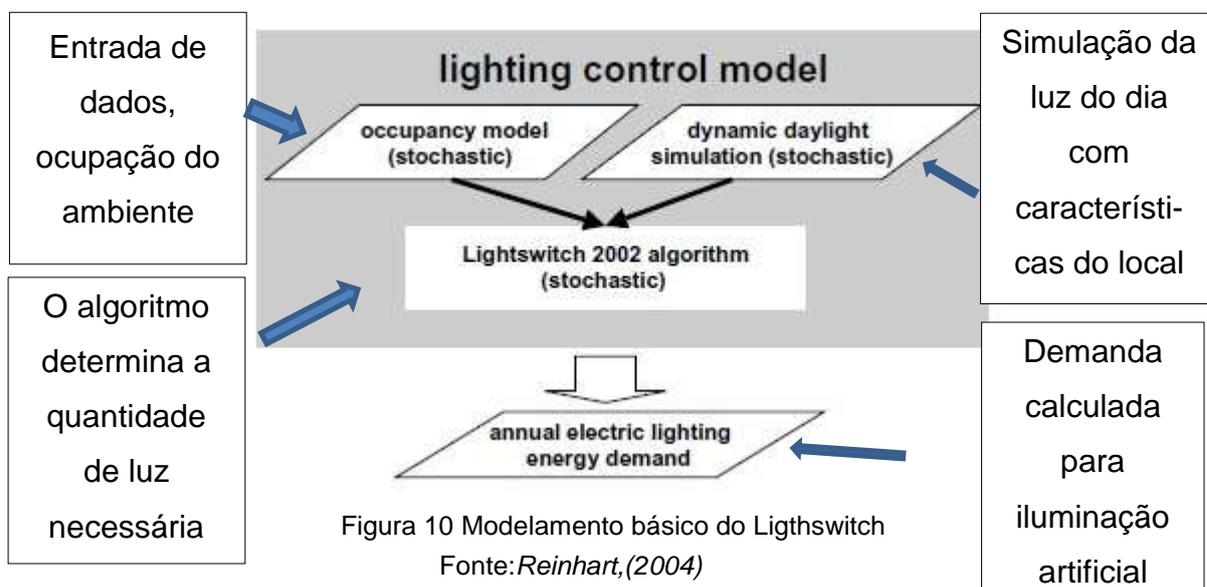
2.2 SIMULAÇÃO DE ILUMINAÇÃO

Em trabalhos como o de Hunt (1979) já eram analisadas as possibilidades de redução do consumo de energia elétrica de luz artificial em ambientes fechados.

Neste trabalho, ficou demonstrado, que as pessoas que utilizam o ambiente com luz artificial, dificilmente apagam a mesma ao sair, por outro lado, quando a iluminação natural é boa no ambiente as luzes permanecem apagadas na maior parte da pesquisa.

Um algoritmo apresentado por Reinhart (2004), com o nome de Lightswitch-2002, apresentou a simulação do uso de iluminação artificial com controle manual comparado a um sistema com sensor de presença e uma fotocélula para medir o

nível de iluminação natural do ambiente. Na Figura 10 é mostrada a modelagem básica utilizada por Reinhart para o *Lighthswitch-2002*.



O algoritmo se mostrou robusto e conseguiu demonstrar a redução do consumo de energia elétrica nos sistemas automatizados em comparação com o manual.

Este algoritmo apresentou algumas limitações como o fato de ser puramente descritivo, não apresentando, como resultado, a satisfação do usuário, o conforto térmico no ambiente, a privacidade dos ocupantes, entre outras limitações. O algoritmo foi integrado na ferramenta de desenvolvimento Lighthswitch Wizard e no Daysim (programa de análise da iluminação natural com base na radiação solar, que indica a quantidade da luz natural que incide num determinado ambiente).

Trabalhos como o de Bourgeois *et al.* (2006) se preocuparam em melhorar os simuladores através da incorporação de modelos de comportamento dos usuários. Neste trabalho é verificado o consumo de energia em edifícios na cidade de Roma e região de Quebec. A Figura 11 mostra o resultado obtido em Roma para sistemas de iluminação permanentemente ligados, com acionamento manual e automatizado. Neste caso onde a iluminação permaneceu ligada o tempo todo, além do consumo de eletricidade para as lâmpadas foi necessário a utilização de mais energia para resfriar o ambiente. No caso do manual o consumo de energia foi menor que no caso anterior assim como o consumo para resfriamento do ambiente. Na simulação do ambiente com automatização diminuiu o consumo de energia tanto para iluminação como para resfriamento.

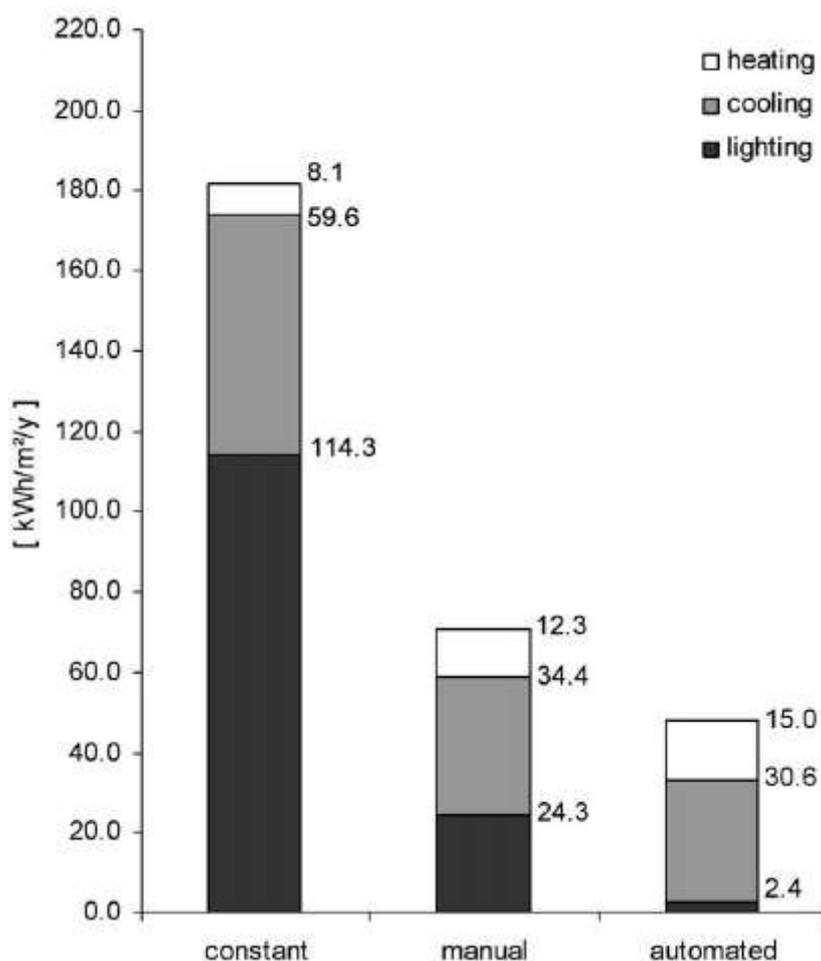


Figura 11 Energia primária anual requerida para iluminação, aquecimento e refrigeração
 Fonte *Bergeois et al.(2006)*.

No trabalho de Bourgeois *et al.* (2006) ficou demonstrado que a utilização de modelos comportamentais melhora a resposta do algoritmo tornando-o mais preciso nos resultados encontrados. Como fator limitante, aparece a relação entre a entrada de dados detalhada e o comportamento do usuário.

Em 2004, Reinhart analisou e comparou os resultados de simulação de iluminação entre os software DOE2.1 (programa que usa uma descrição do layout do edifício, as construções, os horários de funcionamento, sistemas de condicionamento e taxas de serviços públicos fornecidos pelo usuário, juntamente com dados meteorológicos, para realizar uma simulação horária do edifício e para estimar contas de serviços público) e DAYSIM e propôs um método mais realista (executável) para a economia de energia com a utilização de fotocélulas.

O DAYSIM é um software de análise da iluminação natural que calcula a disponibilidade de luz do dia num edifício, em um período determinado, com base na

radiação solar no local escolhido para a simulação. Segundo o *Guideline* (2013) existem três formas de simular a luz do dia, UDI – *Useful Daylight Index*, DA – *Daylight Autonomy* e o DF – *Daylight Factor*. Este último é a forma utilizada nas simulações deste trabalho.

A Figura 12 mostra o resultado da simulação de consumo de energia de iluminação anual usando fatores de ajuste para o PAF (*Power Adjustment Factor*), DOE2.1 e o DAYSIM. A iluminação é ativada durante a semana entre 7,00-18,00 e a fotocélula desliga quando a iluminância, no plano de trabalho medido, é superior a 800 lux (segundo a NBR5461, Lux - Unidade SI de iluminância: iluminância de uma superfície plana de um metro quadrado de área, sobre a qual incide perpendicularmente um fluxo luminoso de um lúmen, uniformemente distribuído).

As diferenças encontradas entre os dois programas foram atribuídas aos modelos utilizados e ao algoritmo subjacente utilizado. O algoritmo do DOE2.1 é mais conservador no critério do índice de brilho já o DAYSIM é mais conservador no algoritmo de aberturas. A Tabela 6 mostra um comparativo entre os algoritmos de simulação utilizados e sistema de controle proposto em cada um dos programas.

Tabela 6 Comparativo de algoritmo e sistema de controle

Programa	Algoritmo de Simulação	Modelo do Sistema de Controle
DOE 2	Interpolação com dados da luz do dia anual	Sinal de sensor para controlar iluminação
Daysim	Interpolação com utilização do coeficiente da luz do dia	Nível de iluminação de acordo com a luz natural através de sensores

Lagios *et al.* (2010) apresentaram um estudo de simulação para análise da iluminação natural, utilizando o programa *Rhinoceros/Grasshopper* em conjunto com o *Radiance/DAYSIM*. Este estudo demonstrou que esta utilização em conjunto pode dar subsídios aos projetistas e arquitetos para definirem, por exemplo, posição e aberturas em edifícios com a finalidade de reduzir a utilização de energia elétrica.

Neste trabalho utilizou-se o DAYSIM, para obter a DPI (Densidade de Potência de Iluminação) mínima para alimentar o software Domus.

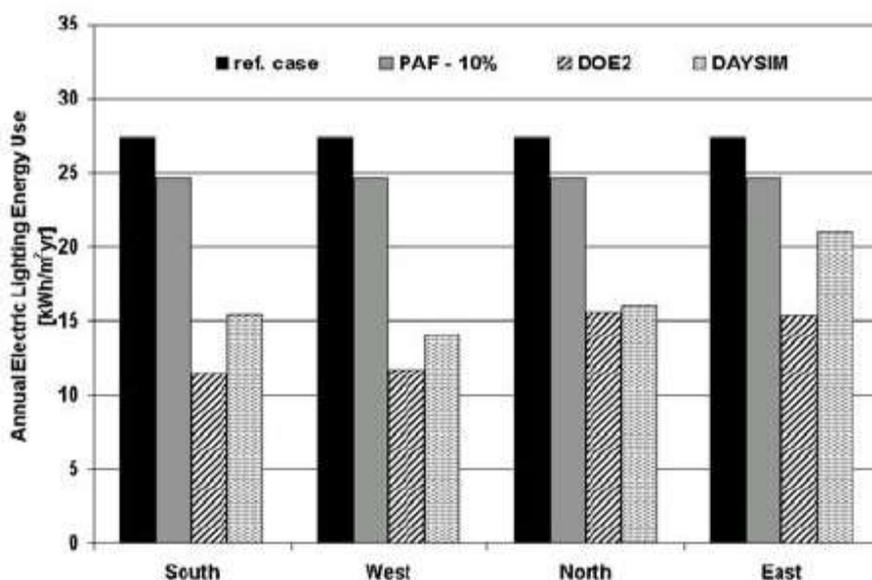


Figura 12 Resultado da simulação de iluminação nas quatro posições geográficas. Fonte Reinhart, 2004.

2.2.1 Simulador DOMUS

O Domus (Mendes *et al.*, 2003) é um programa de simulação de ambientes utilizado para verificar, dentre outros parâmetros, conforto térmico em ambientes sobre o efeito solar, umidade, quantidade de pessoas, equipamentos, iluminação, posição geográfica, entre outros. O objetivo é ter informações sobre o consumo de energia elétrica com densidade de iluminação utilizando lâmpada fluorescente em comparação com a lâmpada LED.

O Domus apresenta uma tela inicial onde é possível representar o ambiente a ser simulado, na Figura 13 é mostrada a telas de inicialização e o ambiente de simulação.

Na opção Parâmetros – Parâmetros da Simulação – Geral a tela oferece a possibilidade de marcar ou desmarcar, escolher horários, definir o clima externo, dentre outras possibilidades, conforme mostrado na Figura 14.

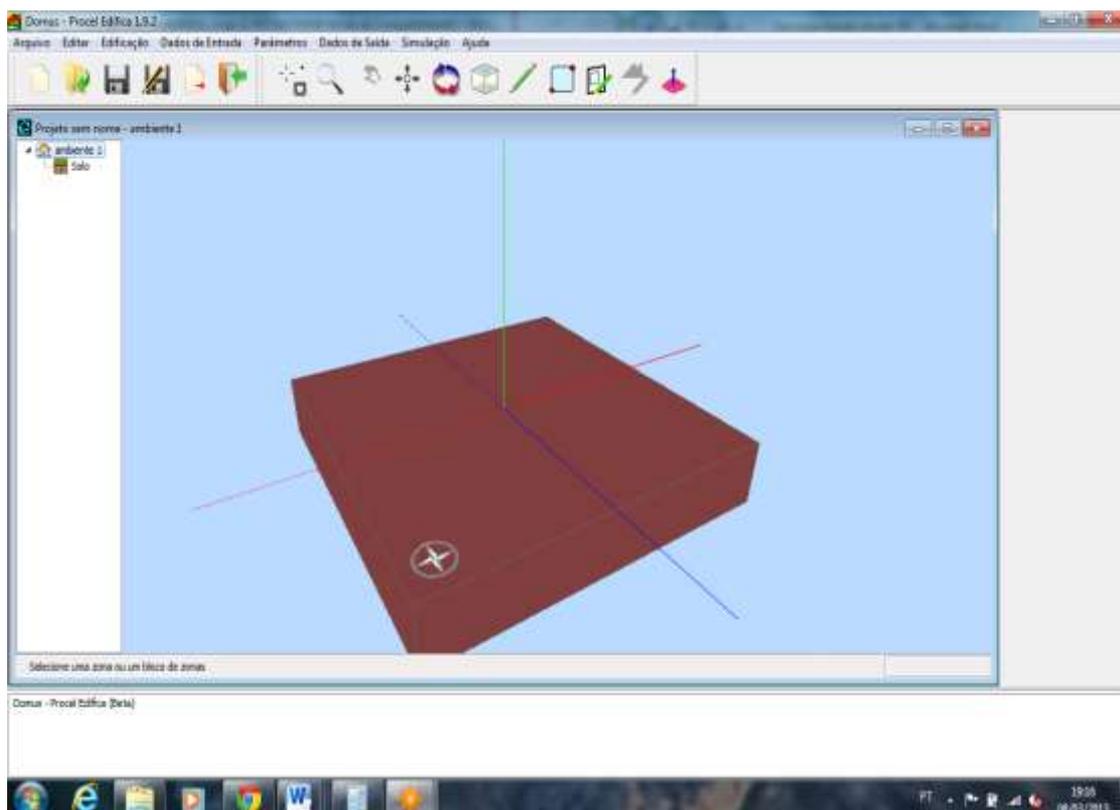


Figura 13 Tela inicial do Domus com o ambiente a ser utilizado para a simulação

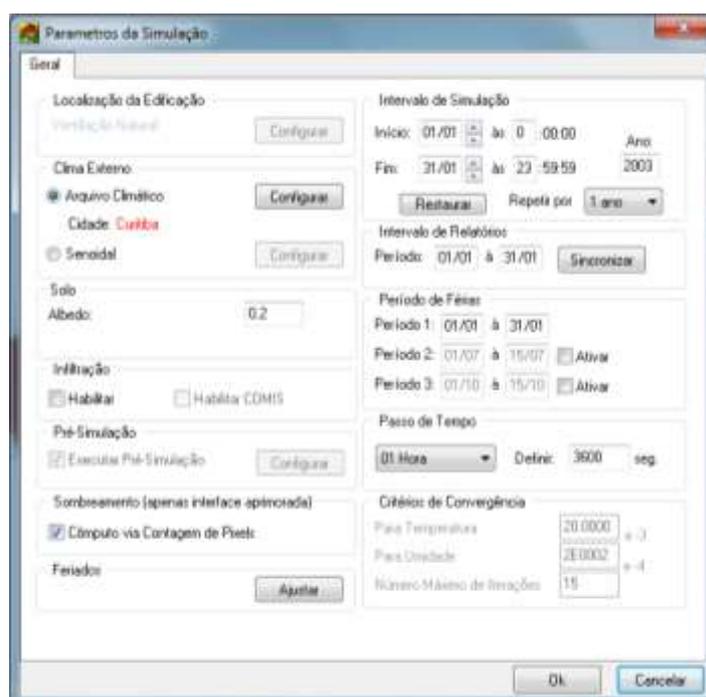


Figura 14 Tela de ajuste de parâmetros de simulação

Como tela para saída dos dados, ou seja, resultado da simulação o Domus apresenta a tela mostrada na Figura 15. Estes dados podem ser Demanda e Consumo de Energia, Conforto Térmico, Perfil de Temperatura, entre outros.

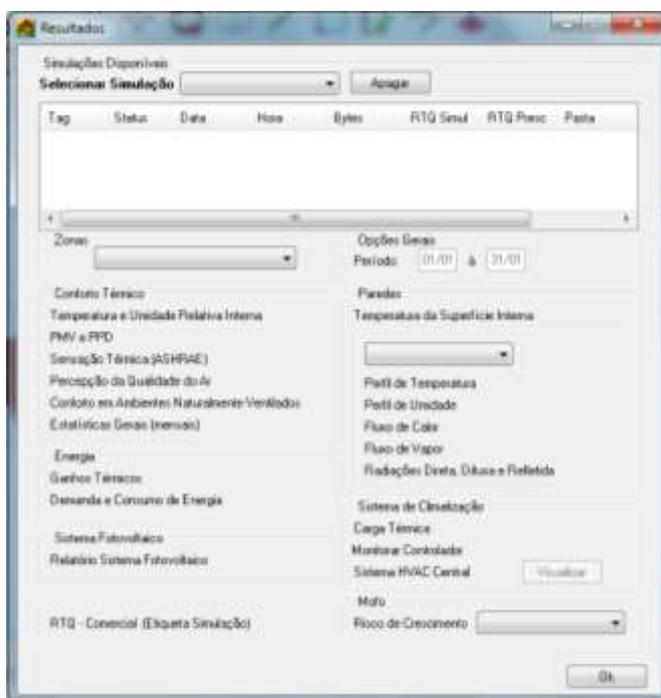


Figura 15 Tela de resultados do Domus

Neste trabalho foram utilizadas duas versões do Domus, a primeira simulação utiliza a versão do Domus de 2010 e as demais simulações utilizam a versão 2013 com o novo nome Domus-Eletróbrás. Isto se deve em virtude da primeira experiência já ter sido simulada em 2011. Em nada mudará os resultados encontrados uma vez que as fórmulas utilizadas pelo simulador, bem como os respectivos algoritmos permanecem inalterados. Na versão de 2013 alguns recursos gráficos foram incorporados.

2.3 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

A energia solar é limpa, inesgotável e gratuita. Dentre as aplicações desta energia destacam-se as bombas d'água (para sistemas alimentados à energia

solar), sistemas isolados, ou seja, fora das redes de distribuição de energia, satélites de comunicação, carros elétricos, iluminação pública, entre outros.

Segundo Ekren *et al.* (2008) as módulos fotovoltaicos apresentam dois grandes problemas. Um deles é o climático, ou seja, depende das condições do tempo, posição geográfica, hora do dia, entre outras, com isto a geração não é constante ao longo do dia, semana, mês ou ano. Outro problema é a baixa eficiência dos módulos fotovoltaicos em converter energia solar em elétrica, estes valores variam de 9 a 17%.

Ainda de acordo com Faranda *et al.* (2008, apud Ekren *et al.* ,2008) os módulos fotovoltaicos apresentam as seguintes vantagens: não possuem partes girantes, baixa manutenção ao longo da vida útil, não emitem poluentes em seu funcionamento e a manutenção é baixa.

Os painéis solares podem ser usados, também como substituto das telhas em edificações (Yu *et al.*, 2010). Como benefício desta substituição está a redução do custo com a telha e a respectiva infraestrutura necessária.

As tecnologias disponíveis no mercado, a preços competitivos, são baseadas em silício monocristalino, policristalino e os filmes finos. A Figura 16 mostra os três modelos citados. Segundo Ruther (2004, apud Santos *et al.*(2008) o silício monocristalino é composto por uma única camada de silício com 1 μ m de espessura com rendimento na ordem de 7%. O policristalino possui de 200 μ m a 300 μ m de silício com rendimento em torno de 13%. Os de filme fino são feitos com silício amorfo (a-Si, ou ainda a-Si:H – silício amorfo hidrogenado).

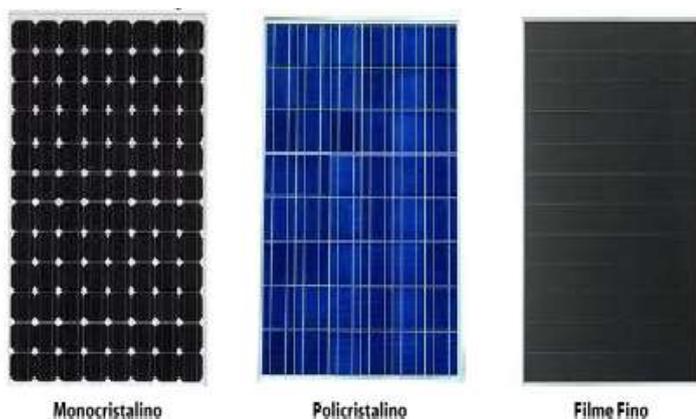


Figura 16 Exemplo de módulos fotovoltaicos.
Fonte GT Cogen Solar, 2012

A tecnologia de célula solar orgânica já está em condições de entrar no mercado e segundo Krebs (2010), são de instalação barata, de baixo custo e podem ser produzidas em larga escala.

De acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar (2006) o Brasil possui um bom potencial de geração de energia solar. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra a quantidade diária média anual de insolação por região do Brasil. As escalas de marrom indicam as diferentes insolações do Brasil.

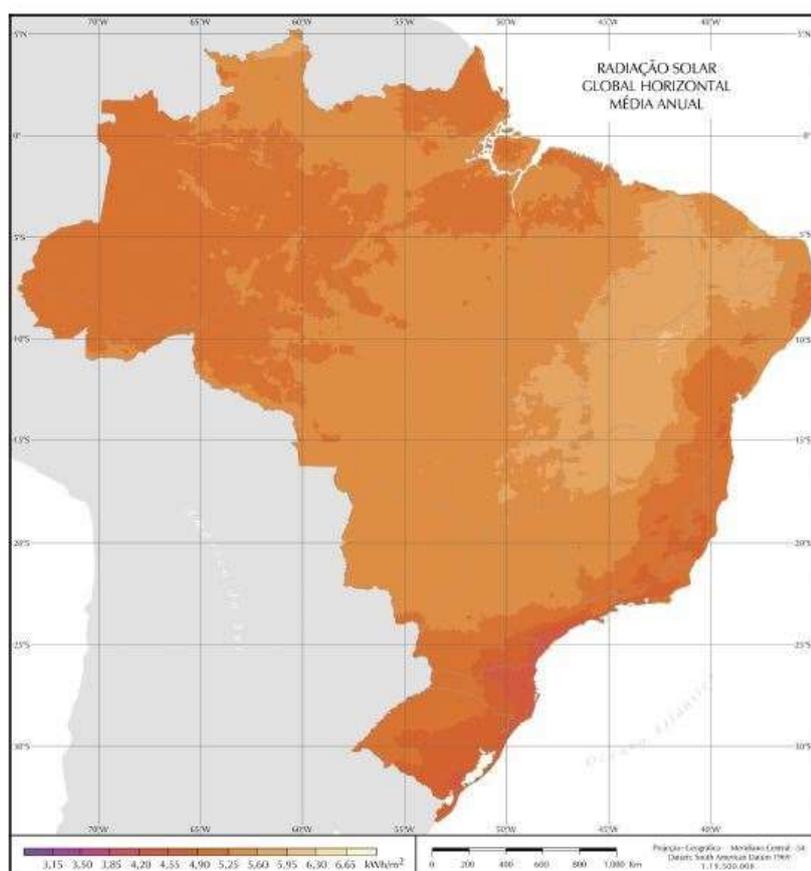


Figura 17 Radiação Solar Global Horizontal Média Anual
Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar

Com esta quantidade de luz durante o dia é possível determinar a variação de radiação solar global diária em nosso território.

Com estes dados é possível verificar o potencial de geração de energia solar em determinada região. Tiepolo *et al.* (2013) fez um levantamento do potencial fotovoltaico no estado do Paraná. A Figura 18 mostra este mapa por região do estado.

A Região de Curitiba tem, de acordo com este levantamento, um potencial de geração de energia elétrica média anual de 3,60 a 3,75KWh por 1 (um) KWp (p indica pico) instalado, em um dia.

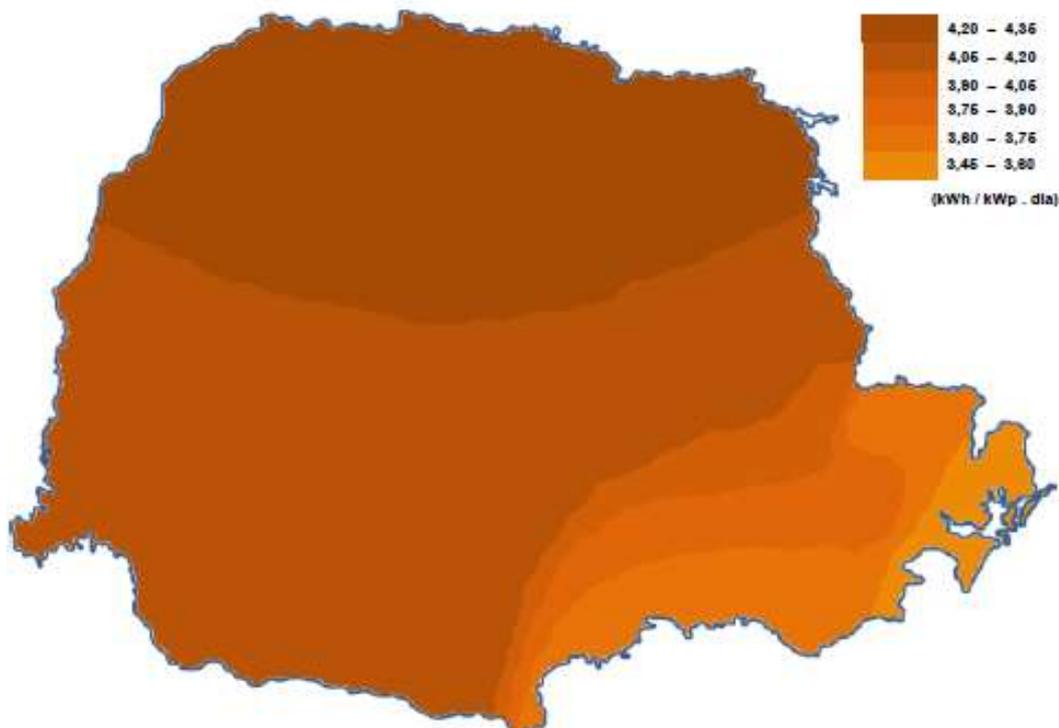


Figura 18 Mapa Fotovoltaico do estado do Paraná.
Fonte: Tiepolo et al. (2013)

2.4 DIMERIZAÇÃO DE LED

Os LEDs por trabalharem em corrente contínua, DC (*Direct Current*) facilitam a dimerização da intensidade luminosa através de duas técnicas de controle. A primeira é o controle da tensão a ser aplicada no LED. Esta técnica, embora simples não permite um controle linear sobre o nível de iluminação produzido pelo LED. Segundo Gracio *et al.* (2012, citando Garcia et al., 2009) esta técnica altera a cor da luz emitida pelo LED. Outra forma de controlar a luminosidade da lâmpada é através da Modulação por Largura de Pulso – PWM (*Pulse-Width Modulation*). Esta técnica, ainda segundo Gracio *et al.* (2012), consiste na comutação da lâmpada LED entre ligado e desligado numa frequência que o olho humano percebe apenas como alteração no nível do iluminância produzido.

Segundo Gracio *et al.* (2012) e Galkin (2011) existem três formas deste controle PWM que são: *PWM enable dimming*, *PWM series dimming* e *PWM shunt dimming*. A *enable dimming* é a técnica usada na maioria dos dispositivos e o

controle de iluminação se dá através de um sinal analógico que controla a largura de pulso a ser aplicada ao LED. Na técnica *serie* um transistor é utilizado para controlar a carga, ligando e desligando a mesma através dos pulsos recebidos no gatilho do transistor. Na técnica *shunt* um transistor é ligado em paralelo com a carga, lâmpada LED, desviando parte da corrente do LED.

A Figura 19, mostra o esquema proposto por Gracio *et al.* (2012) para uma dimerização do LED.

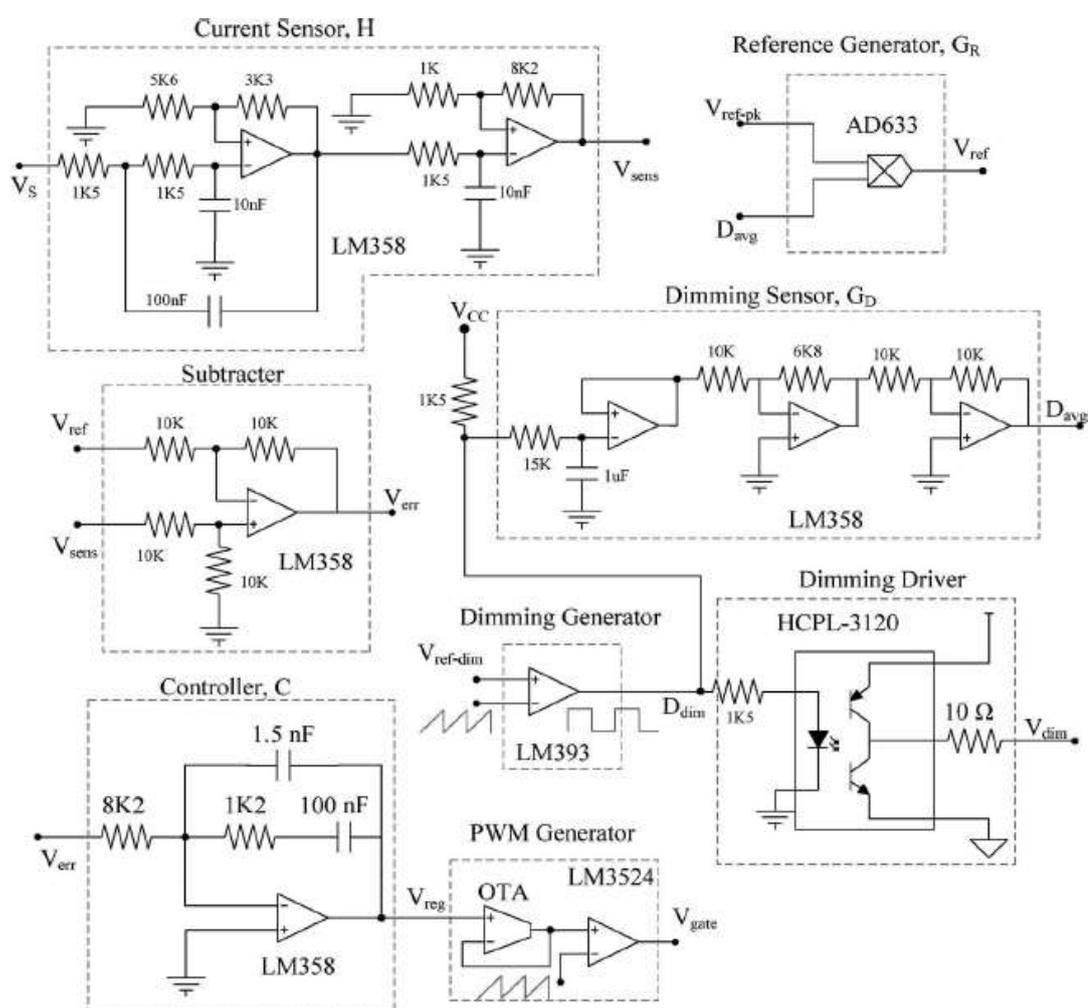


Figura 19 Circuito para dimerização de LED através da técnica PWM series

Fonte: Gracio *et al.* (2012)

A Figura 20 mostra os diferentes resultados encontrados com diferentes níveis de iluminação de saída dos LEDs, ou seja, a intensidade da luz produzida pelo LED foi variando entre 100%, 70%, 50% e 10%. Para cada uma destas intensidades a tensão e corrente foi medida.

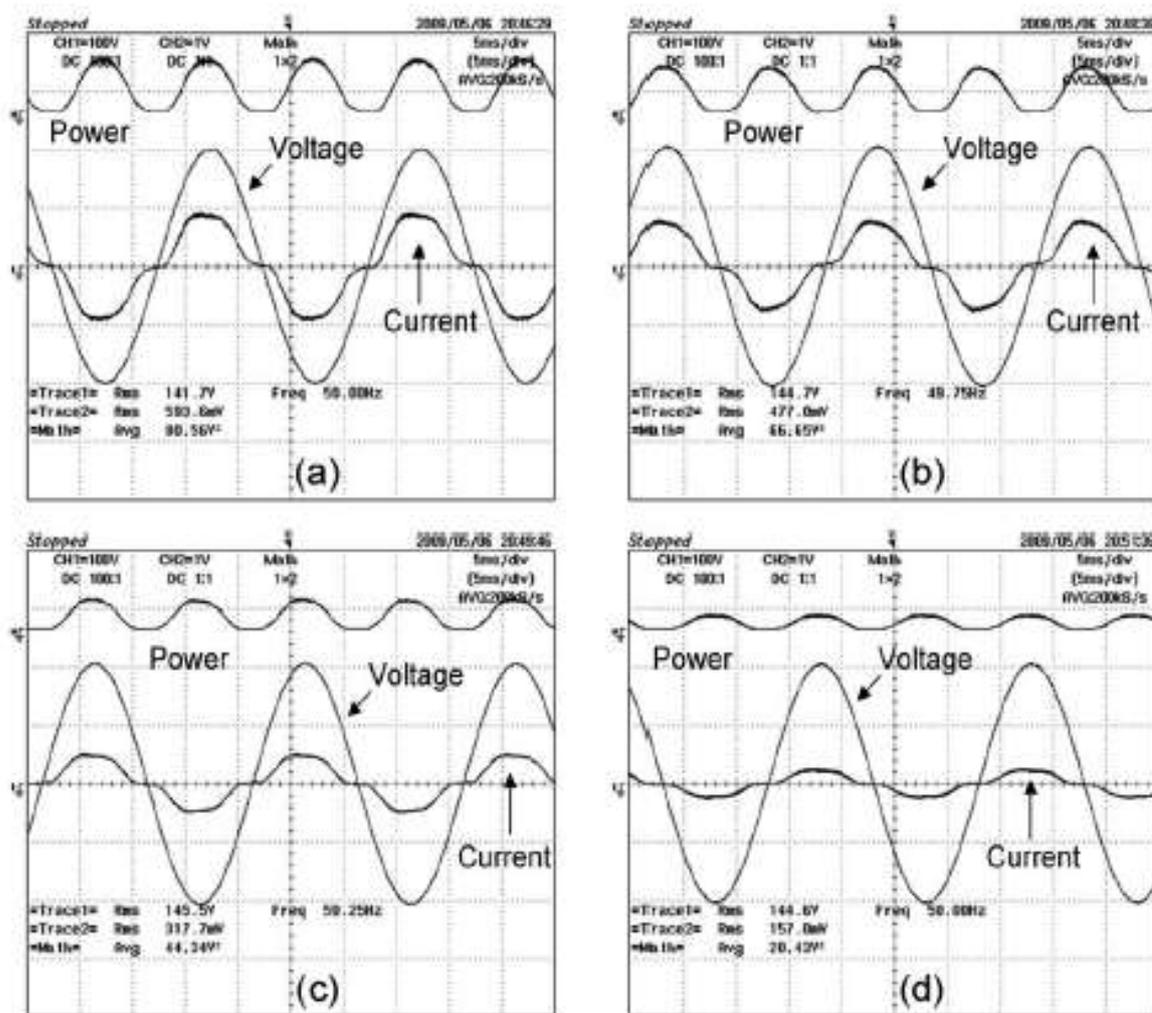


Figura 20 Comparativo entre a tensão de entrada e a saída com níveis de saída do fluxo luminoso. (a) 100% da iluminação; (b) 70% de iluminação produzida; (c) 50% de iluminação e (d) 10% de iluminação gerada pelo LED.

Fonte: Gracio (2012)

Koh *et al.* (2011) propuseram a utilização de LED através de sensores sem fio, colocados nas mesas de trabalho. Nesta proposta o ambiente foi iluminado por lâmpadas fluorescentes e por LEDs. Alguns LEDs entravam em operação quando o sensor indicava a presença de pessoa naquela mesa. Com esta técnica o consumo de energia foi melhorado, ou seja, quando o nível de iluminância no local estava abaixo do ideal e o sensor de presença detectava movimento, o sistema ligava a lâmpada. Não ocorreu dimerização no LED, apenas o acionamento ou desligamento na presença ou ausência de pessoa na mesa.

Ma *et al.* (2011) discutiram a necessidade de substituir o capacitor, no circuito PWM, pois é um elemento que tem a vida útil menor que o LED podendo deixar o sistema inoperante por sua queima. Nesta proposta é apresentado como substituto do capacitor eletrolítico, conforme mostra a Figura 21.

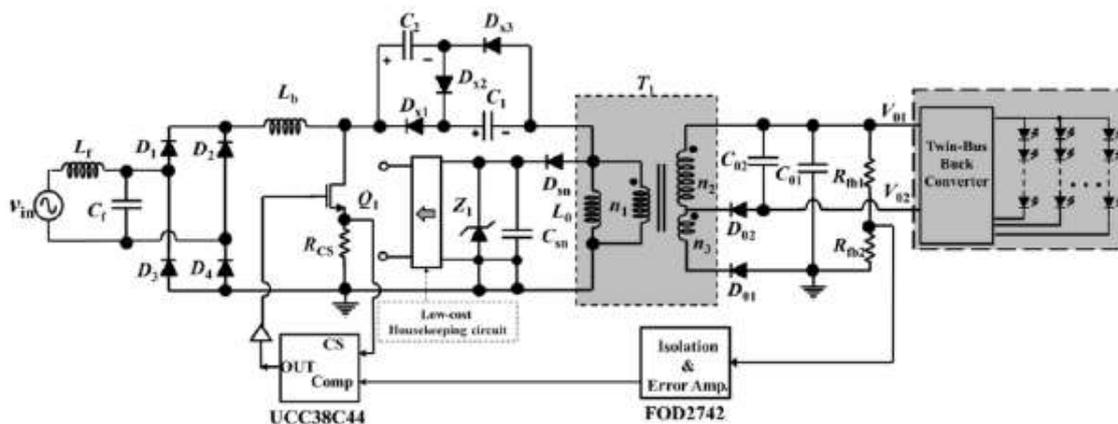


Figura 21 Circuito alternativo sem capacitor eletrolítico.
Fonte: Ma et al. (2011)

Como resultados desta técnica foram encontrados as seguintes vantagens: redução na tensão sobre o diodo de saída; na faixa de operação do sistema o capacitor trabalha como capacitor de desacoplamento de energia, diminuindo a baixa frequência de dissociação, eliminando o capacitor eletrolítico, o circuito de ajuda de comutação funciona como um *MOSFET* reduzindo a tensão sobre o capacitor.

Mirvakili *et al.* (2010) propõe a utilização de circuito integrado com a tecnologia CMOS para a dimerização de LED. A Figura 22 mostra o esquemático desta proposta.

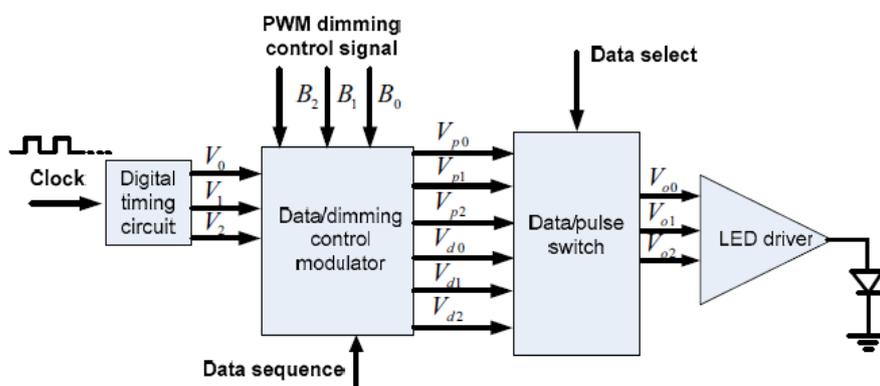


Figura 22 Diagrama em blocos do driver para LED.
Fonte: Mirvakili (2010)

Com esta solução o consumo de corrente para controle da iluminação é menor, pois o CMOS tem baixo consumo e apresenta solução integrada para geração e controle de pulso para a dimerização do LED.

2.5 AVALIAÇÃO DOS USUÁRIOS DO LST-2

A sensação e percepção do usuário face ao conforto visual estão diretamente ligadas ao sistema de iluminação do ambiente (Veitch *et al.*, 2008, apud , Pais, 2011).

Com o objetivo de identificar diferenças significativas da percepção da luz no ambiente estudado, recorreu-se a um questionário para ser aplicado aos usuários do bloco III. Segundo Günther (2003) o questionário precisa apresentar algumas características, tais como: as questões devem ser claras e objetivas; a quantidade de perguntas deve ser limitada; as questões devem envolver somente o tema pesquisado; a identificação não precisa ser feita para que o respondente tenha liberdade de opinar.

Na realização de um questionário um dos fatores importantes a se considerar é a amostragem probabilística, neste caso, a amostragem é aleatória por conglomerados ou grupos, representativo da população, ou seja, usuários do Bloco III (Marconi *et al*, 1996), todos os usuários do bloco III tem igual probabilidade de pertencer à amostra.

Segundo Gonçalves *et al.* (2011, citando Haves, 1995) os seguintes aspectos devem ser levados em conta na elaboração de um questionário: determinação dos itens que compõem o questionário; seleção do formulário para resposta; redação da introdução ao questionário; determinação do conteúdo do questionário definitivo. O questionário precisa garantir que as questões sejam relevantes ao problema pesquisado, curtas, diretas e não devem orientar o respondente para nenhuma resposta. O tipo de formulário pode ser do tipo *checklist* e o método Likert (o item é avaliado através de pesos das respostas). A introdução do questionário deve ser sucinta, apresentando o objetivo e para que se aplique o referido questionário. O conteúdo do questionário é o item mais importante, pois devem abranger tudo o que se precisa pesquisar sem inclusão de perguntas desnecessárias.

A aplicação de questionário permite ao pesquisador verificar o estado em que se encontra, por exemplo, a iluminação de um determinado ambiente, Pecin (2002) utilizou esta técnica para determinar a satisfação dos usuários de uma UTI sobre a iluminação da mesma. Barbosa (2010) aplicou questionários para analisar a percepção dos usuários de características como cor do ambiente, fadiga no trabalho, posição geográfica, cortinas abertas ou fechadas, entre outros.

2.6 VIABILIDADE ECONÔMICA

Nos setores comerciais e industriais, além da viabilidade técnica de uma solução é necessário que ela seja economicamente viável. Segundo Gitman (2002) o termo *payback* ou tempo de retorno é utilizado para a análise de investimento nas empresas. O tempo de retorno é o período de tempo necessário de recuperação do investimento através do fluxo de caixa da empresa. Embora este método seja muito usado, falha em não levar em consideração a taxa de juros e o valor corrigido do dinheiro (Gitman, 2002).

Para avaliar a viabilidade econômica do investimento será utilizado o Valor Presente Líquido (VPL). Segundo Urtado *et al.* (2009) este método é bastante utilizado para tomar decisões sobre investimentos. A equação 3, apresenta a fórmula do VPL.

$$VPL = -I + \sum_1^n \frac{(B - M)}{(1 + i)^n} \quad (3)$$

Onde:

I: investimento – R\$;

B: benefício (capacidade de retorno ou fluxo de entrada de caixa) – R\$/ano;

M: manutenção - R\$/ano;

i: taxas de desconto do projeto;

n: vida útil do equipamento – anos;

A análise para decisão da execução ou não no projeto é com base no resultado do VPL. O projeto é viável se o VPL for maior que zero e inviável se for menor que zero.

Para os cálculos de viabilidade econômica, os valores estão na Tabela 7.

Tabela 7 Valores de equipamentos e serviços do projeto

Item	Quantidade	Custo unitário R\$	Total R\$
Lâmpada LED 18W	14	110,00	1540,00
Inversor <i>on grid</i> 600W	1	750,00	750,00
Módulo Solar de 150W	4	1.000,00	4.000,00
Material Instalação Módulos Solares	1	500,00	500,00

A taxa de desconto do projeto será de 1% ao mês. A vida útil dos módulos solares, segundo o fabricante é superior a dez anos e, portanto este será o número considerado. Como não existem partes móveis na geração solar não será considerado nenhum valor para manutenção, da mesma forma, para as lâmpadas LED, não existem partes móveis e o tempo de vida útil, segundo o fabricante é mais de 40.000h, portanto para este cálculo não terá valor de manutenção no ano.

3 METODOLOGIA

Este estudo pode ser classificado como pesquisa aplicada, prática e de campo, de natureza científica.

O objetivo metodológico desta pesquisa é gerar conhecimento sobre o uso de LED em iluminação comercial, de maneira energeticamente eficiente, com a utilização de sistema fotovoltaico para geração de energia, analisando a viabilidade econômica.

Para representar melhor as atividades metodológicas que serão abordadas nesta pesquisa, foi elaborada a Tabela 8.

Tabela 8 Atividades metodológicas adotadas

Atividades Metodológicas	Fases da Pesquisa	Resultados Esperados
1 .Revisão literatura	Análise dos estudos realizados na área da pesquisa	Verificar o estado atual dos resultados encontrados na literatura
2. Avaliação da capacidade de iluminação do LED	Comparar o nível de iluminação produzido por uma lâmpada fluorescente e uma LED utilizando um corpo de prova	Consumo de energia menor com o LED, para o mesmo nível de iluminação.
3. Avaliação térmica do LED	Comparar o calor produzido, nesse corpo de prova, pela iluminação fluorescente e LED.	O calor produzido pela iluminação LED é semelhante a da fluorescente.
4. Simulação de consumo anual de energia	Simular no DOMUS o consumo anual de energia, em um ambiente pré-definido, de uma iluminação fluorescente e LED	Determinar o potencial de redução do consumo anual de energia com o LED.

Continuação da Tabela 8 Atividades metodológicas adotadas

5. Avaliação de grandezas elétricas com iluminação do LST-2	Medir grandezas elétricas do sistema de iluminação do LST-2 em três momentos: iluminação encontrada; nova; com LED	Comprovar que o LED pode gerar o mesmo nível de iluminação com menor consumo de energia.
6. Satisfação dos usuários do LST-2 com a iluminação	Aplicação de questionário aos usuários do LST-2, para verificar se existem diferenças na percepção da luz no ambiente	Verificar se, com a iluminação LED, existe alguma mudança na percepção da luz ambiente pelos usuários.
7. Validação externa das medições	Testar o consumo de energia das lâmpadas fluorescente e LED em laboratório certificado	Verificar se os resultados encontrados na pesquisa estão coerentes com as medições em laboratório certificado pelo INMETRO
8. Validação dos Dados obtidos nos ensaios	Verificar a integridade dos dados obtidos nos ensaios em laboratório.	Verificar se os resultados encontrados estão dentro do limite aceitável de significância
9. Geração de energia solar para o sistema de iluminação LED	Dimensionar e instalar módulos fotovoltaicos para gerar energia para o sistema de iluminação.	Verificar se a quantidade de energia gerada pelos módulos fotovoltaicos é capaz de suprir a potência requerida pelo sistema de iluminação.
10. Integração da iluminação artificial com a natural	Desenvolver um controle automático, para atuar nos LEDs e diminuir seu consumo enquanto a luz natural atender integralmente ou parcialmente a iluminação no plano de trabalho.	Verificar a diminuição do consumo do LED com o controle desenvolvido.

Continuação da Tabela 8 Atividades metodológicas adotadas

11. Viabilidade econômica da iluminação LED e geração fotovoltaica	Analisar o tempo de retorno do investimento em lâmpadas LED, módulos fotovoltaicos.	Verificar em quanto tempo é possível o retorno financeiro para o investimento em LED e PV.
--	---	--

A metodologia aplicada neste trabalho apresenta várias etapas, que serão descritas a seguir.

No primeiro ensaio (atividade 2) a intenção era medir a quantidade de luz (Lux) emitida pela lâmpada fluorescente e com os LEDs de alta potência, para verificar quantos LEDs são necessários para emitir a mesma quantidade de luz da fluorescente. No segundo ensaio (atividade 3) a intenção foi de verificar a temperatura no interior de uma caixa, em diversos pontos, tanto para os dois tipos de lâmpadas analisadas e verificar se existem diferenças de temperatura entre elas. No LST-2 os ensaios (atividade 5) têm como objetivo medir o nível de iluminância para cada uma das condições encontradas, ou seja, lâmpadas e reatores usados, com lâmpadas e reatores novos (chamado de *retrofitting*) e com LEDs, assim como a medição de grandezas elétricas. Para cada uma destas fases, uma pesquisa de satisfação dos usuários foi aplicada (atividade 6) com a intenção de verificar se os mesmos percebem algumas diferenças visuais entre os três tipos de lâmpadas. Como as lâmpadas LED consomem menos potência que as fluorescentes, para o mesmo nível de iluminamento, os módulos fotovoltaicos foram dimensionados para suprir esta demanda (atividade 9). O objetivo aqui foi de verificar se a potência instalada, com base em valores comerciais, é suficiente para suprir esta demanda. No último ensaio foi proposto (atividade 10) um controle contínuo da iluminação artificial com base na iluminação natural no ambiente. Neste caso a proposição foi a de diminuir o consumo de energia das lâmpadas LED durante os períodos de maior incidência de radiação solar no LST-2.

Num primeiro momento foi montada uma caixa onde serão feitas as medições de luminosidade, através de luxímetro, de três posições distintas, tanto para lâmpada fluorescente como para lâmpada LED. O objetivo foi verificar qual a quantidade de LEDs que proporciona a mesma quantidade de iluminância de uma lâmpada fluorescente. Com o resultado encontrado, dimensionou-se a iluminação de um ambiente com as mesmas proporções da caixa. Com este dimensionamento,

para lâmpada fluorescente, fez-se a simulação no Domus para verificar o consumo anual de energia. Da mesma forma, a simulação ocorreu para a lâmpada LED, gerando a mesma quantidade de iluminância que a fluorescente e simulado para determinar o consumo anual de energia.

Num segundo momento a mesma caixa, agora recoberta, internamente, com poliestireno expandido (EPS) de 5 mm de espessura, tampados os furos (do primeiro experimento) e inseridos dez sensores de temperatura (termopares), sendo nove no interior da caixa e um externo à caixa. Esta caixa foi posicionada numa câmara com temperatura controlada e estável. Inicialmente as medições foram com a lâmpada fluorescente. Como a lâmpada precisa de um tempo para alcançar as condições normais de funcionamento, as medições iniciaram após quinze minutos de funcionamento. Três medições para cada sensor, num total de trinta valores de temperatura. Depois de feitas estas medições a lâmpada fluorescente foi trocada pela LED e novas medições realizadas.

No terceiro momento, no LST-2, realizou-se a medição do nível de iluminância, de acordo com a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) na NBR (Norma Brasileira Regulamentar) 5382, em pontos distintos do ambiente. Para cada ponto três medições com o luxímetro. Com um multimedidor de grandezas elétricas com medições de corrente, potência e fator de potência do sistema de iluminação. Após estas medições um questionário foi aplicado para verificar o grau de satisfação com a iluminação do ambiente. Os participantes deste questionário pertencem ao grupo de alunos e funcionários da PUCPR que frequentam o parque tecnológico bloco III. A Figura 23 mostra o fluxograma de aplicação do questionário.

Com os resultados obtidos nos ensaios, procedeu-se a simulação do ambiente (atividade 4), no Domus onde se constatou o consumo anual de energia.

No quarto momento, também no LST-2, com lâmpadas e respectivos reatores substituídos por novos, medições das mesmas grandezas elétricas ocorreram, utilizando os mesmos pontos definidos anteriormente. Após a substituição das lâmpadas e reatores o questionário foi aplicado, para pessoas do mesmo grupo, ou seja, alunos e funcionários da PUCPR que frequentam o parque tecnológico bloco III.

No quinto momento, ainda no LST-2, com lâmpadas LED, no formato tubular, semelhante à fluorescente, já incluídas as fontes de corrente contínua para a respectiva alimentação das lâmpadas ocorreram novas medições. O

dimensionamento destas lâmpadas foi baseado no nível de iluminação existente. Da mesma forma que nos anteriores, a medição ocorreu com o mesmo luxímetro, nos mesmos pontos das duas experiências anteriores. Após a colocação dos LEDs, um novo questionário foi aplicado, para pessoas do mesmo grupo, ou seja, alunos e funcionários da PUCPR que frequentam o parque tecnológico bloco III.

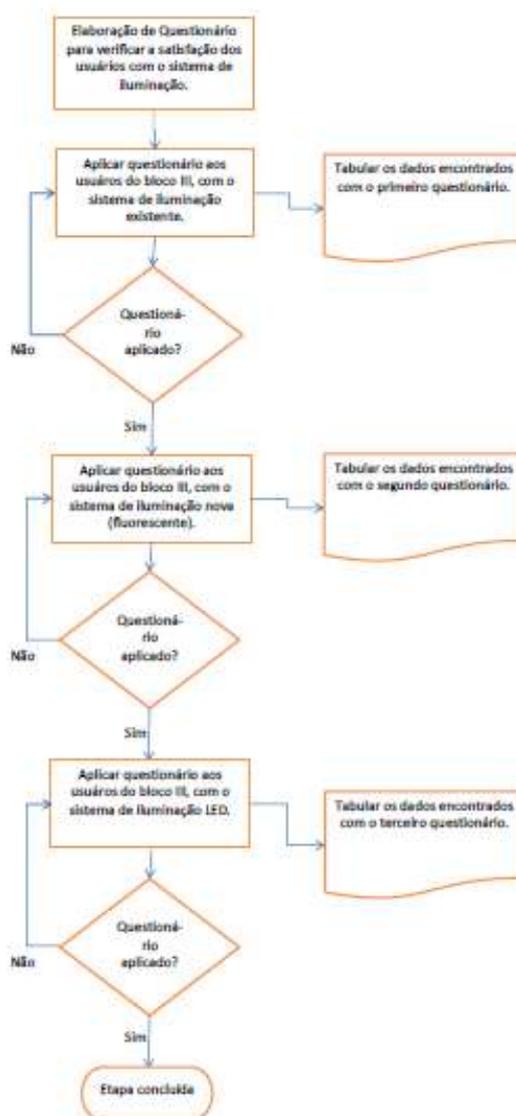


Figura 23 Fluxograma de aplicação do questionário

Na sétima etapa da pesquisa foi dimensionado e instalado um conjunto de módulos fotovoltaicos, na cobertura do parque tecnológico, para tornar a iluminação do LST-2 autossuficiente sob a ótica de balanço energético. Para isto, juntamente com o painel fotovoltaico foi instalado um conversor *on-grid* ligado diretamente na

tomada do LST-2. Este tipo de conversor fornece, no máximo 600W pico, no período de máxima irradiância solar em Curitiba. Enquanto o sistema de iluminação estiver desligado toda a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos, é entregue à rede elétrica da concessionária, que funciona como bateria para acúmulo desta energia gerada. No caso de painéis fotovoltaicos, é necessário o uso do inversor *on grid*, que permite a interligação dos sistemas com a rede da concessionária. Isto se deve ao fato dele conseguir sincronizar com a frequência da rede de 60Hz através de um oscilador local e limitar a tensão para que a mesma não seja superior à tensão da rede. O conversor *on grid* ainda possui um fator de deslocamento constante, ou seja, as formas de onda da tensão de saída e da corrente estão em fase, e muitas vezes possuindo um ângulo de defasagem de apenas 1 grau com relação à rede elétrica da concessionária. O inversor *on grid* possui um seguidor do ponto de máxima potência (MPPT), permitindo aproveitar ao máximo a capacidade de geração, além de possuir um dispositivo de proteção contra ilhamento, sobrecarga e sobretensão (FRANCHI, 2009).

Ocorreram medições, diárias, da energia gerada, por um período de 15 dias para verificar as potências geradas ao longo deste período, bem como da energia acumulada. A ANELL editou a Resolução Normativa 482 de 2012 que trata da Micro e Mini Geração Distribuída. De acordo com a NTC 905100, item 4.1.6.1 tal projeto não necessita de aprovação prévia por parte da COPEL, porém deve ser apresentada a Anotação de Responsabilidade Técnica – ART, assinada por um profissional responsável e o projeto deve atender todos os requisitos de um sistema de microgeração fotovoltaica. Os equipamentos e proteções, assim como o medidor bidirecional devem ser instalados, de acordo com a mesma norma. Neste tipo de geração, a unidade instalada tem apenas uma redução no consumo mensal de energia. Os módulos fotovoltaicos utilizados são de fornecedor nacional e o inversor de fabricação chinesa, aguardando homologação. O modelo adquirido foi sugerido pelo fornecedor dos módulos. O INMETRO é o órgão responsável por analisar os modelos que serão utilizados no Brasil e emitir certificado de conformidade para uso e instalação.

Na oitava etapa foi desenvolvido o projeto, simulação e desenvolvimento de um protótipo para ajustar o nível de iluminância da lâmpada LED com base na intensidade de iluminação natural no ambiente. Nesta solução foi desenvolvido um filtro para desligar a lâmpada LED quando o nível de iluminação natural for suficiente

para o trabalho no ambiente e quando esta iluminação natural for insuficiente o sistema aumenta ou diminui a intensidade luminosa da lâmpada com base na iluminação natural dentro do ambiente. Para a simulação deste consumo com o *dimmer*, utilizaram-se os resultados obtidos no Daysim, com configuração para *dimmer*, para simular no DOMUS o consumo anual de energia.

Na nona etapa (atividade 7) foram utilizadas as instalações do Laboratório de Eletrotécnica do LACTEC para efetuar ensaios na lâmpada fluorescente de 32W e na lâmpada LED de 18W. Nestes ensaios foram feitas medições de grandezas elétricas de consumo e nível de iluminação das lâmpadas.

A última etapa deste trabalho foi verificar a viabilidade econômica (atividade 11) para instalação de lâmpadas LED, isolada e em conjunto com módulos fotovoltaicos, gerando energia, para o sistema através de inversor “*on grid*”. Neste caso, o tempo de retorno de investimento define se é economicamente viável, levando em conta o tempo de vida útil das lâmpadas LED, dos módulos fotovoltaicos e do inversor.

Para validação dos dados obtidos nos experimentos foi utilizado o programa Minitab que é uma ferramenta computacional que tem como opções: estatísticas descritivas, teste Z, teste t de uma e duas amostras, teste t pareado, teste de uma e duas proporções, testes de taxa de Poisson de uma e duas amostras, teste de uma e duas variáveis, correlação e covariância, teste de normalidade, teste de qualidade de ajuste para Poisson; Análise de regressão: linear, não linear, ortogonal, de logística binária, ordinal e nominal, mínimos quadrados, intervalos de previsão e confiança; Análise de variância: ANOVA, modelo linear geral, experimentos aninhados sem equilíbrio, MANOVA, experimentos totalmente aninhados, análise de médias, gráficos residuais, entre outras.

O Minitab, após realizar o teste de Fatorial Completo (*Full Factorial Design*) apresenta uma tabela com os resultados, conforme Tabela 9.

Nos campos 1, 2, 3, 4 e 5 aparecem as variáveis que compõem a análise. No “1” é apresentado o modelo geral linear, no caso do exemplo, Fluxo X Furo e Lâmpada. No campo 2 os fatores que serão considerados na análise (para o exemplo, 2.1 Furo e 2.2 Lâmpada). No campo 3 aparece o tipo de variável (3.1 e 3.2 Fixa). O “4” mostra os possíveis níveis de cada variável (para o exemplo 4.1: Três furos e para o 4.2: quatro tipos de lâmpadas-fluorescente, LED 6x8W, 4x8W e 3x8W).

Tabela 9 Modelo de Tabela com os resultados do Minitab

1_General Linear Model: Fluxo versus Furo; Lâmpada						
2_Factor	3_Type	4_Levels	5_Values			
2.1_Furo	3.1_fixed	4.1_3	5.1_1;2;3			
2.2_Lâmpada	3.2_fixed	4.2_4	5.2_1;2;3;4			
6_Analysis of Variance for Fluxo, using Adjusted SS for Tests						
7_Source	8_DF	9_SeqSS	10_AdjSS	11_AdjMS	12_F	13_P
7.1_Furo	8.1_2	3136507	3136507	1568254	576093.13	0.000
7.2_Lâmpada	8.2_3	3110050	3110050	1036683	380822.49	0.000
7.3_Furo*Lâmpada	8.3_6	1622297	1622297	270383	99324.30	0.000
14_Error	24	65	65	3		
15_Total	35	7868920				

O campo “5” indica que serão considerados os valores correspondentes para cada nível (no exemplo, 3 furos: 1, 2 e 3; 4 lâmpadas: 1, 2, 3 e 4). No campo “6” aparece o tipo de análise realizada (no caso medição de fluxo usando ajuste da soma dos quadrados e teste F). No campo “7” aparecem as fontes ou entradas de dados (no exemplo, furo, lâmpada e interação furoXlâmpada). No campo “8” o grau de liberdade da fonte analisada, nos campos “9” e “10” a soma dos quadrados, no campo “11” a média quadrada, no campo “12” o teste F e no campo “13” a significância do resultado. Neste caso a significância é analisada com o valor de “p”, caso o teste F indique uma significância inferior a 5% os dados são considerados relevantes.

Os campos 1, 2, 3, 4 e 5 são os dados de entrada e os campos de 7 a 15 são os de saída da tabela.

4 MEDIÇÕES E SIMULAÇÕES

A metodologia, conforme descrita, para este item será abordada na seguinte sequência: Experimental, Numérica e Comparativa. A experimental trata dos ensaios para: - comparar o consumo de energia; - o fluxo produzido pelas lâmpadas fluorescente e LED; - medição do campo de temperatura encontrada em um caso modela por estas fontes de calor; - medição de intensidade luminosa e grandezas elétricas (tensão - diferença de potencia aplicada à carga; corrente – fluxo de elétrons através da carga; fator de potência – fp – razão da potência ativa (W) pela potência aparente (VA) no LST-2, verificação do nível de geração de energia dos módulos fotovoltaicos instaladas para suprir a necessidade de energia do LST-2 em iluminação. A análise numérica consiste na simulação de consumo de energia ao longo de um ano num ambiente qualquer com lâmpada fluorescente e LED, simular os consumos de energia ao longo de um ano para o LST-2 equipado com lâmpadas fluorescentes e LED. A análise comparativa demonstra quanto a troca de lâmpadas e a instalação dos módulos fotovoltaicos reduz o consumo de energia da rede, ao longo de um ano e como a utilização de controle automático de iluminação nos LEDs pode melhorar a conservação da energia.

Neste capítulo serão apresentados os resultados sem comentários sobre as referidas medições. No capítulo de resultados os mesmos serão discutidos.

4.1 EXPERIMENTAL

4.1.1 Medições e comparações do consumo de energia entre lâmpada fluorescente e LED

Para comprovar que a utilização de LED em ambientes comerciais pode apresentar resultados satisfatórios, adotou-se a seguinte metodologia com a realização de dois estudos independentes. No primeiro estudo foi construído um corpo de prova em madeira e realizados dois experimentos. No primeiro experimento foi medido o nível de iluminância da lâmpada fluorescente e dos LEDs de 8W, com 6 LEDs, em seguida com 4 LEDs e depois com 3 LEDs. Os LEDs

destes experimentos são da Acriche 8W, temperatura de cor de 3000K e 400 lm (Lúmen) e a lâmpada deste experimento é uma fluorescente 32W, temperatura de cor de 4000K, 2.700 lm (Lúmen). Com estes resultados foi simulado no Domus o consumo de energia em um ano, num ambiente com as mesmas proporções da caixa. No segundo experimento foi medida a temperatura gerada pelas lâmpadas fluorescente e LED (3x 8W) dentro da caixa devidamente isolada. A temperatura da junção do LED é um fator que deve ser considerado no uso dos mesmos, principalmente em ambientes climatizados. Segundo Wang (2010), a eficiência do LED pode ser melhorada com a utilização de dissipadores térmicos eficazes no empacotamento do LED. Esta caixa, durante o ensaio, permaneceu numa câmara com temperatura constante e controlada. A temperatura fora da caixa é indicada pelo sensor 10, que está fixado externamente à caixa.

4.1.1.1 Medição do Nível de Iluminância na Caixa de Teste

Neste experimento foi medido o nível de iluminância provocado pela luminária com lâmpadas fluorescentes e com as lâmpadas LED. A experiência foi montada numa caixa de madeira (C=1,47m, L=0,60m, A=0,60m), conforme mostra a Figura 24.

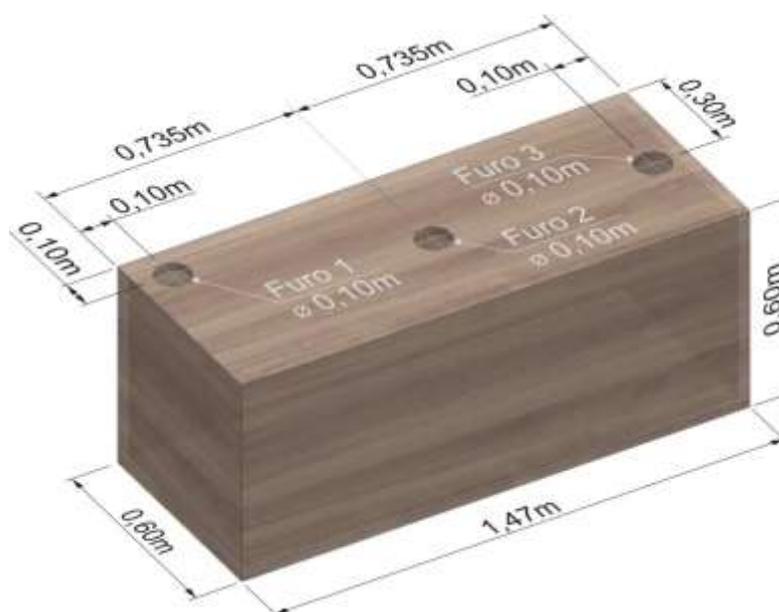


Figura 24 Caixa de ensaio

Em uma das faces da caixa existem 3 furos para a medição do nível de iluminância. A caixa não sofreu nenhum tipo de pintura e isolamento térmico. Depois de montada a caixa, foi instalada a luminária com lâmpada fluorescente com a medição do fluxo luminoso (lux) nas posições 1, 2 e 3. A disposição da luminária dentro da caixa é mostrada na Figura 25 (fluorescente) e Figura 26 (LED). As lâmpadas LED existentes no mercado são do tipo circular, modulares e lineares. As circulares, como o próprio nome diz são vários LEDs montados numa área circular. As modulares são montadas em formatos de palito com LEDs em todas as direções. As lineares são montadas em linha reta, normalmente com duas fileiras paralelas de LED. Neste experimento foi utilizada a tipo circular e no LST-2 foi utilizada a tipo linear num corpo que equivale à lâmpada fluorescente.

Para poder comparar, da melhor maneira possível uma lâmpada fluorescente com uma lâmpada LED foi utilizado o mesmo tipo de luminária, com determinado tempo de uso, limpas e em boas condições de uso. Para a luminária foi utilizado um modelo para apenas uma lâmpada, corpo em chapa de aço galvanizado com pintura eletrostática em pó poliéster na cor preta, refletor em alumínio anodizado de alta pureza e refletância de sobrepôr (instalação aparente). A Lâmpada fluorescente utilizada, conforme citada, é uma de 32W, temperatura de cor 4000K de 2700 lm.



Figura 25 Caixa com lâmpada fluorescente (32W, 2700lm)



Figura 26 Caixa com LEDs (6x8W, 2400lm)

A lâmpada LED utilizada foi da Acriche, 8W (led pertencentes à Brastron Indústria Eletrônica), temperatura de cor de 3000K e 400lm. Uma segunda luminária idêntica foi adaptada para a instalação dos LEDs, de tal maneira a preservar as características de eficiência luminosa. Os furos realizados no corpo da luminária não interferem no resultado, pois no LED toda a luz é direcionada para baixo, portanto os furos não produzem redução de iluminação.

4.1.1.2 Resultados encontrados

Após a instalação da respectiva luminária na caixa, foram realizadas as medições do nível de iluminância com a fluorescente e com os LEDs em três estágios, sendo o primeiro com 6 lâmpadas LED de 8W, depois com 4 lâmpadas e por último com 3 lâmpadas. A Tabela 10 mostra os valores medidos nos ensaios.

O ensaio foi realizado com um luxímetro Minipa, modelo MLM-1332 na escala de 2000 lux (precisão: 4% leit. +0,5% f.s. e repetibilidade: $\pm 2\%$). Como é um experimento comparativo, os problemas de aferição e erro ficam minimizados e, portanto, foram desprezados.

Tabela 10 Medições de nível de iluminância na caixa (Lux)

Furo	medida	fluorescente	LED 8W x6	LED 8W x4	LED 8W x3
1	1	745	800	560	488
	2	742	802	561	490
	3	744	800	558	486
	Média	744	801	560	488
2	1	860	2200	1335	930
	2	860	2196	1337	930
	3	862	2199	1332	929
	Média	861	2198	1335	930
3	1	345	1190	900	700
	2	344	1187	898	699
	3	347	1191	900	702
	Média	345	1189	899	700

Como os níveis de iluminância para 6 conjuntos de LEDs apresentou um fluxo luminoso alto e o com 3 conjuntos um valor muito próximo da fluorescente, foi adotado, para efeito de comparação o conjunto com 4 lâmpadas LED. A distribuição dos LEDs na luminária foi mantida e apenas as lâmpadas foram desligadas de um experimento para o outro. Como a distribuição dos LEDs na luminária foi feita inicialmente para 6 LEDs e com a utilização de 4 LEDs a distribuição não está equidistante o que não permite um fluxo luminoso distribuído igualmente na luminária.

Desta forma o conjunto de 4 LEDs de 8W será usado no dimensionamento e na simulação, com o Domus, com potência de 32W em comparação ao conjunto com a lâmpada fluorescente.

4.1.2 Medição e Comparação da Temperatura gerada no ambiente para a lâmpada fluorescente e a LED

O objetivo deste experimento é verificar as temperaturas dentro da caixa de ensaio provocadas pela lâmpada fluorescente e a LED. Neste experimento foram medidas as temperaturas existentes do conjunto lâmpada e reator e da LED.

Em cada lateral da caixa foram colocados três sensores em três alturas distintas um no fundo da caixa e um na parte superior, acima da luminária. Esta

disposição permite verificar a temperatura no entorno da luminária abrangendo um volume adequado para o tamanho da caixa.

4.1.2.1 Ensaio de temperatura

A caixa é a mesma utilizada no experimento anterior e foi isolada internamente com placas de isopor de 10 mm de espessura. Este conjunto foi posicionado dentro de uma câmara climatizada, mantendo temperatura e umidade constantes durante as medições. Neste experimento foram instalados 9 termopares no interior da caixa, para determinar a temperatura no interior da caixa e um termopar externo à caixa, para a medição da temperatura exterior. Os termopares foram dispostos como mostra a Figura 27 e a Figura 28.

A Figura 29 mostra o desenho com os dez sensores e a Figura 30 mostra a luminária dentro da caixa. Esta disposição permite verificar as temperaturas nas proximidades da luminária, próximas e afastadas e sobre a mesma.

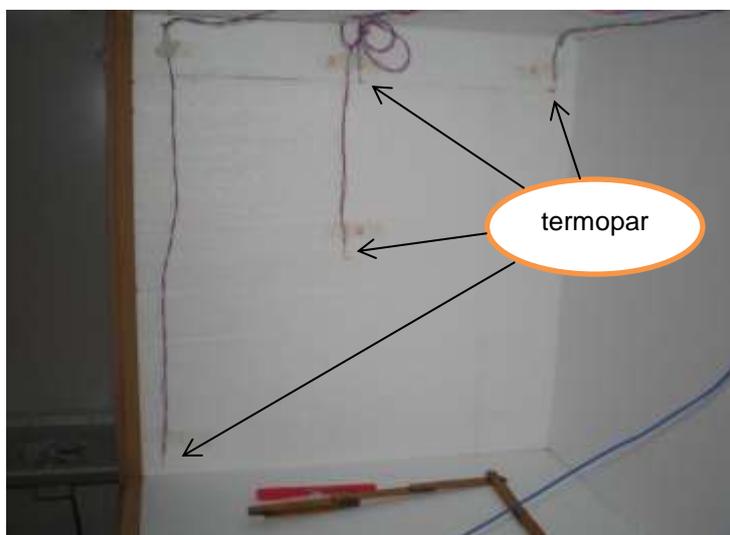


Figura 27 Posição dos Sensores no interior da caixa

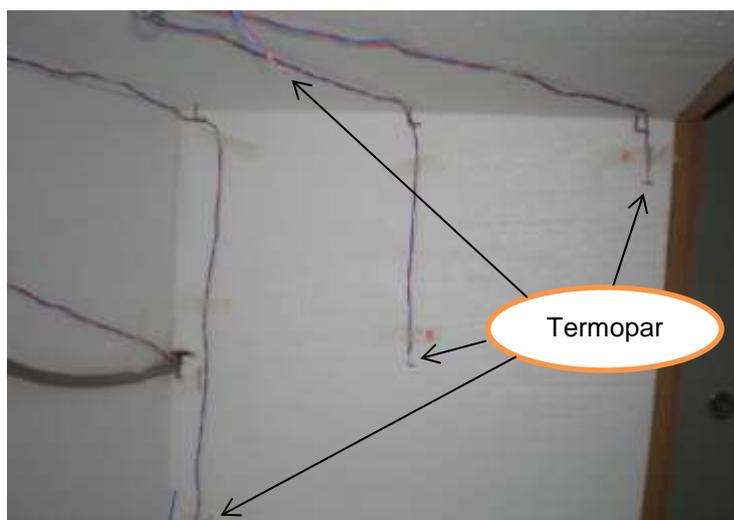


Figura 28 Posição dos Sensores no interior da caixa

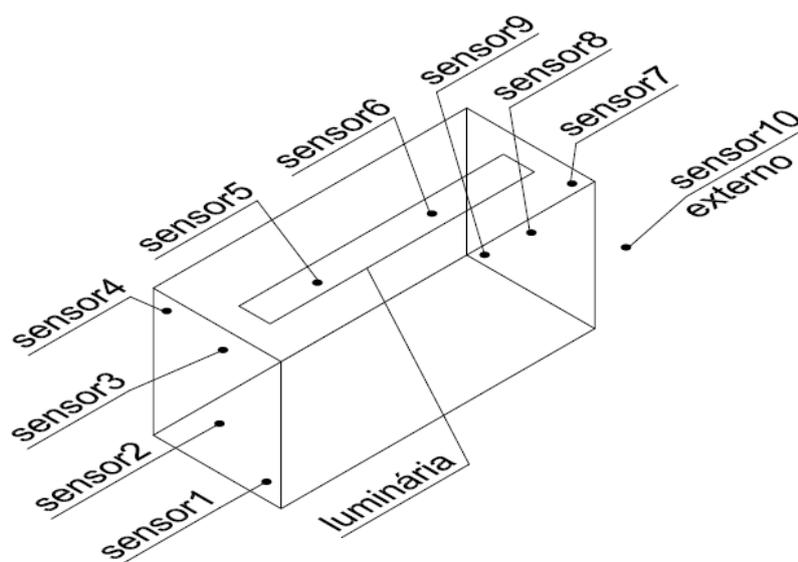


Figura 29 Posição dos sensores dentro da caixa

Inicialmente a luminária com lâmpada fluorescente foi instalada no interior da caixa, conforme Figura 30, e foram feitas 3 medições. Na luminária, com LED na caixa, foram feitas 3 medições. Na luminária com a lâmpada LED de 18W, instalada no LST-2 foram feitas outras medições. Para as medições de temperatura foi utilizado o Data Acquisition/Switch Unit 34970A da Agilent (Hw próprio) com seu respectivo cartão de entrada de dados 3081-EE 26 8477 048 002 025, foi utilizado um cabo de 10 pares de termopar tipo "T". A temperatura indicada pelo termopar T10 é a da câmara e permaneceu constante durante o ensaio.



Figura 30 Luminária dentro da caixa.

4.1.2.2 Resultados encontrados

A primeira verificação de temperatura foi realizada com a lâmpada fluorescente. Os resultados encontrados estão na Tabela 11.

A segunda verificação de temperatura foi com LEDs de 8W, conforme dados da Tabela 12.

Tabela 11 Medição de Temperatura nos dez pontos com a fluorescente.

Medida	1	2	3	Média
T1 - °C	22,4	22,4	22,3	22,4
T2 - °C	22,8	22,8	22,8	22,8
T3 - °C	24,0	24	24	24,0
T4 - °C	23,4	23,4	23,4	23,4
T5 - °C	24,0	24,0	24,0	24,0
T6 - °C	24,7	24,7	24,7	24,7
T7 - °C	22,8	22,7	22,8	22,7
T8 - °C	22,7	22,7	22,7	22,7
T9 - °C	22,5	22,6	22,6	22,6
T10 - °C	21,7	21,7	21,8	21,7

Tabela 12 Medição de temperatura nos dez pontos com a LED.

Medida	1	2	3	Média
T1 - °C	22,4	22,3	22,4	22,3
T2 - °C	22,9	22,9	22,9	22,9
T3 - °C	24,9	24,9	24,9	24,9
T4 - °C	23,9	23,9	24,0	24,0
T5 - °C	24,2	24,2	24,9	24,2
T6 - °C	25,4	25,3	25,4	25,4
T7 - °C	22,9	22,9	22,9	22,9
T8 - °C	22,9	22,9	22,9	22,9
T9 - °C	22,6	22,5	22,6	22,6
T10 - °C	21,8	21,7	21,8	21,8

Este experimento foi necessário para verificar se, com a utilização das lâmpadas LED, a temperatura no ambiente seria diferente de quando a lâmpada fluorescente estivesse instalada, uma vez que 85% da potência do LED é transformada em calor (Steigerwald, 2002).

A terceira verificação de temperatura com a lâmpada LED de 18W que será instalada no LST-2, conforme dados da Tabela 13.

Tabela 13 Medidas de temperatura com LED de 18W do LST-2

Medida	1	2	3	Média
T1 - °C	19,6	19,6	19,6	19,6
T2 - °C	19,6	19,6	19,6	19,6
T3 - °C	20,4	20,4	20,5	20,4
T4 - °C	19,7	19,7	19,7	19,7
T5 - °C	20,4	20,4	20,5	20,4
T6 - °C	20,4	20,4	20,4	20,4
T7 - °C	19,1	19,1	19,1	19,1
T8 - °C	19,1	19,1	19,1	19,1
T9 - °C	18,8	18,8	18,8	18,8
T10 - °C	17,4	17,3	17,4	17,4

4.1.3 Medição no nível de iluminância, potência elétrica, corrente elétrica e fator de potência na iluminação do LST-2

4.1.3.1 Introdução

Neste experimento foram medidos os níveis de iluminância, potência elétrica, corrente elétrica e fator de potência no ambiente em três situações distintas: existente; lâmpadas e reatores novos; lâmpadas LED.

Para a medição no nível de iluminância do LST-2 nove (9) pontos foram definidos, como mostra a Figura 31. Este laboratório tem 10m X 5m.

As medições de nível de iluminância foram feitas com o luxímetro LX1010B. As medições de potência elétrica, corrente elétrica e fator de potência foram feitas com o instrumento *3 Phase Digital Power Clamp Meter*, mod. MS2203.

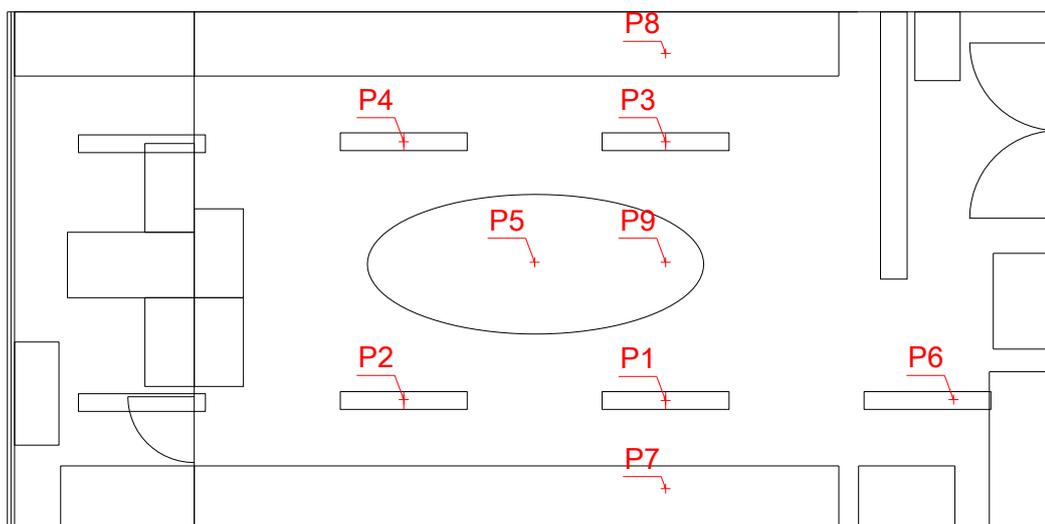


Figura 31 Pontos de medição do nível de iluminância.

4.1.3.2 Medições nas condições encontradas

As medições foram feitas com o sistema de iluminação existente, isto é, como o laboratório se encontrava inicialmente. O sistema de iluminação estava com lâmpadas e reatores com mais de dois (2) anos de uso em alguns casos e alguns

reatores com mais de cinco (5) anos de utilização. As lâmpadas e reatores existente eram de diferentes fabricantes, sendo as lâmpadas de 32W e os reatores 2x32W, eletrônicos de alto fator de potência. As medições ocorreram em 05/06/2012.

A Tabela 14 mostra as medições do nível de iluminância encontrado.

Tabela 14 Medições, em lux, para iluminância do LST-2 com lâmpadas existentes.

Medida/Posição	1	2	3	Média
P1(lux)	354	353	354	354
P2(lux)	308	308	309	308
P3(lux)	296	296	295	298
P4(lux)	382	381	382	382
P5(lux)	300	300	300	300
P6(lux)	219	219	220	219
P7(lux)	292	292	292	292
P8(lux)	246	245	246	246
P9(lux)	282	281	282	282

A Tabela 15 mostra as medições de grandezas elétricas.

Tabela 15 Medições, de corrente (A), potência ativa (W) e Fator de Potência, do LST-2 com lâmpadas existentes.

Grandeza/Medição	I (A)	P(W)	FP
1	3,7	430	0,935
2	3,7	430	0,935
3	3,7	430	0,935
Média	3,7	430	0,935

4.1.3.3 Medições com troca de lâmpadas e reatores (*retrofiting*)

Depois de realizadas as medições do item 4.1.3.2, foram trocadas as lâmpadas fluorescentes e os respectivos reatores. As lâmpadas utilizadas foram de 32W OSRAM e os reatores foram também da OSRAM 2x32W de alto fator de potência. A Tabela 16 e a Tabela 17 mostram as medições de nível de iluminância e grandezas elétricas respectivamente. As medições foram feitas em 20/07/2012.

Tabela 16 – Medições, em lux, para iluminância do LST-2 com *retrofiting*.

Medida/Posição	1	2	3	Média
P1(lux)	408	408	409	408
P2(lux)	388	389	389	389
P3(lux)	381	380	380	380
P4(lux)	379	380	380	380
P5(lux)	342	342	342	342
P6(lux)	362	363	363	363
P7(lux)	332	331	332	332
P8(lux)	300	299	299	299
P9(lux)	338	339	340	339

Tabela 17 – Medições, de corrente (A), potência ativa (W) e Fator de Potência, do LST-2 com retrofiting.

Grandeza/Medição	I (A)	P(W)	FP
1	4,2	490	0,94
2	4,2	490	0,94
3	4,2	490	0,94
Média	4,2	490	0,94

4.1.3.4 Medições com sistema de iluminação do LST-2 a LED

Após as medições com as novas lâmpadas fluorescentes e respectivos reatores, elas foram retiradas e substituídas pelas lâmpadas LED, no formato tubular, permitindo a instalação na luminária original. A LED utilizada foi da AMBAVI, 18W, Bivolt, modelo BV-T8 (anexo 3) e as medições foram feitas em 18/09/2012.

A Tabela 18 mostra as medições do nível de iluminância nos nove pontos definidos com a lâmpada LED.

Tabela 18 Medições, em lux, para iluminância do LST-2 com LED.

Medida/Posição	1	2	3	Média
P1(lux)	409	408	408	408
P2(lux)	375	375	375	375
P3(lux)	385	385	385	385
P4(lux)	386	386	386	386
P5(lux)	382	381	381	381
P6(lux)	337	338	339	338
P7(lux)	338	338	339	338
P8(lux)	308	308	307	308
P9(lux)	376	376	376	376

A Tabela 19 mostra a corrente, potência ativa e o fator de potência para as LEDs.

Tabela 19 Medições, de corrente (A), potência ativa (W) e Fator de Potência, do LST-2 com LED.

Grandeza/Medição	I (A)	P(W)	FP
1	2,3	270	1
2	2,3	270	1
3	2,3	270	1
Média	2,3	270	1

4.1.4 Ensaio Luminotécnico das Lâmpadas

O objetivo deste ensaio é verificar, através de instituição independente, certificada pelo INMETRO, se as medições realizadas no experimento anterior se sustentam com os resultados encontrados neste ensaio.

4.1.4.1 Ensaio

Os dois modelos de lâmpadas utilizadas nos ensaios do LST-2, fluorescente 32W e LED 18W foram levados ao LACTEC (Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento), no laboratório de luminotécnica para serem ensaiados em suas instalações. Os ensaios foram realizados no dia 16/04/2013, como mostram a Figura 32, a Figura 33 e a Figura 34.



Figura 32 Esfera de ensaio luminotécnico.



Figura 33 Ensaio na esfera com fluorescente.



Figura 34 Ensaio na esfera com LED.

4.1.4.2 Resultados do Ensaio

Os resultados, retirados da medição do LACTEC, são mostrados na Tabela 20. No apêndice 1 estão os resultados emitidos pelo Laboratório. Os itens listados estão transcritos do relatório.

Tabela 20 Dados das medições no LACTEC

Grandeza Medida	Fluorescente 32W	LED 18W
Tensão de Entrada (V)	127,53	127,49
Corrente de entrada (A)	0,23	0,15
Potência de entrada (W)	29,32	18,79
Fator de potência entrada	0,98	0,99
Distorção Harmônica Total	17,42	4,78
Tensão de saída (V)	127,08	127,03
Corrente de saída	0,234	0,148
Potência de saída(W)	29,19	18,7
Fator de Potência de saída	0,98	0,99
Fluxo Luminoso (lm)	2104	1753
Temperatura de Cor (K)	3758	4510
Eficiência Luminosa (lm/W)	72,08	92,7
Temperatura de Ensaio (dentro da esfera) (°C)	25,8	24,3

Nos ensaios do LACTEC, fica evidente que o LED tem uma eficiência luminosa maior que a fluorescente, consumindo menos corrente mesmo para um fluxo luminoso menor. A temperatura de ensaio também ficou menor para o LED. A palavra “ entrada” se refere à tensão ou corrente de alimentação do equipamento de teste e a palavra “saída” se refere à tensão ou corrente na lâmpada ensaiada.

4.1.5 Medição de energia gerada pelos módulos fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos, cabos de alimentação e inversor *on grid*, foram instalados com a finalidade de suprirem o consumo de energia do sistema de iluminação do LST-2, através das lâmpadas LED.

4.1.5.1 Dimensionamento dos módulos fotovoltaicos

No LST-2 foram instaladas quatorze (14) lâmpadas de 18W cada, sendo que a potência total será de (14x18) 252W. Foram comprados quatro (4) módulos fotovoltaicos, cada uma com 150W (ver anexo 1). Desta forma, a potência total instalada de módulos fotovoltaicos é de 600W. O inversor *on grid* tem potência nominal de 600W (ver anexo 2). Com esta capacidade instalada, foi verificado se tende a demanda de iluminação.

Para atender as normas da ANEEL e da COPEL o inversor deve possuir proteção contra sobrecarga, curto-circuito e sistema anti-ilhamento, para garantir a segurança dos trabalhadores nas redes de distribuição de energia, caso haja falta de energia na rede. Desta forma, caso a rede da concessionária seja desligada o inversor automaticamente inibe a geração de energia.

Este sistema de geração solar de energia elétrica tem um medidor de energia acoplado. Este aparelho é um multimedidor de grandezas elétricas e foi programado para medir em intervalos de 15 minutos grandezas como tensão, corrente, fator de potência, potência ativa, entre outras. O fabricante deste multimedidor é a EMBRASUL e o modelo é MD4040. Este sistema foi instalado no início de dezembro, em caráter definitivo.

Os módulos fotovoltaicos foram instalados na cobertura do bloco III, voltados para a face norte com inclinação de 20° em relação ao plano do telhado (determinado pelo instalador com auxílio do programa Solar Analyzer para Android), conforme mostra a Figura 35, Figura 36 e Figura 37.



Figura 35 Módulos fotovoltaicos na cobertura do bloco III.



Figura 36 Instalação dos módulos fotovoltaicos.



Figura 37 Verificação do ângulo de instalação.

Por se tratar de uma instalação experimental e para estudos de geração o inversor foi instalado dentro do LST-2. Para isto foi instalado um cabo PP 6mm² de cinquenta (50) metros, desde os módulos fotovoltaicos até o inversor. Esta distância acarreta uma perda da energia gerada, tendo em vista a queda de tensão existente neste cabo de cinquenta metros. Para as medições deste trabalho foi desconsiderada tal queda. A diferença de tensão entre a saída dos módulos e o inversor, que está no LST-2 é de 1,1V. Como a tensão média do inversor é de 24V a diferença é de 4,58%.

4.1.5.2 Resultados das medições

A Tabela 21 mostra as medições de tensão, corrente, potência ativa e fator de potência no dia 21 de dezembro de 2012.

A potência e o fator de potência aparecem com o sinal negativo em função de o medidor estar ligado na configuração de carga e não geração. O sinal negativo, então, indica que esta sendo entregue energia à rede e não consumida.

O gráfico da Figura 38 mostra com base nos dados da Tabela 21, a potência gerada para as horas cheias do intervalo de geração.

Tabela 21 Medição de grandezas elétricas geradas nos módulos fotovoltaicos.

DATA/HORA	UA (V)	IA (A)	Dem. Ativ. (KW)	FP
21/12/2012 07:00:00	126,34	0,201	-0,005	-0,18
21/12/2012 08:00:00	127,885	0,714	-0,086	-0,945
21/12/2012 09:00:00	127,994	1,444	-0,183	-0,99
21/12/2012 10:00:00	128,812	1,81	-0,232	-0,996
21/12/2012 11:00:00	129,709	1,95	-0,252	-0,997
21/12/2012 12:00:00	130,526	2,055	-0,267	-0,997
21/12/2012 13:00:00	129,04	2,172	-0,28	-0,998
21/12/2012 14:00:00	124,344	1,439	-0,182	-0,993
21/12/2012 15:00:00	129,736	1,419	-0,182	-0,991
21/12/2012 16:00:00	128,616	0,68	-0,083	-0,947
21/12/2012 17:00:00	128,172	0,308	-0,027	-0,029
21/12/2012 18:00:00	128,075	0,253	-0,017	-0,027
21/12/2012 19:00:00	128,177	0,229	-0,009	-0,028
21/12/2012 20:00:00	126,644	0,176	-0,001	-0,022

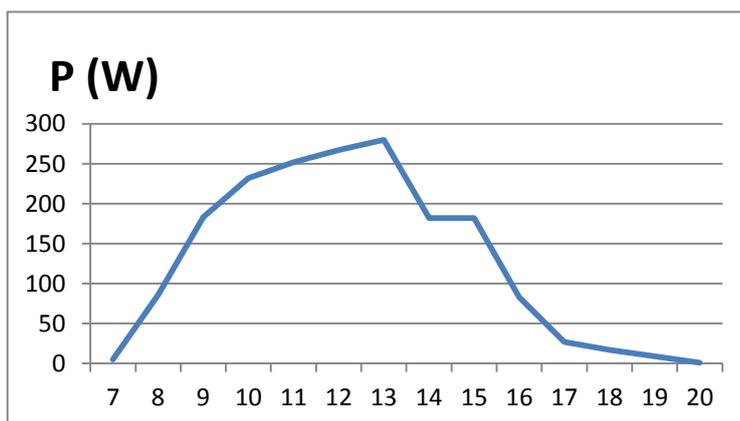


Figura 38 Potência gerada durante as horas do dia 21 de dezembro de 2012

A Tabela 22 mostra a energia gerada no período, não contínuo, entre 18 de dezembro de 2012 e 17 de janeiro de 2013.

Tabela 22 Geração de energia no período.

Dia	Energia (Wh)
18/12/2012 20:00:00	1838,25
19/12/2012 18:30:00	1711,25
20/12/2012 20:00:00	2123,50
21/12/2012 20:00:00	1850,00
22/12/2012 19:30:00	797,25
23/12/2012 20:00:00	2090,50
24/12/2012 20:00:00	2287,25
25/12/2012 20:00:00	2266,75

Continuação da Tabela 21

26/12/2012 19:30:00	1765,00
27/12/2012 19:45:00	993,75
28/12/2012 20:00:00	1910,75
29/12/2012 19:45:00	1389,75
30/12/2012 20:00:00	1556,00
31/12/2012 20:00:00	1320,50
01/01/2013 20:00:00	1027,25
02/01/2013 20:00:00	712,50
03/01/2013 20:00:00	751,25
07/01/2013 20:00:00	1069,00
08/01/2013 20:00:00	1051,75
09/01/2013 20:00:00	1499,25
10/01/2013 20:15:00	2277,00
11/01/2013 20:15:00	1946,25
12/01/2013 20:00:00	1974,50
13/01/2013 20:15:00	770,50
14/01/2013 19:45:00	1394,00
15/01/2013 20:00:00	1929,75
16/01/2013 20:15:00	1403,50
17/01/2013 20:15:00	1761,25

Os valores na coluna “dia” indicam o dia da leitura e o horário em que ocorreu a última geração de energia. A energia apresentada em cada linha é a diferença do valor acumulado entre o dia anterior e o final do dia em questão.

As medições não ocorreram em dias contínuos, pois o bloco III passou por manutenção no sistema elétrico em alguns dias, desta forma, nestes dias, as medições não foram para o dia inteiro, o que gerou o descarte dos mesmos.

A Figura 39 mostra o gráfico de geração de energia no período.

Nos dias 22 e 27 de dezembro de 2012 assim como nos dias 2, 3 e 13 de janeiro de 2013 o tempo permaneceu nublado durante todo o período. Nos demais dias o tempo foi típico de verão com sol entre nuvens.

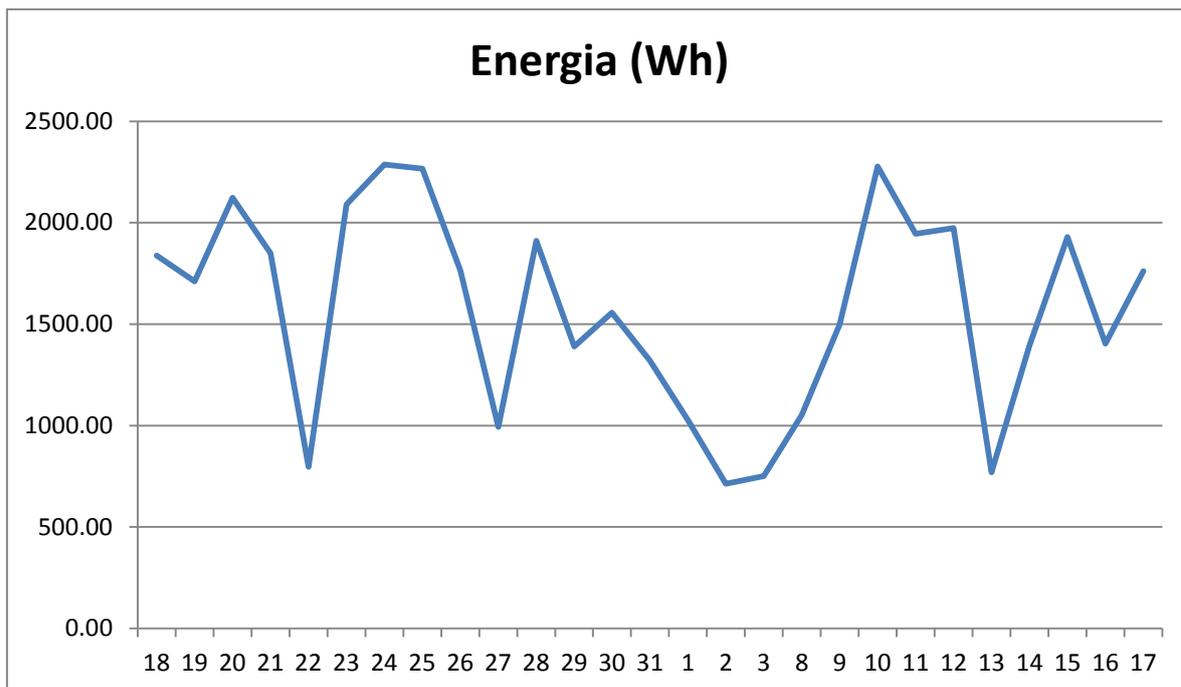


Figura 39 Energia gerada nos dias medidos.

4.2 SIMULAÇÕES DE CONSUMO DE ENERGIA

Foram feitas simulações no Domus para verificar o consumo de energia das lâmpadas fluorescente e LED. Na primeira foi simulado um ambiente em que a iluminação foi dimensionada com base no fluxo luminoso gerado pelas lâmpadas LED (4X8W) em comparação com a fluorescente de 32W. Na segunda simulação foi determinado o consumo de energia no LST-2 com base no sistema com retrofiting e com LED. Em síntese, a primeira simulação é num ambiente teórico e a segunda simulação é no LST-2.

4.2.1 Cálculo da carga térmica de iluminação para um ambiente

A Tabela 23 mostra o dimensionamento de um sistema de iluminação, com base no método dos Lúmens, utilizando um local com a mesma proporção da caixa de teste, ou seja, 7,35m de comprimento por 3m de largura. Na coluna 1 entre “comprimento” e “pisso” são dados do ambiente. A Iluminância desejada, temperatura

de cor e tipo de lâmpada são escolhas para o sistema de iluminação. Os demais itens são os resultados para o cálculo da quantidade de lâmpadas necessárias, segundo a norma NBR5417, para o referido ambiente.

Tabela 23 Cálculo de iluminação e densidade de potência de iluminação

	variável	unidade	LED	Fluor.
			Valor	Valor
Comprimento	a	m	7,35	7,35
Largura	b	m	3	3
Área	$A=a*b$	m ²	22,05	22,05
Pé-direito	H	m	3	3
Altura do plano de trabalho	hpt	m	0,8	0,8
altura do pendente da luminária	hpend	m	0	0
Pé-direito útil	$h=H-hpt$		2,20	2,20
Índice do recinto	K		0,97	0,97
Fator de depreciação	Fd		0,8	0,8
Teto	ρ_1		0,3	0,3
Parede	ρ_2		0,3	0,3
Piso	ρ_3		0,1	0,1
Iluminância planejada	Em	lux	500	500
Temperatura de Cor		K	4000	4000
Tipo de Lâmpada	ϕ	lm	1200	2700
Fluxo medido no ensaio	ϕ	lux	930	860
Quantidade de lâmpadas	n	unid.	15	16
Quantidade de luminárias	N	unid.	15	16
Densidade		W/m²	16,1	25,7
Potência luminária		W	24	35,4

Conforme o demonstrado na Tabela 23, a iluminação dimensionada com LED mostrou-se eficiente do ponto de vista de quantidade de luminárias, apresentando densidade de iluminação inferior ao da lâmpada fluorescente. É importante salientar que os resultados apresentados são comparativos entre dois tipos de lâmpadas montadas num mesmo tipo de luminária. Como não existem dados de fabricante de luminária, indicando o fator de utilização em relação às paredes, teto e piso, optou-

se por uma comparação de luminosidade. Para a carga térmica no ambiente, a gerada pelo reator deve ser levada em consideração.

4.2.2 Simulação do consumo de energia no Domus para um determinado ambiente

Neste item são simulados dois ambientes, o primeiro teórico, para verificar o potencial de redução no consumo com a utilização do LED. No segundo, o ambiente simulado será o LST-2, com todas as suas características construtivas levadas em conta, assim como posição geográfica.

4.2.2.1 Definição do ambiente teórico para simulação

O Domus apresenta uma tela inicial onde é possível representar o ambiente a ser simulado, como mostra a Figura 13 na versão atual e na Figura 40 com a versão de 2008, que foi a utilizada para esta primeira simulação (PowerDomus – Full 2008).

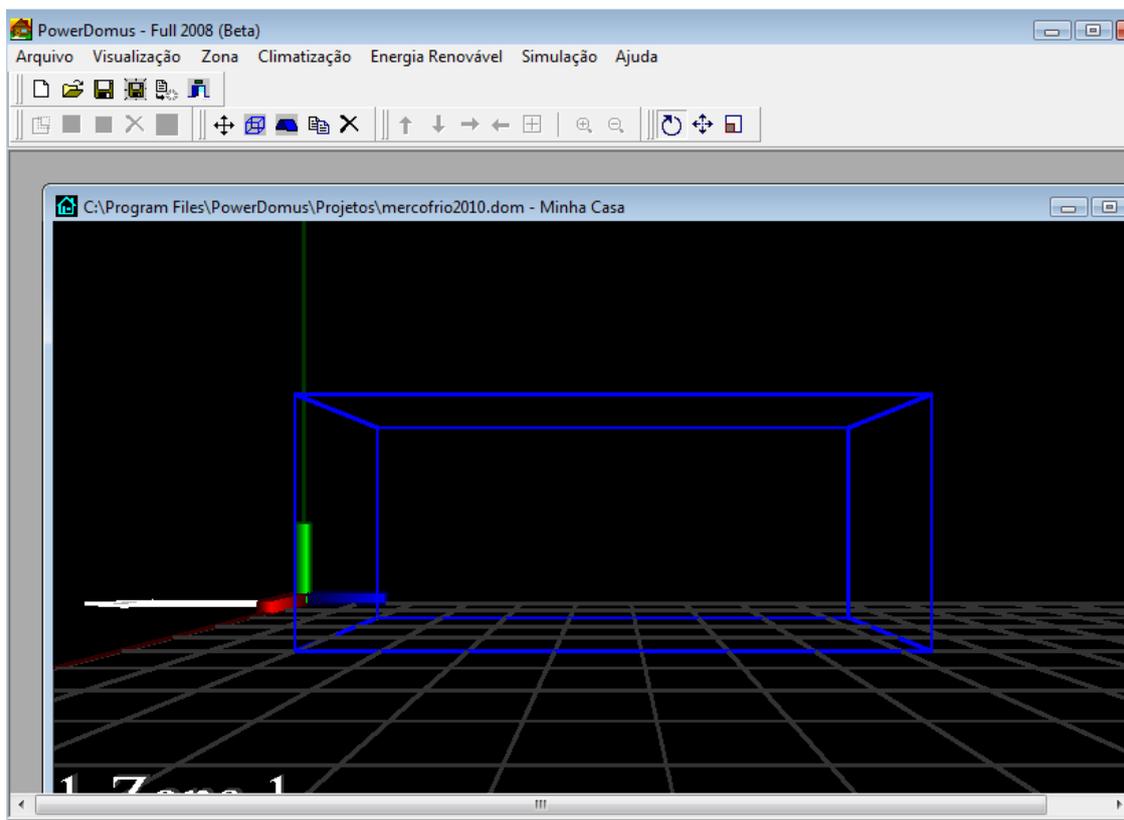


Figura 40 Tela inicial PowerDomus com o ambiente de simulação

Na opção Zona, conforme mostrado na Figura 41 e na Figura 42, no item iluminação, foi inserida a densidade de carga de iluminação do ambiente. Depois de inserida a carga e clicando na opção “Configura Horário” é possível ajustar o horário de funcionamento desta iluminação, conforme Figura 43.



Figura 41 Tela de acesso à configuração de iluminação

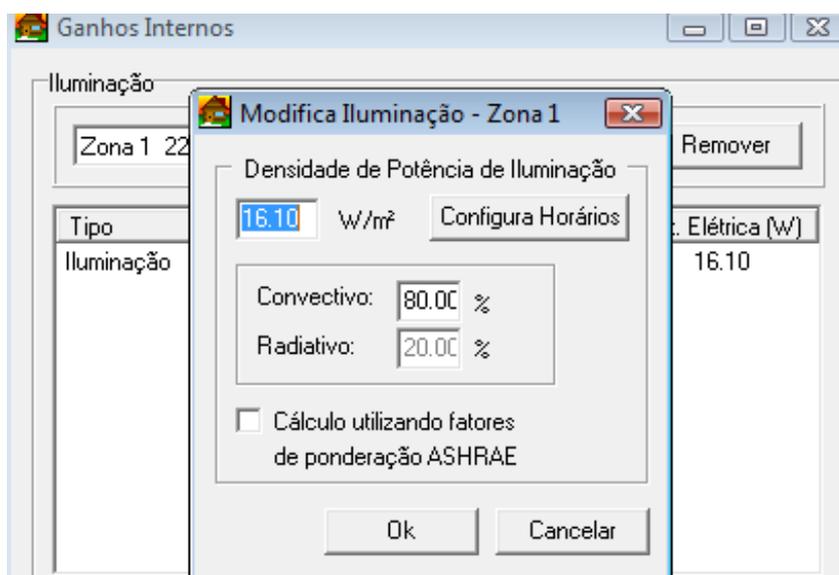


Figura 42 Tela para definir a densidade de carga de iluminação

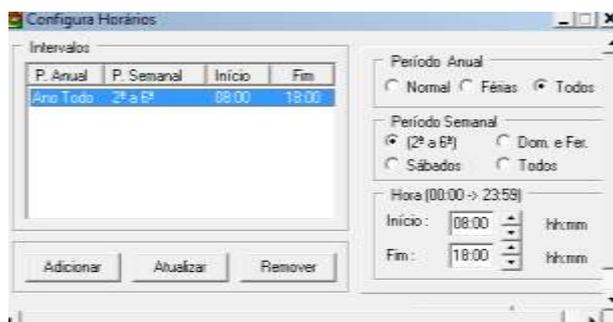


Figura 43 Tela de configuração do horário

Depois de configurado o horário de iluminação, deve-se configurar os parâmetros utilizados na simulação. Neste caso foi configurado o intervalo de

simulação entre os dias 01/01 a 31/12, assim como o intervalo do relatório, conforme mostra a Figura 44.

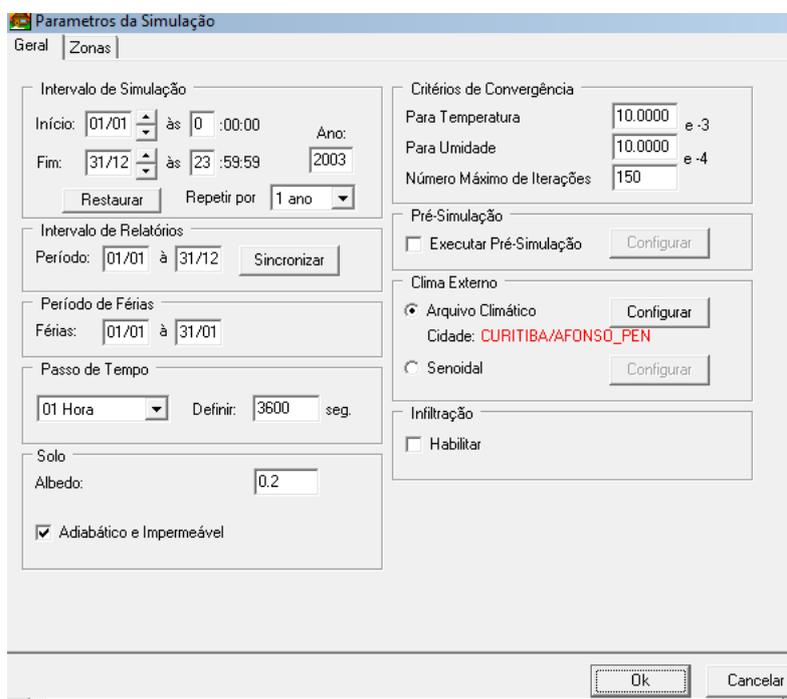


Figura 44 Tela de configuração dos parâmetros de Simulação

Depois de configurado os parâmetros de simulação, deve-se configurar o relatório, como mostra a Figura 45.



Figura 45 Tela de configuração do relatório

Depois destes ajustes e definições o Domus está pronto para iniciar a simulação, como mostra a Figura 46.

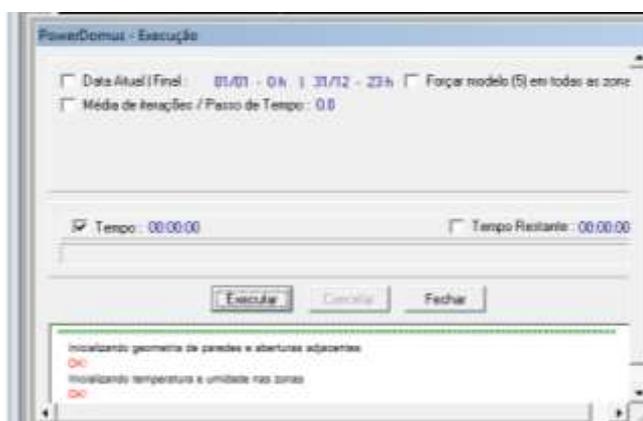


Figura 46 Tela de início da simulação

A Figura 47 mostra a tela do Domus com o resultado da simulação.

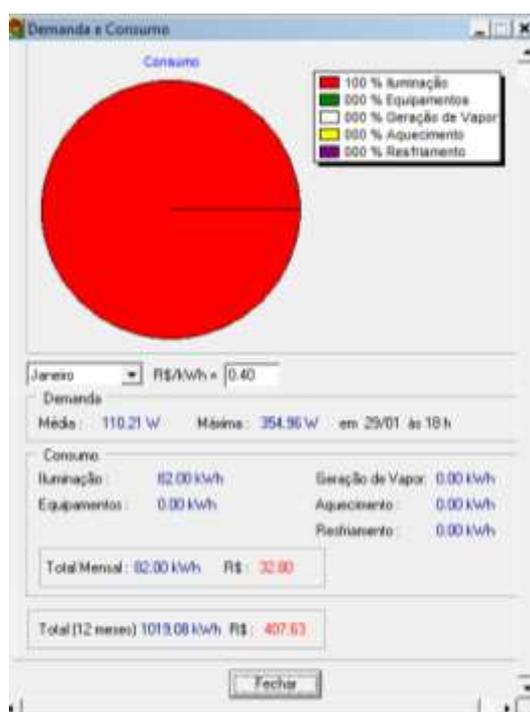


Figura 47 Tela com resultado da simulação

4.2.2.2 Resultados encontrados

Após a simulação da densidade de carga de iluminação no Domus (Mendes et al., 2003) os dados foram tabulados na Tabela 24 com o consumo mensal de energia de iluminação com dois horários de funcionamento. O primeiro horário é das

8:00h às 18:00h e o segundo das 8:00h às 22:00h. Em cada um deles foi simulado lâmpadas fluorescente e LED. Para os dois horários de simulação o consumo é menor com o LED.

Tabela 24 Resultado da simulação no Domus do consumo de energia mensal e anual

Mês	8:00 às 18:00(Segunda a Sexta)		8:00 às 22:00(Segunda a Sexta)	
	Fluorescente	LED	Fluorescente	LED
Janeiro	130,89	82,00	178,48	111,81
Fevereiro	124,65	78,09	169,98	106,49
Março	143,35	89,90	195,48	122,46
Abril	137,12	85,90	186,98	117,14
Maio	130,89	82,00	178,48	111,81
Junho	137,12	85,90	186,98	117,14
Julho	137,12	85,90	186,98	117,14
Agosto	137,12	85,90	186,98	117,14
Setembro	137,12	85,90	186,98	117,14
Outubro	130,89	82,00	178,48	111,81
novembro	137,12	85,90	186,98	117,14
dezembro	143,35	89,90	195,48	122,46
total-ano	1626,74	1019,29	2218,26	1389,68

4.2.3 Simulação de carga térmica no LST-2

4.2.3.1 Definição do ambiente LST-2 para simulação

Foi utilizado o Domus para simular o consumo de energia ao longo de um ano no LST-2 em três condições: lâmpada fluorescente, LED e LED com dimerização com dados extraídos da simulação no Daysim e inseridos no Domus.

A potência nominal instalada para os três casos foi, respectivamente 490W para lâmpada fluorescente e 270W para lâmpada LED. O LST-2 tem 10m de profundidade por 5m de largura, desta forma, a área é de 50m².

A densidade de carga por metro quadrado para o primeiro e segundo caso é:

$$D = \frac{P}{A} = \frac{490}{50} = 9,80 W/m^2$$

A densidade de carga por metro quadrado para o terceiro caso é:

$$D = \frac{P}{A} = \frac{270}{50} = 5,4 W/m^2$$

Onde:

D é o fluxo de calor – W/m^2 ;

P é a potência total de iluminação – W ;

A é a área do ambiente – m^2

No Domus-Eletróbrás Edifica foram criadas várias zonas, uma para cada ambiente, incluindo o LST-2 e alguns ambientes em torno do mesmo. Este laboratório se encontra no segundo pavimento do edifício e está identificado como “Zona 6”. A Figura 48 mostra a geometria da edificação simulada.

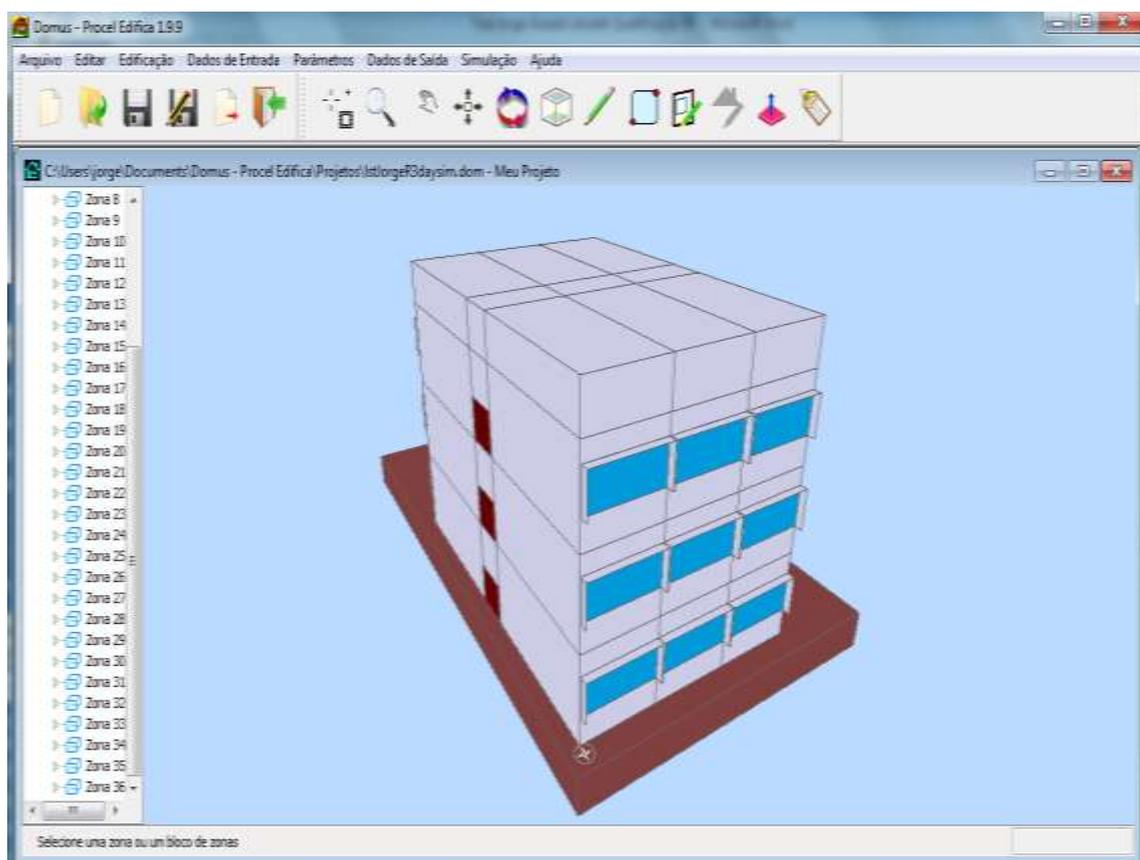


Figura 48 Tela com a edificação a ser simulada.

A Zona 6, que simula o LST-2 está mostrado na Figura 49, destacado num tom mais escuro, no primeiro andar.

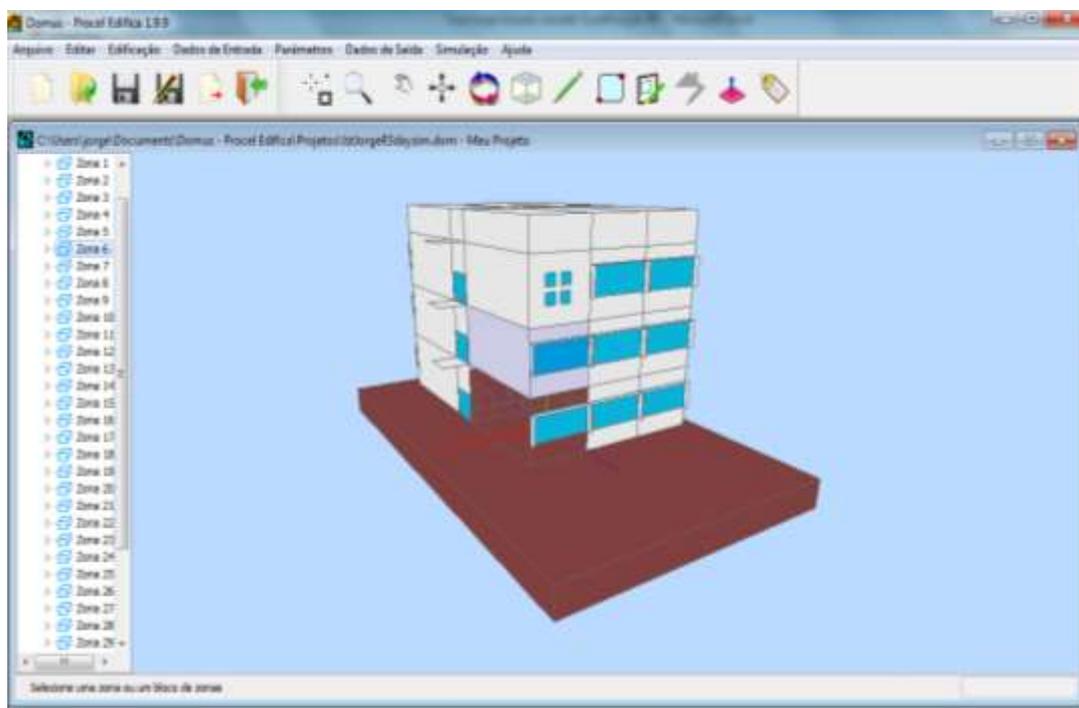


Figura 49 Zona 6 em destaque.

Após a construção do modelo é necessário definir os parâmetros a serem atribuídos às zonas. A Figura 50 mostra a aba de parametrização geral do Domus-Eletróbrás Edifica.

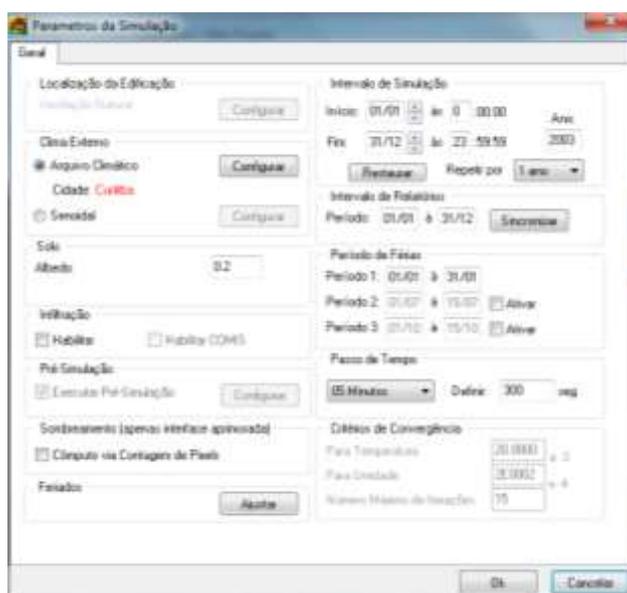


Figura 50 Aba de configuração dos parâmetros gerais de simulação

Na Figura 51 é mostrada a aba de parametrização das zonas. Neste caso a função escolhida é a de Escola/Universidade e a atividade é de Laboratório para Salas de Aula.

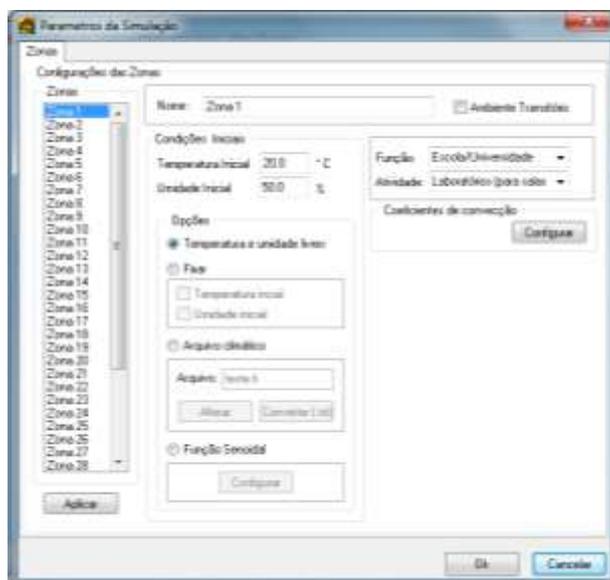


Figura 51 Aba de parametrização das Zonas.

A configuração de saída do relatório foi feita apenas para a zona 6, uma vez que é o local de interesse deste experimento. Esta aba é mostrada na Figura 52.

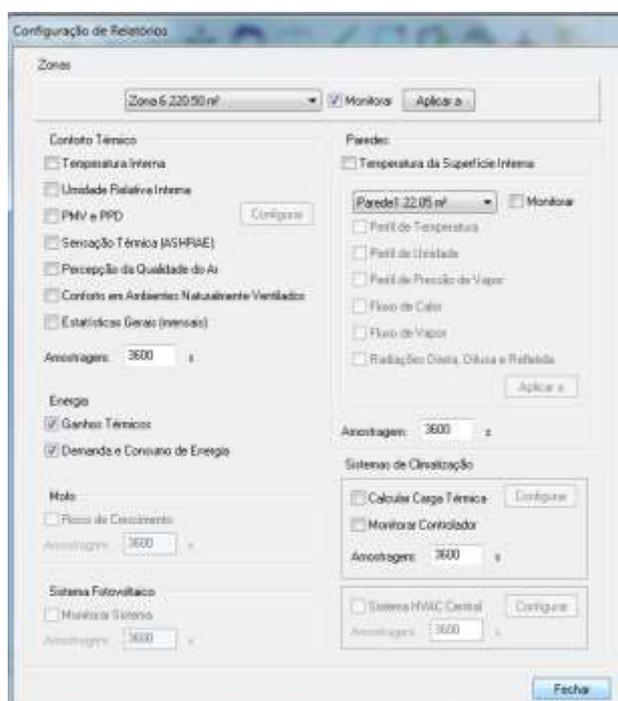


Figura 52 Tela de configuração do relatório.

Nas simulações, os horários de funcionamento do LST-2, estão mostrados na Figura 53.



Figura 53 Parametrização do horário de funcionamento do LST-2.

Na primeira simulação o fluxo de calor proveniente da iluminação foi de $9,8\text{W/m}^2$ que foi definido no início deste item, para a lâmpada fluorescente. Este fluxo é mostrado na Figura 54.

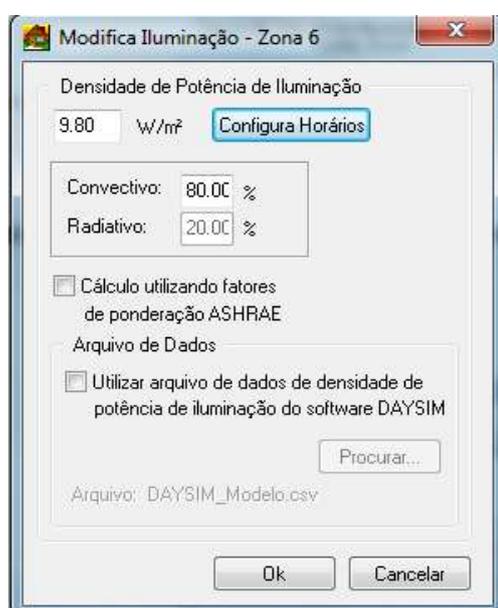


Figura 54 Densidade de iluminação para a primeira simulação

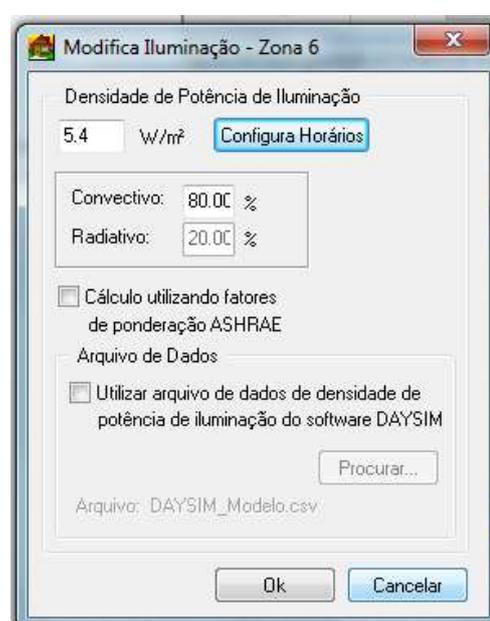


Figura 55 Densidade de iluminação para a segunda simulação

Na segunda simulação o fluxo de calor proveniente da iluminação foi de $5,4\text{W/m}^2$ valor definido no início deste item, para a lâmpada LED. Esta densidade é mostrada na Figura 55.

4.2.3.2 Resultados encontrados

Para a simulação do LST-2 foi incluído, um condicionador de ar tipo Split de 11,5kBtu_Rot, para verificar o consumo de energia elétrica com o fluxo de calor proveniente do sistema de iluminação. A carga térmica de resfriamento (Q_s) para o sistema de iluminação será igual a potência total da iluminação do ambiente, ou seja $Q_s=P_{total}$ (W). O consumo de energia, portanto será o da iluminação do ambiente e do ar condicionado para manter a temperatura em $24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Após a simulação no Domus Procel – Edifica, os dados foram tabulados na Tabela 25 com o consumo mensal de energia de iluminação e resfriamento. O horário simulado é das 7:30h às 22:30h. Em cada um deles foi simulado lâmpadas fluorescente 32W e LED18W.

Tabela 25 Resultados das simulações no DOMUS do consumo de energia (kWh)

	ILUM. FLUORESCENTE		ILUM. LED		ILUM. LED+DAYSIM	
	ILUMINAÇÃO	RESFRIAMENTO	ILUMINAÇÃO	RESFRIAMENTO	ILUMINAÇÃO	RESFRIAMENTO
MÊS	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
JANEIRO	169,00	248,01	93,15	217,52	61,56	204,96
FEVEREIRO	147,00	197,5	81,00	180,86	45,04	172,44
MARÇO	154,35	219,96	85,05	202,07	61,26	194,53
ABRIL	161,7	219,22	89,1	202,27	60,53	193,00
MAIO	169,06	124,82	93,15	112,19	80,78	106,81
JUNHO	147,00	74,1	81,00	67,03	78,13	64,35
JULHO	169,06	117,19	93,15	109,76	81,00	104,98
AGOSTO	161,7	95,16	89,1	85,77	94,17	83,84
SETEMBRO	154,35	63,16	85,05	57,66	63,1	55,36
OUTUBRO	169,06	89,2	93,15	81,07	53,3	76,52
NOVEMBRO	154,35	143,78	85,05	127,49	49,76	119,19
DEZEMBRO	161,7	135,5	89,1	111,71	40,99	91,63
TOTAL	1918,33	1727,60	1057,05	1555,40	769,62	1467,61
TOTAL GERAL	3645,93		2612,45		2237,23	

As simulações foram ao longo de um ano para se determinar a energia consumida em um ano, para fins de análise de retorno de investimento. O total consumido em um ano para o LED é inferior ao da fluorescente, indicando a redução

de consumo com a utilização do LED. A redução de consumo utilizando o controlador proposto diminui o consumo do LED.

4.3 COMPARAÇÕES ENTRE EXPERIMENTAL E A SIMULAÇÃO

Nos experimentos, as medições ocorrem de maneira instantânea, e com a utilização de medidores com memória de massa foi possível realizar medições em vários horários e dias da semana. Para se determinar o consumo de energia ao longo de um ano seria necessária a utilização deste tipo de equipamento, porém utilizando o DOMUS foi possível determinar este consumo anual. Para a simulação é importante inserir a densidade de carga de iluminação no ambiente (fluxo de calor proveniente do sistema de iluminação), que é o levantamento das potências das lâmpadas que serão utilizadas e seus respectivos reatores. No experimento, no entanto, o medidor vai indicar a potência real do sistema de iluminação que é diferente do indicado pelo fabricante. Esta diferença foi percebida na densidade de carga de iluminação do LST-2, que, para lâmpadas fluorescente, foi de 490W, enquanto que o valor medido foi de 430W para o caso das lâmpadas encontradas no LST-2 e de 490W para o caso das lâmpadas e reatores novos. Neste último caso os valores coincidem, pois todas as lâmpadas e reatores são da mesma marca, permitindo uma estimativa de carga correta. Já no caso do sistema de iluminação existente inicialmente, foram encontradas lâmpadas e reatores de diferentes fabricantes.

5 PESQUISA DE SATISFAÇÃO DE USUÁRIOS DO LST-2 SOBRE A ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

Os sistemas de iluminação para serem eficientes precisam atender às necessidades de claridade do ambiente para os usuários terem a percepção do plano de trabalho. Os projetos de iluminação devem atender aos níveis mínimos de iluminância previstos em normas e recomendações do proprietário.

Sempre que a iluminação de um ambiente é artificial a percepção desta, por parte do usuário, é fator importante para um conforto visual adequado. A pesquisa de satisfação, neste caso, se aplica na percepção de diferenças no conforto visual e percepção da luz artificial no ambiente.

Para verificar se a iluminação do LST-2 está ou não proporcionando um conforto visual aos usuários, foi elaborado um questionário para ser aplicado a estes e verificar, principalmente, se existe diferença de percepção entre a fluorescente e a LED.

O questionário foi aplicado em três momentos distintos. O primeiro com o sistema de iluminação que existia no local, sistema este composto por lâmpadas fluorescente de 32W e respectivos reatores. O segundo momento da pesquisa ocorreu depois que as lâmpadas e reatores foram substituídos por lâmpadas novas de 32W Osram e reatores novos da Osram de 2x32W. O terceiro momento ocorreu depois da troca das lâmpadas fluorescentes e respectivos reatores por lâmpadas LED de 18W.

O questionário foi aplicado em datas distintas para cada um dos momentos. Para o primeiro momento os mesmos foram aplicados nos dias 12 e 18 de junho de 2012. Para o segundo momento foi aplicado o questionário nos dias 8 e 13 de agosto de 2012. O terceiro questionário foi aplicado no dia 01 de outubro de 2012.

Os resultados estão mostrados na Tabela 26, Tabela 27 e Tabela 28. Em cada coluna é mostrada a quantidade de respostas para aquele item.

No apêndice II é mostrado o modelo do questionário aplicado nos três momentos.

As questões apresentadas aos entrevistados foram baseadas nos trabalhos de Barbosa (2010) e Pecin (2002) que aplicaram em seus trabalhos questões

semelhantes, com o intuito de verificar a satisfação dos usuários com o sistema de iluminação do ambiente pesquisado.

A questão 1 pede para o usuário dar sua opinião sobre a iluminação do ambiente de maneira geral, como ele enxerga esta iluminação. A questão 2 pede sua opinião sobre a disposição dos móveis e objetos do ambiente para verificar se é agradável aos olhos. As questões 3, 4, 5, 7 e 8 pedem a opinião sobre a iluminação no plano de trabalho e nitidez da visualização. A questão 6 analisa se existe iluminação a mais do que o necessário e se ela ofusca a vista do usuário.

Na primeira aplicação do questionário, com vinte (20) participantes, escolhidos aleatoriamente entre os usuários do bloco III do Parque tecnológico, as respostas são mostradas na Tabela 26. Neste caso, o questionário foi aplicado entre 15h e 19h.

Tabela 26 Resultados da pesquisa com lâmpadas existentes

QUESTÕES	RUIM	NORMAL	BOM
1	1	12	7
2	8	10	2
3	1	15	4
4	0	14	6
5	2	12	6
6	2	13	5
7	0	4	16
8	1	4	15

Na segunda aplicação do questionário, com trinta e três (33) participantes, escolhidos aleatoriamente entre os usuários do bloco III do Parque tecnológico, as respostas são mostradas na Tabela 27. Neste caso, o questionário foi aplicado no dia 8 às 21:40h e no dia 13 às 8:00h.

Tabela 27 Resultados da pesquisa com *retrofiting*

QUESTÕES	RUIM	NORMAL	BOM
1	1	16	16
2	4	26	3
3	0	20	13
4	7	12	14
5	1	24	8
6	4	19	10
7	0	9	24
8	1	11	21

Na terceira aplicação do questionário, com trinta e três (33) participantes, escolhidos aleatoriamente entre os usuários do bloco III do Parque tecnológico, as respostas são mostradas na Tabela 28. Neste caso, o questionário foi aplicado no dia 1º às 19:00h.

Tabela 28 Resultado da pesquisa com LED

QUESTÕES	RUIM	NORMAL	BOM
1	0	21	7
2	7	19	2
3	0	26	2
4	1	20	7
5	1	22	5
6	2	24	2
7	0	13	15
8	0	18	10

Com os dados desta pesquisa, fica evidente que, para os usuários do LST-2, não existe diferença na percepção da iluminação geral para os três tipos de lâmpadas.

6 DESENVOLVIMENTO DO CONTROLE DA INTENSIDADE LUMINOSA DO LED DE ACORDO COM A ILUMINAÇÃO NATURAL NO AMBIENTE

Os LEDs para iluminação, embora consumam pouca energia, podem diminuir ainda mais o consumo quando puderem diminuir a luz emitida em função da luz do dia. Como mostrado na revisão bibliográfica, a técnica PWM, permite este controle com a respectiva diminuição do consumo de energia.

A Figura 56 mostra o circuito para controle PWM e respectivo filtro para a lâmpada LED. Este circuito pode ser dividido em duas partes, sendo a primeira parte a responsável pela modulação do sinal (PWM). A segunda parte é o filtro composto por amplificadores operacionais, portas lógicas e resistores.

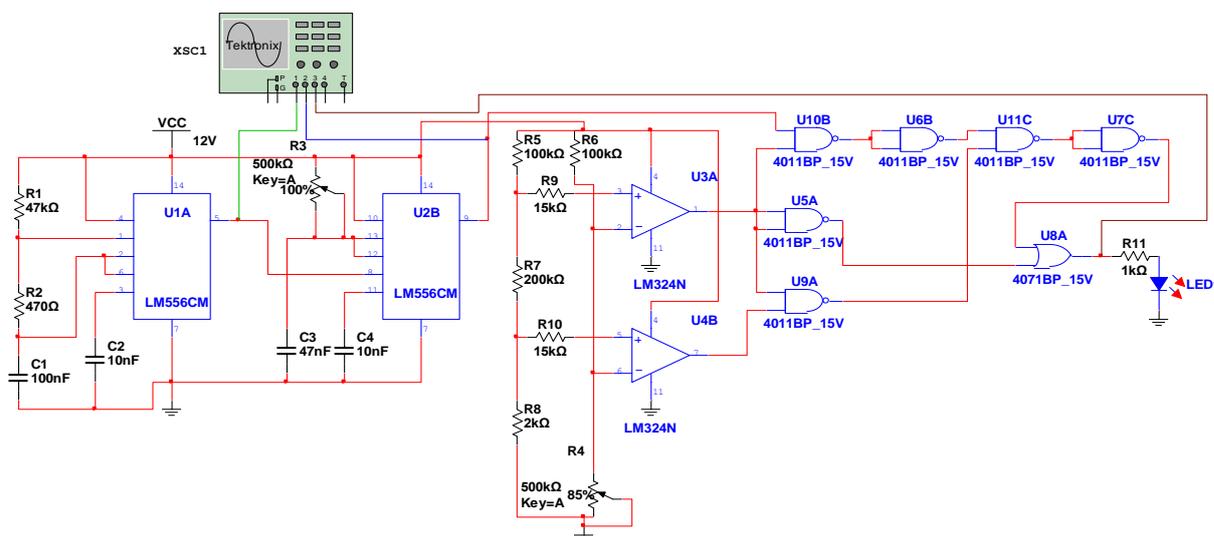


Figura 56 Circuito projetado para controle do nível de iluminância do LED.

A primeira parte, melhor detalhada na Figura 57, é a responsável pela geração do *clock* para o funcionamento do PWM. Este circuito é composto, principalmente pelo processador LM556CM. Os resistores R1 (47KΩ) e R2 (470KΩ) provocam uma queda de tensão nos pinos 1, 2 e 6 permitindo que o LM556CM gere um sinal de saída no pino 5, conforme Figura 58. O resistor R3, que substitui um sensor fotoelétrico (LDR), tem resistência variável de zero a quinhentos mil Ohms (0-500KΩ). Este resistor a zero (0%) indica que a luz do dia incidindo sobre ele é máxima e, desta forma, a saída 9 deste integrado seria nula. Diminuindo a luz natural, a resistência R3 aumenta de valor. Para exemplificar este caso, a Figura 59 mostra o sinal de saída com R3 a 5%.

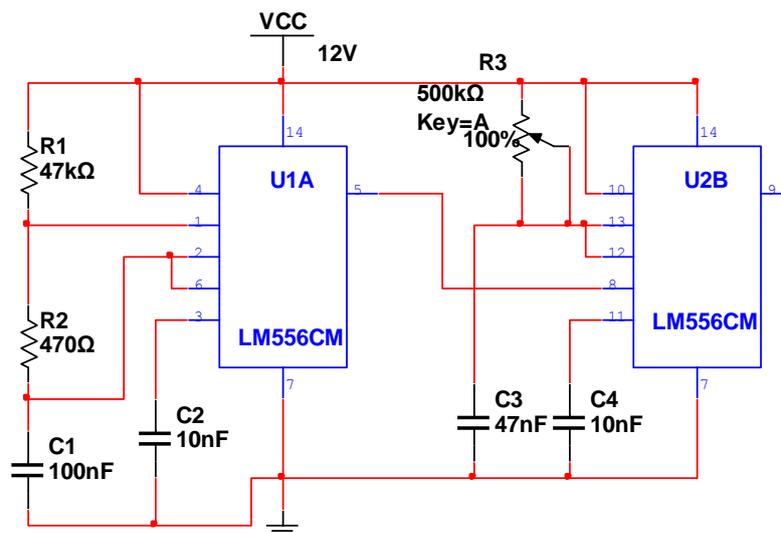


Figura 57 Circuito gerador de pulso

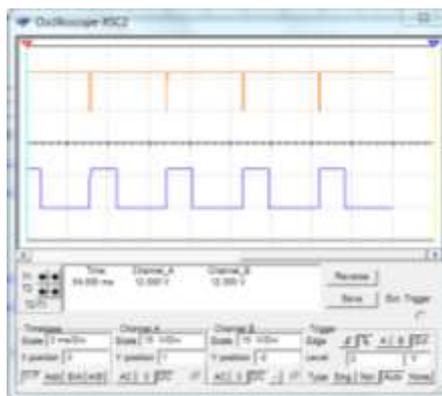


Figura 58 Resultado da simulação com o sinal de saída do pino 5.



Figura 59 Resultado da simulação com os sinais dos pinos 5 e 9, com R3 a 5%.

Com R3 a 75% a forma de onda no pino 9 é mostrada na Figura 60.



Figura 60 Resultado da simulação com os sinais nos pinos 5 e 9, com R3 a 75%.

Na Figura 60 o sinal azul, pino nove (9), permanece a maior parte do tempo em zero e no restante alto, 12V. Na Figura 60 o sinal do pino nove (9) permanece a maior parte do tempo alto, isto indica, então que quando a luz natural está com um bom nível no ambiente (sobre o sensor de luz) o LED irá ascender com um nível pequeno de intensidade já quando a luz incidir com menor intensidade sobre o sensor o LED ascenderá com maior intensidade. Os capacitores C1, C2, C3 e C4 tem a função de determinar a largura do pulso do sinal.

A segunda parte do circuito é composta pelo filtro, melhor detalhado na Figura 61. Os amplificadores operacionais LM32AN U3A e U4B comparam os sinais em seus pinos negativos, 2 e 6 contra as tensões nos pinos 3 e 5, positivos. As tensões nos pinos positivos são fixas geradas através das quedas de tensão dos resistores R5, R7, R8, R9 e R10. R4 está representando o sensor fotoelétrico e pode variar de 0 a 500K Ω , de acordo com a luminosidade. Quando a luz natural é intensa sobre o sensor, a resistência é mínima e aumenta conforme escurece a luz natural.

As portas lógicas são utilizadas para gerar as condições de condução plena ou corte total da luz do LED. O sinal que sai do amplificador operacional U3A é o responsável por comandar o acionamento pleno dos LEDs quando o nível de iluminação natural estiver baixo. O amplificador operacional U4B é o responsável por interromper o funcionamento do LED quando o nível da luz natural estiver bom.

Desta forma a eficiência do sistema é maximizada uma vez que não há consumo de corrente quando a iluminação natural estiver na faixa adequada, em contra partida o LED passa a receber maior quantidade de pulsos (tempo de pulso)

a medida que a luz natural diminui de intensidade. Neste circuito é representado o resistor R11 e o LED 1 para representar a lâmpada LED utilizada.

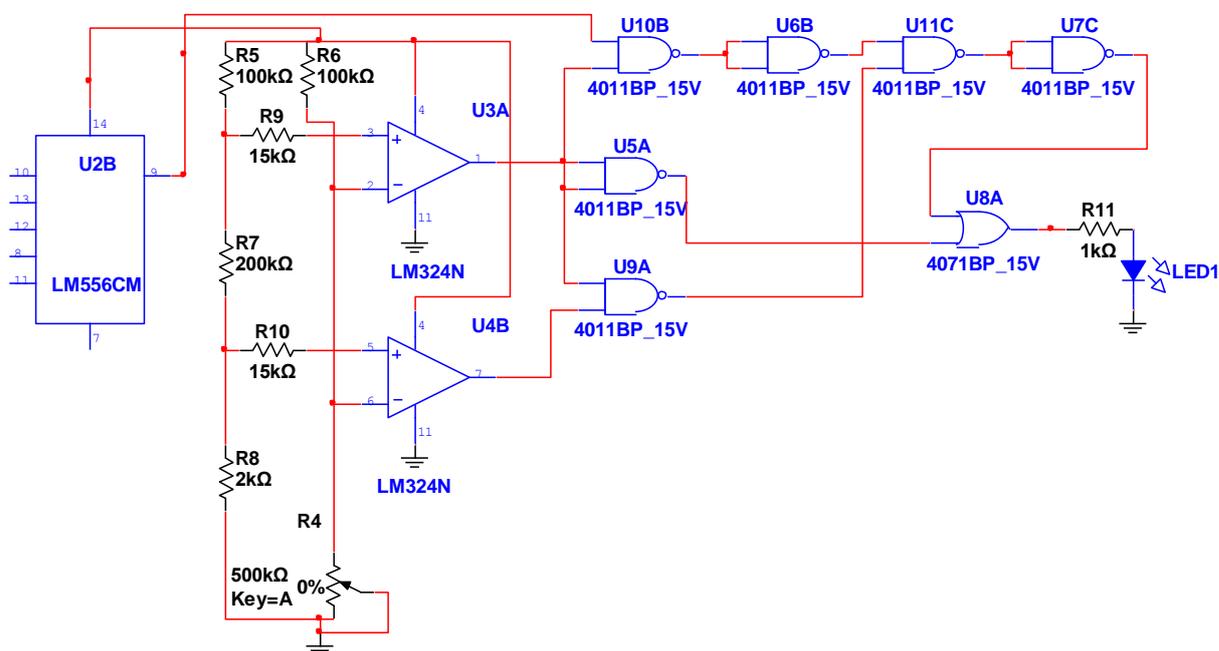


Figura 61 Filtro do sinal gerado pelo pino 9.

O circuito de acionamento da lâmpada LED é mostrado na Figura 62.

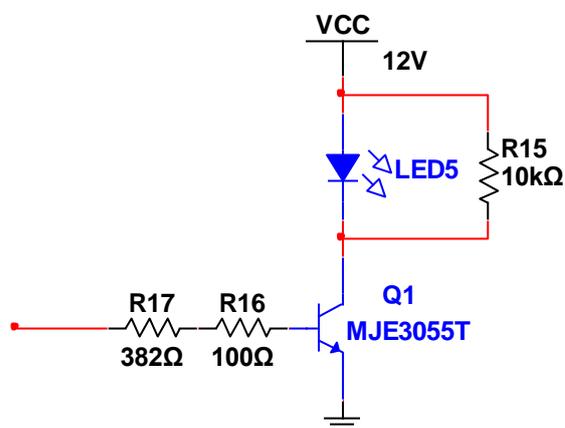


Figura 62 Circuito chaveador da lâmpada LED.

7 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES

Neste capítulo serão analisados os resultados encontrados em todos os experimentos, assim como as simulações no DOMUS. Após cada análise serão feitas as considerações cabíveis.

7.1 ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA ENTRE FLUORESCENTE E LED

Com os resultados obtidos do primeiro experimento (item 4.1.1), verifica-se a consistência da Tabela 10, através do Minitab 16, aplicando Fatorial Completo (*Full Factorial Design*). O valor de “P” (significância) foi inferior a 0,005.

A Tabela 29 mostra os valores médios encontrados nas medições nos três furos. Nos furos 2 e 3 com 6, 4 e 3 módulos de 8W o fluxo luminoso medido foi superior ao da fluorescente. No furo 1 a fluorescente foi maior devido ao ângulo de projeção da luz do LED, que é de 120° e para a fluorescente o corpo da luminária em alumínio anodizado de alto brilho, permite a refletância da luz da parte superior e lateral da lâmpada, aumentando o ângulo da luz emitida pela luminária. Como os LEDs utilizados neste experimento são circulares, foi necessário, inicialmente, realizar os testes com 6 módulos circulares. Como os resultados encontrados foram muito superiores à fluorescente, foi realizada a segunda parte, agora com apenas 4 módulos de LEDs. Os resultados encontrados ainda foram superiores à fluorescente. Na terceira parte deste experimento, com 3 módulos de LEDs os valores encontrados se aproximaram aos resultados da lâmpada fluorescente.

Tabela 29 Media das medições de iluminância (Lux) nos furos

Furo	fluorescente	LED 8W		
	32W	6x	4x	3x
1	744	801	560	488
2	861	2198	1335	930
3	345	1189	899	700

7.2 ANÁLISE DA TEMPERATURA DE TRABALHO DA LÂMPADA FLUORESCENTE E DA LED.

Com os resultados obtidos com o segundo experimento (item 4.1.2), Tabela 11 e na Tabela 12, verificou-se a consistência através do Minitab 16, aplicando Fatorial Completo (*Full Factorial Design*). O valor de “P” (significância) foi inferior a 0,005.

Com o experimento 4.1.2, ficou demonstrado que não existe diferença de temperatura significativa entre a LED e a fluorescente. Desta forma a substituição de lâmpadas fluorescente por LED não elevaria a temperatura no ambiente, conseqüentemente não haveria aumento no consumo de energia com ar condicionado. Na simulação este resultado foi levado em consideração com o mesmo valor de carga térmica para o ambiente, portanto não teve influência na temperatura ambiente.

A Tabela 30, com dados retirados das Tabela 11, 11 e 12, mostra os valores médios para os três tipos de lâmpadas.

Tabela 30 Comparação entre medidas de temperatura

Medida	Fluorescente Tabela 10	LED Tabela 11	LED LST-2 Tabela 12
T1 - °C	22,4	22,3	19,6
T2 - °C	22,8	22,9	19,6
T3 - °C	24,0	24,9	20,4
T4 - °C	23,4	24,0	19,7
T5 - °C	24,0	24,2	20,4
T6 - °C	24,7	25,4	20,4
T7 - °C	22,7	22,9	19,1
T8 - °C	22,7	22,9	19,1
T9 - °C	22,6	22,6	18,8
T10 - °C	21,7	21,8	17,4

Analisando as médias das dez medições no interior da caixa fica evidenciada a temperatura menor gerada pela lâmpada LED usada no LST-2 (18W, 127V) com alimentação via driver. Nas LEDs de 8W como a alimentação é em corrente alternada, existe uma dissipação térmica maior que a alimentada em corrente contínua.

A Tabela 31 mostra a variação de temperatura de cada ponto (T1 a T9) em relação ao ponto externo (T10) para a fluorescente e o LED.

Tabela 31 Variação de Temperatura entre os pontos internos e o externo

Ponto	Fluorescente		LED		LED LST-2	
	Média	ΔT	Média	ΔT	Média	ΔT
T1 - °C	22,4	0,7	22,3	0,5	19,6	2,2
T2 - °C	22,8	1,1	22,9	1,1	19,6	2,2
T3 - °C	24	2,3	24,9	3,1	20,4	3,1
T4 - °C	23,4	1,7	24	2,2	19,7	2,3
T5 - °C	24	2,3	24,2	2,4	20,4	3,1
T6 - °C	24,7	3,0	25,4	3,6	20,4	3,1
T7 - °C	22,7	1,0	22,9	1,1	19,1	1,8
T8 - °C	22,7	1,0	22,9	1,1	19,1	1,7
T9 - °C	22,6	0,9	22,6	0,8	18,8	1,4

Para a LED de 3x8W, no ponto T3, que é o mais próximo da luminária a diferença de temperatura do LED é maior que a da fluorescente (3,1°C e 2,3°C). Nos pontos T1 e T9 que são os mais distantes da luminária a variação de temperatura é menor para o LED. A temperatura no LED é alta, porém em face da baixa potência, à medida que se mede a temperatura afastada da luminária a mesma varia menos que para a fluorescente, confirmando a hipótese de que a temperatura do ambiente é influenciada menos pela lâmpada LED que para a fluorescente. Nas medições com lâmpadas LED, utilizadas no LST-2-2, a caixa permaneceu fechada não havendo renovação durante este experimento. Semelhante ao primeiro LED, neste caso os pontos próximos da luminária apresentaram uma variação maior em relação ao exterior da mesma e, da mesma forma, os pontos mais afastados da luminária apresentaram diferença de temperatura menor.

7.3 ANÁLISE E COMPARAÇÃO DO NÍVEL DE ILUMINÂNCIA E CONSUMO DE ENERGIA DO LST-2 COM AS LÂMPADAS EXISTENTES, COM RETROFITING E COM A SUBSTITUIÇÃO POR LED'S

No experimento 4.1.3.1 (iluminação existente), fica demonstrado, pelos dados da Tabela 14 que, com o tempo, o nível de iluminância das lâmpadas fluorescente diminui, de acordo com o *National Lighting Bureau* (2012). A potência consumida pelo sistema de iluminação Tabela 15 é, em média 430W, 4,3A, FP=9,5%.

No experimento 4.1.3.2 (*retrofiting*), com a troca das lâmpadas e reatores, a medição indicou níveis de iluminância nos 9 pontos superiores ao experimento

4.1.3.1 (iluminação existente) e a potência requerida do sistema aumentou. A Tabela 32 mostra a média dos dados retirados da Tabela 14, Tabela 16 e Tabela 18.

Tabela 32 Comparação da iluminância (Lux) média com os três tipos de lâmpadas

Medida/Lâmpada	existente	retrofiting	LED
P1 (lux)	354	408	408
P2 (lux)	308	389	375
P3 (lux)	298	380	385
P4 (lux)	382	380	386
P5 (lux)	300	342	381
P6 (lux)	219	363	338
P7 (lux)	292	332	338
P8 (lux)	246	299	308
P9 (lux)	282	339	376

O nível de iluminância nos pontos medidos melhorou entre o existente e o *retrofiting*, com exceção do ponto 4. Durante as medições do experimento 4.1.3.2 (*retrofiting*) existia um *folder*, predominantemente branco, na parede próxima ao ponto P4 o que favoreceu o aumento do iluminância neste ponto, devido à refletância do material do *folder*. (Refletância, segundo a NBR5461 – para uma radiação incidente com uma composição espectral, polarização e distribuição geométrica dadas é a razão do fluxo radiante ou luminoso refletido, para o fluxo incidente, nas condições dadas).

Em relação ao consumo de energia, conforme mostra a Tabela 33, com dados retirados da Tabela 15, Tabela 17 e Tabela 19, o consumo de energia aumentou neste experimento (*retrofiting* da iluminação). Isto se justifica pela diversidade de modelos de lâmpadas e reatores encontrados no laboratório, ou seja, alguns modelos de lâmpadas e reatores eram de potências inferiores ao especificados.

Tabela 33 Comparação das grandezas elétricas entre os três tipos de lâmpadas

Lâmpada/Medição	I (A)	P (W)	FP
Existente	3,7	430	0,935
<i>Retrofiting</i>	4,2	490	0,940
LED	2,3	270	1,000

No experimento 4.1.3.3 (lâmpadas LED) ficou demonstrado que a utilização de lâmpadas LED permitiu iluminar o ambiente nas mesmas condições que a fluorescente nova, com uma redução de 47% no consumo de energia. Em relação ao nível de iluminância, dos pontos considerados (9) apenas dois (P2 e P6) apresentaram nível de iluminância inferior, porém ainda dentro do exigido pela

norma brasileira NBR5413, que para as condições de uso, apresentou o resultado da (1) para o índice (I).

$$I = P1 + P2 + P3 \quad (1)$$

Calculando I, o resultado foi "-2". Para o peso 1, foi considerada idade inferior a 40 anos dos usuários do laboratório. Para o peso 2, a velocidade e precisão foi considerada sem importância. Para o peso 3, a refletância do fundo da tarefa foi considerada entre 30 a 70%.

Com este experimento também foi calculada a densidade de potência – fluxo energético - para o ambiente. Desta forma a área é de 50m². Em seguida foi calculada a densidade de iluminação (2) do laboratório, que conforme dados da Tabela 14 apresenta as potências para *retrofitting* e LED.

$$D = \frac{P}{A} \quad (2)$$

Calculando a densidade D1, para o sistema de iluminação com *retrofitting*, temos D1= 9.8W/m². Calculando a densidade D2, para o LED, temos D2= 5.4W/m².

Para a iluminação do laboratório, utilizando LED a densidade ficou 44.9% inferior o que diminui consideravelmente o consumo de energia por hora utilizada.

Com os resultados obtidos deste experimento (item 4.1.3), Tabelas 13, 14, 15, 16, 17 e 18, verificamos a consistência dos mesmos através do Minitab 16, aplicando Fatorial Completo (*Full Factorial Design*). O valor de "P" (significância) foi inferior a 0,005.

7.4 ANÁLISE DOS DADOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA COM OS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

Analisando os dados da tabela 20, a média de geração de energia por dia foi de 1.552,54 kWh para o período analisado, o maior valor foi de 2.287,25 kWh e o menor valor foi de 712,50 kWh. Estes dados são apenas do período de medição, para o ano todos estes números não são válidos. Segundo Tipeolo *et al* (2013), para Curitiba o valor típico de geração varia entre 3,6 e 3,75 kWh.dia⁻¹ por 1kWp (um quilowatt pico) instalado. Neste caso a somatória dos módulos fotovoltaicos é de 0,6Wp, portanto a geração diária média anual seria entre 2,16 kWh e 2,25 kWh.

As justificativas para a geração abaixo do esperado são: a distância de 50m entre os módulos fotovoltaicos e o inversor proporciona uma queda de tensão no cabo que diminui a potência gerada; a posição de instalação dos módulos não é a ideal, as mesmas foram instalados seguindo a posição da cobertura do edifício, não sendo a posição norte ideal para a máxima geração de energia; o ângulo dos módulos fotovoltaicos em relação à horizontal também não foi a ideal, diminuindo um pouco a eficiência do sistema.

Desta forma a média de energia gerada no período, não atende à demanda de iluminação do LST-2, que é de 270W ligados por 15h, num total de $4,05\text{kWh}\cdot\text{dia}^{-1}$.

7.5 ANÁLISE NUMÉRICA DOS AMBIENTES TESTADOS E COMPARAÇÃO COM OS RESULTADOS PRÁTICOS.

Após a simulação da densidade de carga de iluminação no Domus (Mendes et al., 2003) os dados foram apresentados na Tabela 24, com o consumo mensal de energia de iluminação com dois horários de funcionamento. O primeiro horário de funcionamento é das 8:00h às 18:00h e o segundo horário de funcionamento das 8:00 às 22:00h. Em cada um deles simulou-se a carga de iluminação com lâmpada fluorescente e com lâmpada LED.

Com o primeiro horário simulado, o consumo anual de energia da luminária LED é 62,66% do consumo da luminária com lâmpada fluorescente. No segundo horário simulado, o consumo anual da luminária com LED é 62,64% do consumo da luminária com lâmpada fluorescente. Fica demonstrado que a utilização da lâmpada LED permite um melhor aproveitamento da energia elétrica, com um sistema mais eficiente de iluminação.

Para o LST-2, na simulação 2, conforme dados da Tabela 24, o consumo anual da iluminação fluorescente foi de 1.918,35kWh e para o sistema com LED o consumo anual foi de 1.057,05kWh. A diferença neste caso é de 55% do consumo, ou seja, com a instalação das lâmpadas LED a economia no consumo foi de 45%. Esta simulação prevê apenas a substituição, sem considerar o potencial de redução com o controle da iluminação.

Para verificar o potencial de economia no consumo de energia com o LED e o dispositivo de controle da luz artificial com base na luz natural, foi simulado, no DAYSIM, o LST-2 ao longo de um ano. Para uma análise de percentual escolheu-se uma semana típica do mês de maio, cujos resultados são mostrados na Tabela 34.

Na coluna dois estão os somatórios das densidades de potência necessários, segundo o DAYSIM, para atender ao nível de iluminamento necessário no LST-2 ao longo de cada mês. Na coluna três estão os totais mensais de horas que o sistema de iluminação ficou ligado. Na coluna quatro aparecem os consumos mensais de energia com a potência total ligada, ou seja, 270W. Na quinta coluna estão os consumos mensais de energia com a dimerização proposta

Tabela 34 Consumo de energia sem e com *dimmer* no LST-2

Mês	Densidade w/m ²	Horas ligado	Consumo de Energia Integral (Wh)	Consumo de Energia com dimmer (Wh)
1	1058,94	345	93150	52947
2	983,34	300	81000	49167
3	1276,02	330	89100	63801
4	1547,1	315	85050	77355
5	1506,6	345	93150	75330
6	1308,42	315	85050	65421
7	1564,38	330	89100	78219
8	1505,52	345	93150	75276
9	1166,4	300	81000	58320
10	947,7	345	93150	47385
11	914,22	330	89100	45711
12	926,1	315	85050	46305
Total			1057050	735237

A redução no consumo anual de energia para iluminação no LST-2 é de 30%. Considerando o valor do kWh (valor do mês de setembro de 2013, segundo site da COPEL) de 0,23666 R\$/kWh (COPEL, 2013), isto daria uma economia anual de R\$76,16.

7.6 PROJETO E TESTE DO PROTÓTIPO PARA CONTROLE DO NÍVEL DE ILUMINAÇÃO LED EM FUNÇÃO DA LUZ NATURAL

O circuito de controle de intensidade de iluminação para a lâmpada LED foi montado de acordo com o circuito proposto, conforme mostra a Figura 63. Esta também mostra, na parte inferior, circuito de filtro que permite o acendimento ou o corte total da lâmpada LED de acordo com a luz natural. A Figura 64 mostra o circuito de acionamento da lâmpada LED.

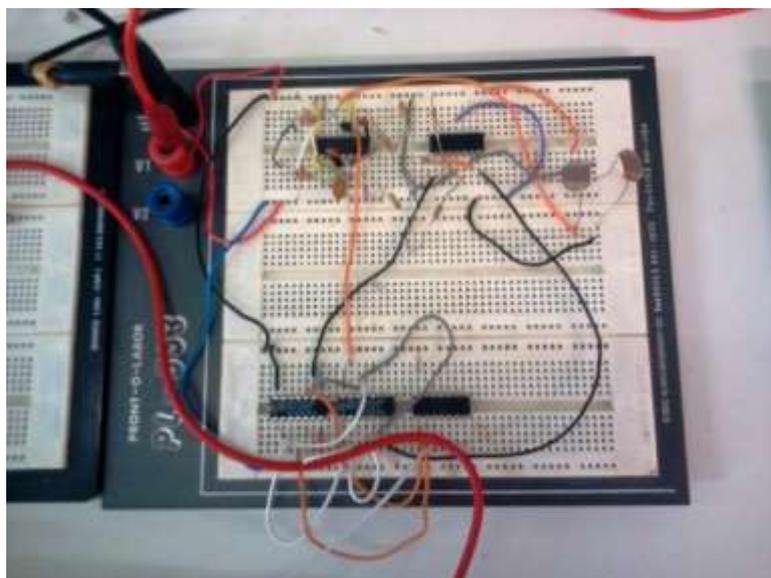


Figura 63 Circuito PWM de acordo com o projeto

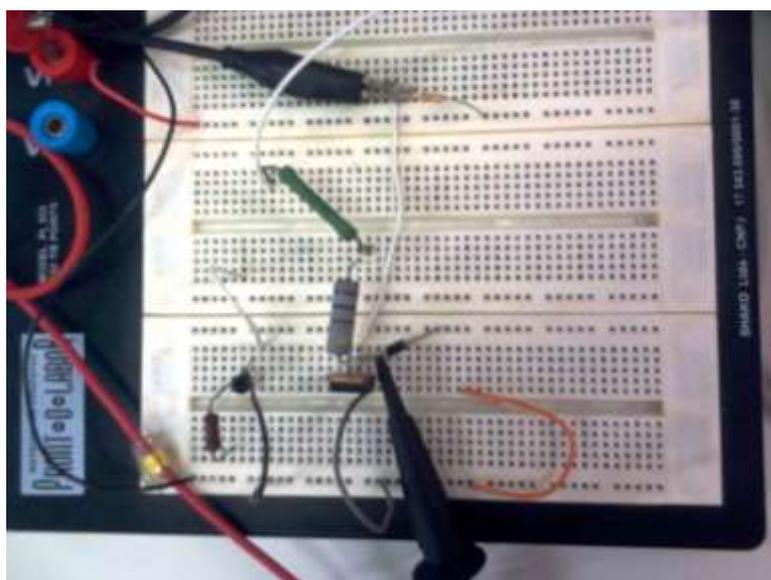


Figura 64 Circuito de acionamento da lâmpada

A Figura 65 mostra a LED com intensidade máxima de iluminação.



Figura 65 Lâmpada LED com intensidade máxima

A Figura 66 mostra a lâmpada LED com intensidade média de iluminação, de acordo com a luz natural.



Figura 66 Lâmpada LED com intensidade média

Quando a iluminação natural é suficiente para o ambiente o sinal para o LED é cortado, isto é mostrado na Figura 67, onde o CH1 indica o sinal na saída PWM e o CH2 indica a tensão aplicada na iluminação LED.

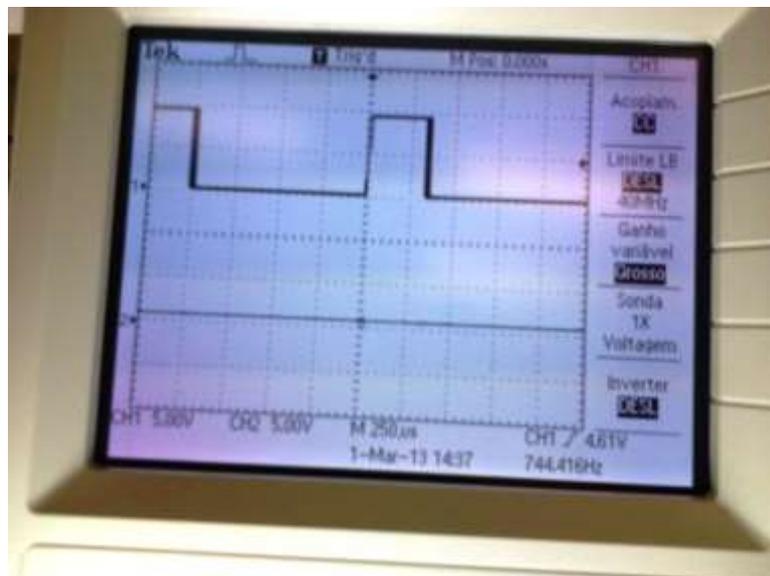


Figura 67 Tela osciloscópio para iluminação natural ideal

Na fonte de alimentação do circuito indica tensão de 12V e corrente de 0,03A, mostrando, neste caso, que não há consumo de energia da rede.

Na condição de iluminação natural inexistente a fonte indicou 12V e corrente de 1,35A, indicando, portanto, que o consumo é máximo para o LED a plena luz. A Figura 68 mostra a tela do osciloscópio para este caso. O canal CH1 indica a tensão no pino 9 e o CH2 a tensão sobre o LED.

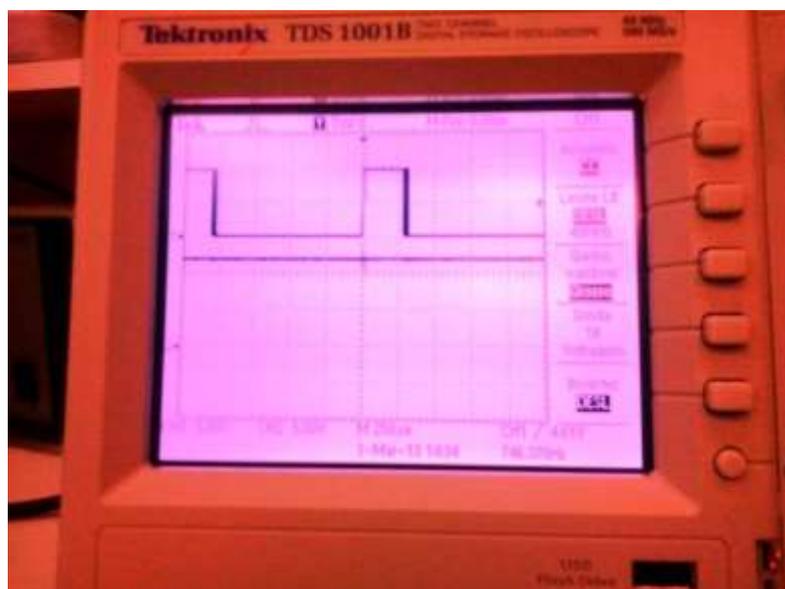


Figura 68 Tela do osciloscópio com LED a 100%

Para iluminação natural insuficiente para o ambiente o circuito emite pulsos para o LED acender proporcionalmente, conforme a Figura 69. Neste caso a fonte indica tensão de 12V e corrente de 0,5A. O CH1 indica a tensão no pino 9 e o CH2 a tensão sobre o LED.

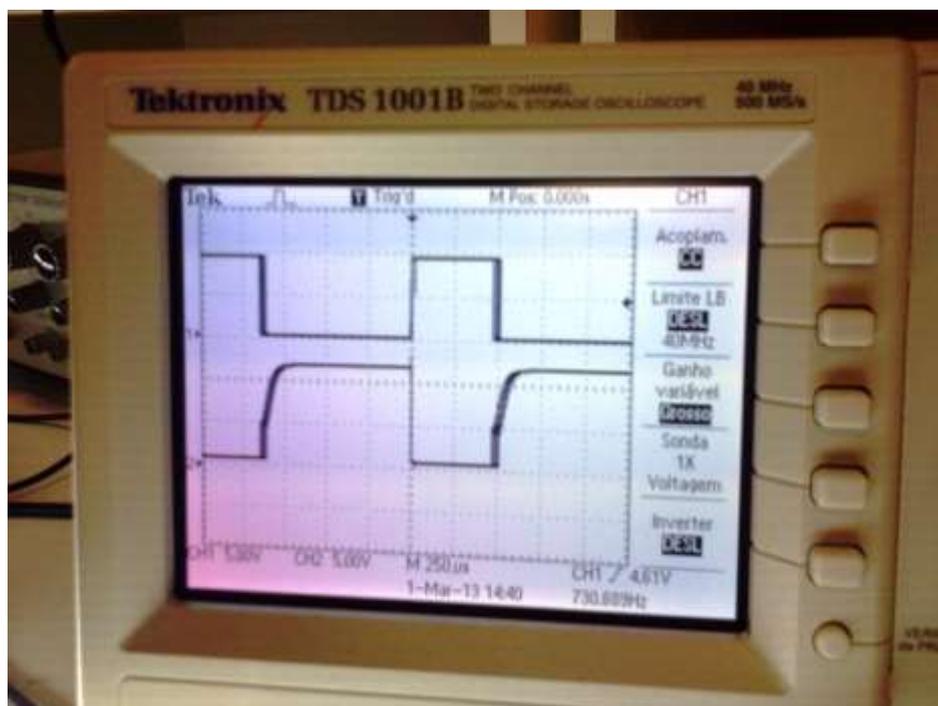


Figura 69 Tela osciloscópio com LED a 40%

O arredondamento mostrado em CH2 é devido à capacitância da junção.

Para a alimentação do LED a tensão de barreira da junção do LED em série com o transistor chaveador, comporta-se como um divisor de tensão, fazendo com que uma parte da tensão fique sobre a carga (LED) no momento de corte do transistor de chaveador do PWM. Como solução foi colocado um resistor em paralelo com a carga (lâmpada LED) de $10\text{k}\Omega$ para drenar a tensão flutuante provida pela barreira de junção dos LEDs.

Com o controle proposto, percebe-se uma redução no consumo de energia com a lâmpada LED sendo controlada pelo PWM e pelo filtro, toda vez que o sinal sobre o LED (CH2) estiver em zero significa que não há consumo de corrente, portanto poupando energia elétrica.

7.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA DE SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS DO LST-2

Na primeira pesquisa com os usuários do LST-2 a idade de cada entrevistado, assim como o sexo e dia da entrevista são mostrados na Tabela 35.

Tabela 35 Dados dos entrevistados da primeira pesquisa

Pesquisa 1

Participante	Idade	Sexo	data
1	23	m	18/06/2012
2	21	m	18/06/2012
3	25	m	18/06/2012
4	41	m	18/06/2012
5	55	f	12/06/2012
6	45	m	12/06/2012
7	48	f	12/06/2012
8	23	m	18/06/2012
9	22	m	18/06/2012
10	21	m	18/06/2012
11	23	m	18/06/2012
12	22	f	18/06/2012
13	20	m	18/06/2012
14	21	m	18/06/2012
15	22	m	18/06/2012
16	22	m	18/06/2012
17	20	m	18/06/2012
18	22	m	18/06/2012
19	25	m	18/06/2012
20	22	m	18/06/2012

Neste caso, foram dezessete (17) pessoas do sexo masculino e três (3) do sexo feminino. A maior idade foi cinquenta e cinco (55) anos e a menor foi vinte (20) anos.

Analisando os resultados para cada questão e aplicando percentual de resposta para cada condição (Ruim, Normal e Bom), para a maioria dos usuários a iluminação do LST-2 está entre normal e boa. Na questão dois (2) esta margem é pequena, uma vez que 40% dos usuários considerou o item ruim. Neste caso a questão está relacionada à posição dos móveis no ambiente e não está diretamente ligada à iluminação propriamente dita.

A Tabela 36 mostra estes resultados. Em amarelo está o maior número de resposta para cada questão.

Tabela 36 Análise dos resultados da primeira pesquisa

Questão	Ruim	Normal	Bom
1	5,00%	60,00%	35,00%
2	40,00%	50,00%	10,00%
3	5,00%	75,00%	20,00%
4	0,00%	70,00%	30,00%
5	10,00%	60,00%	30,00%
6	10,00%	65,00%	25,00%
7	0,00%	20,00%	80,00%
8	5,00%	20,00%	75,00%

Na segunda pesquisa com os usuários do LST-2 a idade de cada entrevistado, assim como o sexo e dia da entrevista são mostrados na Tabela 37.

Tabela 37 Dados dos entrevistados da segunda pesquisa
Pesquisa 2

Participante	Idade	Sexo	data
1	29	m	08/08/2012
2	22	m	08/08/2012
3	23	m	08/08/2012
4	19	m	08/08/2012
5	21	m	08/08/2012
6	20	f	08/08/2012
7	26	m	08/08/2012
8	23	m	08/08/2012
9	22	m	08/08/2012
10	21	m	08/08/2012
11	20	m	08/08/2012
12	20	m	08/08/2012
13	21	m	08/08/2012
14	21	m	08/08/2012
15	24	m	08/08/2012
16	21	m	08/08/2012
17	18	m	13/08/2012
18	21	m	13/08/2012
19	18	m	13/08/2012
20	19	m	13/08/2012
21	24	m	13/08/2012
22	19	m	13/08/2012
23	20	f	13/08/2012
24	19	m	13/08/2012

Continuação da Tabela 37			
25	18	m	13/08/2012
26	21	m	13/08/2012
27	19	m	13/08/2012
28	19	m	13/08/2012
29	20	m	13/08/2012
30	19	m	13/08/2012
31	19	m	13/08/2012
32	18	m	13/08/2012
33	21	m	13/08/2012

Neste caso, trinta e um (31) pessoas do sexo masculino e duas (2) do sexo feminino participaram da pesquisa. A maior idade foi vinte e nove (29) anos e a menor foi dezoito (18) anos.

Analisando os resultados para cada questão e aplicando percentual de resposta para cada condição (Ruim, Normal e Bom), para a maioria dos usuários a iluminação do LST-2 está entre normal e boa. Na questão quatro (4) esta margem é pequena, uma vez que 36,36% dos usuários considerou o item normal e 42,42% boa. Nos dois casos o resultado é considerado satisfatório.

A Tabela 38 mostra estes resultados. Em amarelo está o maior número de resposta para cada questão.

Tabela 38 Análise dos resultados da segunda pesquisa

Questão	Ruim	Normal	Bom
1	3,03%	48,48%	48,48%
2	12,12%	78,79%	9,09%
3	0,00%	60,61%	39,39%
4	21,21%	36,36%	42,42%
5	3,03%	72,73%	24,24%
6	12,12%	57,58%	30,30%
7	0,00%	27,27%	72,73%
8	3,03%	33,33%	63,64%

Na terceira pesquisa com os usuários do LST-2 a idade de cada entrevistado, assim como o sexo e dia da entrevista são mostrados na Tabela 39.

Neste caso, vinte e seis (26) pessoas do sexo masculino, uma (1) do sexo feminino e um (1) que não respondeu (nr), participaram da pesquisa. A maior idade foi trinta e seis (36) anos e a menor foi vinte (20) anos.

Tabela 39 Dados dos entrevistados da terceira pesquisa
Pesquisa 3

Participante	Idade	Sexo	data
1	23	m	01/10/2012
2	26	m	01/10/2012
3	24	m	01/10/2012
4	20	m	01/10/2012
5	26	m	01/10/2012
6	22	m	01/10/2012
7	36	m	01/10/2012
8	25	m	01/10/2012
9	21	nr	01/10/2012
10	21	m	01/10/2012
11	20	m	01/10/2012
12	20	m	01/10/2012
13	19	m	01/10/2012
14	21	m	01/10/2012
15	21	m	01/10/2012
16	20	m	01/10/2012
17	19	m	01/10/2012
18	21	m	01/10/2012
19	26	f	01/10/2012
20	21	m	01/10/2012
21	21	m	01/10/2012
22	20	m	01/10/2012
23	24	m	01/10/2012
24	21	m	01/10/2012
25	20	m	01/10/2012
26	22	m	01/10/2012
27	20	m	01/10/2012
28	26	m	01/10/2012

Analisando os resultados para cada questão e aplicando percentual de resposta para cada condição (Ruim, Normal e Bom), para a maioria dos usuários a iluminação do LST-2 está entre normal e boa.

A Tabela 40 mostra estes resultados. Em amarelo está o maior número de respostas para cada questão.

Tabela 40 Análise dos resultados da terceira pesquisa

Questão	Ruim	Normal	Bom
1	0,00%	75,00%	25,00%
2	25,00%	67,86%	7,14%
3	0,00%	92,86%	7,14%
4	3,57%	71,43%	25,00%
5	3,57%	78,57%	17,86%
6	7,14%	85,71%	7,14%
7	0,00%	46,43%	53,57%
8	0,00%	64,29%	35,71%

Analisando as três pesquisas em conjunto, como mostra a Tabela 41.

Tabela 41 Resultado das três pesquisas

Questão	pesquisa 1			pesquisa 2			pesquisa 3		
	Ruim	Normal	Bom	Ruim	Normal	Bom	Ruim	Normal	Bom
1	5,00%	60,00%	35,00%	3,03%	48,48%	48,48%	0,00%	75,00%	25,00%
2	40,00%	50,00%	10,00%	12,12%	78,79%	9,09%	25,00%	67,86%	7,14%
3	5,00%	75,00%	20,00%	0,00%	60,61%	39,39%	0,00%	92,86%	7,14%
4	0,00%	70,00%	30,00%	21,21%	36,36%	42,42%	3,57%	71,43%	25,00%
5	10,00%	60,00%	30,00%	3,03%	72,73%	24,24%	3,57%	78,57%	17,86%
6	10,00%	65,00%	25,00%	12,12%	57,58%	30,30%	7,14%	85,71%	7,14%
7	0,00%	20,00%	80,00%	0,00%	27,27%	72,73%	0,00%	46,43%	53,57%
8	5,00%	20,00%	75,00%	3,03%	33,33%	63,64%	0,00%	64,29%	35,71%

Estes resultados demonstram que para os três tipos de lâmpadas testadas existem repetições nas avaliações dos usuários, ou seja, para as questões 1, 2, 3, 5, 6 e 7 a maioria respondeu na mesma coluna. Na questão 4 a pesquisa dois apresentou uma diferença a favor da lâmpada. Na pesquisa 3, a questão 8 apresentou uma diferença a menos das outras duas pesquisas de satisfação. Esta questão é referente à reprodução de cor da lâmpada. Como o LED apresenta uma cor predominantemente azul este índice ficou um pouco abaixo da fluorescente. As lâmpadas LED foram instaladas em agosto de 2012 e apresentavam desempenho considerado ótimo do ponto de vista de reprodução de cores, porém com a evolução desta tecnologia já existe no mercado (julho 2013) lâmpadas LED com índice de reprodução de cor melhor do que as utilizadas neste ensaio.

7.8 CÁLCULO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO

Neste trabalho foram propostas duas ações que geraram investimento, uma foi a instalação das lâmpadas LED e a outra foi a instalação de placas solares e respectivo inversor de frequência. Por isto, duas análises para determinar o tempo de retorno dos investimentos são apresentadas.

7.8.1 Cálculo do Valor Presente Líquido do investimento para as lâmpadas LED

Para este cálculo, foi considerado o valor investido para a compra de quatorze lâmpadas LED para o LST-2, que foi de R\$1.540,00 (mil quinhentos e quarenta reais), o consumo simulado de um ano, do sistema de iluminação com a fluorescente, que é de 1.918,35kWh e o consumo anual simulado com o LED foi de 1.057,05kWh. Considerando o valor do kWh, cobrado pela COPEL (outubro, 2013) de R\$/KWh 0,23666 (com impostos). O benefício, para aplicação na fórmula do VPL, será a diferença de consumo entre fluorescente e LED no período de um ano pelo valor do kWh (B1) mais o custo das trocas de lâmpadas fluorescentes ao longo de 10 anos (B2), ou seja:

$$B1 = (1.918,35 - 1.057,05) * 0,23666 = R\$203,84$$

No cálculo de B2 (custo de troca de lâmpadas fluorescentes) os valores estão identificados na Tabela 42.

Tabela 42 Custo evitado na troca de lâmpadas fluorescentes em 10 anos

	R\$ unitário	Quant./Ano	Trocas em 10 anos	Custo (R\$)
lâmpada	R\$ 8.10	14	10	R\$ 1,134.00
reator	R\$ 25.30	7	2	R\$ 354.20
homem hora	R\$ 1.25	14	10	R\$ 175.00
Custo de retirada	R\$ 1.40	14	10	R\$ 196.00
TOTAL				R\$ 1,859.20

Desta forma o valor de B (B1 + B2) será R\$ 2.063,04.

O tempo estimado para as lâmpadas LED é de 40.000h e levando-se em consideração o tempo de utilização da iluminação no LST-2 que é de 3.915h/ano, o

tempo de vida útil das lâmpadas, em anos será de 10,2 anos. Para este cálculo será considerado o período de 10 anos ($n=10$ para o cálculo do VPL) e neste período o custo de manutenção por ano inexistente ($M=0$). A taxa de desconto do projeto será considerada de 10% ($n=10$) ao ano. Levando estes dados para a fórmula do VPL tem-se:

$$VPL = -I + \sum_1^n \frac{(B - M)}{(1 + i)^n}$$

$$VPL = -1540 + \sum_1^{10} \frac{(2063,04 - 0)}{(1 + 0,1)^{10}}$$

O resultado do VPL será 17.999,64, portanto viável.

7.8.2 Cálculo do Valor Presente Líquido do investimento para os módulos fotovoltaicos

O valor investido para a instalação dos módulos fotovoltaicos foi de R\$5.250,00 (I). Para determinar o benefício (B) serão considerados o valor do kWh (R\$0,23666/kWh) e o valor médio de produção de energia solar de 3,6kWh/1kWp por dia instalado, ou seja, 4 módulos de 150W num total de 600W com produção média diária de 2,16kWh. Considerando 365 dias tem-se um total de 788,4kWh ano. Desta forma o B será:

$$B = 788,4 * 0,23666 = R\$186,58$$

O tempo de vida útil dos módulos é superior a 10 anos ($n=10$), como não existem partes móveis e o material não se degrada neste intervalo o custo anual de manutenção é nulo ($M=0$).

$$VPL = -I + \sum_1^n \frac{(B - M)}{(1 + i)^n}$$

$$VPL = -5250 + \sum_1^{10} \frac{(186,58 - 0)}{(1 + 0,1)^{10}}$$

O resultado do VPL será -2.290,69, portanto inviável do ponto de vista financeiro. Estes valores apresentam uma inviabilidade econômica para os dias atuais, porém do ponto de vista de preservação do meio ambiente e produção de energia sustentável o investimento seria viável.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As lâmpadas LED já são utilizadas em várias instalações comerciais, residências, industriais e públicas. Todos os fabricantes de lâmpadas LED anunciam sua economia de energia, durabilidade, reciclagem integral, entre outras. Neste trabalho foi realizada uma pesquisa para verificar a real economia de energia, a influência como carga térmica para sistemas de ar condicionado, as interferências elétricas provocadas pelo seu uso (harmônicas) e se os usuários deste tipo de iluminação sentem alguma diferença em relação à fluorescente. Vários experimentos foram realizados, comparação de consumo e fluxo luminoso, temperatura no ambiente, simulação em regime anual, instalação de módulos fotovoltaicos para prover a energia suficiente de iluminação, controle do nível de iluminação no ambiente de acordo com a luz natural.

No primeiro experimento é evidente a melhoria da iluminação produzida por LEDs, em comparação com a luminária fluorescente utilizada no ensaio de LED se mostrou mais eficiente do ponto de vista de consumo, iluminação e densidade de iluminação. Com as densidades encontradas para os dois tipos de luminárias e simuladas no DOMUS (Mendes et al., 2003) a economia de energia ficou comprovada. Com relação ao custo da luminária, o fabricante (Brastron) estima um valor de venda em torno de R\$350,00 (dólar do dia a R\$2,30, cotação oficial em 26/11/2013, 11:00h) já uma luminária fluorescente o valor seria de R\$130,00 com a diferença de consumo entre as duas, o valor a mais da luminária LED poderia ser abatido ao longo do tempo, dependendo da tarifa de energia elétrica que o consumidor tem.

No segundo experimento ficou demonstrada que não ocorre aumento de temperatura, no local do teste, em função da utilização do LED e da fluorescente, com isto a influência da temperatura para aumento no consumo de ar condicionado para conforto térmico não existe.

No terceiro experimento a utilização de LED diminuiu o consumo de energia no LST-2 e manteve o nível de iluminação nos padrões estabelecidos pela ABNT. Além do consumo menor o sistema elétrico ficou mais eficiente uma vez que o fator de potência, no LED, é de 0,99 e na fluorescente é de 0,94.

Nas medições realizadas no LACTEC, laboratório certificado pelo INMETRO, os resultados comprovaram os encontrados no terceiro experimento, mostrando, além da potência e corrente, também, que a distorção harmônica provocada pelas lâmpadas LED é menor que da fluorescente.

Os módulos fotovoltaicos instalados para gerar energia, equivalente ao consumo das lâmpadas LED, do ponto de vista elétrico, se mostraram insuficientes, uma vez que o consumo do LST-2 em iluminação LED, quando totalmente aceso, é de $270(W) \cdot 15(h)$, ou seja 4,05KWh e a energia gerada pelas placas é, no máximo, no período analisado, de 2,16KWh/dia, sendo a potência instalada de 600W. Esta diferença entre a potência instalada e a gerada é em razão do nível de irradiação solar sobre Curitiba, da diminuição da energia gerada em função da distância entre os módulos fotovoltaicos e o inversor (4,58%) e pela posição de instalação dos módulos que não estão exatamente orientadas para o Norte.

As simulações realizadas demonstraram, ao longo de um ano, que o consumo de energia com a LED é menor que a da fluorescente, em todos os casos. O primeiro ambiente simulado foi um local genérico e o segundo foi o LST-2, onde além da simulação foi feita a troca das lâmpadas e comprovado a redução do consumo de energia. Algumas diferenças entre o simulado e o real se baseiam praticamente nas diferenças de potência encontradas entre os valores apresentados pelos fabricantes e a efetivamente medida.

O dispositivo para controle da luminosidade da LED em função da luz natural se mostrou bastante eficiente, pois consegue regular esta intensidade sem consumo de energia da fonte e permite melhor otimização na utilização da energia uma vez que sempre monitora a luz no ambiente de trabalho e libera o disparo do transistor de potência para menos ou mais intensidade do LED. Na simulação deste dispositivo no Domus/Daysim, ficou comprovada a redução no consumo de energia do sistema de iluminação.

As pesquisas de satisfação dos usuários demonstraram que, do ponto de vista de percepção de objetos, cores e conforto visual não existem diferenças entre lâmpadas fluorescentes e LEDs. Com isto, pode-se afirmar que a utilização de LEDs nos sistemas de iluminação permite aos usuários utilizá-las sem prejuízo visual, se comparada a outra tecnologia.

No cálculo do VPL, para a troca de lâmpadas fluorescente por LEDs ficou demonstrada a viabilidade econômica, tendo em vista a redução do consumo e os

custos envolvidos nas trocas de lâmpadas fluorescentes e seus respectivos reatores. No caso da viabilidade econômica para a instalação dos módulos fotovoltaicos o cálculo demonstrou que não é viável, porém, se levado em consideração à redução do impacto ambiental na produção de energia, ela pode ser viável.

Neste trabalho ficou demonstrado que a utilização de lâmpadas LED no LST-2, tornou o sistema de iluminação mais eficiente que o anterior, tanto do ponto de vista da iluminação em si, como da qualidade da energia consumida, uma vez que o fator de potência ficou próximo de um (1,0). O sistema de controle do nível de iluminação permite uma redução significativa da energia consumida pelos LEDs. Com a instalação de lâmpadas LEDs e seus respectivos controles, em toda a universidade, vai permitir uma redução no consumo de energia significativa, tornando o sistema de iluminação mais eficiente.

Para trabalhos futuros, recomenda-se o desenvolvimento dos tópicos abaixo relacionados:

- testar a geração solar com módulos fotovoltaicos de outros fabricantes;
- avaliar a melhoria de geração, com a posição ideal dos módulos e comparar o custo deste tipo de instalação para o potencial com a maior geração;
- testar módulos fotovoltaicos com o inversor acoplado e comparar com o sistema instalado;
- instalar em todas as luminárias sensores de presença e foto sensores para controle individual de cada luminária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, 1992, NBR 5413: **Iluminância de Interiores**, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

ABNT, 1991, NBR 5461: **Iluminação - Terminologia**, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

ABU, A.; KHADER, S.; HASAN, O., "**Sustainable PV-powered FPGA-controlled high brightness LED illumination systems**," Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2012 IEEE , vol., no., pp.1,5, 17-20 April 2012 <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6201017&isnumber=6201007>

ACRICHE, Especificação do LED utilizado. Acesso em 15/05/2010, às 10h05min. <http://www.acriche.com/en/>

ALI, M.; ORABI, M.; ABDELKARIM, E.; QAHOUG, J.A.A.; AROUDI, A.E., "**Design and development of energy-free solar street LED light system**," Innovative Smart Grid Technologies - Middle East (ISGT Middle East), 2011 IEEE PES Conference on , vol., no., pp.1,7, 17-20 Dec. 2011. Acesso em 06/08/2013. <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6220812&isnumber=6220777>

AMERICAN HISTORY.

<http://americanhistory.si.edu/lighting/19thcent/invent19.htm>

ANEEL – Agência Nacional de energia Elétrica. Relatórios do Sistema de Apoio a Decisão. Consumidores, Consumo, Receita e Tarifa Média – Classe de Consumo.

Disponível em

http://relatorios.aneel.gov.br/_layouts/xlviewer.aspx?id=/RelatoriosSAS/RelSampClasseCons.xlsx&Source=http://relatorios.aneel.gov.br/RelatoriosSAS/Forms/AllItems.aspx&DefaultItemOpen=1

ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL. Disponível em:

http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf

BARBOSA, C. V. T., **Percepção da Iluminação no Espaço da Arquitetura: Preferências Humanas de Iluminação em Ambientes de Trabalho**. Tese de Doutorado. FAU/USP 2010, acesso em 02/09/2013, disponível em:

<http://bibfauusp.wordpress.com/tag/teses/>

BASTIAN, C.O. **A New Leading-In Conductor for Electric Lamps**, may 14, 1907, Glasgow Local Section, IEE. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5310094&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel5%2F5308791%2F5310090%2F05310094.pdf%3Farnumber%3D5310094>

BOURGEOIS, D.; REINHART, C.; MACDONALD, I. **Adding advanced behavioral models in whole building energy simulation: A study on the total energy impact of manual and automated lighting control**. Energy and Building 38, 2006. Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778806000673>

Brastron Indústria Eletrônica. Acesso em 04/06/2010 às 20h07minh. Disponível em:

www.brastron.com.br

BOWERS, B. **New lamps for old – the story of electric lighting**. IET Journals & Magazines, IEE Review, volume 41, 1985, acesso em março 2012. Disponível em

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=490211&contentType=Journals+%26+Magazines&queryText%3Dnew+lamps+for+old>

CHENG, Y. K.; CHENG K.W.E., **General Study for using LED to replace traditional lighting devices**, 2nd International Conference on Power Electronics Systems and Applications, 2006, IEEE. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/search/searchresult.jsp?newsearch=true&queryText=General+Study+for+using+LED+to+replace+traditional+lighting+devices&x=50&y=14>

CHENG, C. A.; CHENG, H.L.; LIN, K.J.; CHU, K.L.; YEN, C.H. **A Digitally Wireless Dimmable Lighting System for Two-Area Fluorescent Lamps**. TENCON 2010, IEEE. Region 10 Conference. Disponível em:

http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5686737&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5686737

COPEL. **Tarifa de energia elétrica**. Acesso em 17/09/2013, 11h30minh, disponível em:

<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F8c04fbf11f00cc5703257488005939be>

DUPUIS, R. D.; KRAMES, M. R. **History, Development, and Applications of High-Brightness Visible Light-Emitting Diodes**. JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 26, NO. 9, MAY 1, 2008. Disponível em:

http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=4542883&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D4542883

EIA. Annual Energy Review. Acesso 23/10/2012, 8:25h. Disponível em:

<http://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/#consumption>

EKREN, N.; ONAT, N.; SAGLAM, S. **Household Type Load's Effects on Photovoltaic Systems**. WSEAS Transactions on Circuits and Systems. Issue 12, volume 7, 2008. Acesso em 22/06/2012. Disponível em:

<http://www.wseas.us/e-library/transactions/circuits/2008/28-617.pdf>

FARANDA, R.; LEVA S. **Energy comparison of MPPT techniques for PV Systems**. WSEAS Transactions On Power Systems, Vol.3, No.6 2008, pp.446-455. Disponível em:

http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=4596156&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D4596156

FRANCHI, C.M. INVERSORES DE FREQUÊNCIA: TEORIA E APLICAÇÕES. 2. ED. SÃO PAULO: ERICA, 2009. 192 P.

GALKIN, I., TETERYONOK, O., MILASHEVSKI, I. **Comparative Estimation of Efficiency of LED dimmers Different Modulation Techniques**. Power Electronics and Applications (EPE 2011), Proceedings of the 2011- 14th European Conference.

Acesso em 23/07/2012, 16h40minh Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=06020622>

GE. General Electric. Disponível em:

<http://www.ge.com/company/history/research.html>

GITMAN, L. J. Princípios de Administração Financeira. 7^a edição. Editora Harbra: São Paulo. 2002.

GONÇALVES, T.J.M.; BELDERRAIN, M.C.N.; FREITAS, A.L.P. **Quais itens incluir em um questionário para a qualidade de serviços**. IJIE – Iberoamerican Journal of Industrial Engineering. Periódico da área de Engenharia Industrial e áreas correlatas, Florianópolis, 2011. GUIDELINE TO DAYLIGHT SIMULATIONS IN DAYSIM, disponível em:

http://www.photosolar.dk/userfiles/file/Dokumenter/Guideline%20to%20daylight%20calculation_2013.pdf

GRACIO, D.; ALONSO, J.M.; GARCIA, J.; CAMPA, L.; CRESPO, M.J.; RICO-SECADES, M. **PWM series Dimming for Slow-Dynamics HPF LED drives; The high Frequency Approach**. Industrial Electronics. IEEE Journals & Magazine. 2012.

Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=05735216>

GÜNTHER, H. **Como Elaborar um Questionário (Serie: Planejamento de Pesquisa nas Ciências Sociais, nº1)**. Brasília, DF. UnB, Laboratório de Psicologia Ambiental. Acesso 20/02/2013, 14h47minh Disponível em:

<http://www.psi-ambiental.net/PU/PPCS/PPCS.htm>

HUNT, D.R.G.; The Use of Artificial Lighting in Relation to Daylight Levels and Occupancy. Building and Environment, Vol 14, pp. 21-33, 1979. Disponível em

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0360132379900258>

KOH, L.H.; TAN, Y.K.; WANG, Z.Z.; TSENG, K.J. **An Energy-Efficient Low Voltage DC Grid Powered Smart LED Lighting System**. IECON 2011 – 37th Annual conference on IEEE Industrial Electronics Society, 2011. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6119610&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel5%2F6109934%2F6119266%2F06119610.pdf%3Farnumber%3D6119610>, acesso em 20/05/2012.

KREBS, F.C. **Polymeric Solar Cells: Materials, Design, Manufacture**. DEStech Publications, Inc, Pennsylvania, 2010. Acesso em 23/07/2013, 16h00minh. Disponível em:

http://books.google.com.br/books?id=KWemN5vnWIMC&pg=PA66&lpg=PA66&dq=M.+Helgesen,+R.+S%C3%B8ndergaard,+F.+C.+Krebs,+J.+Mater.+Chem.,+2010,+20,+36.&source=bl&ots=eVHavbCNNF&sig=vPfc1Oe4IR1tY4a9qfIB_ecnMtl&hl=pt-BR&sa=X&ei=-9PuUbaFlvS8wTs4YGACA&ved=0CFgQ6AEwBg#v=onepage&q=M.%20Helgesen%2C%20R.%20S%C3%B8ndergaard%2C%20F.%20C.%20Krebs%2C%20J.%20Mater.%20Chem.%2C%202010%2C%2020%2C%2036.&f=false

KUMAR, N.; KUMAR, G.; KUMAR, A. **A techno-economic comparative analysis of energy efficient luminaries in the context of emerging dsm initiatives in India: subtitle as needed (techno-economic comparative analysis e luminaires)**, acesso em 16/04/2013. Disponível em:

http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6139520&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D6139520

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência Energética na Arquitetura**, São Paulo, 1987. Disponível em:

<http://www.labeee.ufsc.br/publicacoes/livros>

LAGIOS, K.; NIEMASZ, J.; REINHART, C. F. **Animated Building Performance Simulation (ABPS) – Linking Rhinoceros/Grasshopper with Radiance/Daysim**. SimBuild, 2010. Fourth National Conference of IBPSA – USA. Disponível em:

<http://www.gsd.harvard.edu/research/gsd-square/Publications/DaylightingAnalysisInRhinoAndGrasshopper.pdf>

MA, H.; YU, W.; FENG, Q.; LAI, J.; ZHENG, C. **A novel Sepic-Derived PFC pre-regulator without Electrolytic Capacitor for PWM Diming LED Lighting application Based on Valley fill Circuit.** Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2011. IEE. Disponível em

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?reload=true&arnumber=6064075&contentType=Conference+Publications>

MACIAS, H.A.; ULIANOV, Y.; RAMOS, Y., "Illumination benefits using LED high brightness bulb compare to traditional illumination systems," Alternative Energies and Energy Quality (SIFAE), 2012 IEEE International Symposium on , vol., no., pp.1,5, 25-26 Oct. 2012. Acesso em 06/08/2013. <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6478898&isnumber=6478876>

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados.** 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996.

MEHTA, R.; DESHPANDE, D.; KULKARNI, K.; SHARMA, S.; DIVAN, D. **LEDs - A Competitive Solution for General Lighting Applications.** IEEE Energy2030. Atlanta, Georgia, USA, 17-18 November 2008. Patente Americanas. Disponível em: <http://www.google.com.br/patents?hl=ptBR&lr=&vid=USPAT843534&id=oy8MAAAA EBAJ&oi=fnd&dq=Peter+Cooper+Hewitt&printsec=abstract#v=onepage&q=Peter%20Cooper%20Hewitt&f=false>, acesso em 19/06/2012.

MENDES, N.; OLIVEIRA, R. C. L. F. AND SANTOS, G. H. DOS. **Domus 2.0: A Whole-building hygrothermal simulation program,** Proceedings of the 8th International Building Performance Simulation Association (IBPSA), Eindhoven, Netherlands 2003.

MME. **Boletim de Monitoramento do Sistema Elétrico.** Disponível em http://www.mme.gov.br/see/galerias/arquivos/Publicacoes/Boletim_mensalDMSE/Boletim_de_Monitoramento_do_Sistema_Eltrico_-_Julho-2012.pdf, acesso 24 de outubro de 2012, 11:30h.

MME. **Balço energético Nacional**. Disponível em:

http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html

MIRVAKILI, A.; JOURNEY, V. **A Digitally-Controlled, Bi-level CMOS LED driver circuit combining PWM dimming and data transmission for visible light networks**. Globecon Workshops (GC Whoops), 2010. IEEE. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=05700098>

NATIONAL LIGHTING BUREAU, <http://www.nlb.org/> acesso em 12/10/2012.

NTC 905100. Norma Técnica COPEL para Geração Distribuída,

[http://www.copel.com/hpcopel/normas/ntcarquivos.nsf/0342A62F50C68EC4032577F500644B9A/\\$FILE/905100.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/normas/ntcarquivos.nsf/0342A62F50C68EC4032577F500644B9A/$FILE/905100.pdf) acesso março 2013.

OSRAM, 2007. **Iluminação Conceitos e Projetos**. Acessado em 20/05/2010 às 14:40h. http://br.osram.info/download_center/index.html

PAIS, A. M. G. **Condições de Iluminação em Ambiente de Escritório: Influência no Conforto Visual**. Mestrado. Faculdade de Motricidade Urbana. Universidade Técnica de Lisboa. 2011. Acesso em 14/03/2013, disponível em:

<https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/3048>

PECIN, A., **Iluminação Hospitalar Estudo de caso: espaços de internação e recuperação**, Mestrado UFRS, acesso 02/09/2013, disponível em:

<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/3213>

QIN, Y.; LIN, D.; HUI, S.Y. **A Simple Method for Comparative Study on the Thermal Performance of LEDs and Fluorescent Lamps**. IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 24, N° 7, Julho 2009. , acesso em 25/10/2012. Disponível em

http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5175610&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5175610

REINHART. C. F.; **Lightswitch-2002: a model for manual and automated control of electric lighting and blinds**. Solar Energy, 2004. Disponível em

<http://archive.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/nrcc47022/nrcc47022.pdf>

SANTOS, I.,P.; URBANETZ, J.; RUTHER, R. **Energia Solar Fotovoltaica Como Fonte Complementar de Energia Elétrica para Residências na Busca da Sustentabilidade**. ENTAC2008. Acesso 08/04/2013. Disponível em:

http://www.lepten.ufsc.br/publicacoes/solar/eventos/2008/ENTAC/santos_urbanetz.pdf

SCHMIDT W. **Materiais elétricos: Condutores e Semicondutores**. 2ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. v.2.

SILVA, E. M. de P. **A tecnologia, suas estratégias, suas trajetórias**. *Cienc. Cult.* [online]. 2008, vol.60, n.spe1, pp. 13-21. ISSN 0009-6725. acesso em julho 2012.

SOORI, P.K., ALZUBAIDI, S. Study on Improving the energy Efficiency of Office Building's Lighting System Design. IEEE GCC Conference and Exhibition, Dubai, 2011. Disponível em

http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5752604&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5752604, acesso em 24/10/2012.

STEIGERWALD, D. A.; BHAT, J.C.; COLLINS, D.; FLETCHER, R.M.; HOLCOMB, M. O.; LUDOWISE, M. J.; MARTIN, P.S.; RUDAZ, S.L. **Illumination With solid Lighting Technology**. Journal on Selected Topics in Quantum Electronics, vol 8, n°2, march/april, 2002. IEEE. Disponível em:

http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=999186&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D999186

TIEPOLO, G.; URBANETZ JUNIOR, J.; CANGIOLIERI JUNIR, O. **Inserção da Energia Fotovoltaica na Matriz Elétrica do ESTADO DO PARANÁ: ANÁLISE DO POTENCIAL PRODUTIVO**. Revista SODEBRAS, vol. 8 n°87, março 2013, ISSN 1809-3957 Disponível em:

<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N87.pdf>

URTADO, E. S.; SANTOS, V. S.; QUINTAIROS, P. R.; OLIVEIRA, E. A. A. Q. **Aplicação do método do valor presente líquido (VLP) na análise da viabilidade**

econômica de projetos na indústria Metal Mecânica: um estudo de caso. XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. Disponível em:

http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/0732_0960_01.pdf.

Acesso em: 10 de setembro 2013.

USA PATENT OFFICE, disponível em <http://www.uspto.gov/>

ZHANG, Y.; WANG, Y.; LI, D.; LIU L.; LI, X.; ZOU N. **Indoor Illumination Based on Distributive LED Lights.** Communication Technology and Application (ICCTA 2011). Disponível em

[https://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=6193017&contentType=Conference+Publications&sortType%3Dasc_p_Sequence%26filter%3DAND\(p_IS_Number%3A6192814\)%26pageNumber%3D5%26rowsPerPage%3D50](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=6193017&contentType=Conference+Publications&sortType%3Dasc_p_Sequence%26filter%3DAND(p_IS_Number%3A6192814)%26pageNumber%3D5%26rowsPerPage%3D50), acesso em

27/09/2012.

YANG, H.; BERGMANS, J.; SCHEK, T. **A filter bank approach for LED illumination sensing based on frequency division multiplexing.** Acoustic Speech and Signal Processing, 2009, IEEE International Conference. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=04960302>

YE, Z.; GREENFELD, F. LIANG, Z. **Design considerations of a high power factor SEPIC converter for high brightness white LED lighting applications.** Power Electronics Specialists Conference, 2008. IEEE, 2008. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=4592343&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel5%2F4578427%2F4591876%2F04592343.pdf%3Farnumber%3D4592343>

YU, G.; XU, H.; DING, J.; XU, H.; XIANG, X.; LIAO, X. **Building Integrated Solar Power Generation on Roof.** Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 2010 35th IEEE. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5614427&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel5%2F5604820%2F5614036%2F05614427.pdf%3Farnumber%3D5614427>

WANG, J.; PAN, K.; LIU, J.; ZHU, W. **Numerical Study on Thermo-Mechanical Analysis of LED Lighting System by Using Ceramic Materials**. 11th International Conference on Electronic Packaging Technology & High Density Packaging. 2010. IEEE. Disponível em:

http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5582831&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fexpls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5582831

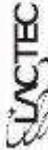
APÊNDICES

Sumário

Apêndice 1 – Medições realizadas no LACTEC

Apêndice 2 – Questionários aplicados aos usuários do LST-2

Apêndice 1

 LACTEC INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO	ENDEREÇO: Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19087 - CEP 81530-880 - Curitiba - PR Fone: +55-41 3361-6227 Fax: +55-41 3256-3382 E-mail: umil@lactec.org.br	ANEXO X	DOCUMENTO Nº
			PÁGINA 1 de 1

Dados da amostra

Registro/Tipon/Modelo:	Lâmpada Fluorescente
Ensaio:	
Executante:	
Data:	
Temp (°C):	
Umidade (%):	
Tensão declarada (V):	
Potência declarada (W):	
Fator de Potência declarado:	
Fluxo Luminoso declarado (lm)	
Temperatura de cor declarada (K)	
Eficiência luminosa (lm/W)	

Dados do ensaio

Entrada	
Tensão de entrada (V)	127,63
Corrente de entrada (A)	0,23
Potência (W)	29,32
Fator de Potência	0,96
Distorção Harmônicas totais	-7,42

Saída	
Tensão de saída (V)	72,08
Corrente de saída (A)	0,234
Potência (W)	29,19
Fator de Potência	0,96
Fluxo Luminoso (lm)	2134
Temperatura de cor (K)	3759
Eficiência luminosa (lm/W)	72,08

Temperatura de ensaio °C	25,6
Umidade de ensaio %	Integradora

 INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO ENDEREÇO: Centro Politécnico da UFPE - Caixa Postal 19067 - CEP 87630-986 - Curitiba - PR Fone: +55 41 3381-6227 Fax: +55 41 3298-3332 E-mail: lum@lactec.org.br	ANEXO	DOCUMENTO N°
	X	PÁGINA 1 de 1

Dados da amostra

Registro/Tipon/Modelo:	Lâmpada LED
Ensaio:	Tensão declarada (V):
Executante:	Potência declarada (W):
Data:	Fator de Potência declarado:
Temp (°C):	Fluxo Luminoso declarado (lm):
Umidade (%):	Temperatura de cor declarada (K):
	Eficiência luminosa (lm/W):

Dados do ensaio

Entrada	
Tensão de entrada (V):	127,48
Corrente de entrada (A):	0,35
Potência (W):	4,49
Fator de Potência	0,89
Distorção Harmônica Total	4,78

Saída	
Tensão de saída (V):	27,00
Corrente de saída (A):	0,148
Potência (W):	0,7
Fator de Potência	0,89
Fluxo Luminoso (lm)	1733
Temperatura de cor (K)	4970
Eficiência luminosa (lm/W)	52,7

Temperatura de ensaio °C (dentro da esfera integradora)	24,3
---	------

Apêndice 2

PESQUISA 1

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos): 21
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário de trabalho: 13:15
 Data: 16/06/2012

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input checked="" type="radio"/> Normal	<input checked="" type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		X	
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	X		
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações de luz é?		X	
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das telas (ler, escrever, digitar)?		X	
7. Você enxerga as palavras desde questionário com nitidez?			X
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			X

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos): 23
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário de trabalho: 13:15
 Data: 16/06/2012

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input checked="" type="radio"/> Normal	<input checked="" type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		X	
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?			X
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações de luz é?			X
5. O brilho das instalações de luz é?			X
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das telas (ler, escrever, digitar)?		X	
7. Você enxerga as palavras desde questionário com nitidez?			X
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			X

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 41
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário de trabalho: 17:30
 Data: 18/06/12

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?

	Ruim (R)	Normal (N)	Bom (B)
1. A iluminação no ambiente é?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. O conforto das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das telas (le, escrever, digitar)?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Você emerge as palavras deste questionário com nitidez?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 42
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário de trabalho: 17:30
 Data: 18/06/12

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?

	Ruim (R)	Normal (N)	Bom (B)
1. A iluminação no ambiente é?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. O conforto das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das telas (le, escrever, digitar)?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Você emerge as palavras deste questionário com nitidez?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 45
 Sexo: Masculino X Feminino
 Horário de avaliação: 15:20
 Data: 21/06/2015

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	Ruim (R)	Normal (N)	Bom (B)
1. A iluminação no ambiente é?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. O brilho das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ler, escrever, digitar)?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Você enxerga as palavras deste questionário com nitidez?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 55
 Sexo: Masculino Feminino X
 Horário de avaliação: 15:45
 Data: 23/06/2015

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	Ruim (R)	Normal (N)	Bom (B)
1. A iluminação no ambiente é?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. O brilho das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ler, escrever, digitar)?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Você enxerga as palavras deste questionário com nitidez?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 28
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário da avaliação: 15
 Data: 18/05/12

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?			<input checked="" type="checkbox"/>
2. A distribuição na altura e objetos do ambiente são?		<input checked="" type="checkbox"/>	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?			<input checked="" type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
5. O brilho das instalações de luz é?			<input checked="" type="checkbox"/>
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ler, escrever, digitar)?		<input checked="" type="checkbox"/>	
7. Você encontra as palavras deste questionário com nitidez?			<input checked="" type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			<input checked="" type="checkbox"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 18
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário da avaliação: 15:00h
 Data: 22/05/2012

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?	<input checked="" type="checkbox"/>		
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		<input checked="" type="checkbox"/>	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?			<input checked="" type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ler, escrever, digitar)?		<input checked="" type="checkbox"/>	
7. Você encontra as palavras deste questionário com nitidez?		<input checked="" type="checkbox"/>	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			<input checked="" type="checkbox"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 21

Sexo: Masculino X Feminino

Horário de avaliação: 14:18

Data: 11/06/16

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)

	Ruim (R)	Normal (N)	Bom (B)
1. A iluminação no ambiente é?			X
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos de sala é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações de luz é?		X	
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos (livros, revistas, etc)?		X	
7. Você enxerga as palavras deste questionário com nitidez?		X	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		X	

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 22

Sexo: Masculino X Feminino

Horário de avaliação: 14:11

Data: 11/06/16

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)

	Ruim (R)	Normal (N)	Bom (B)
1. A iluminação no ambiente é?		X	
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos de sala é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações de luz é?		X	
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos (livros, revistas, etc)?		X	
7. Você enxerga as palavras deste questionário com nitidez?		X	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		X	

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 22 Sexo: Masculino Feminino
 Horário da avaliação: 11:00
 Data: 15/08/12

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5. O brilho das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos (se escrever, digite)?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Você encontra as palavras deste questionário com facilidade?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 23 Sexo: Masculino Feminino
 Horário da avaliação: 14:06
 Data: 15/08/12

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. O brilho das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos (se escrever, digite)?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Você encontra as palavras deste questionário com facilidade?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 21
 Sexo: Masculino X Feminino —
 Horário de trabalho: 09:00
 Data: 14/06/12

MARKUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. A aparência das instalações de luz é?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. O brilho das instalações de luz é?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das letras (ver, escrever, digitar)?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Você encontra as palavras deste questionário com nitidez?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 20
 Sexo: Masculino X Feminino —
 Horário de trabalho: 19:00
 Data: 18/06/12

MARKUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. A aparência das instalações de luz é?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. O brilho das instalações de luz é?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das letras (ver, escrever, digitar)?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Você encontra as palavras desse questionário com nitidez?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 22
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário de avaliação: 14h
 Data: 16/01/2012

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input checked="" type="radio"/> Normal	<input checked="" type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5. O brilho das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das letras (ler, escrever, digitar)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7. Você encontra as palavras deste questionário com nitidez?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 22
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário de avaliação: 14h
 Data: 16/01/2012

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input checked="" type="radio"/> Normal	<input checked="" type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5. O brilho das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das letras (ler, escrever, digitar)?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Você encontra as palavras deste questionário com nitidez?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 22
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário de avaliação: 18:05
 Data: 18/06/2016

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA
 UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input checked="" type="checkbox"/> Ruim	<input checked="" type="checkbox"/> Normal	<input checked="" type="checkbox"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. O brilho das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ler, escrever, digitar)?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Você encontra as palavras desse questionário com nitidez?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 20
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário de avaliação: 19:00
 Data: 18/06/16

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA
 UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input checked="" type="checkbox"/> Ruim	<input checked="" type="checkbox"/> Normal	<input checked="" type="checkbox"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. O brilho das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ler, escrever, digitar)?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Você encontra as palavras desse questionário com nitidez?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 22 Sexo: Masculino Feminino
 Horário de trabalho: 10h15
 Data: 15/06/12

MARKUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	Ruim (R)	Normal (N)	Bom (B)
1. A iluminação no ambiente é?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. O brilho das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ler, escrever, digitar)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7. Você encontra as palavras deste questionário com nitidez?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 25 Sexo: Masculino Feminino
 Horário de trabalho: 13h30
 Data: 15/06/12

MARKUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	Ruim (R)	Normal (N)	Bom (B)
1. A iluminação no ambiente é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. O brilho das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ler, escrever, digitar)?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Você encontra as palavras deste questionário com nitidez?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

PESQUISA 2

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 21
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário da avaliação: 08:40
 Data: 13/08/11

MARQUE COM UM "X" NA COLUMNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

			
	Ruim	Normal	Bom
1. A iluminação no ambiente é?		X	X
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações de luz é?		X	
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ler, escrever, digitar)?		X	
7. Você enxerga as coisas de modo questionável ou não nítido?		X	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			X

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 19
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário da avaliação: 08:30
 Data: 13/08/11

MARQUE COM UM "X" NA COLUMNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

			
	Ruim	Normal	Bom
1. A iluminação no ambiente é?		X	X
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações de luz é?		X	
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ler, escrever, digitar)?		X	
7. Você enxerga as coisas de modo questionável ou não nítido?		X	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			X

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 19 Feminino
 Sexo: Masculino X
 Horário da avaliação 08:00
 Data: 13/05/2011

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input checked="" type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		X	
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações de luz é?		X	
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das letras, ler, escrever, digitar?		X	
7. Você encontra as palavras deste questionário com nitidez?		X	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		X	

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 18 Feminino
 Sexo: Masculino X
 Horário da avaliação 08:00
 Data: 13/05/2011

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input checked="" type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?			X
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?			X
4. A aparência das instalações de luz é?		X	
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das letras, ler, escrever, digitar?		X	
7. Você encontra as palavras deste questionário com nitidez?			X
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			X

PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 49
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário da avaliação: 8:10
 Data: 13/08/16

MARQUE COM UM "X" NA COLUMNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input checked="" type="checkbox"/> Ruim	<input checked="" type="checkbox"/> Normal	<input checked="" type="checkbox"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		X	
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações de luz é?		X	
5. O brilho das instalações de luz é?			X
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ler, escrever, digitar)?		X	
7. Você sempre se cobre os olhos quando estiver com o notebook?			X
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			X

PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 49
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário da avaliação: 8:10
 Data: 13/08/16

MARQUE COM UM "X" NA COLUMNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input checked="" type="checkbox"/> Ruim	<input checked="" type="checkbox"/> Normal	<input checked="" type="checkbox"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?			X
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?			X
4. A aparência das instalações de luz é?			X
5. O brilho das instalações de luz é?			X
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ler, escrever, digitar)?			X
7. Você sempre se cobre os olhos quando estiver com o notebook?			X
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			X

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 15 Feminino
 Sexo: Masculino X Feminino
 Horário da avaliação: 13:30
 Data: 25/02/2011

MARQUE COM UM "X" NA COLUMNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

	Ruim	Normal	Bom
1. A iluminação no ambiente é?			X
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos do sala é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações de luz é?		X	
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das letras, ler, escrever, digitar?		X	
7. Você entrega as palavras deste questionário com nitidez?			X
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			X

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 28 Feminino X
 Sexo: Masculino Feminino X
 Horário da avaliação: 8:00
 Data: 25/02/2011

MARQUE COM UM "X" NA COLUMNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

	Ruim	Normal	Bom
1. A iluminação no ambiente é?		X	
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos do sala é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações de luz é?		X	
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das letras, ler, escrever, digitar?		X	
7. Você entrega as palavras deste questionário com nitidez?		X	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			X

PONTIFICAL UNIVERSIDADE CATOLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 24
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário da avaliação 13:15 pm
 Data 20/08/2012

MARKUE COM UM "X" NA COLUMNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTOES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)

	Ruim (R)	Normal (N)	Bom (B)
1. A iluminação no ambiente é?			
2. A distribuição dos móveis e objetos no ambiente são?			
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?			
4. A aparência das instalações de luz é?			
5. O brilho das instalações de luz é?			
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (leitura, escrever, digitar)?			
7. Você encontra as palavras deste questionário com facilidade?			
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			

PONTIFICAL UNIVERSIDADE CATOLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 15
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário da avaliação 14h
 Data 20/08/2012

MARKUE COM UM "X" NA COLUMNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTOES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)

	Ruim (R)	Normal (N)	Bom (B)
1. A iluminação no ambiente é?			
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações de luz é?		X	
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (leitura, escrever, digitar)?		X	
7. Você encontra as palavras deste questionário com facilidade?			X
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			X

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 18 Sexo Masculino Feminino
 Horário da avaliação 09:00
 Data 12/07/2016

MARKUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA
 UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das
 questões abaixo, sendo as opções:
 Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)

	Ruim (R)	Normal (N)	Bom (B)
1. A iluminação no ambiente é?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. O brilho das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (let, escrever, digitar)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7. Você sempre se senta diante questionário com náusea?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 19 Sexo Masculino Feminino
 Horário da avaliação 08:00
 Data 12/07/2016

MARKUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA
 UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das
 questões abaixo, sendo as opções:
 Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)

	Ruim (R)	Normal (N)	Bom (B)
1. A iluminação no ambiente é?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. O brilho das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (let, escrever, digitar)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7. Você sempre se senta diante questionário com náusea?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PROPEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 34 Feminino
 Sexo: Masculino
 Nível de escolaridade: D.S.T.Y.
 Data: 25/05/2014

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input checked="" type="radio"/> Normal	<input checked="" type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?			X
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações de luz é?		X	X
5. O brilho das instalações de luz é?			
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos (se, escrever, digitar)?		X	
7. Você entrega as palavras deste questionário com nitidez?		X	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		X	

PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PROPEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 30 Feminino
 Sexo: Masculino
 Nível de escolaridade: D.S.T.Y.
 Data: 25/05/2014

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input checked="" type="radio"/> Normal	<input checked="" type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		X	
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações de luz é?		X	
5. O brilho das instalações de luz é?			
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos (se, escrever, digitar)?		X	
7. Você entrega as palavras deste questionário com nitidez?		X	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		X	

PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 18 Sexo Masculino Feminino
 Horário da avaliação 19:10
 Data 13/07/12

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)			
1. A iluminação no ambiente é?			X
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?			X
4. A aparência das instalações de luz é?			X
5. O brilho das instalações de luz é?			X
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas? (se, escrever, digitar?)			X
7. Você enxerga as palavras deste questionário com facilidade?			X
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		X	

PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 19 Sexo Masculino Feminino
 Horário da avaliação 07:10
 Data 13/07/12

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)			
1. A iluminação no ambiente é?			X
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	X		
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?			X
4. A aparência das instalações de luz é?			X
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas? (se, escrever, digitar?)		X	
7. Você enxerga as palavras deste questionário com facilidade?			X
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			X

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 23 Feminino
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário da avaliação: 14:30
 Data: 08/02/2016

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input checked="" type="radio"/> Normal	<input checked="" type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		X	
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?			X
4. A aparência das instalações de luz é?		X	
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ler, escrever, digitar)?			X
7. Você enxerga as palavras deste questionário com nitidez?			X
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			X

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 21 Feminino
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário da avaliação: 14:30
 Data: 08/02/2016

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input checked="" type="radio"/> Normal	<input checked="" type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		X	
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?			X
4. A aparência das instalações de luz é?		X	
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ler, escrever, digitar)?			X
7. Você enxerga as palavras deste questionário com nitidez?			X
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			X

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 31 Sexo Masculino Feminino
 Horário de avaliação 14:40
 Data 27/08/2012

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)			
1. A iluminação no ambiente é?		X	
2. A distração dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações de luz é?			X
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos, let, escrever, digitar?		X	
7. Você emerge ao pensar as dadas questionário com nitidez?			X
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		X	

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 35 Sexo Masculino Feminino
 Horário de avaliação 14:50
 Data 27/08/2012

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)			
1. A iluminação no ambiente é?			X
2. A distração dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações de luz é?			X
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos, let, escrever, digitar?		X	
7. Você emerge ao pensar as dadas questionário com nitidez?			X
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		X	

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 30
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário de avaliação: 9h
 Data: 12/02/2012

MARKUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input checked="" type="radio"/> Normal	<input checked="" type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		X	
2. A distribuição dos móveis e objetos no ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações de luz é?			X
5. O brilho das instalações de luz é?			X
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos, let, escrever, digitar?			X
7. Você enxerga as palavras deste questionário com nitidez?			X
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			X

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 34
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário de avaliação: 14h
 Data: 12/02/2012

MARKUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input checked="" type="radio"/> Normal	<input checked="" type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		X	
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações de luz é?			X
5. O brilho das instalações de luz é?			X
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos, let, escrever, digitar?		X	
7. Você enxerga as palavras deste questionário com nitidez?		X	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			X

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 28
 Sexo Masculino Feminino
 Horário da avaliação 11:40
 Data 27/07/2016

MARKUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA
 UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		<input checked="" type="checkbox"/>	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		<input checked="" type="checkbox"/>	
4. A aparência das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos, letreiros, diglter?		<input checked="" type="checkbox"/>	
7. Você emerge as paredes deste questionário com nitidez?			<input checked="" type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		<input checked="" type="checkbox"/>	

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 24
 Sexo Masculino Feminino
 Horário da avaliação 11:40
 Data 27/07/2016

MARKUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA
 UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		<input checked="" type="checkbox"/>	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		<input checked="" type="checkbox"/>	
4. A aparência das instalações de luz é?			<input checked="" type="checkbox"/>
5. O brilho das instalações de luz é?			<input checked="" type="checkbox"/>
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos, letreiros, diglter?			<input checked="" type="checkbox"/>
7. Você emerge as paredes deste questionário com nitidez?			<input checked="" type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			<input checked="" type="checkbox"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 28 Sexo Masculino Feminino
 Horário de avaliação 14:34
 Data 18/07/12

MARKUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input checked="" type="radio"/> Normal	<input checked="" type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?			X
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		X	X
4. A aparência das instalações de luz é?		X	
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos (leitura, escrever, digitar)?		X	
7. Você enxerga as palavras desse questionário com nitidez?			X
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		X	

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 31 Sexo Masculino Feminino
 Horário de avaliação 14:34
 Data 18/07/12

MARKUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input checked="" type="radio"/> Normal	<input checked="" type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		X	
2. A distribuição dos móveis e objetos no ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações de luz é?		X	X
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos (leitura, escrever, digitar)?		X	
7. Você enxerga as palavras desse questionário com nitidez?			X
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			X

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 20 Sexo Masculino Feminino
 Estado de nascimento PR Data 01/07/2011

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?			<input checked="" type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	<input checked="" type="checkbox"/>		
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		<input checked="" type="checkbox"/>	
4. A aparência das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos, letreiros, digiões?		<input checked="" type="checkbox"/>	
7. Você emerge as palavras deste questionário com facilidade?			<input checked="" type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			<input checked="" type="checkbox"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 21 Sexo Masculino Feminino
 Estado de nascimento PR Data 01/07/2011

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?			<input checked="" type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?			<input checked="" type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		<input checked="" type="checkbox"/>	
4. A aparência das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos, letreiros, digiões?		<input checked="" type="checkbox"/>	
7. Você emerge as palavras deste questionário com facilidade?			<input checked="" type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			<input checked="" type="checkbox"/>

PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 25 Sexo: Masculino Feminino
 Horário da avaliação 17:32
 Data 11/07/2019

MARKUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA
 UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	Ruim (R)	Normal (N)	Bom (B)
1. A iluminação no ambiente é?			
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?			<input checked="" type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		<input checked="" type="checkbox"/>	
4. A aparência das instalações de luz é?			<input checked="" type="checkbox"/>
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ler, escrever, digitar)?		<input checked="" type="checkbox"/>	
7. Você emerge na palmaras deste questionário com náusea?			<input checked="" type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			<input checked="" type="checkbox"/>

PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 20 Sexo: Masculino Feminino
 Horário da avaliação 16:45
 Data 11/07/2019

MARKUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA
 UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	Ruim (R)	Normal (N)	Bom (B)
1. A iluminação no ambiente é?			
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	<input checked="" type="checkbox"/>		
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		<input checked="" type="checkbox"/>	
4. A aparência das instalações de luz é?			<input checked="" type="checkbox"/>
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ler, escrever, digitar)?		<input checked="" type="checkbox"/>	
7. Você emerge as palmaras deste questionário com náusea?			<input checked="" type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			<input checked="" type="checkbox"/>

PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 24 Sexo Masculino X Feminino
 Horário de trabalho 14:00
 Data: 22/04/2016

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	Ruim (R)	Normal (N)	Bom (B)
1. A iluminação no ambiente é?			<input checked="" type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		<input checked="" type="checkbox"/>	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		<input checked="" type="checkbox"/>	
4. A aparência das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (leitura, escrever, digitar)?		<input checked="" type="checkbox"/>	
7. Você emergia as palavras deste questionário com facilidade?			<input checked="" type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			<input checked="" type="checkbox"/>

PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 21 Sexo Masculino X Feminino
 Horário de trabalho 14:00
 Data: 22/04/2016

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	Ruim (R)	Normal (N)	Bom (B)
1. A iluminação no ambiente é?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		<input checked="" type="checkbox"/>	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (leitura, escrever, digitar)?		<input checked="" type="checkbox"/>	
7. Você emergia as palavras deste questionário com facilidade?			<input checked="" type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			<input checked="" type="checkbox"/>

PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA –
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 27

Sexo: Masculino Feminino

Nível de escolaridade: Graduação

Data: 01/07/2014

**MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA
 UMA DAS QUESTÕES**

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input checked="" type="checkbox"/> Ruim	<input checked="" type="checkbox"/> Normal	<input checked="" type="checkbox"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é? <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são? <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza? <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4. A ocorrência das reflexões da luz é? <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5. O brilho das instalações de luz é? <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ler, escrever, digitar)? <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7. Você sente as partes do corpo questionado com calor? <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas? <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

PESQUISA 3

PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PROJEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Sexo (hom): 22 Feminino
 Sexo (mul): X Masculino
 Horário da avaliação: 14:00
 Data: 21/10/2014

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA
 UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?

	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos de uso à vista tem clareza?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. O brilho das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. A iluminação causa ruídos que dificultam a visualização das tarefas (ruído eletrônico, ligantes)?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Você encontra as palavras deste questionário com nitidez?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PROJEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Sexo (hom): 18 Feminino
 Sexo (mul): X Masculino
 Horário da avaliação: 14:00
 Data: 21/10/2014

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA
 UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?

	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos de uso à vista tem clareza?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. O brilho das instalações de luz é?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. A iluminação causa ruídos que dificultam a visualização das tarefas (ruído eletrônico, ligantes)?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Você encontra as palavras deste questionário com nitidez?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
PPGM - DOUTORADO
QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Nome (com): 21 Francisco
 Sexo: Masculino
 História de trabalho: 1600
 Data: 21/07/11

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input checked="" type="radio"/> Normal	<input checked="" type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?			
2. A distribuição das mesas e objetos do ambiente são?		<input checked="" type="radio"/>	
3. A superfície dos objetos de sala é vista com clareza?		<input checked="" type="radio"/>	
4. A aparência das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
6. A iluminação causa ruídos que afetam a visualização das tarefas (brulhar, ziguezaguear, etc.)?	<input checked="" type="radio"/>		
7. Você encontra as palavras deste questionário com facilidade?			<input checked="" type="radio"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			<input checked="" type="radio"/>

PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
PPGM - DOUTORADO
QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Nome (com): 10 Francisco
 Sexo: Masculino
 História de trabalho: 1600
 Data: 21/07/11

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

	<input checked="" type="radio"/> Ruim	<input checked="" type="radio"/> Normal	<input checked="" type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?			<input checked="" type="radio"/>
2. A distribuição das mesas e objetos do ambiente são?		<input checked="" type="radio"/>	
3. A superfície dos objetos de sala é vista com clareza?		<input checked="" type="radio"/>	
4. A aparência das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
6. A iluminação causa ruídos que afetam a visualização das tarefas (brulhar, ziguezaguear, etc.)?		<input checked="" type="radio"/>	
7. Você encontra as palavras deste questionário com facilidade?			<input checked="" type="radio"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			<input checked="" type="radio"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 70 Sexo Masculino Feminino
 Horário de trabalho 14h
 Data 01/10/2016

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	(R)	(N)	(B)
1. A iluminação no ambiente é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
2. A distribuição dos móveis e objetos no ambiente são?		<input checked="" type="checkbox"/>	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		<input checked="" type="checkbox"/>	
4. A aparência das instalações de Luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
5. O brilho das instalações de Luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ver, escrever, digitar)?		<input checked="" type="checkbox"/>	
7. Você consegue ver palavras de uma apresentação com nitidez?		<input checked="" type="checkbox"/>	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		<input checked="" type="checkbox"/>	

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 71 Sexo Masculino Feminino
 Horário de trabalho 14h
 Data 01/10/2016

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	(R)	(N)	(B)
1. A iluminação no ambiente é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		<input checked="" type="checkbox"/>	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		<input checked="" type="checkbox"/>	
4. A aparência das instalações de Luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
5. O brilho das instalações de Luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ver, escrever, digitar)?		<input checked="" type="checkbox"/>	
7. Você consegue ver palavras de uma apresentação com nitidez?		<input checked="" type="checkbox"/>	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		<input checked="" type="checkbox"/>	

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Nome (letra): 24
 Sexo: Masculino Feminino
 Hora do dia: 13h
 Hora do ano: 10
 Data: 01/11/10

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você costuma usar uma das seguintes opções, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Boa (B)?	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input checked="" type="radio"/> Boa
1. A iluminação no ambiente é?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. A distribuição das mesas e cadeiras do ambiente é?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos de sala é vista com clareza?		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. A iluminação causa reflexos que distraem a visão dos dados (se, possível, digite)?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Você enxerga as palavras desta dissertação com nitidez?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente identificáveis?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Nome (letra): 10
 Sexo: Masculino Feminino
 Hora do dia: 16h30
 Hora do ano: 10
 Data: 11/11/10

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você costuma usar uma das seguintes opções, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Boa (B)?	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Boa
1. A iluminação no ambiente é?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. A distribuição das mesas e cadeiras do ambiente é?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos de sala é vista com clareza?		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4. A aparência das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. A iluminação causa reflexos que distraem a visão dos dados (se, possível, digite)?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Você enxerga as palavras desta dissertação com nitidez?		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8. As cores dos objetos são facilmente identificáveis?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – FUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO:

Idade (anos) 31 Feminino
 Sexo Masculino Feminino
 Horário de trabalho 18:00
 Data 21/11/2015

MARKQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Ruim	Normal	Bom
1. A iluminação no ambiente é?			X
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente é?		X	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações da Luz é?			X
5. O tipo das instalações da Luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos (ver, escrever, digitar)?		X	
7. Você enxerga as palavras desde questionário com nitidez?			X
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		X	

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – FUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO:

Idade (anos) 32 Feminino X
 Sexo Masculino Feminino X
 Horário de trabalho 18:00
 Data 21/11/2015

MARKQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Ruim	Normal	Bom
1. A iluminação no ambiente é?		X	
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente é?	X		
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações da Luz é?		X	X
5. O tipo das instalações da Luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos (ver, escrever, digitar)?		X	
7. Você enxerga as palavras desde questionário com nitidez?			X
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			X

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Nome (letra) RO FRANCO
 Sexo Masculino X Feminino —
 Horário de trabalho 15:00
 Data 01/10/18

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		<input checked="" type="radio"/>	
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente é?		<input checked="" type="radio"/>	
3. A superfície dos objetos da sala a vista com claridade?		<input checked="" type="radio"/>	
4. A aparência das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
5. O tipo das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ver, escrever, digitar)?		<input checked="" type="radio"/>	
7. Você enxerga as palavras desta questionário com clareza?		<input checked="" type="radio"/>	
8. As cores das coisas são facilmente visualizadas?			<input checked="" type="radio"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Nome (letra) RO FRANCO
 Sexo Masculino X Feminino —
 Horário de trabalho 15:00
 Data 01/10/18

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		<input checked="" type="radio"/>	
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente é?		<input checked="" type="radio"/>	
3. A superfície dos objetos da sala a vista com claridade?		<input checked="" type="radio"/>	
4. A aparência das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
5. O tipo das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ver, escrever, digitar)?		<input checked="" type="radio"/>	
7. Você enxerga as palavras desta questionário com clareza?		<input checked="" type="radio"/>	
8. As cores das coisas são facilmente visualizadas?			<input checked="" type="radio"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Nome (letra) AL Ferreira
 Sexo Masculino
 Horário da avaliação 14:00
 Data 20/07/2016

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
2. A distração dos móveis e objetos do ambiente são?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		<input checked="" type="checkbox"/>	
4. A aparência das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ver, escrever, digitar)?		<input checked="" type="checkbox"/>	
7. Você sente as palavras desde questionário com nitidez?		<input checked="" type="checkbox"/>	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		<input checked="" type="checkbox"/>	

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Nome (letra) AL Ferreira
 Sexo Masculino
 Horário da avaliação 14:00
 Data 20/07/2016

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
2. A distração dos móveis e objetos do ambiente são?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		<input checked="" type="checkbox"/>	
4. A aparência das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="checkbox"/>	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ver, escrever, digitar)?		<input checked="" type="checkbox"/>	
7. Você sente as palavras desde questionário com nitidez?		<input checked="" type="checkbox"/>	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		<input checked="" type="checkbox"/>	

PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Nome (nome) 23 Feminino
 Sexo masculino Feminino
 Número de matrícula 116.00
 Data 21/10/2004

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA
 UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)

	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		<input checked="" type="radio"/>	
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		<input checked="" type="radio"/>	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		<input checked="" type="radio"/>	
4. A aparência das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ver respostas "bater")?		<input checked="" type="radio"/>	
7. Você consegue ler palavras das questões com nitidez?		<input checked="" type="radio"/>	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		<input checked="" type="radio"/>	

PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Nome (nome) 13 Feminino
 Sexo masculino Feminino
 Número de matrícula 116.00
 Data 21/10/2004

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA
 UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)

	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		<input checked="" type="radio"/>	
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		<input checked="" type="radio"/>	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		<input checked="" type="radio"/>	
4. A aparência das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ver respostas "bater")?		<input checked="" type="radio"/>	
7. Você consegue ler palavras das questões com nitidez?			<input checked="" type="radio"/>
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		<input checked="" type="radio"/>	

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 21
 Sexo: Masculino X Feminino —
 Horário de trabalho 07:00
 Data: 21/07/2025

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input checked="" type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?			X
2. A distribuição das mesas e objetos do ambiente são?			X
3. A separação dos objetos de sua à vista são claros?		X	
4. A aparência das instalações de Luz é?		X	
5. O brilho das instalações de Luz é?			X
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ex: escrever, digitar)?			X
7. Você encontra as palavras deste questionário com nitidez?			X
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			X

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 20
 Sexo: Masculino X Feminino —
 Horário de trabalho 07:00
 Data: 21/07/2025

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input checked="" type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?			X
2. A distribuição das mesas e objetos do ambiente são?		X	
3. A separação dos objetos de sua à vista são claros?		X	
4. A aparência das instalações de Luz é?		X	
5. O brilho das instalações de Luz é?			X
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ex: escrever, digitar)?			X
7. Você encontra as palavras deste questionário com nitidez?			X
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?			X

FONTECIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos): 25 Feminino Masculino
 Sexo: Masculino
 Horário da avaliação: 19:00
 Data: 20/07/2016

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?			
2. A distribuição dos móveis e objetos no ambiente é/cor?		<input checked="" type="radio"/>	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		<input checked="" type="radio"/>	
4. A incidência das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos (ex. escrever, digitar)?		<input checked="" type="radio"/>	
7. Você encontra as palavras deste questionário com nitidez?		<input checked="" type="radio"/>	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		<input checked="" type="radio"/>	

FONTECIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos): 21 Feminino Masculino
 Sexo: Masculino
 Horário da avaliação: 19:00
 Data: 20/07/2016

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?			<input checked="" type="radio"/>
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente é/cor?		<input checked="" type="radio"/>	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com clareza?		<input checked="" type="radio"/>	
4. A incidência das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos (ex. escrever, digitar)?		<input checked="" type="radio"/>	
7. Você encontra as palavras deste questionário com nitidez?		<input checked="" type="radio"/>	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		<input checked="" type="radio"/>	

PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Sexo (masculino) M Feminino
 Grau: Bacharelado X Mestrado Doutorado
 Nome: LUIZ CARLOS
 Data: 01/07/12

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA
 UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?

1. A iluminação no ambiente é?			
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície das paredes da sala a vista com câmera?		X	
4. A aparência das instalações da luz é?		X	
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos (ex: escrever, digitar)?		X	
7. Você enxerga as palavras desta questionário com nitidez?			X
8. As cores das objetos são facilmente identificáveis?		X	

PONTIFÍCA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Sexo (masculino) M Feminino
 Grau: Mestrado X Doutorado
 Nome: LUIZ CARLOS
 Data: 01/07/12

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA
 UMA DAS QUESTÕES

Como você considera cada uma das questões abaixo, sendo as opções: Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?

1. A iluminação no ambiente é?			
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície das paredes da sala a vista com câmera?		X	
4. A aparência das instalações da luz é?		X	
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos (ex: escrever, digitar)?		X	
7. Você enxerga as palavras desta questionário com nitidez?			X
8. As cores dos objetos são facilmente identificáveis?		X	

PORTIFOLIO UNIVERSIDADE CATOLICA DO PARANÁ - FUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ELIMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 30 Sexo Masculino Feminino
 Estado civil Casado Solteiro
 Data 11/11/1982

MARKQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		<input checked="" type="radio"/>	
2. A distribuição dos móveis e objetos no ambiente são?		<input checked="" type="radio"/>	
3. A aparência das coisas da sala é vista com interesse?		<input checked="" type="radio"/>	
4. A aparência das instalações da luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
6. A iluminação causa reflexo que atrapalhe a visualização das coisas (ex: paredes, objetos)?	<input checked="" type="radio"/>		
7. Você sempre se interessa pelas questões com rítido?			<input checked="" type="radio"/>
8. As cores das coisas são facilmente visualizadas?			<input checked="" type="radio"/>

PORTIFOLIO UNIVERSIDADE CATOLICA DO PARANÁ - FUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ELIMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 30 Sexo Masculino Feminino
 Estado civil Casado Solteiro
 Data 11/11/1982

MARKQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		<input checked="" type="radio"/>	
2. A distribuição dos móveis e objetos do ambiente são?		<input checked="" type="radio"/>	
3. A aparência das coisas da sala é vista com interesse?		<input checked="" type="radio"/>	
4. A aparência das instalações da luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
6. A iluminação causa reflexo que atrapalhe a visualização das coisas (ex: paredes, objetos)?	<input checked="" type="radio"/>		
7. Você sempre se interessa pelas questões com rítido?			<input checked="" type="radio"/>
8. As cores das coisas são facilmente visualizadas?			<input checked="" type="radio"/>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Nome (apel): Rob Fenômeno: ---
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário de avaliação: 14h30
 Data: 01/07/2016

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

	<input type="radio"/> Ruim	<input checked="" type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		<input checked="" type="radio"/>	
2. A distribuição das móveis e objetos do ambiente são?		<input checked="" type="radio"/>	
3. A superfície dos objetos da sala e vista com claridade?		<input checked="" type="radio"/>	
4. A iluminação das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ver escrever, digitar)?		<input checked="" type="radio"/>	
7. Você enxerga as palavras desta questionário com nitidez?		<input checked="" type="radio"/>	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		<input checked="" type="radio"/>	

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ – PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Nome (apel): Rob Fenômeno: ---
 Sexo: Masculino Feminino
 Horário de avaliação: 14h30
 Data: 01/07/2016

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

	<input type="radio"/> Ruim	<input checked="" type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		<input checked="" type="radio"/>	
2. A distribuição das móveis e objetos do ambiente são?		<input checked="" type="radio"/>	
3. A superfície dos objetos da sala é vista com claridade?		<input checked="" type="radio"/>	
4. A iluminação das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
5. O brilho das instalações de luz é?		<input checked="" type="radio"/>	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização das tarefas (ver escrever, digitar)?		<input checked="" type="radio"/>	
7. Você enxerga as palavras deste questionário com nitidez?		<input checked="" type="radio"/>	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		<input checked="" type="radio"/>	

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 44 Sexo Masculino Feriense —
 Horário de avaliação 13:30
 Data 01/11/2010

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você correlaciona cada uma das questões abaixo, sendo as opções Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		X	
2. A distribuição das móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos de sua é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações de luz é?		X	
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos (em escrever, digitar)?		X	
7. Você encontra as palavras deste questionário com nitidez?		X	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		X	

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR
 ESCOLA POLITÉCNICA
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA -
 PPGEM - DOUTORADO
 QUESTIONÁRIO COMO PARTE DA PESQUISA

LUMINAÇÃO DO AMBIENTE

IDENTIFICAÇÃO

Idade (anos) 44 Sexo Masculino Feriense —
 Horário de avaliação 13:30
 Data 01/11/2010

MARQUE COM UM "X" NA COLUNA QUE MELHOR RESPONDE CADA UMA DAS QUESTÕES

Como você correlaciona cada uma das questões abaixo, sendo as opções Ruim (R), Normal (N) e Bom (B)?	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Normal	<input type="radio"/> Bom
1. A iluminação no ambiente é?		X	
2. A distribuição das móveis e objetos do ambiente são?		X	
3. A superfície dos objetos de sua é vista com clareza?		X	
4. A aparência das instalações de luz é?		X	
5. O brilho das instalações de luz é?		X	
6. A iluminação causa reflexos que dificultam a visualização dos textos (em escrever, digitar)?		X	
7. Você encontra as palavras deste questionário com nitidez?		X	
8. As cores dos objetos são facilmente visualizadas?		X	

ANEXOS

Sumário

Anexo 1 – Folder dos módulos fotovoltaicos utilizados

Anexo 2 – Folder do inversor *on grid* utilizado

Anexo 3 – Folder fabricante da lâmpada LED instalada no LST-2

Anexo 2

Características do Inversor

Tamanho: 210 * 165 * 53 milímetros
Potência de saída: 500 - 1000W
Tipo de saída: Único
Tipo: CC / CA Inversores
Tensão de entrada: 10.5V ~ 28V DC
Voltagem de saída: 90V-140V/180V ~ 260VAC
Número modelo: BP-GTI600W
Peso: 1,4 kg
Frequência de saída: 45Hz 53Hz/55Hz 63Hz
Cor: Branco prateado
Forma de onda: pura onda senoidal
Eficiência: > 94%

1. Gera onda senoidal pura
2. Ajuste de potência automático
3. Saída de potência constante
4. Saída de baixa distorção em todas as gamas
5. Permitir fator de potência diferente de cargas
6. Desenho compacto e leve
7. Rastreamento Ponto de Máxima Potência (MPPT) - otimizar potência
8. Plug and Play Design, basta ligar em uma tomada (GFI), nenhuma fiação
9. Gabinete de alumínio vai agir como dissipador de calor para ajudar a dissipar o calor
10. Instalação simples e segura
11. Ilha de proteção: o inversor será desligado durante apagões.
12. Grid-Tied - vender energia verde diretamente para a rede

Modelo	BP-GTI600W-110	BP-GTI600W-220
Para painéis solares	720Wp	720Wp
DC máx. Potência de entrada	700W	700W
DC tensão de Max	V _{pv} DC30.2VDC	
DC faixa de tensão	V _{pv} 10.5V ~ 28VDC	
Max. fator de potência de saída	99%	
Max. corrente de entrada	40A	40A
AC potência de saída	600W	600W
AC máx. potência de saída	600W	600W
Anti-tensão de proteção	Fundir	
AC faixa de tensão padrão	90V-140V AC	180V ~ 260V AC
AC faixa de frequência	55Hz ~ 63Hz	45Hz ~ 53Hz
Saída de distorção harmônica total de corrente	THDIAC <5%	
Fase	<1%	
Proteção ilhamento	VCA; f AC	
Saída de proteção contra curto circuito	Limitador de corrente	
Mostrar	LED	
De energia em espera	<2W	
Poder noite	<1W	

Temperatura ambiente	-25 ~ 60
Umidade	0 ~ 99%
Compatibilidade electromagnética	EN50081.part1 EN50082.part1
Perturbação do sistema de energia	EN61000-3-2
Teste de rede	DIN VDE 126
Peso líquido (kg)	1,4 kg
Peso bruto (kg)	2,1 kg
Tamanho da máquina (L x W x H)	210 * 165 * 53 milímetros
Resfriamento	Ventilador de refrigeração
Mostrar	1 Vermelho e 1 LED verde

Anexo 3

**LÂMPADA TUBULAR LED 18W
BV-T8 120CM-18W-BIV**



TEMPERATURA DE COR (2835 K)	4000 K
FLUXO LUMINOSO (LUMENS)	1800 lm
INTENSIDADE LUMINOSA (CD)	—
ÂNGULO DE ABERTURA (GRÁUS)	360°
TEMPERATURA DE OPERAÇÃO (GRÁUS)	-10 ~ 40°C
ALIMENTAÇÃO	80-240V AC
ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DE CORES (CRI)	> 80
CONTIÇÃO NA REDE (CLASSIFICAÇÃO)	1
FATOR DE POTÊNCIA	> 0,95
VIDA ÚTIL	50.000 h
CONSUMO ENERGIA	18 CONSUMO



AVI    

**LÂMPADA TUBULAR LED 36W
BV-T8 240CM-36W-BIV**



Anexo 4

