



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS PROFESSORA MARIA DA PENHA  
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**DIEGO ROCHA BARRETO**

**EFICIÊNCIA EM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ESTUDO DE CASO DO BLOCO DE  
SALAS DE AULA DO CAMPUS VIII DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DA  
PARAÍBA.**

**ARARUNA  
2016**

**DIEGO ROCHA BARRETO**

**EFICIÊNCIA EM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ESTUDO DE CASO DO BLOCO DE  
SALAS DE AULA DO CAMPUS VIII DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DA  
PARAÍBA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Engenharia Civil da  
Universidade Estadual da Paraíba, como  
requisito para obtenção do título de  
Bacharelado em Engenharia Civil.

Área de concentração: Sistemas de iluminação

Orientador: Prof. Arthur Henrique França  
Figueredo Leão.

**ARARUNA  
2016**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

B273e Barreto,Diego Rocha

Eficiência em sistema de iluminação estudo de caso do bloco de salas de aula do Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba [manuscrito] / Diego Rocha Barreto. - 2016.  
85 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Tecnologia e Saúde, 2016.

"Orientação: Esp.Arthur Henrique França Figueredo Leã,  
Departamento de Engenharia Civil".

1.Engenharia elétrica. 2 Iluminação. 3.Edificações I. Título.  
21. ed. CDD 621.3

**DIEGO ROCHA BARRETO**

**EFICIÊNCIA EM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ESTUDO DE CASO DO  
BLOCO DE SALAS DE AULA DO CAMPUS VIII DA UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DA PARAÍBA.**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Coordenação do Curso de  
Engenharia Civil da Universidade  
Estadual da Paraíba, como requisito para  
obtenção do título de Bacharelado em  
Engenharia Civil.

Área de concentração: Sistemas de  
iluminação

Aprovada em: 30/05/2016.

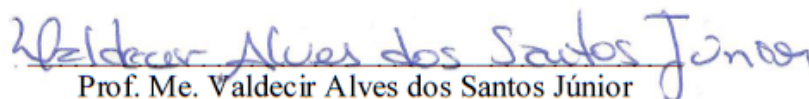
BANCA EXAMINADORA



Prof. Arthur Henrique França Figueredo Leão (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Laércio Leal dos Santos  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Valdecir Alves dos Santos Júnior  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Aos meus pais Vera Lúcia e Salatiel Rodrigues e meus irmãos Danilo Rocha e Gabriel Barreto pelo amor, apoio e dedicação e aos meus avôs Paulo Barreto, Creonice Miranda e Laurita Figueredo pelo amor incondicional.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por Sua misericórdia, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades, por Sua fidelidade, por ter me impulsionado em todos os instantes, me guiando com perseverança a sabedoria, sendo sempre meu companheiro e permitindo que toda essa caminhada universitária fosse concluída com sucesso.

Agradeço aos meus pais Salatiel Rodrigues Barreto e Vera Lúcia Conceição Rocha, pelo apoio, amor, confiança, pelos ensinamentos e pela dedicação inigualável durante toda minha vida.

Aos meus familiares, em especial meu tio Clendson Barreto, tia Jane Novaes, tia Cremilda Barreto, tio Robson Mendonça e minha avó Creonice Miranda, que com gestos e palavras de carinho me fortaleceram.

Aos professores integrantes do Curso de Engenharia Civil, pela grande colaboração com o aperfeiçoamento de meus conhecimentos, em especial ao professor Cláudio P. Costa, que me incentivou e proporcionou um grande crescimento acadêmico. Agradeço ao meu professor orientador Arthur Henrique França Figueredo Leão, pelas orientações, sugestões, compreensão e apoio concedido.

Agradeço ao grupo “casa de vó”, e a Marry Itayanara por proporcionar momentos de distração, alegrias, apoio, e principalmente, por fazer com que os 5 anos na universidade fossem divertidos e prazerosos.

Agradeço aos meus amigos, que me entenderam, me deram força e colaboraram de alguma forma para o meu aprendizado, especialmente Caio Ribeiro, Pedro Liberato e Diogo Amorim que me auxiliaram e me apoiaram na reta final do curso, e a Iara de Lima pelas orientações concedidas.

A todos, meus sinceros agradecimentos.

Sempre houve o suficiente no mundo para todas as necessidades humanas; nunca haverá o suficiente para a cobiça humana.

Mahatma Gandhi

## RESUMO

Atualmente há uma preocupação crescente em utilizar os recursos de forma eficiente. As edificações são potenciais consumidoras e tem recebido significativa atenção nos estudos acadêmicos estimulado pelos programas nacionais, cada vez mais preocupados com a contribuição dos edifícios na distribuição do consumo de energia. O objetivo deste trabalho é realizar a classificação parcial do nível de eficiência energética pelo método prescritivo e de simulação da RTQ-C aplicado no bloco de salas de aula de odontologia da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) no município de Araruna-PB e difundir a política de eficiência energética para toda Paraíba. A partir da crise energética de 2001, o Brasil passou a adotar uma postura de combate ao desperdício em relação ao consumo de energia. Por meio da lei nº 10.295/2001, o governo brasileiro promulgou a política de conservação e uso racional da mesma. O PROCEL Edifica criado em 2013 foi o primeiro complemento do PROCEL específico para eficiências em edificações comerciais públicas e de serviços, já abrangidos pelo RTQ-C por meio da portaria nº53 de 27 de fevereiro de 2009. Os métodos aplicados são os prescritivos e de simulação indicados pela RTQ-C para os cálculos de etiquetagem e indicado pela NBR ISO-CIE 8995-1 e pela CIE 97 para os cálculos luminotécnicos. O bloco em estudo possui uma área construída de 934,7m<sup>2</sup> (88,35 m x 10,58 m), das quais 729,06 m<sup>2</sup> e de área interna com pé direito de 2.80 m. O prédio possui amplas janelas nas salas e elementos vazados nos corredores que permitem boa ventilação e iluminação natural. Os cálculos de iluminância e de potência instaladas indicaram que a salas de aula possuem valores de potência e iluminância acima do indicado nas normas RTQ-C e NBR 8995-1 respectivamente. Verificou-se ainda que estes ambientes não atendem ao pré-requisito de aproveitamento da luz natural do RTQ-C, enquanto os corredores possuem resultados inferiores aos indicados nas normas e atendem a todos os pré-requisitos. O bloco atingiu inicialmente o nível D no sistema de iluminação devido a grande potência instalada nas salas maiores e tem a capacidade de atingir o nível A sem a necessidade de grandes alterações no sistema, as alterações sugeridas garantem uma redução de pelo menos 37,3% da potência instalada, equivalente a 3,675 kW por hora de pleno funcionamento do bloco, além da melhoria na qualidade da iluminação e bem estar dos usuários. Assim, pode-se concluir que o bloco possui uma estrutura física que permite ampla melhoria no sistema de iluminação sem alterações onerosas, adequando a norma e atingindo a excelência no nível do ENCE para o sistema de iluminação.

**Palavras-chave:** Edificações, Sistema de Iluminação, RTQ-C.



## ABSTRACT

Nowadays there has been a growing preoccupation about utilizing natural resources in a more efficient way. Buildings are potential consumers and they have been receiving a lot of attention in academic studies in Brazil because of its national programmes which are getting more concerned with the buildings' contribution in relation to the distribution of energy consumption. The aim of this work is to make a partial classification of the energetic efficiency level by the prescriptive method and RTQ-C simulation applied in a block of classrooms of Paraíba State University (UEPB), located in the city of Araruna, and also spread the energetic efficiency policy to the whole state of Paraíba. Since its energetic crisis in 2001, Brazil has decided to fight against the energy consumption wastefulness, so much so that the government proclaimed a policy aimed at energy efficiency and its rational use by approving the law 10.295/2001. PROCEL Edifica, created in 2013 and the first complement of PROCEL (a Brazilian Government Program for Energy Conservation), was established to evaluate the energy efficiency level of Commercial, Service and Public Buildings taking into consideration the "Technical Regulation of Quality Level Energy Efficiency" of such buildings, RTQ-C in Portuguese. The research methodology was the prescriptive and simulation indicated by the RTQ-C for the labeling calculations and indicated by the NBR ISSO-CIE 8995-1 and by the CIE 97 in relation to the luminotechnical calculations. The block of classrooms has a total built-up area of 934,7 square meters (88,35m x 10,58 m); 729,06 square meters belong to the internal area with a height ceiling of 2.80 meters. The classrooms have wide windows and the building corridors have concrete latticework which allows a good provision of fresh air and natural lighting. The calculations of illuminance and installed power indicated that the classrooms have power and illuminance values beyond of what is prescribed in the rules of RTQ-C and NBR 8995-1, respectively. It was verified also that these environments do not accomplish RTQ-C's prerequisite in relation to the good use of natural lighting while the building corridors have shown inferior results in relation to the indicators prescribed in RTQ-C and NBR 8995-1, but they fulfill all the prerequisites. The block of classrooms have initially reached level D in the lighting system due to the great installed power in the bigger classrooms, but has a potential to reach level A without greater system alterations. Suggested alterations ensure a reduction of at least 37,3% of installed power, which is equivalent to 3,675 kW an hour, not to mention an improvement of the lighting quality and consumers welfare. Therefore, it may be concluded that the block of classrooms has a physical structure which allows a broad improvement without expensive alterations, fulfilling the rules and reaching the excellence at the ENCE level for the lighting system.

**Keywords:** Buildings, Lighting system, RTQ-C;

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 01</b> – ENCE de Projeto (a) ENCE da Edificação construída (b) .....	26
<b>Figura 02</b> – ENCE Parcial da Envoltória (a), ENCE Parcial da Envoltória e Iluminação (b) ENCE Parcial da Envoltória e Condicionamento de Ar(c) ..	26
<b>Figura 03</b> – Desenho ilustrativo do fluxo luminoso nominal .....	27
<b>Figura 04</b> – Desenho ilustrativo da intensidade luminosa .....	28
<b>Figura 05</b> – Desenho ilustrativo da iluminância .....	28
<b>Figura 06</b> – Desenho ilustrativo da luminância .....	29
<b>Figura 07</b> – Desenho ilustrativo da eficiência luminosa .....	29
<b>Figura 08</b> – DIALux 4.12 .....	31
<b>Figura 09</b> – Método ponto a ponto .....	34
<b>Figura 10</b> – Fator de manutenção do fluxo luminoso de lampadas florecentes .....	43
<b>Figura 11</b> – Sobrevivência da lâmpada florecente .....	43
<b>Figura 12</b> – Manutenção da luminária, Tipo C .....	44
<b>Figura 13</b> – Manutenção das superfícies da sala, ambiente limpo .....	44
<b>Figura 14</b> – Entrada do DIALux(a), Editor da Sala(b) .....	46
<b>Figura 15</b> – Caraterística do Ambiente, Geral (a), Plano de Manutenção (b), Superfícies da Sala (c), Alinhamento (d) .....	46
<b>Figura 16</b> – Localização .....	47
<b>Figura 17</b> – Seleção de Luminárias .....	47
<b>Figura 18</b> – Edição de Luminária, Luminária (a), Posição (b), Altura de Montagem (c).	48
<b>Figura 19</b> – Ícone, Início do Cálculo .....	48
<b>Figura 20</b> – Cores falsas (a), Linhas Iguais (b), Relatório (c) .....	49
<b>Figura 21</b> – Bloco de sala de aula do Campus VIII da UEPB .....	55
<b>Figura 22</b> – Planta baixa do bloco de sala de aula do Campus VIII da UEPB .....	55
<b>Figura 23</b> – Luminária instalada nas salas tipo 1 e 2 .....	56
<b>Figura 24</b> – Luminária instalada nos corredores 1 e 2 .....	56
<b>Figura 25</b> – Especificações técnicas da lâmpada florecente tubular T10 .....	57
<b>Figura 26</b> – Especificações técnicas da lâmpada eletrônica compacta .....	57
<b>Figura 27</b> – Ilustração do modelo 3D no DIALux da sala tipo 1 .....	57
<b>Figura 28</b> – Legendas para as Figuras 29 e 30 .....	63
<b>Figura 29</b> – Sala tipo 1 resultados em “Isolines Workplane” e “False Colours” .....	64

<b>Figura 30</b> – Sala tipo 2 resultados em “Isolines Workplane” e “False Colours” .....	64
<b>Figura 31</b> – Legendas para as Figuras 32 e 33 .....	65
<b>Figura 32</b> – Corredor 1 e 2 resultados em “Isolines Workplane” e “False Colours” .....	65
<b>Figura 33</b> – Detalhamento do corredor 1 e 2 resultados em “Isolines Workplane” e “False Colours” .....	66

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 01</b> – Índices de reflexão .....	35
<b>Quadro 02</b> – Fator de utilização (UF) para luminárias de lâmpadas incandescentes ....	36
<b>Quadro 03</b> – Fator de utilização (UF) para luminárias de lâmpadas fluorescentes .....	36
<b>Quadro 04</b> – Intervalos de inspeção recomendadas para sistemas de iluminação em diferentes ambientes de trabalho .....	37
<b>Quadro 05</b> – Intervalos aproximados de limpeza (marcadas com X) para luminárias utilizadas em vários ambientes .....	37
<b>Quadro 06</b> – Descrição dos tipos de luminárias .....	38
<b>Quadro 07</b> – Exemplos típicos do Fator de Manutenção do Fluxo Luminoso (LLMF) e o Fator de Sobrevivência da Lâmpada (LSF) .....	39
<b>Quadro 08</b> – Fator de Manutenção da Luminária (FML).....	40
<b>Quadro 09</b> – Valores para constantes $c$ e $\tau$ .....	41
<b>Quadro 10</b> – Pré-requisitos da iluminação exigidos por nível de eficiência .....	51
<b>Quadro 11</b> – Documento do fator de manutenção e fator de utilização da sala tipo 1 ...	59
<b>Quadro 12</b> – Documento do fator de manutenção e fator de utilização da sala tipo 2 ...	60
<b>Quadro 13</b> – Documento do fator de manutenção e fator de utilização do corredor 1 ...	61
<b>Quadro 14</b> – Documento do fator de manutenção e fator de utilização do corredor 2 ...	62

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01</b>	– Equivalente numérico (EqNum) para cada nível de eficiência .....	50
<b>Tabela 02</b>	– Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido – Método da área do edifício .....	52
<b>Tabela 03</b>	– Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido – Método das atividades do edifício.	53
<b>Tabela 04</b>	– Iluminância por ambiente .....	63
<b>Tabela 05</b>	– Lista de DPIL do RTQ-C para circulação e sala de aula .....	67
<b>Tabela 06</b>	– Lista de PL com base no RTQ-C para circulações e salas .....	67
<b>Tabela 07</b>	– Lista de DPI e DPIL com base no RTQ-C para circulações e salas .....	68
<b>Tabela 08</b>	– Lista de PL com base no RTQ-C o bloco de sala de aula .....	68

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Área
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	Área Útil dos Ambientes Condicionados
ANC	Área Útil dos Ambientes Não Condicionados
APT	Área Útil dos Ambientes de Permanência Transitória
AU	Área Útil
BRICS	Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
c	Comprimento
C	Limpo
cd	Candela
CIE	Comissão Internacional de Iluminação
D	Sujo
DFD	Distribuição de Fluxo Direto
DLOR	Relação de Intensidade Luminosa de Queda
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EqNum	Equivalente Numérico
EqNumCA	Equivalente Numérico do Sistema de Condicionamento de Ar
EqNumDPI	Equivalente Numérico do Sistema de Iluminação
EqNumENV	Equivalente Numérico da Envoltória
EqNum	Equivalente Numérico de Ambientes Não Condicionados e/ou Ventilados
V	Naturalmente
FMFL	Fator de Manutenção do Fluxo Luminoso
FML	Fator de Manutenção da Luminária
FMSS	Fator de Manutenção das Superfícies de Sala
FSL	Fator de Sobrevivência da Lâmpada
GWh	Giga watts-horas
h	Altura da luminária ao plano de trabalho
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.
ISO	Organização Internacional para Padronização
l	Largura

LED	Diodo Emissor de Luz
lm	Lúmen
LOR	Índice de Saída de Luz
lx	Lux
m	Metro
MF	Fator De Manutenção
N	Normal
NBR	Normas Brasileiras de Regulamentação
OIEE	Oferta Interna de Energia Elétrica
PB	Paraíba
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RAC-C	Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
RCR	Room Cavity Ratio
RTQ-C	Requisitos Técnicos da Qualidade para Nível de Eficiência de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
Tcp	Temperaturas de cor correlata
TWh	Terawatts-hora
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UF	Coefficiente de Utilização
UGRL	Índice Limite de Ofuscamento Unificado
VC	Muito Limpo
W	Watt

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
E	Iluminância
$\bar{E}$	Intensidade luminosa
I	Candela
K	Índice do local
L	Luminância
N	Número de lâmpadas
$\eta$	Eficiência luminosa
$\Theta$	Ângulo teta do fluxo luminoso
P	Refletância
T	Constantes do processo de acumulação de pó
$\varphi$	Fluxo luminoso nominal



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	21
<b>2.1</b>	<b>Objetivos gerais</b> .....	21
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	21
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	22
<b>3.1</b>	<b>Eficiência energética</b> .....	22
<b>3.2</b>	<b>Oferta e consumo de energia elétrica no Brasil</b> .....	23
<b>3.3</b>	<b>Política brasileira para eficiência energética de edificações</b> .....	24
<b>3.4</b>	<b>Requisitos técnicos da qualidade para o nível de eficiência de edifícios comerciais de serviços e públicos</b> .....	24
<b>3.5</b>	<b>Conceitos de iluminação relevantes para projetos luminotécnicos</b> .....	27
<b>3.6</b>	<b>Qualidade da iluminação e bem estar dos usuários</b> .....	30
<b>3.7</b>	<b>O DIALux</b> .....	30
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	32
<b>4.1</b>	<b>Cálculo da Iluminação de ambientes de trabalho (NBR 8995-1)</b> .....	32
4.1.1	Método prescritivo (Cálculo da Iluminação) .....	33
4.1.1.1	Método do ponto a ponto .....	33
4.1.1.2	Método dos lúmens .....	34
4.1.2	Método de simulação (Cálculo da Iluminação) .....	45
<b>4.2</b>	<b>Cálculo do nível de eficiência energética de edifícios (RTQ-C)</b> .....	49
4.2.1	Método Prescritivo (Cálculo do Nível de Eficiência) .....	51
4.2.1.1	Método da área do edifício .....	51
4.2.1.2	Método das atividades do edifício .....	52
4.2.2	Método de Simulação (Cálculo do Nível de Eficiência) .....	54
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	55
<b>5.1</b>	<b>Cálculos da Iluminação do ambiente de trabalho</b> .....	58
5.1.1	Método prescritivo (Resultados dos Cálculos da Iluminação) .....	58
5.1.2	Método de simulação (Resultados dos Cálculos da Iluminação) .....	63
<b>5.2</b>	<b>Cálculo do nível de eficiência energética de edifícios (RTQ-C)</b> .....	66
5.2.1	Método prescritivo .....	67
5.2.2	Método de simulação .....	67

<b>6</b>	<b>DISCUSSÕES .....</b>	<b>69</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>72</b>
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>73</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>77</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A viabilidade de qualquer atividade em uma sociedade moderna torna-se possível somente utilizando de forma intensiva uma ou mais fontes de energia. Energia tal, advinda de fontes diversas como a água, carvão, petróleo, gás mineral, vento ou a luz do sol, necessário para atividades em geral, comerciais, residenciais ou industriais. O consumo de energia é necessário para todas as atividades, sejam elas residenciais, comerciais ou industriais. (DIAS e DA SILVA, 2010).

A energia no Brasil é produzida principalmente nas usinas hidroelétricas utilizando o potencial hidráulico do país, essa energia é considerada uma energia limpa por produzir baixa quantidade de poluentes e de ser “renovável”, assim como a solar e eólica.

A crescente preocupação com a preservação dos ambientes naturais e dos recursos essenciais para a sobrevivência atrai setores da economia e de desenvolvimento industrial a apresentar estratégias para minimizar o impacto de consumo energético sobre o planeta.

No Brasil essa preocupação deveria ser maior, por possuir uma Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) desequilibrada. Na qual as principais fontes de energia do país são: energia hidroelétrica (70,1%), gás natural (7,9%), carvão mineral (1,4%), biomassa (bagaço de cana de açúcar) (6,0%), petróleo (2,7%), nuclear (2,7%), gás industrial (1,6%) e eólica (0,9%), sendo o restante (próximo a 6,7%) importado (BRASIL, 2013). Assim, a matriz energética do país é altamente dependente das hidroelétricas e esta, por sua vez, é dependente de fatores ambientais como as chuvas nas bacias que abastecem cada reservatório.

Para agravar o quadro energético do país, os períodos de maior consumo de energia elétrica ocorrem nos períodos de estiagem, quando os reservatórios estão abaixo do normal. Além disso, as regiões norte e centro-oeste possuem juntas 83% do potencial hidroelétrico remanescente do Brasil, enquanto que o consumo de energia está concentrado nas regiões sul e sudeste, implicando em altos gastos em transmissão e elevadas perdas.

No âmbito da engenharia que estuda a utilização consciente, além de outras áreas, o conceito de eficiência energética surge visando as questões ambientais, sendo aplicado em tudo o que for relacionado à geração, transmissão, distribuição e uso de energia (DIAS e DA SILVA, 2010).

A partir da crise energética de 2001 o Brasil adotou uma nova postura em relação ao consumo de energia. O governo brasileiro promulgou a lei nº 10.295/2001 que dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia. Como continuação

da lei nº 10.295/2001 o governo publicou o decreto nº 4.059 para estabelecer o comitê gestor de indicadores e níveis de eficiência energética, que definiu indicadores técnicos para limitar níveis máximos de consumo de energia ou mínimos de eficiência energética, assim foi criado o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

Em 2009 o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) por meio do PBE, publicou o documento intitulado Requisitos Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) com o objetivo de estimular a construção de edificações eficientes do ponto de vista de consumo de energia.

Essas edificações representam 48% do consumo da energia elétrica do país sendo 9% da energia nacional consumida pelos prédios públicos. Segundo o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) os edifícios comerciais e públicos apresentam uma distribuição de consumo de 47% em sistemas de climatização, 22% sistema de iluminação e 31% em cargas de equipamentos (PROCEL/ELETROBRAS, 2002).

Sabendo que as formas naturais de fornecimento de energia elétrica, principalmente as fontes renováveis, tem um crescimento limitado e os edifícios consomem uma parcela importante da energia nacional, é de extrema importância buscar estratégias para utilizar de forma eficiente os recursos a serem consumidos.

Para auxiliar o estudo de consumo de energia no sistema de iluminação e o conforto visual dos ambientes surgiram alguns softwares. Entre os softwares destinado ao cálculo de iluminação, o DIALux , desenvolvido pela empresa alemã DIAL GmbH se destaca por efetuar desde os cálculos mais simples aos mais avançados e apresentar interface gráfica 3D em um software completamente gratuito .

Diante das emergentes necessidades em conservar os recursos, tendo em vista que a Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) é uma universidade bem distribuída no território paraibano e um potencial disseminador da informação científica e cultural. A aplicação dos estudos em um dos Campi da universidade objetiva tanto a redução do consumo de energia no local como uma conscientização dos benefícios do RTQ-C e propagação dos conhecimentos científicos que é necessário pra uma real economia do consumo e difundir a cultura das políticas de eficiência energética pelo estado da Paraíba.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos gerais**

Avaliar a eficiência energética do sistema de iluminação do bloco de sala de aula de odontologia da Universidade Estadual da Paraíba Campos VIII, através da aplicação dos métodos prescritivos e de simulação do Regulamento técnico da qualidade de nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos (RTQ-C) e difundir a política de eficiência energética na Paraíba.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Identificar em que nível do ENCE do sistema de iluminação se encontra e estudar as possíveis alterações para alcançar a excelência;
- Estudar e adaptar o sistema de iluminação com base no conforto luminoso para cada trabalho através dos métodos prescritivo e de simulação de acordo com a NBR 8995-1:2013;
- Classificar a edificação de acordo com o nível de eficiência energética do RTQ-C;
- Comparar o estudo realizado com outros estudos em prédios educacionais.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Eficiência energética

O termo Eficiência Energética consiste em uma utilização racional de energia, usando-a de modo eficiente para chegar a um resultado específico. Sendo assim uma atividade que busca empregar de forma mais útil as fontes de energia, consistindo na relação entre a quantidade de energia consumida por determinada atividade (equipamento ou aparelho) e a quantidade de energia realmente utilizada ou disponível para a realização de tal atividade.

A energia pode ser usada de forma inteligente em diversas fontes, mas para a execução deste trabalho a ênfase está na iluminação, a fonte que transforma a energia elétrica em luz, podendo ser criado um sistema mais eficiente melhorando a relação entre a divisão da energia da luz pela energia elétrica utilizada pela lâmpada.

Quando utilizada nos sistemas de iluminação, a eficiência energética é a capacidade de empregar a menor quantidade possível de energia para produzir a maior quantidade de iluminação que seja necessária, não devendo prejudicar o conforto e o desenvolvimento da tarefa visual do usuário, em hipótese alguma.

A eficiência energética tem relação direta com os benefícios da economia energética, evitando o desperdício e conseguindo mais recursos para a utilização em outras atividades. Os benefícios também estão relacionados com a redução dos impactos ambientais, a diminuição da emissão de gás carbônico com a queima de combustíveis fósseis, entre outras vantagens, tornando assim a eficiência energética uma atitude sustentável.

Segundo o Governo do Estado do Rio de Janeiro – Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão (2007, p.3):

Podemos afirmar com segurança que a energia elétrica é vital ao bem-estar do ser humano e ao desenvolvimento econômico no mundo contemporâneo. A racionalização do seu uso possibilita melhor qualidade de vida, gerando conseqüentemente, crescimento econômico, emprego e competitividade. Uma Política de Ação referente à Eficiência Energética tem como meta o emprego de técnicas e práticas capazes de promover os usos “inteligentes” da energia, reduzindo custos e produzindo ganhos de produtividade e de lucratividade, na perspectiva do desenvolvimento sustentável.

A população pode obter essa eficiência energética com a compra de equipamentos que possuam níveis melhores de eficiência (televisores, ar condicionados, geladeiras, etc.). Fazendo assim a substituição das lâmpadas incandescentes, pelas lâmpadas fluorescentes, que possuem uma eficiência bem maior, podendo ser substituídas também pelas lâmpadas de LED (Light Emitting Diod), ainda mais eficientes e cada vez mais acessíveis por conta da diminuição do seu custo, do seu alto rendimento e sua grande durabilidade. Com as

pesquisas científicas sobre a eficiência das lâmpadas, juntamente com o avanço tecnológico, percebe-se que quando utilizadas lâmpadas de LED o sucesso obtido em termos econômicos é maior.

O conceito também pode ser estendido para edificações e prédios residenciais ou comerciais, podendo fazer uso de tecnologias que façam a otimização da energia elétrica, assim como a conscientização da equipe.

### **3.2 Oferta e consumo de energia elétrica no Brasil**

Em relação à energia ofertada à sociedade para a produção de bens e serviços, o Brasil possui sua matriz energética como uma das mais limpas do mundo, pois é o país que tem a maior participação de energia renovável na matriz de geração elétrica, sem incluir a importação, entre os países do BRICS (que inclui Rússia, Índia, China e África do Sul). As fontes renováveis representaram 73% da geração de energia elétrica do país, em 2014, já nos demais países do grupo, este percentual varia de 2% (no caso da África do Sul) a 22%, na China. Tendo um papel quase secundário na matriz de geração elétrica brasileira, os combustíveis fósseis, principais emissores de CO<sub>2</sub>, são utilizados para complementar as fontes renováveis, com apenas 22% de participação, enquanto a África do Sul, China e Índia apresentam mais de 75% de fósseis, e a Rússia 66%, de acordo com o relatório “Energia no Bloco dos BRICS” (agosto de 2015).

Em dezembro de 2014, o consumo de energia elétrica no Brasil alcançou 39.673 gigawatts-hora (GWh), apenas 0,3% superior ao apurado no mesmo mês do ano anterior. Com este resultado, o consumo de eletricidade no país subiu 2,2% em 2014, em comparação 2013, somando 473,4 terawatts-hora (TWh), o que equivale à 473.395 GWh — visto que a energia produzida por terawatt-hora equivale à 1 000 gigawatts-hora. Foi o pior resultado de consumo de energia elétrica em cinco anos, informou a EPE, ou seja, o mais fraco resultado desde a crise global em 2009, quando a demanda teve queda de 1,1% tendo em vista o ano anterior, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

Em fevereiro de 2016, o consumo nas residências (-3,2%) e nos estabelecimentos comerciais (- 4, 8 %) continua em queda, em relação ao mês do ano anterior, totalizando, respectivamente, 11.352 GWh e 7.719 GWh. Na indústria, o consumo de eletricidade totalizou 13.375 GWh, refletindo uma retração de 7,2% na comparação com o mesmo mês do ano passado.

Nas regiões do País, o consumo residencial no Nordeste registrou um resultado ruim (-2,3%), se comparado ao desempenho observado nos últimos meses. Desde o segundo semestre de 2015 o consumo residencial na região vem perdendo força, principalmente nos estados de Pernambuco (-7,9%) e do Ceará (-6,1%). No Nordeste (-1,7%), o consumo, que até então sustentava taxas positivas, retraiu 1,7%, sendo esta a primeira vez desde 2004 que não mostrou avanço em relação a igual mês do ano anterior. O desempenho da classe residencial nas regiões Sul (-4,0%) e Sudeste (-9,0%) ficou abaixo da média nacional – sendo observada também na classe comercial. Sendo a queda de 10,5% observada nos domicílios do Rio de Janeiro a maior do País. Na classe comercial, a retração vem apresentando queda contínua nos últimos seis meses, se intensificando em fevereiro de 2016. No Sudeste (-6,5%), a queda mais acentuada no consumo comercial ocorreu em Minas Gerais (-9,4%) e no Rio de Janeiro (-9,2%).

### **3.3 Política brasileira para eficiência energética de edificações**

Desde 1985, o Brasil possui programas de eficiência energética reconhecidos internacionalmente. Destes, o PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – foi um dos iniciadores da Campanha Nacional Contra o Desperdício de Energia, sendo lançado pelo Ministério das Minas e Energia. O PROCEL determina metas de redução e conservação de energia que são consideradas no planejamento do setor elétrico, tendo em conta as dimensões das necessidades de expansão da oferta de energia e da transmissão.

O PROCEL Edifica – Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações – foi lançado em 2003 e apoia, assim como desenvolve, projetos na área de conservação de energia em edificações residenciais, comerciais, públicas e de serviços. Requisitos técnicos são especificados pela regulamentação brasileira assim como métodos para a classificação de edificações quanto à eficiência energética, sendo assim, criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética das edificações, o objetivo da regulamentação.

### **3.4 Requisitos técnicos da qualidade para o nível de eficiência de edifícios comerciais de serviços e públicos**

As metodologias para a classificação do nível de eficiência energética de edifícios comerciais são: os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais de Serviços e Públicos (RTQ-C) que se encontram definidos nas portarias publicadas pelo INMETRO.



O RTQ-C e o RAC-C foram lançados em 2009, por meio da portaria N° 53 de 27 de fevereiro de 2009 (BRASIL, 2009 c) e N°185 de 22 de junho de 2009 (BRASIL, 2009b). O RTQ-C já passou por cinco revisões desde seu lançamento através das portarias: N°163 de 08 de junho de 2009, N°372 em 17 de setembro de 2010, N°17 de 16 de janeiro de 2012, N°299 de 19 de junho de 2013 e N°126 de 19 de março de 2014 (BRASIL, 2014). Enquanto o RAC-C sofreu duas alterações nas portarias: N°395 em 11 de outubro de 2010 e portaria N° 50 em 01 de fevereiro de 2013 (BRASIL, 2013b).

O RTQ-C aplica-se a edifícios condicionados, parcialmente condicionados e não condicionados. Edifícios de uso misto, tanto de uso residencial e comercial, como de uso residencial e de serviços ou de uso residencial e público, devem ter suas parcelas não residenciais avaliadas separadamente. (BRASIL, 2014 P.13)

A etiquetagem de eficiência energética de edifícios deve ser realizada através dos métodos prescritivos ou de simulação. O método prescritivo é realizado por meios de formulas, tabelas e gráficos, baseado na análise de simulações de um número limitado de casos através de regressão. O método de simulação é sugerido nos casos em que as edificações possuam vidros com alto desempenho e/ou elementos de sombreamentos diferenciados.

O RTQ especifica a classificação do nível de eficiência de edificações, dividida em envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar. Os três sistemas individuais tem cada um seu nível de eficiência que varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente).

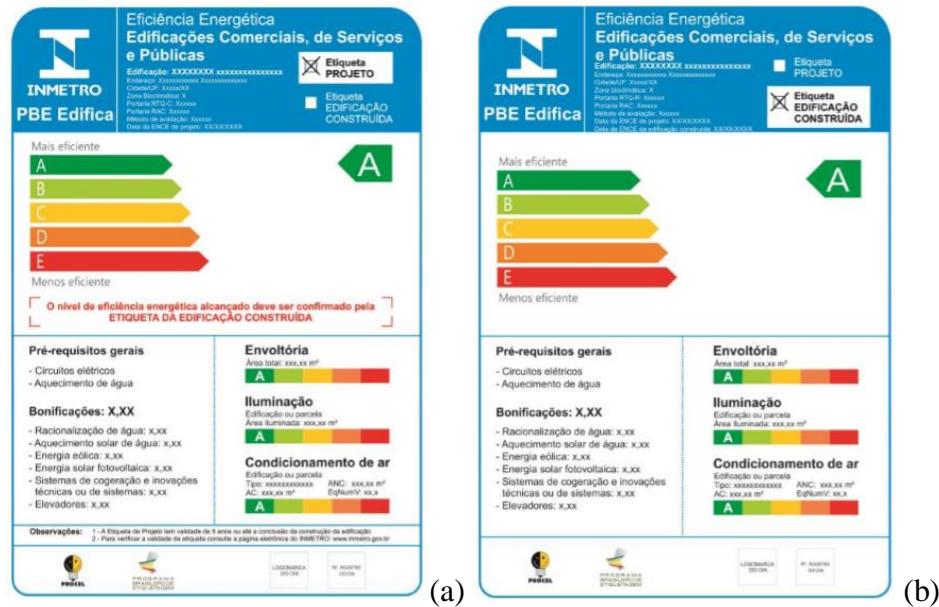
Parcelas de edificações (pavimento(s) ou conjunto de ambientes) podem também ter o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar avaliado. Nestes casos, para a classificação da envoltória, o nível de eficiência energética deve ser estabelecido para a edificação completa. Para a classificação da iluminação e condicionamento de ar, as parcelas devem ser as iguais para que possam fazer parte da mesma ENCE. (BRASIL, 2014 P. 14)

Tanto na fase de projeto quanto em edifícios já construídos, pode-se fornecer a etiqueta. Todos os sistemas com suas bonificações são incluídos na classificação geral e referem-se ao edifício no geral ou a uma parte do mesmo. As classificações parciais permitem a etiquetagem parcial dos sistemas, referindo-se ao edifício ou a parcelas do mesmo, assim como à eficiência dos sistemas separadamente, já a etiqueta geral se define por uma equação que contém pesos para balancear a relação entre os sistemas. Mesmo que os sistemas sejam

avaliados separadamente, a avaliação da envoltória é obrigatória e deve ser realizada para o edifício completo.

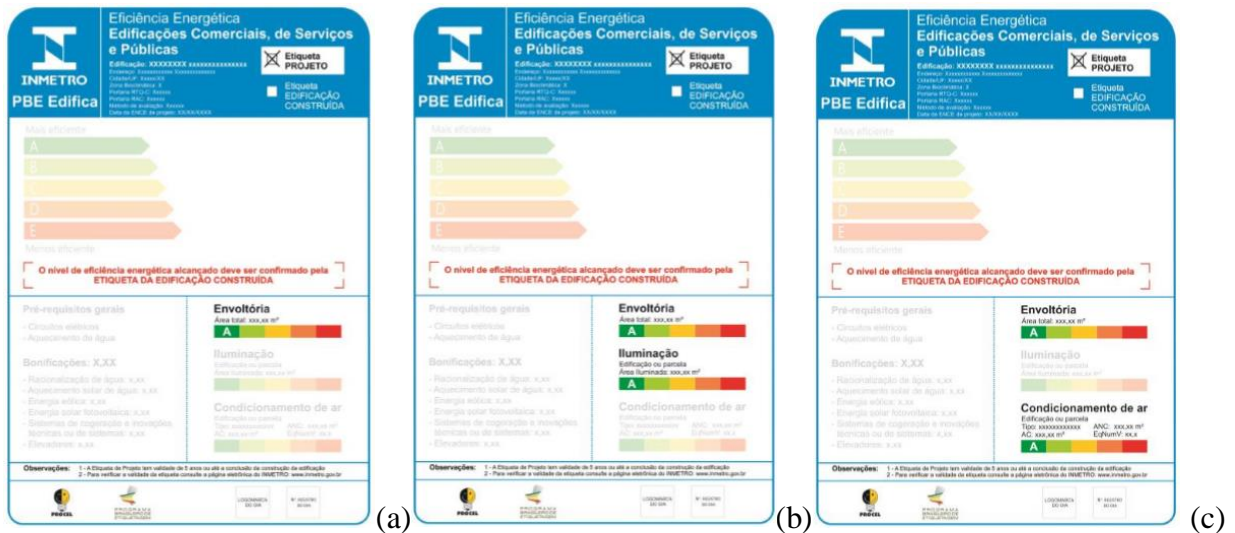
A Figura 1 e 2 exibem os modelos possíveis de ENCE e o Anexo A detalha a Figura 1b (ENCE da Edificação construída).

**Figura 01**– ENCE de Projeto (a) ENCE da Edificação construída (b)



Fonte: Manual do RTQ-C, 2013

**Figura 02**– ENCE Parcial Da Envoltória (a), ENCE Parcial Da Envoltória e Iluminação(b) ENCE Parcial Da Envoltória E Condicionamento de Ar(c)



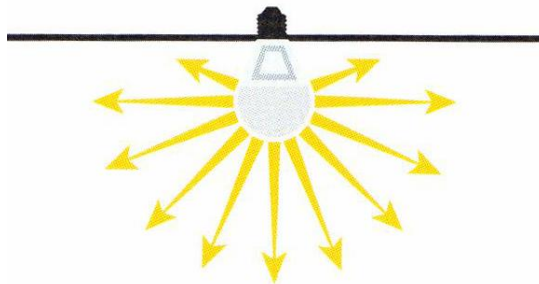
Fonte: Manual do RTQ-C, 2013

### 3.5 Conceitos de iluminação relevantes para projetos luminotécnicos

O estudo luminotécnico abrange algumas grandezas e conceitos essenciais para os cálculos luminotécnicos porém pouco usuais no cotidiano. Estes conceitos são de grande relevância para compreender o comportamento da luz e dos cálculos empregados em projeto.

O fluxo luminoso segundo Costa (2006), representa a potência luminosa emitida ou observada, ou e ainda a quantidade de energia refletida emitida ou refletida, por segundo, sob a forma de luz. Assim o fluxo luminoso nominal é a quantidade de luz emitida por uma lâmpada como representado na Figura 03. A unidade do fluxo luminoso é o lúmen (lm) e pode ser representada pelo símbolo ( $\phi$ ). Esse conceito é muito importante por que permite comparar as lâmpadas através do fluxo luminoso nominal.

**Figura 03** – Desenho ilustrativo do fluxo luminoso nominal

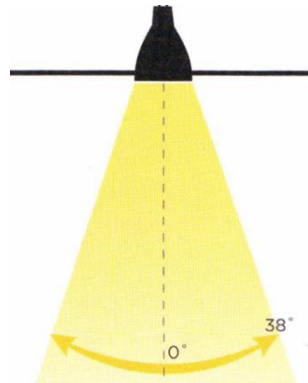


**Fonte:** Manual Luminotécnico Prático OSRAM

A intensidade luminosa é a grandeza base do sistema internacional para iluminação. Diferencia-se das demais por ser uma grandeza biofísica ligada à sensibilidade humana para a visão da luz. Em Costa (2006) a intensidade luminosa é definida como o fluxo luminoso que sai de uma fonte e se propaga num pequeno intervalo de ângulo com direção considerada. A unidade da intensidade luminosa é a candela (cd) e pode ser representada pelo símbolo (I).

Sendo assim a intensidade luminosa conduz a noção de um vetor luminoso emitido por uma fonte, devendo apresentar módulo, direção e sentido como ilustrado na Figura 04.

**Figura 04** – Desenho ilustrativo da intensidade luminosa

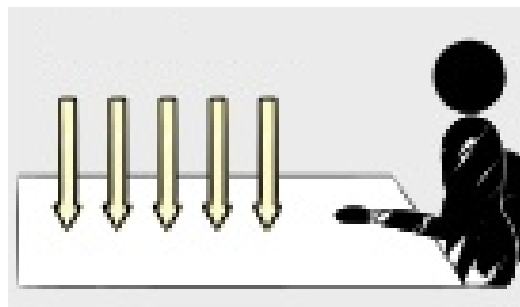


**Fonte:** Manual Luminotécnico Prático OSRAM

Iluminância ou nível de iluminação tem como melhor conceito segundo Costa (2006), a densidade de luz necessária para uma determinada tarefa visual. Isto permite supor que existe um valor ótimo de luz para quantificar um projeto de iluminação. A Iluminância é definida ainda como o limite da razão fluxo luminoso ( $\varphi$ ), incidente num elemento de superfície que contem o ponto em estudo como ilustra a Figura 05. A unidade da Iluminância é o lux (lx) e pode ser representada pelo símbolo (E).

Com base em pesquisas realizadas com diferentes níveis de iluminação, os valores relativos à Iluminância foram tabelados. No Brasil eles se encontram na NBR 8995\_1 - Iluminância do ambiente de trabalho, que segue a tendência da norma internacional.

**Figura 05** – Desenho ilustrativo da iluminância



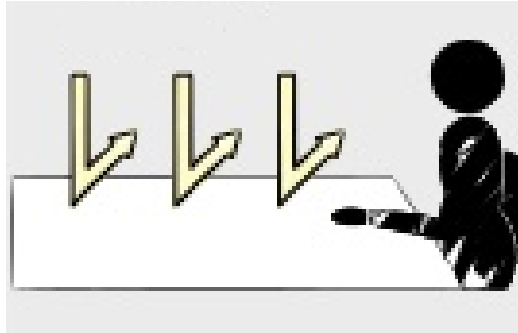
**Fonte:** Manual Luminotécnico Prático OSRAM

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

A luminância ainda segundo Costa (2006), é um dos conceitos mais abstratos que a luminotécnica apresenta. A grandeza representada na Figura 06 tem como símbolo o (L) e como unidade o candela por metro quadrado ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ). É definido como a razão da

intensidade luminosa (I), incidente num elemento de superfície de área (A) e é visualizada pelo observador como demonstra a ilustração.

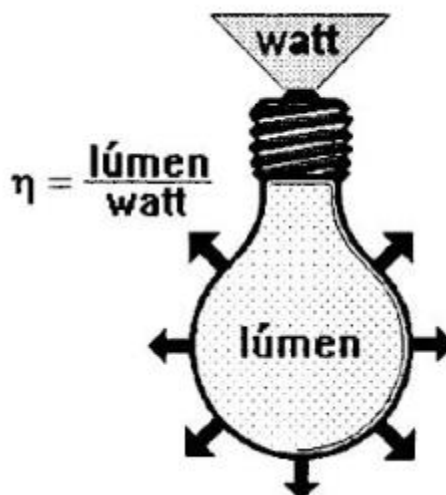
**Figura 06** – Desenho ilustrativo da luminância



**Fonte:** Manual Luminotécnico Prático OSRAM

Por fim a eficiência luminosa que tem com símbolo o ( $\eta$ ) e como unidade o lúmen por watt (lm/W), é uma grandeza extremamente simples de ser compreendida assim como extremamente importante para a conservação da energia. A potência expressa a capacidade de transformar uma potência elétrica em watts em uma potência luminosa em lúmens, assim, quanto maior o seu valor mais eficiente a lâmpada. Este fator permite uma boa avaliação das lâmpadas do mercado e está ilustrado pela Figura 07.

**Figura 07** – Desenho ilustrativo da eficiência luminosa



**Fonte:** Costa (2006,p.245)

Existem alguns conceitos essenciais para o cálculo de iluminação que só aparecem durante a análise detalhada do ambiente, sendo fundamentais para o entendimento

dos métodos prescritivos e o método de simulação. E serão conceituados ao decorrer da metodologia para tornar mais fácil a associação da teoria com os cálculos.

### **3.6 Qualidade da iluminação e bem estar dos usuários**

O bem estar do indivíduo é influenciado muitas vezes pela qualidade da iluminação do ambiente, pois a mesma influencia na forma como cada pessoa visualiza e percebe o espaço, desempenhando tarefas visuais de maneira eficiente e proporcionando a mobilidade e a segurança no local, podendo também determinar as proporções de alteração do humor. (BERTOLOTTI, 2007).

A iluminação influencia ainda na eficiência da execução do trabalho e da concentração do ser humano. Segundo Brondani (2006), a produtividade sofre influência provocada pela cor da luz, trazendo que a utilização de lâmpadas de cor mais quente provoca um decréscimo no rendimento entre 40% a 60%, quando comparada com a utilização de lâmpadas com temperatura de cor fria. Bommel (2004), explica que altos índices de iluminância no período da manhã aumentam o nível de cortisol, tornando o indivíduo mais ativo devido ao aumento de pressão arterial e dos níveis de açúcar no sangue, porém altas exposições podem levar ao cansaço e esgotamento.

O estudo da iluminação adequada para cada ambiente de trabalho é importante para o bem estar dos usuários, proporcionando o conforto, prevenindo a fadiga visual e acidentes de trabalho. No ambiente escolar, a iluminação de qualidade proporciona ainda o aumento da concentração, resultando na eficiência na aprendizagem.

### **3.7 O DIALux**

O DIALux é um software de cálculo luminoso, gratuito, desenvolvido pela empresa alemã DIAL GmbH que permite de forma fácil calcular e projetar a iluminação do ambiente. Há alguns anos, tais programas eram usados basicamente para a verificação dos índices de iluminação recomendados por normas, como mera substituição gradual dos cálculos manuais.

O programa é eficiente tanto em projetos simples quanto em projetos complexos ou com luminárias distintas no mesmo ambiente, permitindo satisfazer a norma de iluminação de ambientes de trabalho NBR 8995\_1 e apresentar resultado que permite analisar a eficiência do sistema com base no RTQ-C.

A primeira versão do DIALux foi apresentada em 1994. O programa tem sido regularmente atualizado com novas funcionalidades como a importação/exportação de desenhos do AutoCAD e Visualização 3D. A versão 4.0 foi lançada em 2005 e a versão mais recente é o "DIALux 4.12" da Figura 08, que se encontra disponível para download gratuito no site <[www.dial.de/de/dialux/download/](http://www.dial.de/de/dialux/download/)>.

**Figura 08 – DIALux 4.12**



**Fonte:** DIALux.

Porém o arquiteto com mestrado e doutorando em Engenharia Civil Dennis, Flores (2010 P.46) alerta:

É importante conhecer bem o programa que se utiliza, seja o DIALux ou outro, gratuito ou não, pois a tecnologia deve auxiliar o trabalho do projetista, sendo este responsável pelos conceitos de iluminação. Qualquer software de simulação utilizado é apenas uma ferramenta de projeto, por mais versátil que este seja.

## 4 METODOLOGIA

Neste trabalho foi utilizado o RTQ-C que especifica requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos quanto à eficiência energética. Foi utilizado também a NBR ISO\_CIE 8995\_1 que descreve as condições de iluminação para locais de trabalho em áreas internas, assim como as exigências para que as pessoas possam desempenhar tarefas visuais de forma eficiente, confortável e segura por todo o tempo de trabalho.

As metodologias apresentadas estão presentes nos dois textos, ou indicadas por eles, que são a base para o presente trabalho.

### 4.1 Cálculo da Iluminação de ambientes de trabalho (NBR 8995\_1)

A NBR ISO\_CIE 8995\_1 especifica os requisitos para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança.

Para garantir a eficiência e o conforto, a norma apresenta uma tabela com as iluminâncias mantidas para tipo de ambiente, tarefa ou atividade. Os valores sugeridos em condição visual normal, levando em conta os seguintes fatores:

- Requisitos para a tarefa visual;
- Segurança;
- Aspectos psico-fisiológicos assim como conforto visual e bem estar;
- Economia;
- Experiência prática.

Os valores de iluminância podem ser ajustados em pelo menos um nível na escala da iluminância. Convém que a iluminância seja aumentada quando:

- Contrastes excepcionalmente baixos estão presentes na tarefa;
- O trabalho visual é crítico;
- A correção dos erros é onerosa;
- É da maior importância a exatidão ou a alta produtividade;
- A capacidade de visão dos trabalhadores está abaixo do normal;

A iluminância mantida necessária pode ser reduzida quando.

- Os detalhes são de um tamanho excepcionalmente grande ou de alto contraste;
- A tarefa é realizada por um tempo excepcionalmente curto.



A escala recomendada da iluminância segue um fator de aproximadamente 1,5 que representa a menor diferença significativa no efeito da iluminância. O menor valor de iluminação é aproximadamente 20 lux de iluminância horizontal, exigida para diferenciar as características da face humana, enquanto seu valor máximo é necessário apenas para situações de controle de qualidade ou atividades cirurgicamente precisas.

Os valores de iluminância comumente utilizados em edificações educacionais indicados no quadro do Anexo B (Especificação da iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor por atividades) seguem o padrão da escala de iluminância recomendada a seguir:

20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1 000 – 1 500 – 2 000  
– 3 000 – 5 000 lux.

Além de especificar os requisitos de iluminação para os locais de trabalho internos como a NBR 5413 DE 1992, a NBR 8995\_1 de 2013 ainda preocupa-se em dar ênfase às definições da área de trabalho e da área de entorno, da malha de cálculos, do controle do ofuscamento e da manutenção do sistema de iluminação através dos anexos.

O anexo “A” exemplifica áreas de tarefas e entorno imediato para elaboração de projeto e verificação de iluminâncias.

O anexo “B” recomenda os critérios da grade de cálculo para elaboração de projetos em softwares e verificação do nível de iluminância nas instalações.

O anexo “C” traz orientações para o controle do ofuscamento.

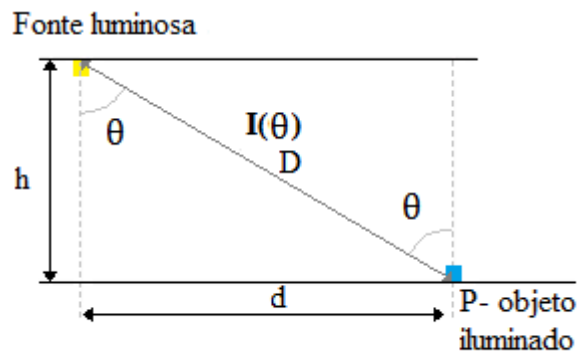
O anexo “D” traz orientações para determinação dos fatores de manutenção para projeto do sistema de iluminação.

#### 4.1.1 Método prescritivo (Cálculo da Iluminação)

##### 4.1.1.1 Método do ponto a ponto.

O método do ponto a ponto considera uma fonte luminosa puntiforme iluminando um ambiente qualquer, fonte que irradia seu fluxo luminoso para várias direções. Como visto, pode-se determinar a intensidade luminosa dessa fonte em uma única direção. A Figura 09 retrata uma fonte puntiforme instalada em um ambiente no qual se encontra um objeto iluminado no ponto P.

**Figura 09 - Método ponto a ponto**



A iluminância no ponto P obtida a partir da fonte luminosa mostrada na Figura 09 pode ser calculada por:

$$E_P (= \frac{I_{(\theta)} \times \cos\theta}{D^2}) \quad (2)$$

Sendo,

$E_{(P)}$ : iluminância no ponto P derivado do fluxo luminoso da fonte luminosa (Lux);

$I_{(\theta)}$ : intensidade luminosa da fonte na direção do ângulo;

D: distância entre a fonte luminosa e o ponto P em consideração (m).  $\theta$

Em ambientes com mais de uma luminária o resultado do ponto estudado é o somatório da contribuição de cada lâmpada. O resultado obtido pelo método é multiplicado pelo fator de manutenção (estudado no final do tópico 3.1.1) para que sejam levadas em conta as condições do ambiente.

Este método é eficaz quando se deseja saber a iluminância em um único ponto do ambiente ou ainda a contribuição de uma única luminária em um plano de trabalho.

#### 4.1.1.2 Método dos lúmens.

O método dos lúmens é mais simples quando comparado com o ponto a ponto e foi desenvolvido para o cálculo de iluminação de ambientes internos. Ele considera as características próprias de cada luminária e lâmpada elétrica, as cores das paredes e do teto. O método emprega tabelas e gráficos obtidos a partir da aplicação do método do ponto a ponto para diferentes situações. Através do método prescritivo dos lúmens foi possível calcular a iluminância dos ambientes estudados.

Basicamente, busca-se determinar o número de luminárias necessárias para se produzir uma determinada iluminância em uma área, ou ainda calcular a iluminância de um ambiente por meio dos dados de luminária instaladas, baseando-se no fluxo luminoso médio.

O método é dividido nos seguintes passos:

- Índice do local (k)

Este índice é calculado relacionando as dimensões do local que vai ser iluminado. Pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$k = \frac{c \times l}{h \times (c + l)} \quad (3)$$

Sendo,

c: comprimento do recinto;

l: largura do recinto;

h: distância da luminária ao plano de trabalho.

- Índices de reflexão

Este índice é tabelado e varia de acordo com o tom das cores das paredes e tetos. Seus valores estão apresentados no Quadro 01 a seguir:

**Quadro 01** – Índices de reflexão.

Teto	Branco	0,7 (70%)
	Claro	0,5 (50%)
	Médio	0,3 (30%)
Parede	Claro	0,5 (50%)
	Médio	0,3 (30%)
	Escura	0,1 (10%)

Fonte: PAZZINI

- Fator de utilização (UF) da luminária

Parte do fluxo luminoso emitido pela luminária se perde na luminária e nas paredes. O Fator de utilização (UF) de uma luminária é a relação entre o fluxo luminoso útil recebido pelo plano de trabalho e o fluxo total emitido pela luminária:

$$UF = \frac{\varphi_{\text{útil}}}{\varphi_{\text{total}}} \quad (4)$$

Este índice pode ser obtido através do uso de tabelas desenvolvidas pelos fabricantes para cada tipo de luminária a partir do índice do local (k) e dos coeficientes de reflexão do teto e paredes.

**Quadro 02** - Fator de utilização (UF) para luminárias de lâmpadas incandescentes.

K	Teto	70%			50%			30%	
	Parede	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
	Plano de trabalho	10%			10%			10%	
0,60		0,31	0,26	0,23	0,3	0,26	0,22	0,26	0,22
0,80		0,36	0,31	0,27	0,35	0,3	0,27	0,3	0,27
1,00		0,43	0,38	0,34	0,42	0,37	0,34	0,37	0,34
1,25		0,48	0,43	0,4	0,47	0,43	0,39	0,42	0,39
1,50		0,52	0,47	0,44	0,5	0,47	0,44	0,46	0,44
2,00		0,57	0,53	0,5	0,56	0,53	0,5	0,53	0,5
2,50		0,61	0,58	0,55	0,6	0,57	0,55	0,57	0,55
3,00		0,63	0,61	0,58	0,63	0,6	0,58	0,6	0,58
4,00		0,67	0,65	0,63	0,66	0,64	0,63	0,64	0,63
5,00		0,69	0,68	0,66	0,69	0,67	0,66	0,67	0,66

Fonte: PAZZINI

**Quadro 03** - Fator de utilização (UF) para luminárias de lâmpadas fluorescentes

K	Teto	70%			50%			30%	
	Parede	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
	Plano de trabalho	10%			10%			10%	
0,60		0,39	0,33	0,28	0,38	0,32	0,28	0,32	0,28
0,80		0,48	0,42	0,37	0,47	0,41	0,37	0,41	0,37
1,00		0,55	0,48	0,44	0,53	0,48	0,43	0,47	0,43
1,25		0,61	0,55	0,5	0,59	0,544	0,5	0,53	0,5
1,50		0,65	0,6	0,55	0,64	0,59	0,55	0,58	0,55
2,00		0,71	0,67	0,63	0,7	0,66	0,62	0,64	0,61
2,50		0,75	0,71	0,68	0,74	0,7	0,67	0,69	0,66
3,00		0,78	0,75	0,71	0,76	0,73	0,7	0,72	0,7
4,00		0,82	0,79	0,76	0,8	0,77	0,75	0,76	0,74
5,00		0,84	0,81	0,79	0,82	0,8	0,78	0,68	0,77

Fonte: PAZZINI

- Categoria por intervalos de inspeção e limpeza

O Quadro 04 mostra o intervalo máximo de tempo entre as inspeções de diversas áreas. Também indica a categoria da limpeza de lugares típicos de trabalho.

**Quadro 04** - Intervalos de inspeção recomendadas para sistemas de iluminação em diferentes ambientes de trabalho


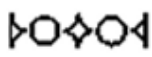

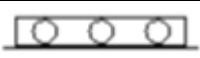


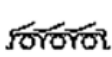
Intervalos de Inspeção	Ambiente	Atividade ou Tarefa Da Sala
3 Anos	Muito Limpo (VC)	Salas limpas, fábricas de semicondutores, áreas clínicas de hospitais, centros de informática.
	Limpo (C)	Escritórios, escolas, enfermarias hospitalares.
2 Anos	Normal (N)	Lojas, laboratórios, restaurantes, armazéns, áreas de montagem, oficinas.
1 Ano	Sujo (D)	Fábrica de produtos químicos, fundição, soldagem, polimento, siderurgias, marcenaria.

**Fonte:** Comissão Internacional de Iluminação (2005, p. 3)

- Programação de limpeza

Para ajudar os operadores com o programa de manutenção o Quadro 05 dá uma indicação rápida dos intervalos de limpeza para diferentes tipos de luminárias utilizadas nos vários ambientes. E a fim de facilitar a identificação de cada luminária à Quadro 06 traz a descrição dos tipos de luminária do Quadro 05.

**Quadro 05** - Intervalos aproximados de limpeza (marcadas com X) para luminárias utilizadas em vários ambientes.

Intervalo de Limpeza Ambiente	3 Anos			2 Anos			1 Ano		
	VC C	N	D	VC C	N	D	VC C	N	D
Tipo de Luminária									
A. Desencapado 	X				X				X
B. Face Superior Aberta 	X				X				X
C. Face Superior Fechada 	X			(X)				X	
D. Fechada IP2X 	X			(X)				X	
E. Isolada IP5X 	X	X				X			
F. Iluminação Indireta 				X			(X)	X	
G. Ventilação Artificial 	X	X				X			

**Fonte:** Comissão Internacional de Iluminação (2005, p. 4)

**Quadro 06** - Descrição dos tipos de luminárias.

<b>Tipo</b>	<b>Tipos de Luminárias do Quadro 5</b>	<b>Descrição das luminárias</b>
A	Desencapado	Luminárias desencapadas para lâmpadas
B	Face Superior Aberta (ventilação natural ou auto limpeza)	Luminárias sem capa para lâmpadas Luminárias diretas e indiretas com refletor indireto e dispositivo óptico fechado. Luminárias fixadas na parede como topo e base abertas Luminárias spot embutidas
C	Face Superior Fechada (sem ventilação)	Luminária de superfície com grelhas, Spot embutidos, holofotes.
D	Fechada IP2X	Luminárias de uso geral com tampas fechadas e ópticas
E	Isolada IP5X	À prova de poeira
F	Iluminação Indireta	Luminárias fixadas na parede com base fechada
G	Ventilação Artificial	Luminárias óptica usada com sistemas de ventilação e ar condicionado

**Fonte:** Comissão Internacional de Iluminação (2005, p. 5)

- Fator de sobrevivência da lâmpada

O fator de sobrevivência da lâmpada indica a percentagem de um grande grupo representante de um tipo de lâmpada de permanecer operacional após um determinado período. Tradicionalmente, a vida útil da lâmpada é o tempo declarado, em horas, partindo do início do teste até que apenas 50% das lâmpadas do lote permaneçam em funcionamento.

O Quadro 07 mostra os fatores de sobrevivência da lâmpada. Como base no tipo da lâmpada e no tempo de manutenção e limpeza. O fator de sobrevivência da lâmpada (LSF) deve ser usado em conjunção com o valor do fator de manutenção do fluxo luminoso (LLMF).

**Quadro 07** - Exemplos típicos do Fator de Manutenção do Fluxo Luminoso (LLMF) e o Fator de Sobrevivência da Lâmpada (LSF)

			Vida Útil em Milhares de Horas									
		Diferença	0,1	0,5	1	2	4	6	8	10	12	15
Incandescente	LLMF	Moderada	1,00	0,97	0,93							
	LSF	Grande	1,00	0,98	0,50							
Halogênio	LLMF	Grande	1,00	0,99	0,97	0,95						
	LSF	Grande	1,00	1,00	0,78	0,50						
Fluorescente triphosphor	LLMF	Moderada	1,00	0,99	0,98	0,97	0,93	0,92	0,90	0,90	0,90	0,90
	LSF	Moderada	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,97	0,94
Fluorescente triphosphor	LLMF	Moderada	1,00	0,99	0,98	0,97	0,93	0,92	0,90	0,90	0,90	0,90
	LSF	Moderada	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,92	0,50
Fluorescente halofosfato	LLMF	Moderada	1,00	0,98	0,96	0,95	0,87	0,84	0,81	0,79	0,77	0,75
	LSF	Moderada	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,92	0,50
Fluorescente compacta	LLMF	Grande	1,00	0,98	0,97	0,94	0,91	0,89	0,87	0,85		
	LSF	Grande	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,94	0,86	0,50		
Mercúrio	LLMF	Moderada	1,00	0,99	0,97	0,93	0,85	0,82	0,80	0,79	0,78	0,77
	LSF	Moderada	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,94	0,90	0,86	0,79	0,69
Metais haletos (250/400 W)	LLMF	Grande	1,00	0,98	0,95	0,90	0,87	0,83	0,79	0,65	0,63	0,58
	LSF	Grande	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,92	0,86	0,80	0,73	0,66
Metálicos halogenetos	LLMF	Grande	1,00	0,95	0,87	0,75	0,72	0,68	0,64	0,60	0,56	
	LSF	Grande	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,95	0,80	0,50	
Sódio de alta pressão	LLMF	Moderada	1,00	1,00	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,96
	LSF	Moderada	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,97	0,95
LED	LLMF	Grande	Os dados mudam muito rapidamente.									
	LSF	Grande	Os dados mudam muito rapidamente.									

**Fonte:** Comissão Internacional de Iluminação (2005, p.7)

- Fator de manutenção da luminária (FML)

O fator de manutenção da luminária e a taxa de redução do fluxo luminoso estão associados à sujeira depositada sobre as lâmpadas e as luminárias. Estas impurezas são geralmente o maior responsável pela redução do fluxo luminoso (CIE 97).

A publicação CIE 97 propõe um padrão de seis tipos de luminárias comuns. Os fatores de manutenção da luminária (FML) podem ser determinados por meio do Quadro 08, como uma função do tipo da luminária e do acúmulo de poeira/sujeira. (NBR 8995-1).

**Quadro 08** - Fator de Manutenção da Luminária (FML)

Tempo entre limpezas (anos)	0,0	0,5				1,0				1,5				2,0			
Tipo de luminária	Único	Ambiente															
		VC	C	N	D	VC	C	N	D	VC	C	N	D	VC	C	N	D
A	1,00	0,98	0,95	0,92	0,88	0,96	0,93	0,89	0,83	0,95	0,91	0,87	0,80	0,94	0,89	0,84	0,78
B	1,00	0,96	0,95	0,91	0,88	0,95	0,90	0,86	0,83	0,94	0,87	0,83	0,79	0,92	0,84	0,80	0,75
C	1,00	0,95	0,93	0,89	0,85	0,94	0,89	0,81	0,75	0,93	0,84	0,74	0,66	0,91	0,80	0,69	0,59
D	1,00	0,94	0,92	0,87	0,83	0,94	0,88	0,82	0,77	0,93	0,85	0,79	0,73	0,91	0,83	0,77	0,71
E	1,00	0,94	0,96	0,93	0,91	0,96	0,94	0,90	0,86	0,92	0,92	0,88	0,83	0,93	0,91	0,86	0,81
F	1,00	0,94	0,92	0,89	0,85	0,93	0,86	0,81	0,74	0,91	0,81	0,73	0,65	0,88	0,77	0,66	0,57
G	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,96	0,93	0,99	0,97	0,94	0,89	0,99	0,96	0,92	0,87

Fonte: Comissão Internacional de Iluminação (2005, p. 10)

- Fator de manutenção das superfícies da sala (FMSS)

O fator de manutenção das superfícies da sala e a taxa de redução do fluxo luminoso associada à poeira depositada nas superfícies. O fator depende das dimensões do ambiente, da refletância de todas as superfícies e da distribuição de fluxo direto das luminárias instaladas (NBR 8995-1).

O fator de manutenção da superfície da sala pode ser avaliado para qualquer intervalo de manutenção. Para um conjunto de valores realistas de  $c$  e  $\tau$ , a depender o valor da fração de queda do fluxo (DFF) que pode ser de 0,0 de 0,5 ou de 1,0 para intervalos de manutenção de até seis tabelas anos.

As equações do DFF e  $\rho(t)$  são um auxílio para obter o valor de (FMSS) por meio dos Quadros dos Anexos C, D e E.

$$DFF = \frac{DLOR}{\rho LOR} (t) \quad (5)$$

Sendo,

*DFF*: Fração do fluxo de queda;

*DLOR*: Relação de intensidade luminosa de queda;

*LOR*: Índice de saída de luz.

$\rho(t)$ : É a refletância em um tempo  $t$ , em anos;



$$\rho(t) = \rho_0 \left[ C + (1 - C) \cdot \frac{e^{-t/\tau}}{\tau} \right] \quad (6)$$

Sendo:

$\rho(t)$ : É a refletância em um tempo t, em anos;

$\rho_0$ : É a refletância inicial;

$c, \tau$ : São constantes do processo de acumulação de pó.

O Quadro 09 fornece os valores de c e  $\tau$  para o cálculo dos fatores de reflexão das superfícies e os Quadros dos Anexos C, D e E apresentam os valores do Fator de manutenção das superfícies da sala (FMSS) de acordo com o DFF dos fatores de reflexão das superfícies e da categoria de limpeza e tempo de limpeza do ambiente.

**Quadro 09** - Valores para constantes c e  $\tau$ .

Ambiente	Teto $c_c$	Paredes $c_w$	Piso $c_f$	$\tau$ (Aplicado por Ano)
Muito limpo	0,96	0,92	0,85	6/12
Limpar	0,92	0,84	0,7	5/12
Normal	0,83	0,7	0,5	4/12
Sujo	0,7	0,45	0,3	3/12

Fonte: Comissão Internacional de Iluminação (2005, p. 11)

- Fator De Manutenção (MF).

O anexo “D” da NBR 8995\_1 é voltado para a determinação do fator de manutenção. Este fator é resultado da multiplicação de um conjunto de fatores de redução ou unitários com a intenção de garantir um fator de manutenção que torne mais real os resultados obtidos nos métodos prescritivos.

O anexo auxilia os cálculos do fator e sugere a utilização do CIE 97 para complementar os cálculos do “Maintenance Factor”. Que pode ser calculado encontrando cada fator por meio de cálculos e tabelas precisas ou ainda de forma rápida, porém menos eficientes através de gráficos.

$$MF = FMFL \times FSL \times FML \times FMSS \quad (7)$$

Onde:

*MF*: Fator De Manutenção;

*FMFL*: Fator de manutenção do fluxo luminoso;

*FSL*: Fator de sobrevivência da lâmpada;

*FML*: Fator de manutenção da luminária;

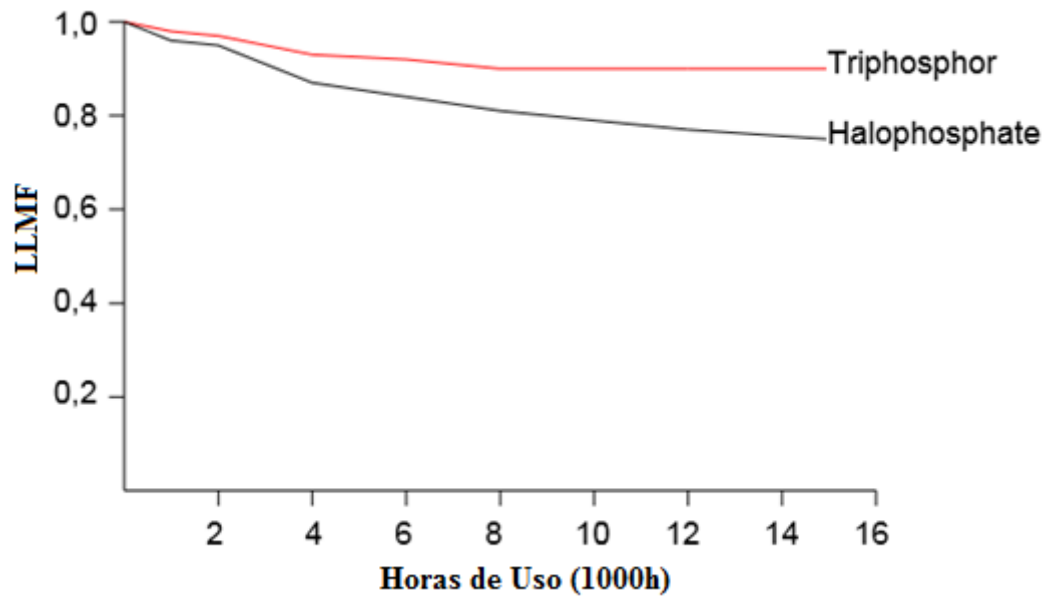
*FMSS*: Fator de manutenção das superfícies de sala.

Como sugere o CIE 97 indicado na NBR 8995\_1 o calculo do fator de manutenção pode ser dividido nos seguintes passos:

- Passo 1: Selecionar lâmpada e luminária (ver Quadro 05);
- Passo 2: Determinar o intervalo de substituição conjunta das lâmpadas (se possível);
- Passo 3: Obter FMFL e FSL no Quadro 07 para os prazo estabelecido no Passo 2, se o procedimento de substituição da lâmpada local é seguido então FSL será 1;
- Passo 4: Avaliar a categoria de limpeza do interior (ver Quadro 04);
- Passo 5: Determinar intervalo de limpeza das luminárias e das superfícies do ambiente;
- Passo 6 : Obtenha o FML no Quadro 08 para o prazo estabelecido no Passo 5;
- Passo 7: Obter o FMSS nos Quadros dos Anexos C, D e E para o prazo estabelecido no Passo 5;
- Passo 8: Calcular  $MF = FMFL \times FSL \times FML \times FMSS$ . Calcular o fator de manutenção para não mais de dois algarismos significativos; Obs: Se houver perdas significativas não recuperáveis (NRF) deve ser incluídos no valor final do MF;
- Passo 9: É aconselhável repetir os passos 1 a 8, ajustando os vários componentes.

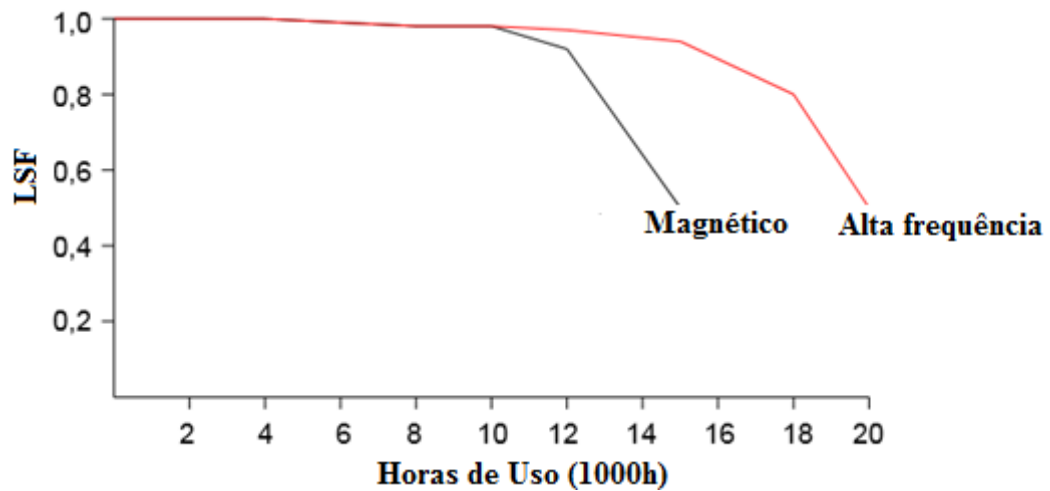
O CIE 97 disponibiliza ao fim dos ensinamentos da forma mais precisa do calculo dos fatores, quatro gráficos para obter de forma rápida os fatores necessários para o MF.

**Figura 10** - Fator de manutenção do fluxo luminoso de lampadas florecentes



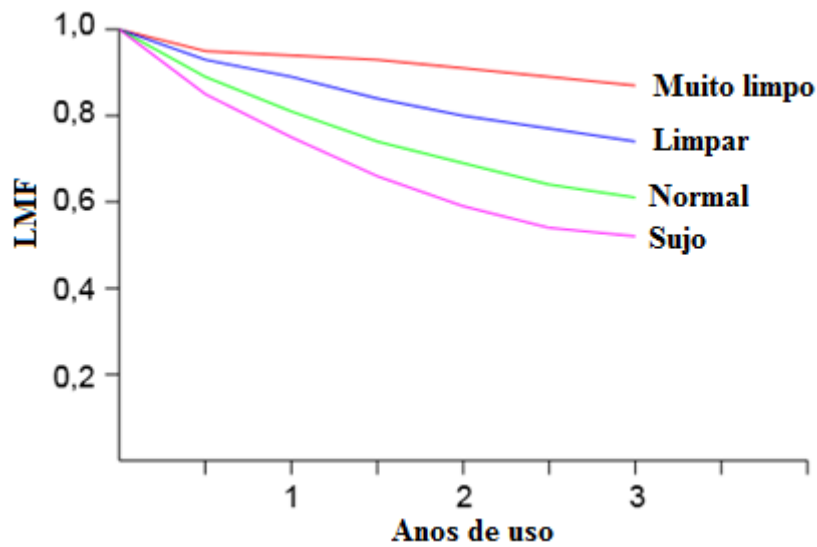
Fonte: Comissão Internacional de Iluminação (2005, p. 11)

**Figura 11** - Sobrevivência da lâmpada fluorescente



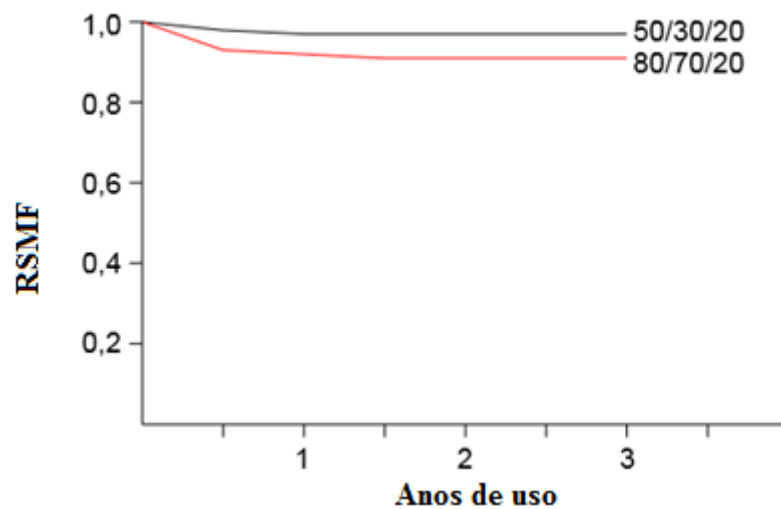
Fonte: Comissão Internacional de Iluminação (2005, p. 11)

**Figura 12 - Manutenção da luminária, Tipo C**



Fonte: Comissão Internacional de Iluminação (2005, p. 11)

**Figura 13 - Manutenção das superfícies da sala, ambiente limpo**



Fonte: Comissão Internacional de Iluminação (2005, p. 11)

- Nível de iluminância.

O nível de iluminância deve ser escolhido de acordo com as recomendações da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

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

A partir da determinação dos diversos índices, pode-se calcular o fluxo luminoso total a ser produzido pelas lâmpadas, o número de lâmpadas para que a iluminância da sala esteja de acordo com a norma, ou ainda verificar se as lâmpadas instaladas estão oferecendo a iluminância determinada na norma através das seguintes formulas:

$$\varphi_{total} = \frac{E \times A}{UF \times MF} \quad (8)$$

$$N = \frac{\varphi_{total}}{\varphi_{luminária}} \quad (9)$$

$$E_m = \frac{\varphi_{total} \times n \times UF \times MF}{A} \quad (10)$$

Sendo,

$\varphi_{total}$ : Fluxo luminoso total produzido pelas lâmpadas;

$\varphi_{luminária}$ : fluxo luminoso produzido por uma lâmpada;

$E$ : Iluminância determinada pela norma;

$A$ : Área do recinto [m<sup>2</sup>];

$UF$ : Coeficiente de utilização;

$MF$ : Coeficiente de manutenção.

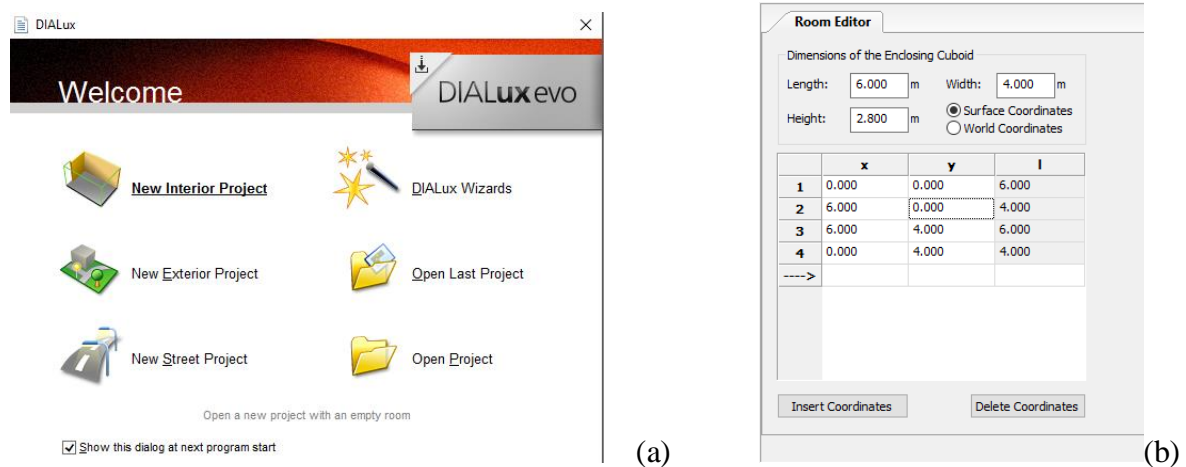
$n$ : Número de lâmpadas.

#### 4.1.2 Método de simulação (Cálculo da Iluminação)

Para o método de simulação foi utilizado o software DIALux, que tem como base para os cálculos a comportamento do fluxo luminoso segundo a curva de distribuição luminosa de cada luminária.

O DIALux apresenta na entrada uma aba a parte com as opções da Figura14(a). A opção do novo projeto de interiores leva a uma área que solicita a entrada de dados da dimensão do ambiente (Largura, Comprimento E Pé Direito) Figura14(b).

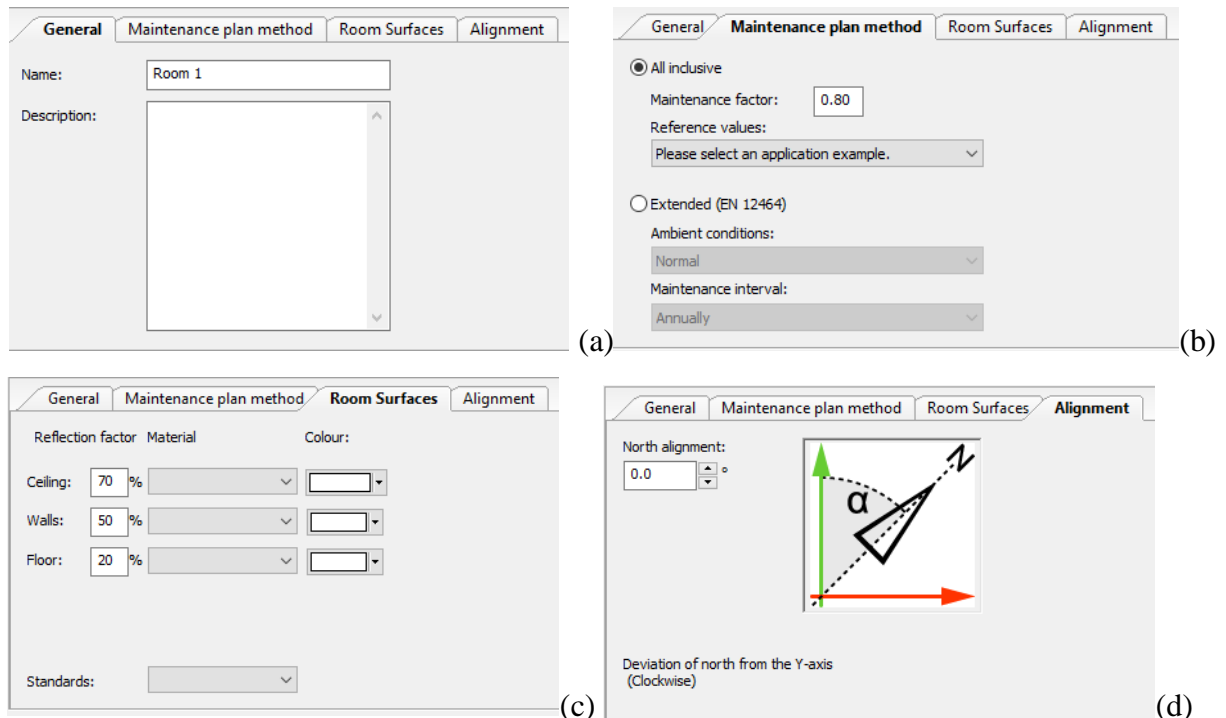
**Figura 14**– Entrada do DIALux(a), Editor da Sala(b)



Fonte: DIALux

Em seguida são solicitados os dados de característica do ambiente (fator de manutenção, fator de reflexão das superfícies e o norte do projeto).

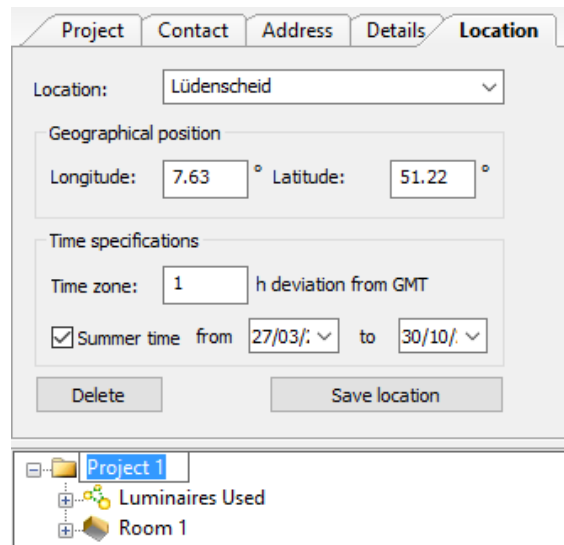
**Figura 15**– Característica do Ambiente, Geral (a), Plano de Manutenção (b), Superfícies da Sala (c), Alinhamento (d)



Fonte: DIALux

Para completar os dados do ambiente em estudo é possível editar os dados de projetos, entre estes, os dados geográficos e de tempo, não influenciam nos cálculos da luminosidade, porém permite uma análise dos efeitos da iluminação natural.

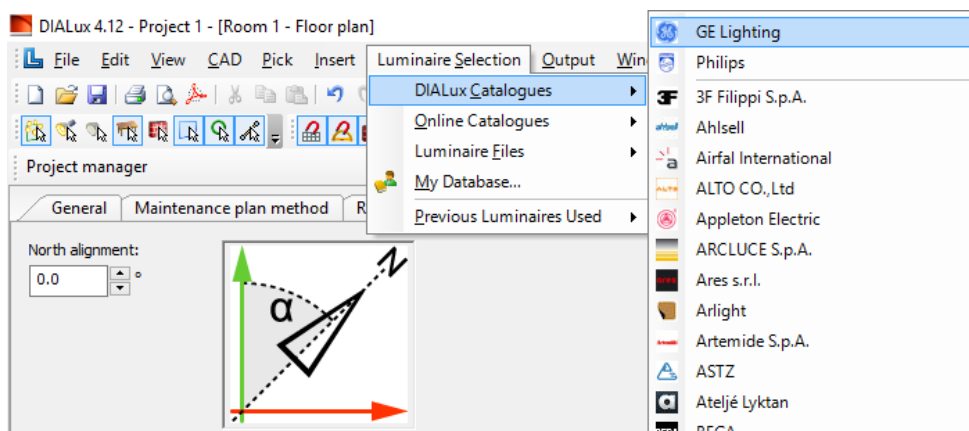
**Figura 16– Localização**



Fonte: DIALux

Após inserir os dados do ambiente é necessário escolher a luminária que melhor se adequa ao ambiente ou a que já está instalada. No ícone “luminaire selection”.

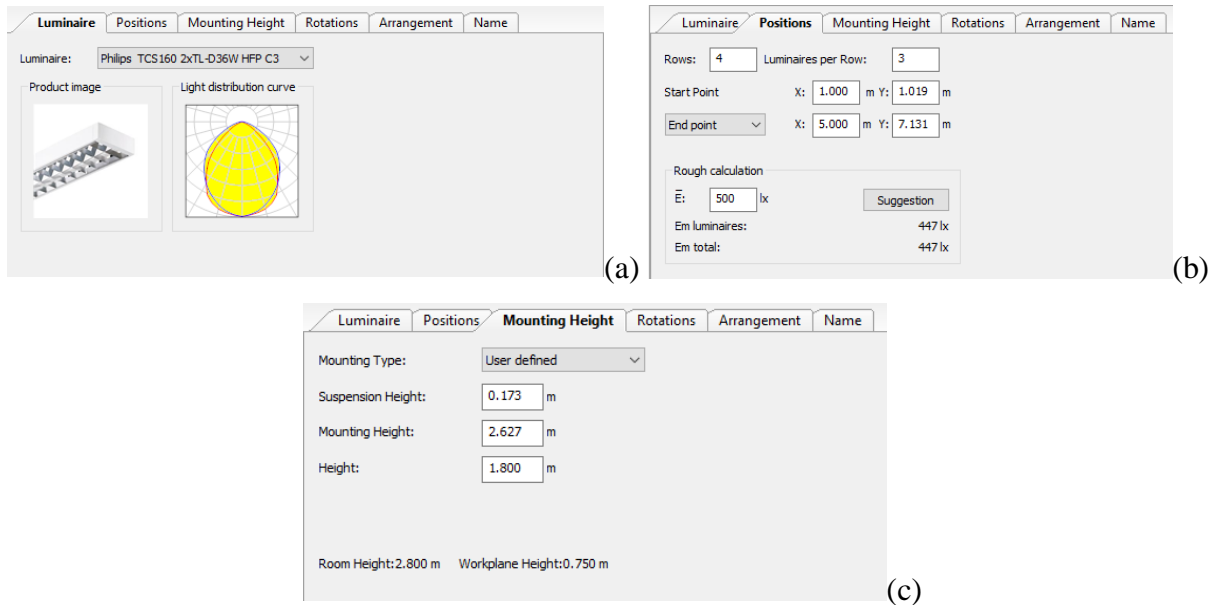
**Figura 17– Seleção de Luminárias**



Fonte: DIALux

Escolhida a luminária do projeto é necessário editar os valores da luminária, podendo ser alterados apenas os dados de quantidade de luminária e sua distribuição no ambiente, como são possíveis editar também dados específicos da luminária/lâmpada (dimensões da luminária, plano de trabalho, fluxo da luminária, etc...).

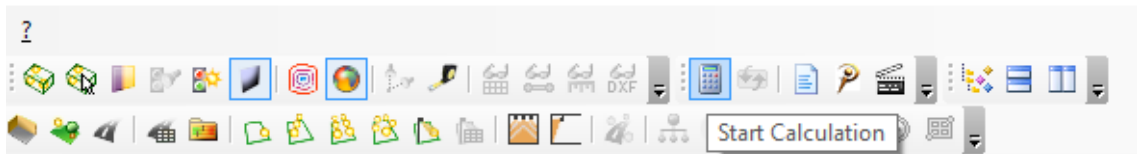
**Figura 18**– Edição de Luminária, Luminária (a), Posição (b), Altura de Montagem (c)



Fonte: DIALux

Após inserir os principais dados do projeto é possível solicitar ao software o início dos cálculos por meio do ícone “start calculation”.

**Figura 19** – Ícone, Início do Cálculo



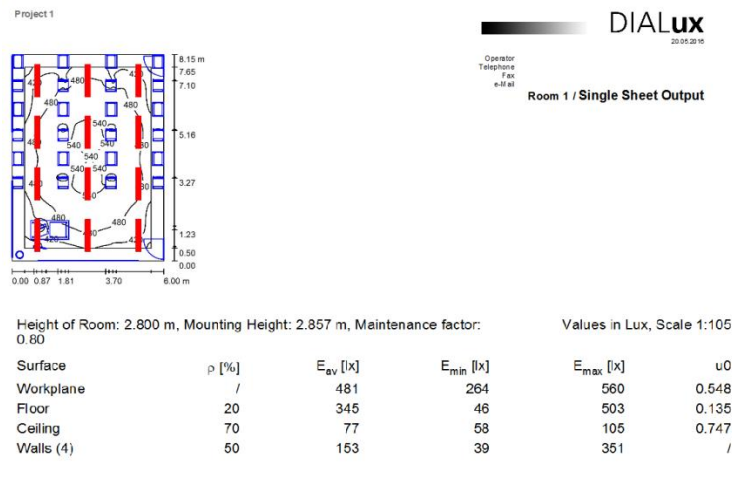
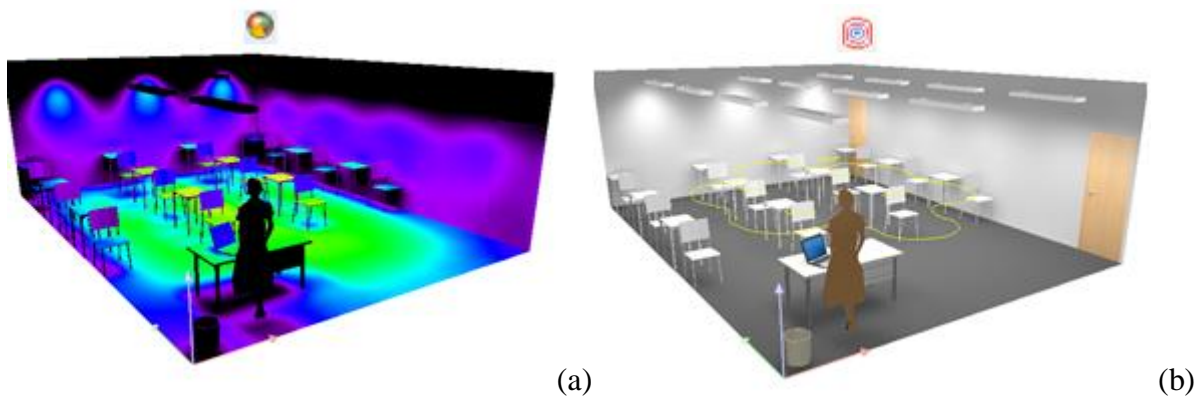
Fonte: DIALux

Realizados os cálculos é possível expor os resultados em três formas:

- Por escala de cores para representar a iluminância nas superfícies, através do ícone “False Colour Display” Figura 20 (a).
- Por meio de linha limite de iluminância sobre o plano de trabalho, através do ícone “Isolines” Figura 20 (b).
- Por meio de relatório, através do ícone “Single Sheet Output” Figura 20(c).



**Figura 20** – Cores falsas (a), Linhas Iguais (b), Relatório (c)



Fonte: DIALux

## 4.2 Cálculo do nível de eficiência energética de edifícios (RTQ-C)

Os edifícios submetidos aos requisitos da RTQ-C estão em consonância com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) vigentes. O RTQ-C trata da eficiência energética nas edificações e objetiva criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética destes edifícios.

De acordo com a RTQ-C a etiquetagem de eficiência energética de edifícios deve ser realizada por meio dos métodos: o prescritivo ou o de simulação. O método prescritivo constitui-se da adoção de equações, tabelas e parâmetros limites, pelos quais é obtida uma pontuação indicando o nível de eficiência parcial dos sistemas e o nível de eficiência total do edifício. O método de simulação utiliza-se de um programa de simulação virtual no qual é feita uma comparação entre o desempenho do edifício e o desempenho do edifício referencial levando em consideração o nível de eficiência. Ambos devem atender aos requisitos relativos a três partes que constituem a edificação, que são: o desempenho da

envoltória, a eficiência e potência instalada do sistema de iluminação e à eficiência do sistema de condicionamento do ar.

A avaliação de cada sistema individual utiliza equivalentes numéricos, um número de pontos correspondente à determinada eficiência, atribuídos de acordo com a Tabela 01:

**Tabela 01** - Equivalente numérico (EqNum) para cada nível de eficiência.

Nível de eficiência	EqNum
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Fonte: Requisitos Técnicos de Qualidade RTQ-C, 2013

A classificação geral do edifício é calculada de acordo com equação:

$$PT = 0,3 \cdot \left\{ \left( EqNumEnv \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left( \frac{APT}{AU} \right) \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right\} + 0,3 \cdot (EqNumDPI) + 0,4 \cdot \left\{ \left( EqNumCA \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left( 5 \frac{APT}{AU} + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + b \quad (11)$$

Sendo,

*EqNumEnv*: Equivalente Numérico da Envoltória;

*EqNumDPI*: Equivalente Numérico do Sistema de Iluminação, identificado pela sigla DPI, de Densidade de Potência de Iluminação;

*EqNumCA*: Equivalente Numérico do Sistema de Condicionamento de Ar;

*EqNumV*: Equivalente Numérico de Ambientes Não Condicionados e/ou Ventilados Naturalmente;

*APT*: Área Útil dos Ambientes de Permanência Transitória, desde que não condicionados;

*ANC*: Área Útil dos Ambientes Não Condicionados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural (POC) através do método da simulação;

*AC*: Área Útil dos Ambientes Condicionados;

*AU*: Área Útil;

Neste trabalho será analisado apenas a classificação atual do sistema de iluminação e a classificação após as possíveis melhorias no sistema.

- Pré-requisitos específicos

Para classificação do sistema de iluminação, além dos limites de potência instalada, devem ser respeitados os critérios de controle do sistema de iluminação, de acordo com o nível de eficiência pretendido, conforme o Quadro 10.

**Quadro 10** - Pré-requisitos da iluminação exigidos por nível de eficiência

Nível de eficiência	Divisão dos circuitos	Contribuição da luz natural	Desligamento automático do sistema de iluminação
A	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
B	<b>X</b>	<b>X</b>	
C	<b>X</b>		

**Fonte:** Requisitos Técnicos de Qualidade RTQ-C, 2013

A avaliação do sistema de iluminação deve ser realizada através do método da área do edifício ou do método das atividades do edifício.

#### 4.2.1 Método Prescritivo (Cálculo do Nível de Eficiência)

##### 4.2.1.1 Método da área do edifício

O método da área do edifício avalia de forma conjunta todos os ambientes do edifício e atribui um único valor limite para a avaliação do sistema de iluminação. Este método deve ser utilizado para edifícios com até três atividades principais, ou para atividades que ocupem mais de 30% da área do mesmo.

Para facilitar a avaliação pode-se seguir as etapas abaixo:

- Identificar a função do edifício, de acordo com a Tabela 02;
- Determinar a área iluminada do edifício;
- Multiplicar a área iluminada pela DPIL (Densidade de potência de iluminação limite), para encontrar a potência limite do edifício;
- Comparar a potência total instalada no edifício e a potência limite para determinar o nível de eficiência do sistema de iluminação;

**Tabela 02** - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido – Método da área do edifício.

Função do Edifício	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível D)
Academia	9,5	10,9	12,4	13,8
Armazém	7,1	8,2	9,2	10,3
Biblioteca	12,7	14,6	16,5	18,4
Bombeiros	7,6	8,7	9,9	11
Centro de Convenções	11,6	13,3	15,1	16,8
Cinema	8,9	10,2	11,6	12,9
Comércio	15,1	17,4	19,6	21,9
Correios	9,4	10,8	12,2	13,6
Venda e Locação de Veículos	8,8	10,1	11,4	12,8
Escola/Universidade	10,7	12,3	13,9	15,5
Escritório	9,7	11,2	12,6	14,1
Estádio de esportes	8,4	9,7	10,9	12,2
Garagem – Ed. Garagem	2,7	3,1	3,5	3,9
Ginásio	10,8	12,4	14	15,7

Fonte: Requisitos Técnicos de Qualidade RTQ-C, 2013

#### 4.1.2.2 Método das atividades do edifício

O método das atividades do edifício avalia separadamente os ambientes e deve ser utilizado para edifícios em que o método da área do mesmo não é aplicável.

Para facilitar a avaliação pode seguir as etapas abaixo:

- Identificar as atividades encontradas no edifício, de acordo com a Tabela 03;
- Consultar a densidade de potência de iluminação limite (DPIL – W/m<sup>2</sup>) para cada nível de eficiência para cada uma das atividades, na Tabela 03;
- Multiplicar a área iluminada de cada atividade pela DPIL, para encontrar a potência limite para cada atividade. A potência limite para o edifício será a soma das potências limites das atividades;
- Calcular a potência instalada no edifício e compará-la com a potência limite do edifício, identificando o EqNum (equivalente numérico) do sistema de iluminação

Obs.: Opcionalmente, ambientes que possuam o índice de ambiente (K) menor que o definido na Tabela 03, ou Room Cavity Ratio (RCR) maior que o da Tabela 03 podem ter um aumento em 20% na densidade de potência de iluminação limite (DPIL). Este aumento de potência poderá ser utilizado apenas por este ambiente, que deve ser avaliado individualmente, não sendo computado na potência limite para o edifício (RTQ-C, 2013 p.43).

$$K = \frac{A_t + A_{pt}}{A_p} \quad (12)$$

$$RCR = \frac{2,5 \times H_p \times P}{A} \quad (13)$$

Onde:

K: índice de ambiente (adimensional);

At: Área de teto (m<sup>2</sup>);

Apt: Área do plano de trabalho (m<sup>2</sup>);

Ap: Área de parede entre o plano iluminante e plano de trabalho (m<sup>2</sup>);

RCR: Room Cavity Ratio (adimensional);

H<sub>p</sub>: Altura de parede, considerar altura entre o plano iluminante e o plano de trabalho (m<sup>2</sup>);

P: Perímetro do ambiente (m<sup>2</sup>);

A: Área do ambiente (m<sup>2</sup>)

**Tabela 03** - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido – Método das atividades do edifício.

Ambientes/Atividades	Limite do Ambiente		DPIL Nível A (W/m <sup>2</sup> )	DPIL Nível B (W/m <sup>2</sup> )	DPIL Nível C (W/m <sup>2</sup> )	DPIL Nível D (W/m <sup>2</sup> )
	K	RCR				
Armazém, Atacado						
Material pequeno/leve	0,8	6	10,20	12,24	14,28	16,32
Material médio/volumoso	1,2	4	5,00	6,00	7,00	8,00
Banheiros	0,6	8	5,00	6,00	7,00	8,00
Biblioteca						
Área de arquivamento	1,2	4	7,80	9,36	10,92	12,48
Área de leitura	1,2	4	10,00	12,00	14,00	16,00
Área de estantes	1,2	4	18,40	22,08	25,76	29,44
Circulação	<2,4m largura		7,10	8,52	9,94	11,36
Depósitos	0,8	6	5,00	6,00	7,00	8,00
Laboratórios						
para Salas de Aula	0,8	6	10,20	12,24	14,24	16,32
Médico/Ind./Pesq.	0,8	6	19,50	23,40	27,30	31,20
Sala de Aula, Treinamento.	1,2	4	10,20	12,24	14,28	16,32
Sala de espera, convivência.	1,2	4	6,00	7,20	8,40	9,60
Sala de Reuniões, Conferência, Multiuso.	0,8	6	11,90	14,28	16,66	19,96

Fonte: Requisitos Técnicos de Qualidade RTQ-C, 2013

#### 4.1.2 Método de Simulação (Cálculo do Nível de Eficiência)

O método de simulação pode ser realizado através do DIALux por meio do “Single Sheet Output”, Figura 20(c) já explicado no tópico 3.1.2.

O relatório do DIALux informa o valor da densidade de potência de iluminação do ambiente. Este valor deve ser comparado com os DPIL (Densidade de Potência de Iluminação Limite) do ambiente em estudo, para saber em que nível a sala se encontra e o EqNum para o nível.

## 5 RESULTADOS

O presente trabalho teve como base para estudo o bloco de sala de aula do campus VIII da UEPB. O bloco tem 729,06 m<sup>2</sup> de área interna e pé direito de 2,80 m. É constituído por salas de diferentes tamanhos, sendo nove salas de 8,15 m por 6,00 m e duas salas de 4,00 m por 6,00 m. Possui ainda dois corredores um de 4,00 m por 6,30 m e outro 2,48 m por 87,00 m.

As salas possuem teto claro e paredes brancas Todos ambientes são limpos constantemente e as paredes e luminárias sofrem limpeza semestrais.

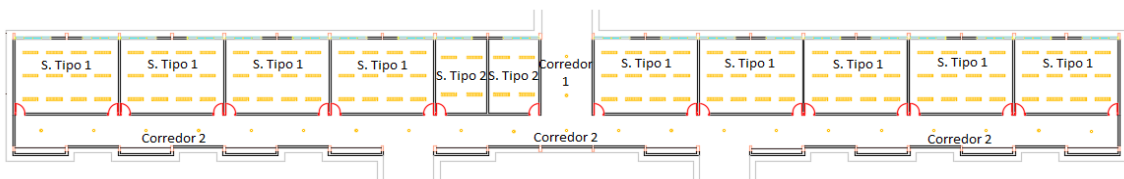
**Figura 21** - Bloco de sala de aula do campus VIII da UEPB



A divisão do bloco em ambientes permite um estudo detalhado de todos os vãos, assim podem-se analisar soluções específicas capaz de gerar melhores resultados ao conjunto.

A Figura 22 é a planta baixa do bloco em estudo com projeção das luminárias instalados em amarelo e o nome dos ambientes.

**Figura 22** - Planta baixa do Bloco de Sala de Aula de Odontologia do Campus VIII da UEPB



A luminária instalada nas salas de aula possuem grades foscas e face superior espelhada, essas características classificam-nas como tipo C “Closed top housing” segundo as Tabelas 06 e 07 obtidas na CIE 97.

As grades foscas garantem o ângulo mínimo de blindagem necessário para evitar o ofuscamento. As faces espelhadas direcionam o fluxo luminoso ampliando a intensidade luminosa.

**Figura 23-** Luminária instalada nas salas tipo 1 e 2.



As luminárias instaladas nos corredores possuem proteção inferior fosca e face superior espelhada, essas características classificam-nas como tipo D, “Enclosed IP2X” segundo as Tabelas 06 e 07 obtidas na CIE 97.

O vidro fosco garante a blindagem necessária para evitar o ofuscamento. As faces espelhadas direcionam o fluxo luminoso, ampliando a intensidade luminosa.

**Figura 24-** Luminária instalada nos corredores 1 e 2.



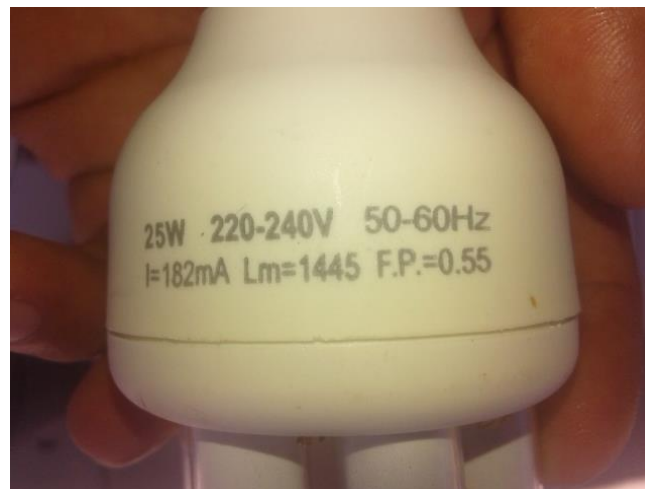
As lâmpadas instaladas nas salas de aula são fluorescentes do tipo T10 e suas especificações técnicas estão exibidas na Figura 25. Enquanto as lâmpadas instaladas nos corredores são lâmpadas eletrônicas compactas com as especificações técnicas da Figura 26.



**Figura 25** - Especificações técnicas da lâmpada fluorescente tubular T10.

Especificações Técnicas:	
• Potência (W):	40 Watts
• Bulbo:	Tubular
• Temperatura de Cor (K):	6500 K
• Fluxo Luminoso (lm):	2300 lm
• Vida Média (h):	8000h

**Figura 26** - Especificações técnicas da lâmpada eletrônica compacta.



Por fim a Figura 27 é uma ilustração do modelo 3D da sala tipo obtida a partir do DIALux. O modelo permite visualizar a distribuição das luminárias e estudar a incidência solar através das janelas, a ilustração está regulada para representar a incidência as 11h da manhã, período apropriado de maior incidência.

**Figura 27** - Ilustração do modelo 3D no DIALux da sala tipo 1.



## 5.1 Cálculos da Iluminação do ambiente de trabalho

Através do quadro no Anexo B retirado da norma de Iluminação de ambientes de trabalho, identificamos os ambientes estudados como:

- Salas de aula, sala de aulas particulares -  $\bar{E}_m \text{ lux} = 300$
- Áreas de circulação e corredores -  $\bar{E}_m \text{ lux} = 100$

Como se verifica que os ambientes não fogem das condições visuais da norma segundo os fatores de ajuste da iluminação indicados, os valores indicados nas tabelas não necessitam de ajustes.

### 5.1.1 Método prescritivo (Resultados do Cálculos da Iluminação)

Os documentos a seguir foram feitos conforme o modelo indicado no anexo D da NBR 8995\_1.

Os dados foram obtidos através de um estudo aprofundado das luminárias, lâmpadas e do ambiente. Os resultados de cada fator ou índice foram obtidos conforme o tópico 3.1.1 do presente trabalho, que explica o método prescritivo do cálculo de iluminação.

**Quadro 11** – Documento do fator de manutenção e fator de utilização da sala tipo 1.

Projeto: Bloco de sala de aula UEPB campus VIII		
Sala: SALA TIPO 1		
Processado por: Diego Rocha Barreto		
Data: 1 de março de 2016		
Luminária		
Descrição:	MASTER TL-D	
Número do artigo:	1	
Tipo de luminária:	Superior fechado	
Intervalo de limpeza em anos:	0.50	
Fator de manutenção da luminária FML:		0.93
Lâmpada		
Descrição:	T10	
Potência nominal:	40 W	
Substituição da lâmpada:	Individual	
Reator:	Eletrônico	
Manutenção da lâmpada em anos:	1.00	
Horas de funcionamento por lâmpada/ano:	4 745	
Vida média (h)	8 000	
Fator de manutenção do fluxo luminoso FMFL:		0.90
Fator de sobrevivência da lâmpada FSL:		0.98
Sala		
Comprimento:	8.15 m	
Profundidade:	6.00 m	
Altura:	2.80 m	
Plano de Trabalho	0.80 m	
Ambiente:	Limpo	
Intervalo de limpeza da sala em anos:	0.5	
Tipo de iluminação	Direta	
Índices de reflexão (teto, parede, plano de trabalho)	70, 50, 20	
Fator de manutenção das superfícies da sala FMSS:		0.96
Índice do local (K)		1.73
Fator de manutenção		0.79
Fator de utilização		0.68

**Quadro 12** – Documento do fator de manutenção e fator de utilização da sala tipo 2.

Projeto: Bloco de sala de aula UEPB campus VIII		
Sala: SALA TIPO 2		
Processado por: Diego Rocha Barreto		
Data: 1 de março de 2016		
Luminária		
Descrição:	MASTER TL-D	
Número do artigo:	2	
Tipo de luminária:	Superior fechado	
Intervalo de limpeza em anos:	0.5	
Fator de manutenção da luminária FML:		0.93
Lâmpada		
Descrição:	T10	
Potência nominal:	40 W	
Substituição da lâmpada:	Individual	
Reator:	Eletrônico	
Manutenção da lâmpada em anos:	1.00	
Horas de funcionamento por lâmpada/ano:	4 745	
Vida media (h)	8.000	
Fator de manutenção do fluxo luminoso FMFL:		0.90
Fator de sobrevivência da lâmpada FSL:		0.98
Sala		
Comprimento:	4.00 m	
Profundidade:	6.00 m	
Altura:	2.80 m	
Plano de Trabalho	0.70 m	
Ambiente:	Limpo	
Intervalo de limpeza da sala em anos:	0.5	
Tipo de iluminação	Direta	
Índices de reflexão (teto, parede, plano de trabalho)	70, 50, 20	
Fator de manutenção das superfícies da sala FMSS:		0.96
Índice do local (K)		1.20
Fator de manutenção		0.79
Fator de utilização		0.60

**Quadro 13** – Documento do fator de manutenção e fator de utilização do corredor 1.

Projeto: Bloco de sala de aula UEPB campus VIII		
Sala: Corredor 1		
Processado por: Diego Rocha Barreto		
Data: 1 de março de 2016		
Luminária		
Descrição:	GELIGHTING	
Número do artigo:	3	
Tipo de luminária:	C. Fluorescente	
Intervalo de limpeza em anos:	0.50	
Fator de manutenção da luminária FML:		0.92
Lâmpada		
Descrição:	Compacto	
Potência nominal:	25W	
Substituição da lâmpada:	Individual	
Reator:	Eletrônico	
Manutenção da lâmpada em anos:	1.00	
Horas de funcionamento por lâmpada/ano:	4 745	
Vida média (h)	4 000	
Fator de manutenção do fluxo luminoso FMFL:		0.91
Fator de sobrevivência da lâmpada FSL:		0.97
Sala		
Comprimento:	4.00 m	
Profundidade:	6.30 m	
Altura:	2.80 m	
Plano de Trabalho	1.20 m	
Ambiente:	Limpo	
Intervalo de limpeza da sala em anos:	0.5	
Tipo de iluminação	Direta	
Índices de reflexão (Teto, Parede, Plano de trabalho)	70, 50, 20	
Fator de manutenção das superfícies da sala FMSS:		0.96
Índice do local (K)		1.53
Fator de manutenção		0.78
Fator de utilização		0.65

**Quadro 14** – Documento do fator de manutenção e fator de utilização do corredor 2.

Projeto: Bloco de sala de aula UEPB campus VIII		
Sala: Corredor 2		
Processado por: Diego Rocha Barreto		
Data: 1 de março de 2016		
Luminária		
Descrição:	GELIGHTING	
Número do artigo:	4	
Tipo de luminária:	C. Fluorescente	
Intervalo de limpeza em anos:	0.50	
Fator de manutenção da luminária FML:		0.92
Lâmpada		
Descrição:	Compacto	
Potência nominal:	25W	
Substituição da lâmpada:	Individual	
Reator:	Eletrônico	
Manutenção da lâmpada em anos:	1.00	
Horas de funcionamento por lâmpada/ano:	4 745	
Vida média (h)	4 000	
Fator de manutenção do fluxo luminoso FMFL:		0.91
Fator de sobrevivência da lâmpada FSL:		0.97
Sala		
Comprimento:	2.48 m	
Profundidade:	87.00 m	
Altura:	2.80 m	
Plano de Trabalho	1.20 m	
Ambiente:	Limpo	
Intervalo de limpeza da sala em anos:	0.5	
Tipo de iluminação	Direta	
Índices de reflexão (Teto, Parede, Plano de trabalho)	70, 30, 20	
Fator de manutenção das superfícies da sala FMSS:		0.97
Índice do local (K)		0.63
Fator de manutenção		0.79
Fator de utilização		0.35

Obtidos os valores de cada fator dos ambientes estudados aplicamos a Equação 10 para cada um deles e calculamos a iluminância média instalada exibida na Tabela 4.

Comparamos os valores obtidos com os valores sugeridos em norma.

**Tabela 04** - Iluminância por ambiente.

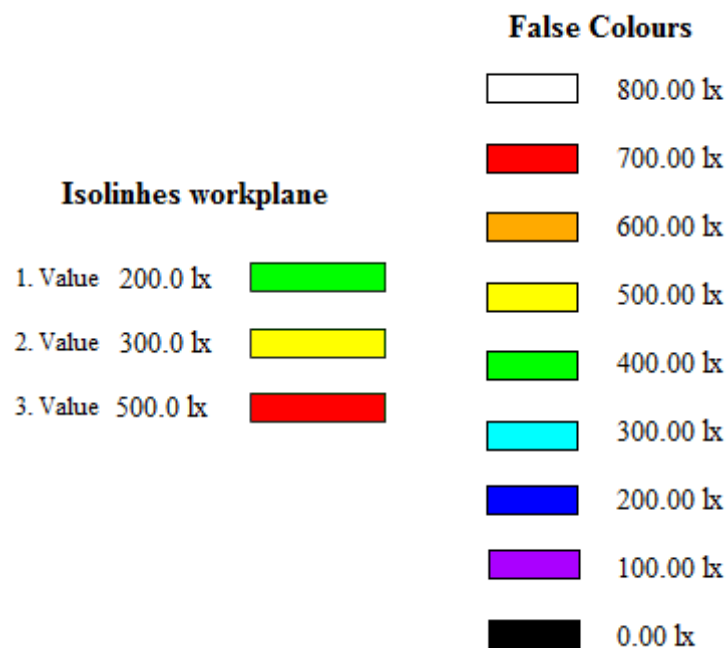
Ambiente	Iluminância Indicado em Norma (lx)	Iluminância Média Instalada (lx)
Sala tipo 1	300	606
Sala tipo 2	300	363
Corredo1	100	59
Corredor2	100	39

### 5.1.2 Método de simulação (Resultados do Cálculos da Iluminação)

Como visto no tópico 4.1.2 o DIALux possui três formas de apresentar os resultados.

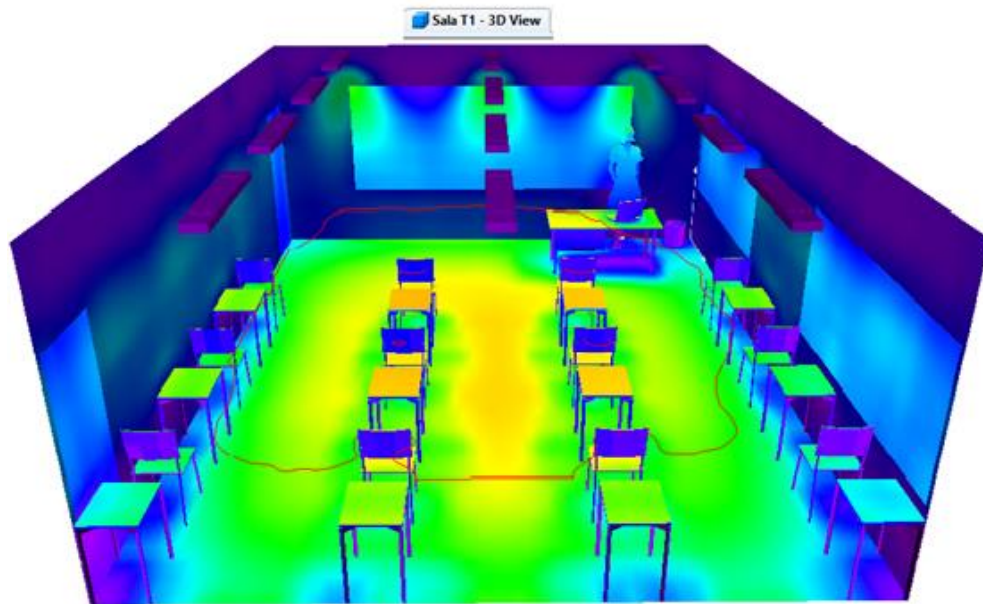
As “Isolines Workplane” e as “False Colours” apresentam resultados visuais e seu entendimento depende das legendas que os acompanham. A Figura 28 expõe as legendas necessárias para a leitura da Figura 29 e Figura 28.

**Figura 28** - Legendas para as Figuras 29 e 30.



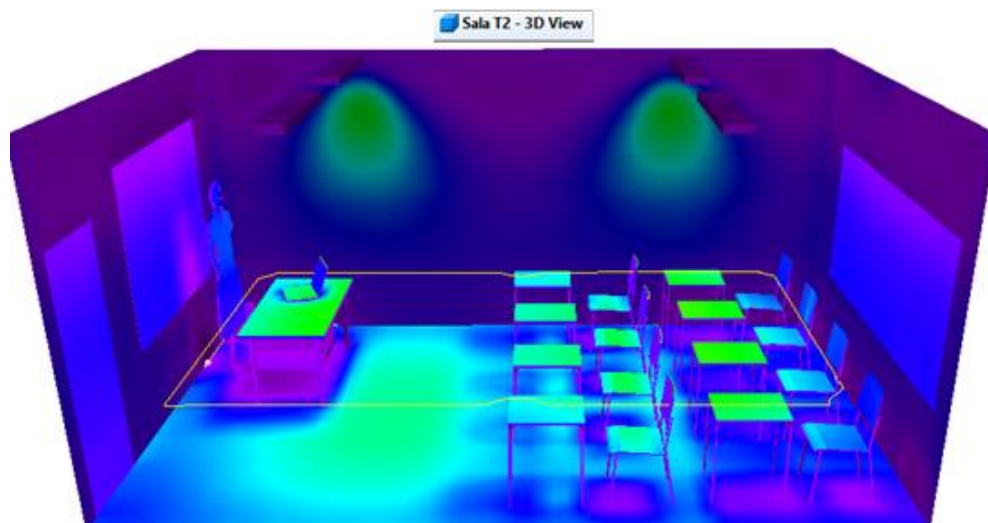
Fonte: DIALux

**Figura 29** - Sala tipo 1 resultados em “Isolines Workplane” e “False Colours”



Na Figura 29 podemos notar a predominância das cores verde, amarelo e laranja sobre as mesas e cadeiras, estas cores representam uma iluminância maior que os 300 lx indicada pela NBR 8995-1:2013 é representado aqui pela cor azul claro. A linha vermelha indica o contorno em que a iluminância é igual a 500 lx, assim todo plano de trabalho dentro da linha possui iluminância maior que 500 lx e toda área externa a linha possui iluminância menor que 500 lx e maior que 300 lx já que a linha amarela não chegou a aparecer.

**Figura 30** - Sala tipo 2 resultados em “Isolines Workplane” e “False Colours”.

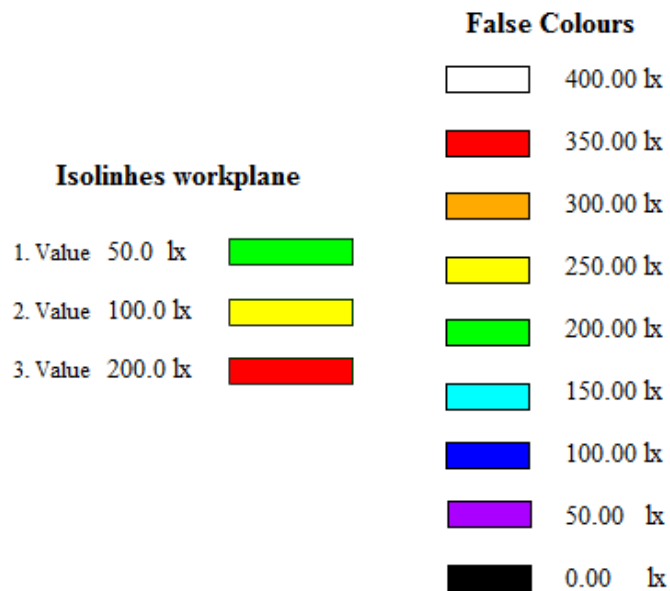




Na Figura 30 podemos notar a predominância das cores azul claro e verde sobre as mesas e cadeiras, essas cores representam uma iluminância igual ou pouco maior que os 300 lx indicada em norma. A linha amarela indica o contorno em que, a iluminância é igual a 300lx, assim todo plano de trabalho dentro da linha possui iluminância maior que 300 lux e menor que 500 lux e toda área externa a linha possui iluminância menor que 300 lx e maior que 200 lx já que as linhas verdes e vermelhas não chegou a aparecer. A área próxima a parede é chamada de entorno imediato e não necessita ser tão iluminado quanto a área de trabalho conforme indicada o anexo A da NBR 8995-1 de 2013.

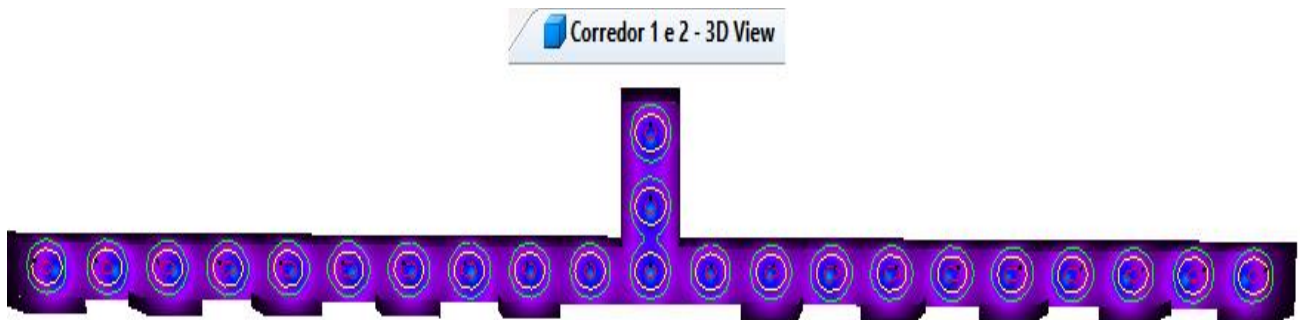
A Figura 31 expõe as legendas necessárias para a leitura da Figura 32 e Figura33.

**Figura 31** - Legendas para as Figuras 32 e 33.

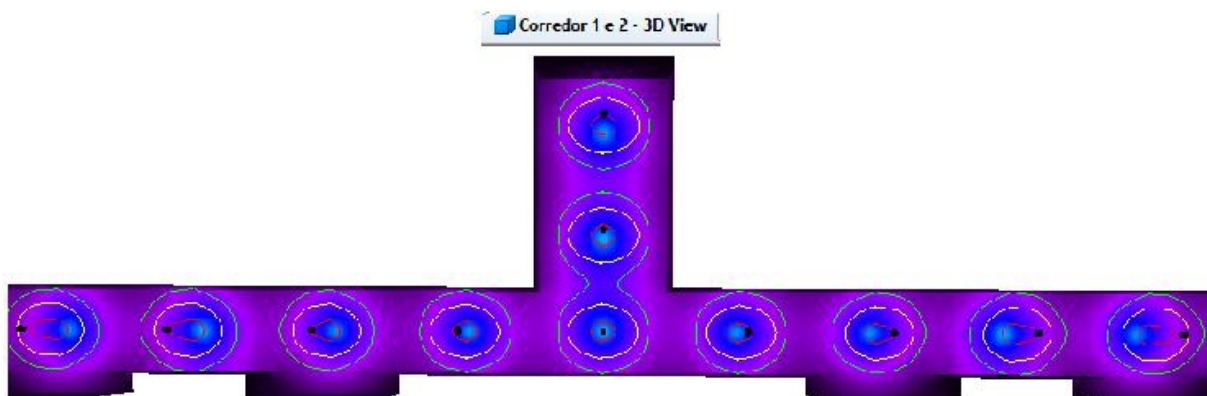


Fonte: DIALux

**Figura 32** - Corredor 1 e 2 resultados em “Isolines Workplane” e “False Colours”.



**Figura 33** - Detalhamento do corredor 1 e 2 resultados em “Isolines Workplane” e “False Colours”.



Fonte: DIALux

Nas Figuras 32e 33 podemos notar a predominância das cores azul escuro e lilás, estas cores representam uma iluminância igual ou pouco menor que os 100 lx indicada em norma. A linha amarela indica o contorno em que a iluminância é igual a 100 lx, assim todo plano de trabalho entre a linha amarela e vermelha possui iluminância maior que 100 lux e menor que 200 lux e a área entre a linha amarela e verde possui iluminância menor que 100 lx e maior que 50 lx.

O DIALux apresenta ainda seus resultados em forma de relatório através do “Single Sheet Output”. As figuras dos Anexos F, G e H são os resultados obtidos no DIALux na forma de relatório para a sala tipo 1, sala tipo 2 e corredores respectivamente.

## 5.2 Cálculo do nível de eficiência energética de edifícios (RTQ-C)

Para a aplicação do RTQ-C no bloco o método das atividades do edifício permite uma melhor avaliação dos resultados por estudar separadamente os ambientes do edifício.

Quanto aos pré-requisitos, a coleta de dados no local indica que os corredores atendem todos os parâmetros, porém as salas de aula não atendem o requisito da contribuição da luz natural. Assim, o bloco só atende as condições necessárias para o nível C.

Na Tabela 03 obtivemos as seguintes densidades limite para cada nível de eficiência e os limites do ambiente:

**Tabela 05** – Lista de DPIL do RTQ-C para circulação e sala de aula.

Ambientes/Atividades	Limite do Ambiente		DPIL Nível A (W/m <sup>2</sup> )	DPIL Nível B (W/m <sup>2</sup> )	DPIL Nível C (W/m <sup>2</sup> )	DPIL Nível D (W/m <sup>2</sup> )
	K	RCR				
Circulação	<2,4m largura		7,10	8,52	9,94	11,36
Sala de Aula, Treinamento.	1,2	4	10,2	12,24	14,28	16,32

Fonte: Requisitos Técnicos de Qualidade RTQ-C, 2013

Ao analisar o limite do ambiente verificamos que os corredores possuem largura aproximada de 2,4m assim não é permitido o acréscimo de 20% ao DPIL dos níveis. Por meio das equações 12 e 13 temos que as salas de aula do tipo 1 possuem  $K= 1,5$  e  $RCR=2,9$  e não permite o acréscimo dos 20% por possuir  $K$  maior e  $RCR$  menor que o indicado na norma, já as salas do tipo 2 possuem  $K= 1,8$  e  $RCR= 4,16$  e permite o aumento do DPIL por ter o Room Cavity Ratio (RCR) maior que o indicado.

### 5.2.1 Método prescritivo (Resultados do Cálculo do Nível de Eficiência)

Seguindo a metodologia do tópico 3.2.1.2 calculamos a área dos ambientes a potência instalada e as potências limite para cada nível. Por fim obtivemos a área total dos ambientes, a potência total instalada no bloco e as potências limite do bloco para cada nível.

Considerando nove salas tipo 1 e duas salas tipo 2. A tabela a seguir expõe todos estes resultados juntos para tornar fácil a comparação dos valores obtidos.

**Tabela 06** – Lista de PL com base no RTQ-C para circulações e salas.

Ambientes	Área	Potência Instalada (w)	Limite do Ambiente		PL (W) nível A	PL (W) nível B	PL (W) nível C	PL (W) nível D
			K	RCR				
Sala tipo 1	48,90	960,00	$K>1,2$	$RCR<4$	498,78	598,536	698,292	798,048
Sala tipo 2	24,00	320,00	$K>1,2$	$RCR>4$	244,8	293,76	342,72	391,68
Corredor 1	25,20	50,00	Largura<2,4m		178,92	214,704	250,488	286,272
Corredor 2	215,76	525,00	Largura<2,4m		1531,89	1838,27	2144,65	2451,03
Bloco (TOTAL)	729,06	9855,00			6689,43	8027,32	9365,21	10703,1

### 5.2.2 Método de simulação (Resultados do Cálculo do Nível de Eficiência)

Por meio do método de simulação descrito no tópico 4.1.2 tabelamos as densidades de potência de iluminação dos ambientes, obtido no tópico 5.1.2 através dos relatórios do DIALux (figura 33, 34 e 35) e comparamos com os DPIL para cada nível para saber em que nível o ambiente se encaixa.

**Tabela 07** – Lista de DPI e DPI<sub>L</sub> com base no RTQ-C para circulações e salas.

Ambientes	Área (m <sup>2</sup> )	DPI Instalado (W/m <sup>2</sup> )	DPI <sub>L</sub> Nível A (W/m <sup>2</sup> )	DPI <sub>L</sub> Nível B (W/m <sup>2</sup> )	DPI <sub>L</sub> Nível C (W/m <sup>2</sup> )	DPI <sub>L</sub> Nível D (W/m <sup>2</sup> )
Sala tipo 1	48,90	19,63	10,20	12,24	14,28	16,32
Sala tipo 2	24,00	13,33	10,20	12,24	14,28	16,32
Corredor	266,33	2,16	7,10	8,52	9,94	11,36

Para obter a classificação geral multiplicamos cada DPI<sub>L</sub> pela área também indicado no relatório do DIALux para só então poder comparar.

**Tabela 08** – Lista de PL com base no RTQ-C o bloco de sala de aula.

Ambientes	P Instalado (W)	PL Nível A (W)	PL Nível B (W)	PL Nível C (W)	PL Nível D (W)
Bloco (TOTAL)	9855,00	6869,56	8243,48	9617,39	10991,30

## 6 DISCUSSÕES

Os resultados obtidos por meio dos métodos prescritivos e de simulação através do DIALux, se aproximaram tanto para os cálculos de iluminância quanto para o cálculo de eficiência energética. O método de simulação se mostra mais prático do que o prescritivo para o cálculo da iluminância do ambiente, porém para o cálculo da eficiência energética o DIALux se mostrou eficiente apenas quando a área estudada apresentar apenas um vão, se todos os ambientes estiverem incluso em um Room do DIALux (aplicação trabalhosa), ou ainda, se fosse utilizado o método da área do edifício que apresenta um DPIL para todo o bloco, nestes casos teríamos apenas uma comparação simples dos resultados impresso em relatório pelo DIALux com o DPIL do RTQ-C. O método prescritivo é mais prático na avaliação por meio da atividade do edifício.

Analisado os resultados de iluminância e eficiência para cada ambiente foi verificado que as salas do tipo 1 possuem aproximadamente 80% mais iluminância do que o indicado na NBR 8995-1 de 2013, porém possui 90% mais potência instalada do que a potência limite máxima para o nível A de eficiência energética. Além disso, a sala não cumpre o requisito técnico de contribuição da luz natural o que permite atingir apenas o nível C.

Assim para a sala do tipo 1 atingir o nível A de eficiência e manter a qualidade da iluminação, sugere-se alterar o layout de forma que o acendimento das luminárias seja em linhas paralelas à parede das janelas a fim de se aproveitar melhor a contribuição da luz natural e atender a todos os pré-requisitos para o nível A, deixar apenas uma lâmpada por luminária para atingir uma potência instalada menor do que a máxima permitida no nível A e a iluminância do ambiente igual a exigida em norma. Solucionado o problema é possível ainda trocar as luminárias por outras com no mínimo 2300lm e no máximo 40 W das lâmpadas atuais. Por meio destes métodos temos uma economia de 50% da energia gasta pelo sistema de iluminação na sala equivalente a 480 W por hora de funcionamento quando não tiver a contribuição da luz natural e pelo menos 640 W quando houver contribuição.

As salas do tipo 2 possuem aproximadamente 25% mais iluminância que o indicado na norma de iluminação do ambiente de trabalho. A sala apresenta ainda 30% mais potência instalada do que a potência limite máxima para o nível A de eficiência energética. Além disso, as salas do tipo 2 também não cumprem o requisito técnico de contribuição da luz natural, ponto obrigatório para o nível A e B. De acordo com as exigências para o nível A da RTQ-C, a solução encontrada para a sala do tipo 2 é a mesma alteração realizada no layout do tipo 1.

Com a redução da potência instalada das salas tipo 1 e a correção do layout de ativação das luminárias, o bloco atinge a excelência nos níveis de eficiência. No entanto podem-se melhorar os demais ambientes.

Ainda para as salas tipo 2, sugerimos a troca das lâmpadas de 40 W para lâmpadas com no máximo 30 W e no mínimo 2250lm o que deixa a sala com uma potência instalada menor do que a máxima permitida para o nível A e a iluminância do ambiente com luminosidade igual ou pouco maior que a exigida em norma. Como o mercado não dispõem de lâmpadas T10 que atendam a potência máxima para o nível A de 60 W e a iluminância mínima de 4500lm para o conforto luminoso, esses valores são encontrados para cada luminária sendo necessária a substituição dessas por outras com a capacidade de três lâmpadas. Assim é possível utilizar lâmpadas comerciais de 20 W e 1500lm.

Por meio destes métodos temos uma economia de 25% da energia gasta pelo sistema de iluminação equivalente a 80 W por hora de funcionamento quando não tiver a contribuição da luz natural e pelo menos 200 W quando houver contribuição.

Diferente das salas de aula os corredores já estão no nível A, com uma potência instalada em torno de 1/3 da potência limite para classificação A, porém só possui 40% da iluminância ideal. Assim para dar uma iluminação confortável ao corredor e manter o nível de eficiência sugerimos manter em cada luminária duas lâmpadas com o mínimo de 1830 lm e no máximo 35 W o que deixa o corredor com uma potência instalada menor do que a máxima permitida para o nível A e a iluminância do ambiente igual a indicadas pela NBR 8995-1/2013. Lâmpadas Fluorescentes Compactas em Espiral atingem os 1830lm desejados com 30 W de potência. Solucionado o problema é possível ainda trocar as luminárias por outras que distribuem melhor a luminosidade diminuindo assim o contraste. Com essas alterações no corredor teremos um acréscimo de 140% no consumo de energia pelo sistema de iluminação nos corredores equivalente a 805 W por hora de funcionamento quando não tiver a contribuição da luz natural.

Fazendo um balanço geral do bloco teremos aproximadamente 66% de economia com a boa utilização da luz natural, incluindo o desligamento das luminárias do corredor para ambos os casos e considerando o desligamento da linha de luminária próximo as janelas a partir do novo layout representando uma economia de 6,16 kW por hora. No período noturno teremos uma economia de 37,3% no consumo do sistema de iluminação, equivalente a 3,675 kW por hora de funcionamento sem a contribuição da luz natural. Sendo possível aperfeiçoar ainda mais os resultados substituindo as lâmpadas fluorescentes por LED, que são mais eficientes e tem melhor custo benefício.

Comparando o estudo realizado no Campus-VIII da UEPB com outros edifícios educacionais, como o caso do prédio administrativo do Centro de Tecnologia da UFPB em João Pessoa - PB, estudado por (SARMENTO, E. de O. et al 2015) a edificação possui inicialmente classificação E no sistema de iluminação e Para atingir a excelência do nível de classificação, foi sugerido alterar o layout e a quantidade de luminárias dos ambientes. O prédio da UEPB encontra-se inicialmente em um nível superior e apresenta condições de luminária que permite melhorias no nível sem mudanças drásticas.

Comparando com o prédio projetado para ter classificação A do INMETRO como o edifício escola estudado por Carvalho, et al. (2010) no município de Palhoça, Santa Catarina. Onde, mesmo com todo projetos criados para que ao fim da obra o colégio tenha nível A de eficiência, os sistemas de iluminação dos corredores estão entre os ambientes de classificação B que somam 34% da área do prédio e não tiram o mérito do nível A do edifício no sistema. O que explica a dificuldade para adequar o corredor do bloco de sala de aula da UEPB de Araruna ao nível A.

É possível verificar ainda através das comparações, que o Campus da UEPB de Araruna por mais que tenha sua estrutura construída antes da criação do RTQ-C possui características de luminária, janelas e aberturas semelhantes às edificações projetadas para o nível A do INMETRO.

## 7 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresenta os métodos para o cálculo do ENCE do sistema de iluminação e o aplica em um bloco do campus VIII da UEPB, a fim de alcançar o nível de excelência do PROCEL. Este estudo ainda expõe os métodos necessários para uma avaliação e adaptação do sistema de iluminação, adequando-o a NBR 8995\_1 ao CIE e com as especificações técnicas do RTQ-C.

Através do presente trabalho pode-se concluir que para os cálculos luminotécnicos o método de simulação pelo DIALux mostrou-se mais acessível, devido a dificuldade de informações dos fabricantes quanto aos coeficientes necessários para os cálculos pelo método prescritivo. Quanto aos cálculos de potência para o ENCE o método prescritivo mostrou-se mais simples.

Conclui-se ainda através dos resultados obtidos que o bloco estudado possui uma potência instalada de 9,9 kW e não cumpre o pré-requisito de aproveitamento da luz natural, atingindo o nível D do sistema de iluminação, sendo capaz de alcançar o nível A apenas adequando-se aos pré-requisitos e ajustando a potência das sala tipo 1 que permite uma redução de no mínimo 50% da potência instalada no sistema. Aplicando as soluções encontradas para todo o bloco a redução é entorno de 37% dos 9,9kW atualmente instalados o que representa uma economia de 3,7kW por hora de funcionamento do bloco.

Com base nos resultados e nos estudos comparativos conclui-se que o campus da UEPB por mais que tenha sido criado antes das políticas de eficiência em edifícios, possui uma estrutura que indica a preocupação com a eficiência durante seu projeto e execução. Com a criação e divulgação dessas políticas espera-se uma adaptação do campus aos requisitos técnicos de qualidade alcançando a excelência do nível do ENCE, assim tornando-se um exemplo e propagando as políticas de eficiência energética.



## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA NUCLEAR (ABEN). **Energia no bloco dos BRICS** ano de referência: 2014 edições de 21 de agosto de 2015. Disponível em: <<http://www.aben.com.br/arquivos/351/351.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15215**: Iluminação natural. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5413**: Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5382**: Verificação de Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO/CIE 8995-1** - Iluminação de Ambientes de Trabalho: Parte 1: Interior. São Paulo, 2013.

BERTOLOTI, Dimas. **Iluminação natural em projetos de escolas: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar a energia**. Dissertação apresentado à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade São Paulo - FAUUSP. São Paulo, 2007.

BOMMEL, W.J.M.;BELD, G.J. **Lighting for work: visual and biological effects**. Trabalho apresentado Philips Lighting.Netherlands, 2004

BRASIL. **Decreto no 4.059, de 19 de dezembro de 2001**. Regulamenta a Lei n, 10.295, de 17 de outubro de 2001, que Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional da Energia. Brasília, DF, 2001a.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Resenha Energética Brasileira** – Exercício de 2012. Edição de 29 de maio de 2013a. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>> Acesso em: 10 mai. 2016.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 126, de 19 de março de 2014**. Aprova revisão no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Rio de Janeiro, 2014.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 163, de 08 de junho de 2009**. Aprova revisão no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Rio de Janeiro, 2009a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 17, de 16 de janeiro de 2012**. Aprova retificações no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Rio de Janeiro, 2012a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 185, de 22 de junho de 2009**. Aprova o Regulamento de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C). Rio de Janeiro, 2009b.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 299, de 19 de junho de 2013**. Aprova retificações no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Rio de Janeiro, 2013a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010**. Aprova revisão no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Rio de Janeiro, 2010a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 395, de 11 de outubro de 2010**. Aprova revisão do Regulamento de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos(RAC-C) . Rio de Janeiro, 2010b.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 449, de 25 de novembro de 2010**. Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade-RTQ para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. Rio de Janeiro, 2010c.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 50, de 01 de fevereiro de 2013**. Aprova revisão do Regulamento de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C). Rio de Janeiro, 2013b.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 53, de 27 de fevereiro de 2009**. Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Rio de Janeiro, 2009c.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - Parte 4: Manual para aplicação dos Regulamentos: RAC-C e RTQ-C**. Rio de Janeiro, 2009d.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - Parte 1: Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações**. Rio de Janeiro, 2009e.

BRASIL. Presidência da República. **Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001**. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional da Energia. Brasília, DF, 2001b.

BRONDANI, Sergio Antônio. **A percepção da luz artificial no interior de ambientes edificadas**. Florianópolis, 2006. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em < <http://www.tede.ufsc.br/teses/PEPS4934.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2016.

CABRAL. L. M. M. (Coord) **PROCEL: 20 anos**. Rio de Janeiro: Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, 2006.

CARVALHO, C. R. et al. **Avaliação de eficiência energética de um edifício educacional no município de palhoça utilizando o regulamento técnico da qualidade para edifícios comerciais, de serviço e públicos**. Entac 2010, Canela RS, p. 1-10, out de 2010. Disponível em: <<file:///c:/users/user/desktop/tcc/para%20comparar/661.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2016.

CIE97. **International Commission on Illumination (CIE). Guide on the maintenance of indoor electric lighting systems V.2,** 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Desktop/CIE%2097 : 2005.pdf > Acesso em: 10 mai. 2016.

COSTA, G.J.C. **Iluminação econômica - Cálculo e avaliação.** 4<sup>o</sup> Edição - Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006.

DIAS, Deivid Santos; DA SILVA, Pedro furtado Gonçalves. **Estudo de Viabilidade da Aplicação do programa PROCEL Edifica em Edifícios Comerciais Já Existentes: Estudo de Caso em um Edifício Comercial de Curitiba.** 2010.105 f. Trabalho de conclusão de curso- Curso de Graduação de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, 2010.

IAR UNICAMP. **Manual luminotécnico prático Osram.** Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/livros/manualosram.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2016.

PAZZINI, Faculdade Integrada de São Paulo. **Instalações elétricas:** engonline. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/282187584/calculos-iluminacao-pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2016.









PROCEL/ELETOBRÁS – **Manual de Tarifação da Energia Elétrica** – Rio de Janeiro, 2002, p. 44.

SARMENTO, E. de O. et al. **Avaliação e proposta de adequação ao PROCEL das instalações elétricas de central de aulas, João Helder Gonzaga Muniz da silv.** cobenge 2015, Universidade federal de campina grande, campina grande – paraíba, p. 1-10, 8 de Setembro de 2015. Disponível em: <file:///c:/users/user/desktop/tcc/para%20comparar/143765.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2016.

SOUZA, Dennis Flores. **DIALux uma ferramenta em constante evolução.** Lume arquitetura, São Paulo, v. 49, p. 38, abr./mai. 2011. Disponível em: <<http://www.lumearquitectura.com.br/pdf/ed49/Software%20-%20DIALux.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2016

## ANEXOS

**Anexo A** – Modelo da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para edificações.

 <b>INMETRO PBE Edifica</b>		<b>Eficiência Energética Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas</b>	
Edificação: XXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXX Endereço: XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXX Cidade/UF: XXXXX/XX Zona bioclimática: X Portaria RTO-R: XXXXXX Portaria RAC: XXXXXX Método de avaliação: XXXXXX Data da ENCE de projeto: XX/XX/XXXX Data da ENCE da edificação construída: XX/XX/XXXX		<input type="checkbox"/> Etiqueta PROJETO  <input checked="" type="checkbox"/> Etiqueta EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA	
<b>Mais eficiente</b>  <b>Menos eficiente</b>		 <b>PT: X,X</b>	
<b>Pré-requisitos gerais</b> - Circuitos elétricos - Aquecimento de água  <b>Bonificações: X,XX</b> - Racionalização de água: x,xx - Aquecimento solar de água: x,xx - Energia eólica: x,xx - Energia solar fotovoltaica: x,xx - Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas: x,xx - Elevadores: x,xx		<b>Envoltória</b> Área total: xxx,xx m <sup>2</sup>   <b>Iluminação</b> Edificação ou parcela Área Iluminada: xxx,xx m <sup>2</sup>   <b>Condicionamento de ar</b> Edificação ou parcela Tipo: xxxxxxxxxxxx    ANC: xxx,xx m <sup>2</sup> AC: xxx,xx m <sup>2</sup> EqNumV: xx,x 	
			
		<input type="text"/> LOGOMARCA DO OIA <input type="text"/> N.º REGISTRO DO OIA	

**Anexo B** – Quadro de especificação da iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor por atividades.

<b>Tipo de ambiente, tarefa ou atividade</b>	<b><math>\bar{E}_m</math> lux</b>	<b>UGR<sub>L</sub></b>	<b>R<sub>a</sub></b>	<b>Observações</b>
<b>1. Áreas gerais da edificação</b>				
Saguão de entrada	100	22	60	
Sala de espera	200	22	80	
Áreas de circulação e corredores	100	28	40	Nas entradas e saídas estabelecer uma zona de transição a fim de evitar mudanças bruscas
Escadas, escadas rolantes e esteiras rolantes	150	25	40	
Rampas de carregamento	150	25	40	
Refeitório / Cantinas	200	22	80	
Salas de descanso	100	22	80	
Salas para exercícios físicos	300	22	80	
Vestiários, banheiros, toaletes	200	25	80	
Enfermaria	500	19	80	
Salas para atendimento médico	500	16	90	T <sub>cp</sub> no mínimo 4 000 K
Estufas, sala dos disjuntores	200	25	60	
Correios, quadros de distribuição	500	19	80	
Depósito, estoques, câmara fria	100	25	60	200 lux se forem continuamente ocupada
Expedição	300	25	60	
Estação de controle	150	22	60	200 lux se forem continuamente ocupadas
<b>Tipo de ambiente, tarefa ou atividade</b>	<b><math>\bar{E}_m</math> lux</b>	<b>UGR<sub>L</sub></b>	<b>R<sub>a</sub></b>	<b>Observações</b>
<b>28. Construções educacionais</b>				
Brinquedoteca	300	19	80	
Berçário	300	19	80	
Sala dos profissionais do berçário	300	19	80	
Salas de aula, sala de aulas particulares	300	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Salas de aulas noturnas, classes e educação de adultos	500	19	80	
Sala de leitura	500	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Quadro negro	500	19	80	Prevenir reflexões especulares.
Mesa de demonstração	500	19	80	Em salas de leitura 750 lux
Salas de arte e artesanato	500	19	80	
Salas de arte em escolas de arte	750	19	80	T <sub>cp</sub> > 5 000 K
Salas de desenho técnico	750	19	80	
Salas de aplicação e laboratórios	500	19	80	
Oficina de ensino	500	19	80	

Salas de ensino de música	300	19	80	
Salas de ensino de computador	500	19	80	Para trabalho com VDT ver seção 4.10.
Laboratório linguístico	300	19	80	
Salas de preparação e oficinas	500	22	80	
Salas comuns de estudantes e salas de reunião	200	22	80	
Salas dos professores	300	22	80	
Salas de esportes, ginásios e piscinas	300	22	80	Para as instalações de acesso público ver CIE 58 – 1983 e CIE 62 – 1984.

Fonte: NBR ISO\_CIE 8995\_1

**Anexo C – Quadro do Fator de Manutenção das Superfícies de Sala (FMSS) para Distribuição de Fluxo Direto (DFF = 0,0).**

Refletâncias Teto/Paredes/ Piso	Tempo/anos	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
	Ambiente	Fator de manutenção da superfície da sala - utilização do plano										
0,80/0,70/0,20	Muito limpo	1,00	0,97	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	Limpo	1,00	0,93	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Normal	1,00	0,88	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
	Sujo	1,00	0,81	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
0,80/0,50/0,20	Muito limpo	1,00	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	Limpo	1,00	0,95	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
	Normal	1,00	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	Sujo	1,00	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
0,80/0,30/0,20	Muito limpo	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	Limpo	1,00	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	Normal	1,00	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Sujo	1,00	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
0,70/0,70/0,20	Muito limpo	1,00	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	Limpo	1,00	0,94	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	Normal	1,00	0,89	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	Sujo	1,00	0,83	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
0,70/0,50/0,20	Muito limpo	1,00	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	Limpo	1,00	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	Normal	1,00	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Sujo	1,00	0,87	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
0,70/0,30/0,20	Muito limpo	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	Limpo	1,00	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	Normal	1,00	0,95	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
	Sujo	1,00	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
0,50/0,70/0,20	Muito limpo	1,00	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	Limpo	1,00	0,95	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
	Normal	1,00	0,91	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
	Sujo	1,00	0,85	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
0,50/0,50/0,20	Muito limpo	1,00	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	Limpo	1,00	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	Normal	1,00	0,94	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	Sujo	1,00	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
0,50/0,30/0,20	Muito limpo	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
	Limpo	1,00	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	Normal	1,00	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	Sujo	1,00	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92

Fonte: Comissão Internacional de Iluminação (2005, p. 12)



**Anexo D – Quadro do Fator de Manutenção das Superfícies de Sala (FMSS) para Distribuição de Fluxo Direto (DFF = 0,5).**

Refletâncias Teto/Paredes/Piso	Tempo/anos	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
	Ambiente	Fator de manutenção da superfície da sala - utilização do plano										
0,80/0,70/0,20	Muito limpo	1,00	0,95	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Limpo	1,00	0,90	0,88	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	Normal	1,00	0,81	0,78	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
	Sujo	1,00	0,70	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
0,80/0,50/0,20	Muito limpo	1,00	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	Limpo	1,00	0,93	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	Normal	1,00	0,85	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
	Sujo	1,00	0,76	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
0,80/0,30/0,20	Muito limpo	1,00	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	Limpo	1,00	0,94	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	Normal	1,00	0,89	0,87	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
	Sujo	1,00	0,81	0,79	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
0,70/0,70/0,20	Muito limpo	1,00	0,96	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
	Limpo	1,00	0,91	0,89	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
	Normal	1,00	0,83	0,80	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
	Sujo	1,00	0,72	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
0,70/0,50/0,20	Muito limpo	1,00	0,97	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	Limpo	1,00	0,93	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Normal	1,00	0,87	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
	Sujo	1,00	0,77	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
0,70/0,30/0,20	Muito limpo	1,00	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	Limpo	1,00	0,95	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Normal	1,00	0,90	0,88	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	Sujo	1,00	0,82	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
0,50/0,70/0,20	Muito limpo	1,00	0,97	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	Limpo	1,00	0,93	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	Normal	1,00	0,86	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
	Sujo	1,00	0,76	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
0,50/0,50/0,20	Muito limpo	1,00	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	Limpo	1,00	0,94	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	Normal	1,00	0,89	0,87	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
	Sujo	1,00	0,81	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
0,50/0,30/0,20	Muito limpo	1,00	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	Limpo	1,00	0,96	0,95	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
	Normal	1,00	0,92	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	Sujo	1,00	0,85	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84

Fonte: Comissão Internacional de Iluminação (2005, p. 13)

**Anexo E – Quadro do Fator de Manutenção das Superfícies de Sala (FMSS) para distribuição de fluxo direto (DFF = 1,0).**

Refletâncias Teto/Paredes/Piso	Tempo anos	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
	Ambiente	Fator de manutenção da superfície da sala - utilização do plano										
0,80/0,70/0,20	Muito limpo	1,00	0,93	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	Limpo	1,00	0,86	0,82	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
	Normal	1,00	0,72	0,67	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
	Sujo	1,00	0,54	0,50	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
0,80/0,50/0,20	Muito limpo	1,00	0,94	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	Limpo	1,00	0,88	0,85	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
	Normal	1,00	0,76	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
	Sujo	1,00	0,59	0,55	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
0,80/0,30/0,20	Muito limpo	1,00	0,96	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Limpo	1,00	0,90	0,88	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	Normal	1,00	0,80	0,76	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
	Sujo	1,00	0,64	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
0,70/0,70/0,20	Muito limpo	1,00	0,93	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	Limpo	1,00	0,86	0,83	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
	Normal	1,00	0,73	0,68	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
	Sujo	1,00	0,55	0,51	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
0,70/0,50/0,20	Muito limpo	1,00	0,95	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	Limpo	1,00	0,89	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	Normal	1,00	0,77	0,73	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
	Sujo	1,00	0,60	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
0,70/0,30/0,20	Muito limpo	1,00	0,96	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
	Limpo	1,00	0,91	0,88	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	Normal	1,00	0,80	0,77	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
	Sujo	1,00	0,65	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
0,50/0,70/0,20	Muito limpo	1,00	0,94	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Limpo	1,00	0,87	0,84	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
	Normal	1,00	0,75	0,70	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
	Sujo	1,00	0,57	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
0,50/0,50/0,20	Muito limpo	1,00	0,95	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Limpo	1,00	0,90	0,87	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
	Normal	1,00	0,78	0,74	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
	Sujo	1,00	0,61	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
0,50/0,30/0,20	Muito limpo	1,00	0,96	0,95	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
	Limpo	1,00	0,91	0,89	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
	Normal	1,00	0,81	0,78	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
	Sujo	1,00	0,66	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61

Fonte: Comissão Internacional de Iluminação (2005, p. 14)

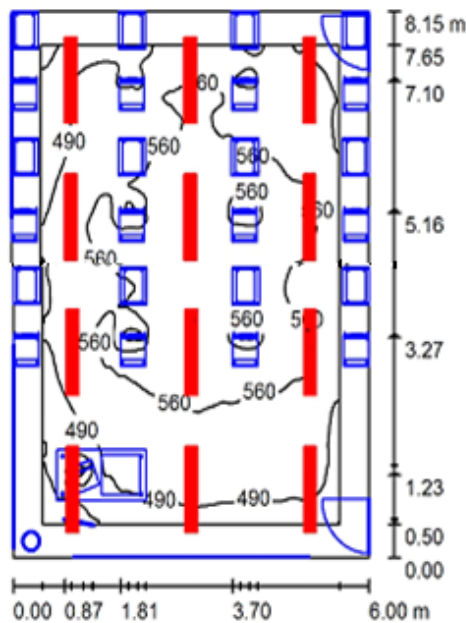
## Anexo F – Resultado em “Single Sheet Output” do DIALux para sala tipo 1

UEPB



Operator Diego Rocha Barreto  
Telephone  
Fax  
e-Mail

### Sala T1 / Single Sheet Output



Height of Room: 2.800 m, Mounting Height: 2.800 m, Maintenance factor: 0.80

Values in Lux, Scale 1:105

Surface	$\rho$ [%]	$E_{av}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$u_0$
Workplane	/	534	279	610	0.523
Floor	20	397	78	547	0.197
Ceiling	70	124	98	169	0.792
Walls (4)	90	192	62	398	/

#### Workplane:

Height: 0.750 m  
Grid: 128 x 128 Points  
Boundary Zone: 0.500 m

Illuminance Quotient (according to LG7): Walls / Working Plane: 0.371, Ceiling / Working Plane: 0.232.

#### Luminaire Parts List

No.	Pieces	Designation (Correction Factor)	$\Phi$ (Luminaire) [lm]	$\Phi$ (Lamps) [lm]	P [W]
1	12	Philips TCS160 2xTL-D36W HFP C3 (Type 1) * (1.000)	2622	4600	80.0
Total:			31464	55200	960.0

\*Modified Technical Specifications

Specific connected load:  $19.63 \text{ W/m}^2 = 3.68 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Ground area:  $48.90 \text{ m}^2$ )

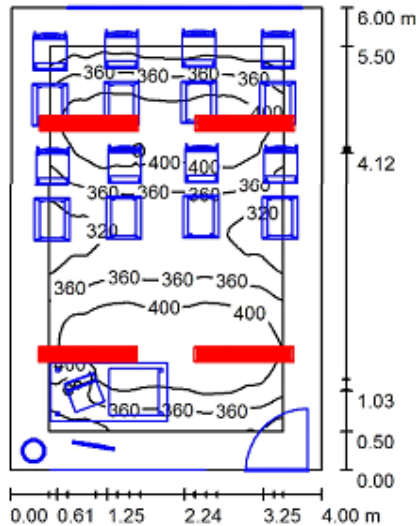
## Anexo G – Resultado em “Single Sheet Output” do DIALux para a sala tipo 2

UEPB



Operator Diego Rocha Barreto  
Telephone  
Fax  
e-Mail

### Sala T2 / Single Sheet Output



Height of Room: 2.800 m, Mounting Height: 2.800 m, Maintenance factor: 0.80

Values in Lux, Scale 1:78

Surface	$\rho$ [%]	$E_{av}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$u_0$
Workplane	/	373	278	441	0.747
Floor	20	229	35	344	0.153
Ceiling	70	107	85	126	0.790
Ceiling	70	107	85	126	0.790
Walls (4)	90	149	53	402	/

#### Workplane:

Height: 0.750 m  
Grid: 128 x 128 Points  
Boundary Zone: 0.500 m

Illuminance Quotient (according to LG7): Walls / Working Plane: 0.424, Ceiling / Working Plane: 0.288.

#### Luminaire Parts List

No.	Pieces	Designation (Correction Factor)	$\Phi$ (Luminaire) [lm]	$\Phi$ (Lamps) [lm]	P [W]
1	4	Philips TCS160 2xTL-D36W HFP C3 (Type 1) * (1.000)	2622	4600	80.0
*Modified Technical Specifications			Total: 10488	Total: 18400	320.0

Specific connected load:  $13.33 \text{ W/m}^2 = 3.58 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Ground area:  $24.00 \text{ m}^2$ )

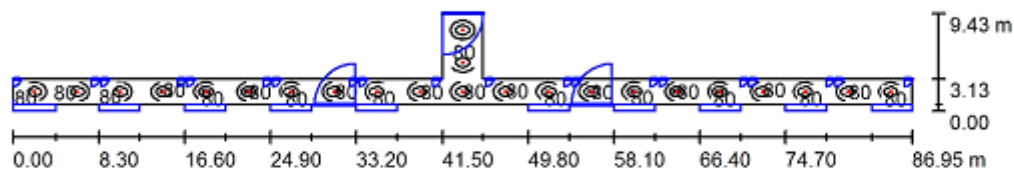
## Anexo H – Resultado em “Single Sheet Output” do DIALux para os corredor 1 e 2

UEPB



Operator Diego Rocha Barreto  
Telephone  
Fax  
e-Mail

### Corredor 1 e 2 / Single Sheet Output



Height of Room: 2.800 m, Mounting Height: 3.018 m, Maintenance factor: 0.80

Values in Lux, Scale 1:622

Surface	$\rho$ [%]	$E_{av}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$u0$
Workplane	/	64	4.33	378	0.068
Floor	20	52	6.27	133	0.121
Ceiling	70	6.75	4.17	11	0.617
Walls (48)	30	14	2.98	47	/

#### Workplane:

Height: 1.200 m  
Grid: 128 x 128 Points  
Boundary Zone: 0.000 m

Illuminance Quotient (according to LG7): Walls / Working Plane: 0.156, Ceiling / Working Plane: 0.107.

#### Luminaire Parts List

No.	Pieces	Designation (Correction Factor)	$\Phi$ (Luminaire) [lm]	$\Phi$ (Lamps) [lm]	P [W]
1	23	PHILIPS MBS260 1xCDM-TE35W EB 60 (Type 1)* (1.000)	939	1445	25.0
*Modified Technical Specifications			Total: 21603	Total: 33235	575.0

Specific connected load:  $2.16 \text{ W/m}^2 = 3.37 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Ground area:  $266.33 \text{ m}^2$ )