



UNIFACS

UNIVERSIDADE SALVADOR

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES*

**UNIFACS UNIVERSIDADE SALVADOR
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES
MESTRADO EM REGULAÇÃO DA INDÚSTRIA DE ENERGIA**

LÚCIO ANTÔNIO PEREIRA MAGALHÃES

**ANALISE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE LUMINÁRIAS COM
TECNOLOGIA LED EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO DE AEROPORTOS**

Salvador
2015

LÚCIO ANTÔNIO PEREIRA MAGALHÃES

**ANALISE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE LUMINÁRIAS COM
TECNOLOGIA LED EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO DE AEROPORTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Regulação da Indústria de Energia da UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Energia.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Freire da Silva.

Salvador
2015

FICHA CATALOGRÁFICA

(Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da Universidade Salvador - UNIFACS)

Magalhães, Lúcio Antônio Pereira

Análise técnica da utilização de luminárias com tecnologia led em sistemas de iluminação de aeroportos/ Lúcio Antônio Pereira Magalhães. – Salvador, 2015.

191 f.: il.

Dissertação (mestrado) – UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities. Mestrado em Energia, 2014.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Freire da Silva.

1. Iluminação. 2. Energia elétrica. I. Silva, Kleber Freire da, orient.
II. Título.

CDD: 621.3

LÚCIO ANTÔNIO PEREIRA MAGALHÃES

ANALISE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE LUMINÁRIAS COM TECNOLOGIA
LED EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO DE AEROPORTOS

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Energia, UNIFACS Universidade Salvador, Laureate Internacional Universities, pela seguinte banca examinadora:

Kleber Freire da Silva - Orientador _____
Doutor em Engenharia Elétrica Universidade de São Paulo - USP
UNIFACS Universidade Salvador, Laureate Internacional Universities

Daniel Barbosa _____
Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo - USP
UNIFACS Universidade Salvador, Laureate Internacional Universities

Caiuby Alves da Costa - _____
Doutorado em Electronique pela Université Paris-Sud 11, PARIS-SUD 11, França
UNIFACS Universidade Salvador, Laureate Internacional Universities

Salvador, 28 de abril de 2015.

AGRADECIMENTOS

A realização dessa dissertação de mestrado em energia envolveu a participação de muitas pessoas que contribuíram de forma direta ou indiretamente para concretização deste trabalho, a nível *Stricto Sensu*.

Talvez não haja o tempo e o espaço suficiente para agradecer a todos, no entanto, gostaria de iniciar agradecendo:

Primeiramente a Deus, por este mundo maravilhoso, pelas infinitas possibilidades e por ter me dado forças para concluir este trabalho, em mais uma etapa importante de minha vida.

Ao meu orientador Professor Dr. Kleber Freire da Silva, que com sua larga experiência na área de Engenharia Elétrica, sua paciência, interesse e participação foram imprescindíveis para a conclusão deste trabalho.

Ao Professor Dr. Daniel Barbosa, que embora jovem, demonstrou grandes conhecimentos técnicos e muito interesse e entusiasmo como professor, que contribuiu com ótimas sugestões no início do trabalho.

Á Professora Dra. Luizella Branco, com sua paciência, diálogo, tolerância e disposição, sempre apoiando os alunos e resolvendo eventuais problemas usuais de um curso de mestrado.

A toda equipe de docentes, funcionários, em especial á Fátima sempre ajudando com muita disposição, alegria e simpatia e aos simpáticos e interessados colegas discentes desta turma de mestrado em energia da Universidade Salvador UNIFACS.

Á INFRAERO, empresa aonde trabalho desde junho de 2008, que me deu permissão e condições para que eu elaborasse este trabalho.

Á José Cassiano Ferreira Filho, superintendente do aeroporto internacional Luís Eduardo Magalhães, que me estimulou durante a elaboração dos trabalhos.

Á Rafael e à Marinaldo, respectivamente, Coordenador e Desenhista Projetista da Coordenação de Orçamentos da Gerência de Engenharia do Aeroporto de Salvador, pelo apoio na laboração das estimativas de custos das trocas de lâmpadas das luminárias dos estudos de casos da dissertação.

Ao colega Gabriel da BCL Representações pelo apoio na orientação dos *softwares* Ulysse e Dialux e no fornecimento de informações técnicas e preços das luminárias da Lumicenter e Schreder.

Á Adonias do Escritório de Iluminação pelo apoio na orientação do *software* Dialux, fornecimento de informações técnicas e preços das luminárias da PHILIPS.

Ás empresas Reeme, Trópico, ADB e Metrol pelo apoio no fornecimento de informações técnicas e preços das luminárias de sua fabricação.

E por fim, agradeço á Minha Mãe Margarida e ao Meu Pai Vilobaldo, com saúde e disposição aos 83 e 86 anos respectivamente; aos meus familiares e a todos aqueles que me ajudaram e me apoiaram em um período de adversidades e, ao mesmo tempo, de novas oportunidades na minha vida.

A todos minha eterna gratidão.

RESUMO

Aeroportos são utilizados com certa frequência pela maioria das pessoas, seja para lazer, negócios, motivos pessoais, etc; o que demonstra sua importância para a sociedade. Os sistemas de iluminação de um aeroporto são fundamentais para seu funcionamento e conforto visual das pessoas. Este trabalho tem como objeto principal a análise técnica do uso de luminárias com tecnologia LED nos sistemas de iluminação de aeroportos em substituição aos tipos convencionais de luminárias usualmente utilizadas. O Objetivo específico deste trabalho é analisar os sistemas de iluminação existentes nos aeroportos, sobretudo os aeroportos brasileiros de grande porte, do grupo 1, categoria I, que abrangem diversos sistemas de iluminação. Os sistemas de iluminação dos terminais de passageiros TPS (saguão, áreas de escritórios, lojas e bancos) e dos estacionamentos que utilizam luminárias comerciais; os sistemas de iluminação dos terminais de carga, que utilizam luminárias industriais; os sistemas de iluminação das vias de acesso ao aeroporto, que utilizam luminárias públicas; os sistemas luminosos de auxílio ao vôo nas pistas de pouso e decolagem e de taxi que utilizam luminárias específicas para aeroportos como as luminárias de balizamento; os sistemas de iluminação dos pátios de aeronaves, que utilizam projetores com lâmpadas de multivapores metálicos. Neste trabalho, através de cinco estudos de casos no aeroporto de Salvador: Saguão do 1º pavimento do terminal de passageiros; área de armazenagem do terminal de cargas, vias de acesso nas proximidades do terminal de cargas, pátio 3 de aeronaves, balizamento das pistas de taxiway; analisa-se os tipos de luminárias e lâmpadas utilizadas e faz-se um estudo comparativo da substituição destas luminárias com lâmpadas convencionais por luminárias com tecnologia LED, sob a óptica da sustentabilidade, da economia obtida analisando-se os custos de aquisição, consumo de energia, manutenção, eficiência energética e preservação ao meio-ambiente, seja no uso ou no descarte das luminárias e lâmpadas. Procurou-se atingir os objetivos nos cinco estudos de casos coletando dados no aeroporto de Salvador e também através de pesquisa de trabalhos científicos, artigos, monografias e dissertações ou trabalhos técnicos feitos por profissionais que trabalham nos aeroportos administrados pela INFRAERO, de material técnico (especificações, memoriais) de órgãos ligados à aviação civil: ANAC, INFRAERO, aeronáutica, etc; informações e catálogos técnicos de fabricantes de luminárias, lâmpadas e equipamentos ligados à navegação aérea. As conclusões do trabalho comprovam que o uso das luminárias com tecnologia LED nos sistemas de iluminação de aeroportos é uma alternativa mais eficiente, sustentável e com vantagens econômicas em relação ao uso das luminárias com lâmpadas convencionais.

Palavras-Chave: Luminárias com tecnologia LED. Sistemas de iluminação. Aeroportos.

ABSTRACT

Airports are used with some frequency by most people, whether for leisure, business, personal reasons, etc; which shows its importance to society. The airport lighting systems are very important to its operation and visual comfort of the people. This work has as main objective technical analysis of the use of lamps with LED technology at airports lighting systems to replace conventional types of commonly used lamps. The specific objective of this study is to analyze the existing lighting systems at airports, especially large Brazilian airports, related to group 1, category I, covering several lighting systems. Passenger terminal lighting systems (lobby, office areas, shops and banks) and the parking lots using commercial fixtures; lighting systems of cargo terminals, which use industrial fixtures; the lighting systems of access routes to the airport, using public fixtures; The bright aid to flight systems on runways and taxiways using specific fixtures for airports as the marking fixtures, the lighting systems of the aircraft apron, using projectors with metal halide lamps. In this work, five case studies were studied in the Salvador airport: Hall 1st floor of the passenger terminal; storage area of the cargo terminal, access roads near the cargo terminal, apron 3 (aircraft parking apron), taxiway lighting; analyzes the types of used light fixtures and lamps and makes a comparative study of the replacement of these luminaires with conventional light bulbs with lamps with LED technology, from the perspective of sustainability, economics obtained by analyzing procurement costs, power consumption, maintenance, energy efficiency and environment preservation, either in use or disposal of luminaires and lamps. To achieve the goals in the five case studies gathering data on the Salvador airport and also through research scientific works, articles, monographs and dissertations or technical work done by professionals working in the airports managed by INFRAERO, technical material (specifications , memorials) civil aviation authority related to civil aviation: ANAC, Infraero, aeronautical, etc; information and technical catalogs of luminaire manufacturers, lamps and equipment related to air navigation. The conclusions of the work show that the use of luminaires with LED technology at airports lighting systems is an alternative more efficient, sustainable and brings economic advantages over the use of luminaires with conventional lamps.

Key-Words: Lamps with LED technology. Illumination systems. Airports.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Aeroporto de Salvador SBSV	36
Figura 3.1 - Espectro Eletromagnético	37
Figura 3.2 - Curva de Distribuição de Intensidades no plano transversal e longitudinal para uma lâmpada fluorescente isolada (A) ou associada a um refletor (B)	39
Figura 3.3 - Representação de superfície aparente e ângulo considerado para cálculo de Luminância	41
Figura 3.4 - Eficiência luminosa ou energética de um determinado grupo	42
de lâmpadas em (lm/W)	42
Figura 3.5 - Composição das cores	43
Figura 3.6 - Indicação das temperaturas de cor	44
Figura 3.7 - Lâmpada Incandescente Comum	47
Figura 3.8 - Lâmpada Incandescente Halógena	48
Figura 3.9 - Lâmpadas fluorescentes	49
Figura 3.10 - Esquema simplificado do princípio de geração de luz em uma lâmpada fluorescente	49
Figura 3.11 - Esquema básico de ligação de uma lâmpada de descarga de alta pressão 50	
Figura 3.12 - Lâmpada de descarga a vapor de mercúrio	51
Figura 3.13 - Lâmpada de descarga a vapor de sódio	52
Figura 3.14 - Lâmpadas de multivapores metálicos (metálicas)	52
Figura 3.15 - Lâmpada mista	53
Figura 3.16 - Esquema de emissão de luz no LED (funcionamento LED)	55
Figura 3.17 - LED Convencional de Ø5 mm	59
Figura 3.18 - LED de potência: 1, 3 e 5 Watts	59
Figura 3.19 - Evolução do LED	59
Figura 3.20 - Composição de uma fonte luminosa LED	61
Figura 3.21 - Luminária LED	61
Figura 3.22 - Eficiência Energética (lm/W)	63
Figura 3.23 - Índice de reprodução de cores X Temperatura da cor	64
Figura 3.24 - Espectro Visível	65
Figura 3.25 - Catálogo de luminárias TROPICO de luminárias	72
Figura 3.26 - Índice do catálogo REEME de luminárias	73
Figura 3.27 - Catálogo Tecnowatt de iluminação	74
Figura 3.28 - Luminária comercial	75
Figura 3.29 - Luminária industrial	76

Figura 3.30 - Luminária pública	76
Figura 3.31 - Luminária decorativa	77
Figura 3.32 - Luminária específica.....	78
Figura 4.1 - Iluminação de TPS com Lâmpadas Fluorescentes de 16 W.....	81
Figura 4.2 -Iluminação de Terminal de Cargas lâmpadas de multivapores metálicos de 400W	82
Figura 4.3 - Iluminação Pública de via de acesso com lâmpadas a vapor de sódio de 250W	83
Figura 4.4 - Circuito com Transformador de Corrente Constante (TCC) e Auto-transformador Regulador de Corrente (ATRC)	84
Figura 4.5 - Circuito com Transformador de Corrente Constante (TCC).....	84
Figura 4.6 - Luminária de balizamento padrão SN 05.....	85
Figura 4.7 - Torres de Iluminação com lâmpadas de multivapores Metálicos de 1.000 W e halógenas de 1.500W	86
Figura 5.1 - Área de tarefa e entorno imediato	89
Figura 5.2 - Ângulo de Corte.....	90
Figura 5.3 - Diagrama de isocandela para as luzes de borda da pista de pouso e decolagem quando a largura da pista for de 60 m (luz branca)	100
Figura 7.1 - Iluminação do TPS com Luminárias comerciais 4x16 W (lâmpadas fluorescentes tubulares)	107
Figura 7.2 Curva fotométrica da luminária CAA01-E416 Lumicenter.....	109
Figura 7.3 - Resultados de Cálculos (E_m e $U = E_{min}/E_{med}$) do Software Dialux para luminária CAA01-E416 Lumicenter	110
Figura 7.4 - Resultados de Cálculos de UGRL do Software Dialux para luminária CAA01-E416 Lumicenter.....	111
Figura 7.5 - Curva fotométrica da luminária LAN03-E3500740 Lumicenter.	113
Figura 7.6 - Resultados de Cálculos (E_m e $U = E_{min}/E_{med}$) do Software Dialux para luminária LAN 03 E 58W Lumicenter.....	115
Figura 7.7 - Resultado de Cálculos de UGRL do Software Dialux para luminária LAN 03 E 58 W Lumicenter.....	116
Figura 7.8 - 6 Iluminação TECA com Luminárias Industriais com lâmpadas de multivapores metálicos de 400W	118
Figure 7.9 Curva fotométrica da luminária RIF 68/1 Reeme	121
Figura 7.10 - Resultado de Cálculos de (E_m e $U = E_{min}/E_{med}$) do Software Dialux para 81 luminárias RIF68/1 Trópico com lâmpada VM 400W	122
Figura 7.11 - Resultado de Cálculos do Software Dialux para 25 luminárias RIF68/1 Trópico com lâmpada VM 400 W.....	124
Figura 7.12 - Curva fotométrica da luminária RIF 72 Reeme	125

Figura 7.13 - Resultado de Cálculos do Software Dialux para 25 luminárias RIF72 Trópico com lâmpada VM 400 W	126
Figura 7.14 - Curva fotométrica da luminária Grenn Bay2 Philips	127
Figura 7.15 - Resultado de Cálculos do Software Dialux para 25 luminárias Greenbay2 BY 688P Philips 240 W	128
Figura 7.16 - Iluminação das Vias de Acesso próximas ao TECA; com Luminárias Publicas com lâmpadas a vapor de sódio 250 W	133
Figura 7.17 - Curva fotométrica da luminária TPS 2950 Trópico.....	135
Figura 7.18 - Resultado de Cálculos do Software Ulysse para luminária TP 2950 Trópico (página geral)	137
Figura 7.19 - Resultado de Cálculos do Software Ulysse para luminária 2950 Trópico (malha 3)	138
Figura 7.20 - Curva fotométrica da luminária Akila 96 LEDs 155W	140
Figura 7.21 - Resultado de Cálculos do Software Ulysse para luminária Akila 96LEDs 155W Schreder (página geral)	141
Figura 7.22 - Resultado de Cálculos do Software Ulysse para luminária Akila 96 LEDs 155 W Schreder (malha 3).....	142
Figura 7.23 - Iluminação Pátio 3 com Luminárias Específicas com lâmpadas V Metálico ovóides de 1.000W	146
Figura 7.24 - Curva fotométrica da luminária MA338 VM 1000W Reeme	149
Figura 7.25 - Resultado de Cálculos do Software Ulysse para luminária MA 338 Reeme no Pátio 3 com Lâmpadas VM 1000 W- no plano horizontal.....	150
Figura 7.26 - Resultado de Cálculos do Software Ulysse para luminária MA 338 Reeme no pátio 3, com Lâmpada VM 1000 W- no plano Vertical a 2m de altura....	151
Figura 7.27 - Curva fotométrica da luminária 5120 240 LEDs 530mmA Schreder .	153
Figura 7.28 - Resultado de Cálculos do Software Ulysse para luminária Akila 240 LEDs 530 mA, de 391W da SCHREDER- no Pátio 3, no plano horizontal	154
Figura 7.29 - Resultado de Cálculos do Software Ulysse para luminária Akila 240 LEDs 530mA, de 391W da SCHREDER - no Pátio 3, no plano Vertical a 2m de altura.....	155
Figura 7.30 - Iluminação Pista de Taxiway com Luminária Específica LED	160
Figura 7.31 - Luminária de Balizamento SN05 (L 861-T) com lâmpada incandescente 30/45 W.....	161
Figura 7.32 - Luminária Balizamento SN05 (L 861 T) LED ADB.....	162

SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas técnicas

ANAC - Agencia Nacional de Aviação Civil

ATRC - Auto- transformador Regulador de Corrente

CDL - Curva de Distribuição Luminosa

CIE - International Commission on Illumination

DAC - Departamento de Aviação Civil

Em - Iluminância Mantida

Emed - Iluminância média.

Emed,min - iluminancia media mínima

E_{mH} - iluminância horizontal

E_{min} - Iluminância mínima

E_{mv} - iluminância vertical

GE - General electric.

GR - Índice de Ofuscamento

ICAO - Organização de Aviação Civil Internacional

IEC - International Electrotechnical Commission

IFR - Regras de Voo por Instrumentos

INFRAERO - Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária

IP - Ingress Protection

IRC - Indice de Reprodução de Cor

LED - Light Emitting Diode

LLV - Linha Longitudinal da Via

Lmed - luminância média

LTV - Linha transversal da Via

Lv - Iluminância de Velamento

OLED – Organic Light Emitting Diode

PAA - Parque de Abastecimento de Aeronaves

PNAVSEC - Programa Nacional de Segurança da Aviação Civil Contra Atos de Interferência Ilícita

Q_0 - coeficiente de reflexão

RBAC- - Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil

RCB - Relação custo benefício

RGB - Red Green and Blue

SAC - Secretaria de Aviação Civil

SBSV Sul América, Brasil, Salvador

SCI - Seção Contra Incêndio

SR - Razão das áreas adjacentes à via

TCC - Transformador de Corrente Constante

TECA - Terminal de Cargas

TI – Incremento Linear

TIR - Taxa interna de retorno

TPS - Terminal de Passageiros

TWR - Torre de controle

U – Fator de uniformidade da iluminância em determinado plano

UGRL- Índice limite de Ofuscamento Unificado

U_0 – Fator de uniformidade da iluminância, uniformidade geral

UL - Fator de Uniformidade da luminância, Uniformidade Longitudinal

U_h - Taxa de uniformidade da iluminância horizontal

UV - Ultra violeta

VFR - Regras de Voo Visual

VP - Valor presente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 OBJETIVOS DO PROJETO	21
1.2 METODOLOGIA.....	21
1.2.1 Revisão Bibliográfica	22
1.2.2 Estudo de soluções	29
2 CARACTERIZAÇÃO DE AEROPORTOS	31
2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	31
2.1.1 Classificação de aeroportos.	31
2.1.2 Características físicas de aeroportos	33
3 LUMINOTÉCNICA	37
3.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS	37
3.1.1 Luz	37
3.1.2 Fluxo Luminoso (Φ)	38
3.1.3 Intensidade Luminosa (I_v)	38
3.1.4 Distribuição (espacial) da intensidade Luminosa.	38
3.1.5 Iluminância ou Iluminamento (E)	39
3.1.6 Luminância (L_v)	40
3.1.7 Eficiência Luminosa	41
3.1.8 Índice de Reprodução de Cor (IRC)	43
3.1.9 Temperatura de Cor	43
3.1.10 Ofuscamento	45
3.1.11 Vida Mediana	45
3.1.12 Vida Media	45
3.1.13 Vida Útil	46
3.2 LÂMPADAS	46
3.2.1 Lâmpadas incandescentes	46
3.2.2 Lâmpadas de descarga	48
3.2.3 Lâmpadas mistas	53
3.2.4 Lâmpadas LED	53
3.3 COMPARATIVOS DE LÂMPADAS	62
3.3.1 Vida Útil	62
3.3.2 Eficiência Energética	63
3.3.3 Índice de reprodução de cor IRC	63
3.3.4 Temperatura da cor	65

3.3.5 Toxidade	66
3.3.6 Emissão de radiação UV	66
3.4 LUMINÁRIAS	66
3.4.1 Definição e Partes Constituintes.....	66
3.4.2 Classificação de luminárias	68
4 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO UTILIZADOS EM AEROPORTOS.....	79
4.1 TPS TERMINAIS DE PASSAGEIROS - ILUMINAÇÃO COMERCIAL.....	79
4.2 TECA TERMINAL DE CARGAS - ILUMINAÇÃO INDUSTRIAL	81
4.3 VIAS DE ACESSO - ILUMINAÇÃO PÚBLICA	83
4.4 BALIZAMENTO NOTURNO E SINALIZAÇÃO VERTICAL - ILUMINAÇÃO ESPECÍFICA.....	83
4.5 ILUMINAÇÃO DE PÁTIO DE AERONAVES- ILUMINAÇÃO ESPECÍFICA. .	85
5 NORMAS TÉCNICAS	87
5.1 NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS EM AMBIENTES INTERNOS	87
5.1.1 ABNT ISO/CIE 8995-1 Iluminação de Ambientes de Trabalho Parte 1: Interior.....	87
5.2 NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS EM AMBIENTES EXTERNOS	92
5.2.1 NBR 5101 Iluminação pública-Procedimento.....	92
5.2.2 Convenção de Aviação Civil Internacional COACI, Anexo 14, Volume I Projeto e Operação de Aeródromos.....	99
6 USO DE “SOFTWARES”	103
6.1 DIALUX 4.12 (DIAL GMBH).....	103
6.2 ULYSSE V2.3.0 (SCHREDER GROUP).....	104
7 ESTUDOS DE CASOS	107
7.1 SAGUÃO DO 1º PAVIMENTO DO TERMINAIS DE PASSAGEIROS “TPS” - ILUMINAÇÃO COMERCIAL.....	107
7.2 ÁREA DE ARMAZENAGEM DO TERMINAL DE CARGA “TECA” - ILUMINAÇÃO INDUSTRIAL	118
7.3 VIAS DE ACESSO NAS PROXIMIDADES DO TECA - ILUMINAÇÃO PÚBLICA	132
7.4 PÁTIO 3 DE AERONAVES - ILUMINAÇÃO ESPECÍFICA.	145
7.5 PISTAS DE TAXIWAY DO BALIZAMENTO NOTURNO - ILUMINAÇÃO ESPECÍFICA.....	159
7.6 COMPARATIVO DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO	165
8 CONCLUSÃO.....	167
REFERÊNCIAS	172
APÊNDICE A - Ocupação do terminal de cargas do aeroporto de Salvador ...	176

APÊNDICE B – Custo de Troca de Lâmpadas no Aeroporto Internacional Deputado Luís Eduardo Magalhães - Salvador / BA	177
ANEXO A – Cotação de preço de luminárias da lumicenter	179
ANEXO B – Cotação de preço de luminárias da Trópico	180
ANEXO D – Cotação de preço de luminárias da Reeme	183
ANEXO F – Cotação de preço de lâmpada GE	187
ANEXO H – Cotação de preço de luminárias da Philips	189
ANEXO I – Tabelas de Tarifa e Preço Final de Energia Elétrica	190

1 INTRODUÇÃO

O trabalho tem um tema estimulante em função de tratar de sistemas de iluminação que são sistemas tecnológicos bastante utilizados e muito importantes para as diversas atividades dos seres humanos. Aborda luminárias com tecnologia LED, uma nova tecnologia que começou a ser utilizada nos sistemas de iluminação em geral, com a promessa de maior eficiência energética resultando em menor consumo de energia elétrica, trabalha com componentes não agressivos ao ser humano e à natureza, apresentam uma maior vida útil e conseqüentemente confiabilidade, menor geração de resíduos e simplificação e diminuição dos custos com manutenção. O trabalho é motivador também por tratar de aeroportos que são empreendimentos dotados de tecnologias modernas, complexas, onde a precisão e a confiabilidade são fundamentais para a sociedade.

Procura-se analisar o uso das luminárias com tecnologia LED nos sistemas de iluminação de aeroportos avaliando-se a sua eficiência energética, sustentabilidade e vantagens econômicas em relação ao uso das luminárias com lâmpadas convencionais.

Esta análise tem por foco o aumento da confiabilidade dos sistemas de iluminação de um aeroporto, também a eficiência energética de tais sistemas o que resultaria em economia da energia elétrica consumida que, do ponto de vista ambiental, resultaria na diminuição da produção de CO₂ para a atmosfera e em menor geração de resíduos e necessidade de reciclagem;

O capítulo 1, procura evidenciar os objetivos do projeto com a análise do uso de luminárias com tecnologia LED em comparação ao uso de luminárias com lâmpadas convencionais nos sistemas de iluminação de aeroportos de grande porte seja sob a ótica da economia de energia, sustentabilidade, confiabilidade e operacionalidade. Procurou-se demonstrar a metodologia utilizada nos cinco estudos de caso do aeroporto de Salvador no levantamento de dados, no uso de softwares e análise dos resultados. Na revisão bibliográfica, foi feito um resumo de artigos científicos com temas afins ao da dissertação: Muthu, Schuurmans e Pashley (2002) em “Red, Green and blue LEDs for White light illumination”, abordam o processo de produção de Luz branca a partir de LEDs RGB (vermelhos, verdes e azuis), analisando os problemas surgidos durante este processo e alguns sistemas de controle eletrônico existente para melhorar sua eficiência; You, He e Shi (2007), em “Thermal Management of High Power LEDs: Impact of Die

Attach Materials” fizeram estudos sobre gestão térmica de LEDs de potência (leds maiores que 1 Watt). Analisaram os elementos constituintes do componente LED: chip LED, encapsulamento, base condutora, material de fixação do chip à base condutora e solda para fixação da base condutora à placa de montagem, demonstrando a importância dos elementos de fixação do chip Led na placa de montagem na eficiência de um LED de potencia. Em “Uso de LEDs em semáforos do trânsito: um estudo da viabilidade técnico-econômica”, Lima et all (2008) fazem um estudo sobre a viabilidade técnica e econômica da substituição de lâmpadas incandescentes de baixa eficiência utilizadas em semáforos de trânsito de veículos e pedestres por conjuntos a LED de alta eficiência. Amoroso et al (2012), em “Projeto e desenvolvimento de luminária Led eficiente e flexível”, desenvolveram um projeto e fizeram montagens e testes de uma luminária led flexível, completa e eficiente para uso em iluminação pública e em Sanches e Sweeney (2010) em “LED vs T5 Technology: The Advantages and Disadvantages” fazem um estudo comparativo entre lâmpadas LED e lâmpadas fluorescentes tubulares T5. Analisam neste estudo aspectos como eficiência energética, dissipação de calor e superaquecimento, fonte de energia e custos indiretos, IRC (Índice de reprodução de cores) e tempo de vida e enfim fazem uma análise de custos entre os dois tipos de lâmpadas citados. Em estudos e soluções, procurou-se evidenciar os cinco casos de estudos no aeroporto de Salvador, as áreas escolhidas para estudos, as luminárias existentes, os softwares utilizados e o que foi considerado nos estudos, seja o investimento necessário, a redução dos custos com consumod e energia, a redução dos custos de manutenção, confiabilidade e vantagens ambientais como redução da toxidade e da geração de resíduos e diminuição de necessidade de geração de energia elétrica..

O capítulo 2, mostra conceitos básicos sobre aeroportos: definição de aeroporto, classificação quanto ao regime de operação e comprimento das pistas; características físicas de aeroportos, suas partes constituintes com a exemplificação do aeroporto de Salvador através de uma figura ilustrativa.

O capítulo 3, apresenta princípios básicos de luminotécnica como luz, fluxo luminoso, intensidade luminosa, Curva de distribuição luminosa, iluminância, Luminância, eficiência luminosa, índice de reprodução de cor, temperatura da cor, ofuscamento, vidas media, mediana e útil. Lâmpadas, conceitos, tipos: incandescentes, de descarga, mistas, LED e comparativos entre os tipos existentes. Luminárias, definição, partes constituintes, classificação segundo emissão e distribuição do fluxo

luminoso, contra a proteção e segundo a natureza do uso e ambiente aonde serão utilizadas, classificação esta utilizada nos estudos de caso desta dissertação.

O capítulo 4 aborda os sistemas de iluminação utilizados em aeroportos de grande porte de acordo o ambiente: Iluminação comercial em Terminais de Passageiros TPSs, Iluminação industrial em Terminais de carga TECAs, iluminação pública utilizada em vias de acesso, Iluminação específica utilizados em balizamento noturno e em pátio de aeronaves, explicando as características destes ambientes e das luminárias utilizadas.

O capítulo 5 faz um resumo das normas utilizadas nos estudos de casos dos sistemas de iluminação do aeroporto de Salvador, segundo o qual em estudos de ambientes internos, terminais de passageiros com luminárias comerciais, terminais de carga com iluminação industrial, foi consultada a norma ABNT ISSO/CIE 8995-1 Iluminação de ambientes de trabalho parte 1: Interior; em estudos de ambientes externos, vias de acesso com iluminação pública, foi consultada a norma NBT 5101 Iluminação pública procedimento; em estudos de ambientes externos com Balizamento noturno e iluminação de pátios de aeronaves foi consultada a norma Projeto e Operação de Aeródromos, anexo 14, volume 1 da ICAO Convenção de Aviação Civil Internacional.

O capítulo 6 trata de *softwares* utilizados nos estudos de caso dos sistemas de iluminação do aeroporto de Salvador, segundo o qual em estudos de ambientes internos, terminais de passageiros com luminárias comerciais e terminais de carga com iluminação industrial, foi utilizado o *software* Dialux 4.12; em estudos casos de ambientes externos, vias de acesso com iluminação pública e iluminação de pátios de aeronaves, foi utilizado o *software* Ulysse V 2.3. Já em estudo de caso de ambiente externo com Balizamento noturno não foi utilizado *software* considerando os tipos de luminárias utilizadas e sua instalação segundo a norma Projeto e Operação de Aeródromos, anexo 14, volume 1 da ICAO Convenção de Aviação Civil Internacional atende a padrões internacionais de aviação civil.

O capítulo 7 aborda os cinco estudos de caso de iluminação do aeroporto de Salvador: Saguão do 1º pavimento do terminal de passageiros com luminárias comerciais; área de armazenagem do terminal de cargas com luminárias industriais, vias de acesso nas proximidades do terminal de cargas com luminárias públicas, pátio 3 de

aeronaves e balizamento das pistas de taxiway com luminárias específicas. Em cada estudo de caso, foram descritas as características físicas do ambiente, dos tipos de luminárias existentes e das luminárias com tecnologia LED propostas inclusive com preço de aquisição das luminárias e lâmpadas no mercado. Foram apresentadas as exigências das normas técnicas pertinentes e feito uso de *softwares* específicos (Dialux para ambientes internos e Ulysse para ambientes externos) considerando os dois tipos de luminárias descritos existentes e propostas e apresentado o resultado comparativo do uso dos *softwares* e atendimento às recomendações técnicas. Foi apresentada uma tabela comparativa entre os dois tipos de luminárias considerando custo de aquisição das luminárias, de manutenção com troca de lâmpadas, e consumo de energia elétrica considerando um período de tempo igual a maior vida útil entre as duas luminárias considerados.

O capítulo 8 apresenta as conclusões do trabalho.

1.1 OBJETIVOS DO PROJETO

O trabalho tem como objeto principal a análise técnica do uso de luminárias com tecnologia LED nos sistemas de iluminação de aeroportos em substituição aos tipos convencionais de luminárias e lâmpadas usualmente utilizadas.

1.2 METODOLOGIA

O processo metodológico baseou-se na análise de trabalhos científicos: artigos, monografias e dissertações publicadas sobre assuntos afins ao tema do trabalho, livros técnicos, normas e procedimentos técnicos da ABNT, INMETRO e órgãos da aviação civil ANAC, ICAO, Aeronáutica, INFRAERO, trabalhos técnicos feitos por profissionais da INFRAERO; em suma, todo o panorama envolvendo aeroportos e seus sistemas de iluminação.

Procurou-se elucidar a composição básica da estrutura de aeroportos, seus sistemas de iluminação; noções de luminotécnica, constituição e princípios de funcionamento de lâmpadas, coleta de dados dos modelos existentes de luminárias e lâmpadas na atualidade e os sistemas de iluminação existentes em um aeroporto com os tipos de lâmpadas usualmente utilizadas nestes sistemas. Foram realizados estudos de

casos dos sistemas de iluminação do aeroporto de Salvador, comparando-se as luminárias com lâmpadas usuais convencionais com as luminárias com tecnologia LED, avaliando-se a sua eficiência, sustentabilidade e vantagens econômicas em relação ao uso das luminárias com lâmpadas usuais convencionais.

1.2.1 Revisão Bibliográfica

Muthu, Schuurmans e Pashley (2002) em “Red, Green and blue LEDs for White light illumination”, abordam o processo de produção de Luz branca a partir de LEDs, analisando os problemas surgidos durante este processo e alguns sistemas de controle eletrônico existente para melhorar sua eficiência. Descrevem e fazem uma análise de um experimento de produção de luz branca por LEDs com a utilização um sistema de controle eletrônico que envolve a temperatura de junção e a realimentação de fluxo.

Segundo os autores, o mercado de iluminação exige uma luz branca estável e com alto padrão de qualidade, com IRC (Índice de Reprodução de Cor) elevado (por exemplo ambientes de escritórios, exigem $IRC > 80$; mostruário de lojas $IRC > 90$). Citam que iluminação incandescente apresenta IRC de 100.

De acordo com este artigo, a luz branca pode ser obtida de diversas formas como com a utilização de um diodo emissor de luz azul ou violeta excitando uma substância fosforescente ou com o uso de LEDs RGB (red., Green and blue, ou seja, vermelho, verde e azul). Com o uso de LEDs RGB pode-se produzir luz branca variáveis e com três comprimentos de onda pode-se obter luz branca com $IRC > 80$, já com quatro comprimentos de onda pode-se obter luz branca com $IRC > 90$.

Segundo os autores, as lâmpadas convencionais (incandescentes e fluorescentes) produzem luz branca estável, com alterações na produção de luz inferiores a 3%. As lâmpadas LED apresentam variação de parâmetros como intensidade de luz (fluxo), comprimento de onda e largura espectral em função do aumento da temperatura da junção, sendo a luz do led vermelho a que mais varia com a mudança da temperatura, sendo então necessário controle eletrônico para melhorar a eficácia do processo de produção de luz a LED.

São descritos neste artigo alguns processos de controle eletrônico do processo de produção de luz a partir do led como o sistema de alimentação baseado na temperatura,

realimentação baseada no controle do fluxo do led, combinação realimentação temperatura x fluxo e realimentação baseada nas coordenadas de cor segundo sistema de coordenadas cromáticas u,v CIE 1931.

O sistema de alimentação baseado na temperatura observa a medição indireta da temperatura da junção (mede-se a temperatura do dissipador de calor), considerando-se a temperatura e o fluxo ideais da qualidade da luz desejada, determinando-se a corrente necessária para produzir tal fluxo. Tal sistema apresenta os problemas da falta de precisão do conhecimento da dependência fluxo x temperatura e de não corrigir alterações do fluxo com o tempo.

O sistema de controle de fluxo do led baseia-se na medição do fluxo de cada componente de cor por meio de uma foto diodo e pela manutenção do fluxo pré definido por meio da realimentação de fluxo dos leds. Tal método corrige as alterações dos fluxos das cores com o envelhecimento do led e a variação do fluxo com a temperatura, porém não corrige a variação do comprimento de onda com a temperatura.

O sistema combinado temperatura x realimentação de fluxo é obtido com a compensação da temperatura e a realimentação do fluxo, acumulando as vantagens dos dois sistemas anteriores, porém ainda depende do conhecimento da dependência da variação do comprimento de onda com a temperatura.

O sistema de realimentação baseado em coordenadas de cor baseia-se em sensores com respostas espectrais. Conta com três foto diodos que regulam a luz branca a um valor pré-determinado desejado segundo diagrama cromático u,v CIE 1931. Este sistema apresenta maior precisão que os sistemas anteriores.

Os autores realizam um experimento com uma fonte de luz branca obtida a partir de quatro leds vermelhos, oito leds verdes e quatro leds azuis utilizando sistema de controle baseado na temperatura de junção e na realimentação de fluxo. Neste experimento utilizou-se um único sensor de temperatura para medir a temperatura do dissipador e um único fotodiodo para medir as saídas de luz dos leds vermelhos, verdes e azuis. Observou-se alterações na produção de luz inferiores a 3% demonstrando serem sistemas eletrônicos de controle adequados para produzir luz branca estável a partir de leds RGB.

Sendo assim, neste artigo, após a abordagem do processo de produção de luz branca a partir de RGB leds e análise dos problemas existentes, ficou demonstrado que os sistemas eletrônicos de controle são adequados para a produção de luz branca estável a partir de RGB leds. Ficou também evidenciado a falta de conhecimento da variação do fluxo e do comprimento de onda com a temperatura.

You, He e Shi (2007), em “Thermal Management of High Power LEDs: Impact of Die Attach Materials” fizeram estudos sobre gestão térmica de LEDs de potência (leds maiores que 1 Watt). Analisaram os elementos constituintes do componente LED: chip LED, encapsulamento, base condutora, material de fixação do chip à base condutora e solda para fixação da base condutora à placa de montagem. Segundo eles, cada elemento constituinte representa uma parcela de resistência elétrica que juntos, em série, totalizam a resistência elétrica total da junção do LED a placa de montagem, a qual influencia a temperatura da junção durante o funcionamento de um LED.

Os materiais de fixação do chip à base condutora, adesivos de metal orgânico ou de pasta de solda, tem condutividade térmica muito inferior aos demais materiais constituintes do componente LED e podem influenciar bastante na condutividade térmica da junção LED.

Desenvolveram métodos experimentais nos quais injetaram corrente em um LED e mediram a potência de entrada, emissão de luz e a temperatura da placa (temperatura da junção), variando diferentes materiais de fixação do LED à placa condutora.

Com o aumento da potência de entrada dos LEDs, os materiais de fixação do chip à base condutora apresentam importância acentuada e podem influenciar bastante na condutividade térmica da junção LED, na taxa de fluxo de calor, o que se reflete na emissão de luz (eficiência luminosa) e tempo de vida do LED; o que demonstra a importância de que sejam desenvolvidos materiais de fixação do LED à placa condutora com maior condutividade térmica

Em “Uso de LEDs em semáforos do trânsito: um estudo da viabilidade técnico-econômica”, Lima et al (2008) fazem um estudo sobre a viabilidade técnica e econômica da substituição de lâmpadas incandescentes de baixa eficiência utilizadas em semáforos de trânsito de veículos e pedestres por conjuntos a LED de alta eficiência. Os autores fizeram testes e ensaios com alguns módulos a LED destinados a semáforos

utilizando como local a cidade de Curitiba PR. Fizeram um estudo econômico com a hipótese de que todos os semáforos da cidade atualmente providos de lâmpadas incandescentes passassem a usar a tecnologia LED. Os autores fizeram também um breve histórico do uso da tecnologia LED no Brasil e no mundo.

Em relação ao uso de LEDs em semáforos; no mundo, segundo os autores, houve experiências pioneiras internacionais dos Estados Unidos e Espanha. Nos Estados Unidos, em 1997, as cidades de San Diego e Filadélfia converteram mais de 32.000 lâmpadas incandescentes dos semáforos para módulos LED e na Espanha, a cidade de Santander, segundo programa estatal, solicitou a substituição de 3.623 semáforos com lâmpadas incandescentes por tecnologia LED. No cenário nacional, até o ano de 2008, algumas cidades como Curitiba-PR, São Paulo-SP, Florianópolis-SC e Campina Grande-PB, tiveram alguns pontos de semáforos com tecnologia LED implantados.

O local escolhido para realização dos estudos foi a cidade de Curitiba-PR, que tinha uma população na época (2008) de 1.797.408 habitantes, taxa de motorização de 0,57 veículos/habitante e 953 cruzamentos semaforizados, com 27.000 lâmpadas incandescentes instaladas no sistema de sinalização de trânsito, com semáforos do tipo “T” em sua maioria com 3 módulos focais redondos (um vermelho, um amarelo e outro verde), dispostos na vertical (6.659 semáforos) e tipo “T” com 4 módulos focais redondos (dois vermelhos na parte superior, um amarelo e outro verde na parte inferior (291 semáforos, em vias de serem substituídos pelo tipo “T”).

Os autores descrevem a composição de um Semáforo como sendo geralmente composto por 3 módulos focais, um vermelho, um amarelo e outro verde. Sendo os módulos focais LED compostos por placas de circuito impresso, nas quais são fixados os LEDs, fonte de alimentação, proteções mecânicas e elétricas, terminais de conexão, lente e suporte de policarbonato, com potência entre 7 W e 15 W, fator de potência maior que 0,92; tempo de vida de 12 anos (um LED tem vida de 100.000 h), temperatura de funcionamento de -40°C a 75°C; índice de reflexão da luz do sol 50%, inferior aos semáforos convencionais. Já os semáforos com lâmpadas incandescentes são formados geralmente por lâmpadas incandescentes IFR (incandescente de Filamento reforçado), refletores e lentes nas cores vermelho, amarelo e verde.

Os estudos consistiram em simular a substituição (retrofit), por um ano, de 19.704 unidades de lâmpadas incandescentes IFR por módulos focais LED (9.852

vermelhas e 9.852 verdes). As lâmpadas incandescentes IFR com lentes amarelas foram mantidas porque segundo estimativas, de 100% do tempo total de acendimento em semáforos, lâmpadas vermelhas ocupam 55%, lâmpadas verdes 42% e lâmpadas amarelas 3%.

Os ensaios considerados nos estudos foram feitos no laboratório ACTEL (Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento), os quais analisaram duas tecnologias:

- a- Módulo focal com lâmpada IFR, refletores nas cores vermelho, amarelo e verde, diâmetro de 20 cm.
- b- Módulo focal LED de alto brilho, fonte de alimentação, lente de Fresnel e filtros coloridos nas cores vermelho, amarelo e verde, diâmetro de 20 cm, série 433 fabricado pela Dia Light Corporation.

Nestes ensaios foram utilizados os seguintes equipamentos de medição: analisador de energia, fotômetro, esfera integradora e luxímetro; para análise das grandezas: fator de potência, corrente, tensão elétrica e potência ativa. Foram colhidos como resultados dos experimentos valores médios de potência 94,26 W (IFR) e 8,12 W (LED) e de fatores de potência 1,0 (IFR) e 0,98 (LED).

Segundo os autores a plotagem das coordenadas de cores foi feita de acordo com a norma americana ITE 2005. Foi demonstrado que os módulos LED atendem a norma, porém as lâmpadas incandescentes que utilizaram lentes amarelo e verde não atendem.

Foi considerado, nos estudos de viabilidade econômica, tarifa de energia em baixa tensão fornecida pela COPEL (Companhia Paranaense de Energia), subgrupo B3 e os indicadores “TIR” taxa interna de retorno, “VP” valor presente, pay back corrigido e “RCB” relação custo benefício. Foram obtidos como resultados uma redução de consumo de energia de 90% (consumo na situação atual de 8.756, 10 kWh/ano e na situação proposta de 762,03 kWh/ano), redução da demanda no horário de ponta de 91,3% (potência instalada na situação atual de 999,6 kW e na situação proposta de 86,91 kW), além de grande economia de recursos com os serviços de manutenção. A redução do consumo de energia resultou numa economia de R\$ 200.000,00 por mês a partir de um investimento de R\$ 8.000.000,00. com tempo de retorno de 2,8 anos.

Os resultados obtidos demonstram a viabilidade da adoção da tecnologia LED como substituto das lâmpadas incandescentes em sistemas de sinalização semafóricas.

Amoroso et al (2012), em “Projeto e desenvolvimento de luminária Led eficiente e flexível”, desenvolveram um projeto e fizeram montagens e testes de uma luminária led flexível, completa e eficiente para uso em iluminação pública. Fizeram um estudo comparativo com as usuais luminárias públicas compostas com as eficientes lâmpadas a vapor de sódio, especificamente uma luminária pública com lâmpada a vapor de sódio de 250 W.

O Protótipo da luminária projetada era composto por: leds, dissipador de calor, drive, controlador de corrente e estrutura mecânica. Foi denominado de LL54F60, onde: LL significa luminária led, 54 corresponde ao número de leds, F significa luz branca fria e 60 representa a potência aproximada em Watts. Os componentes foram escolhidos dentre as opções de mercado disponíveis observando as características técnicas melhor adequadas ao projeto de uma luminária de iluminação pública.

O driver controlador de corrente escolhido foi o CI MBL6661 de alta eficiência que trabalha com as características previstas para a luminária: 12 V; 5,5 A e 66 W. Os leds escolhidos foram da marca Apollo de potência 1 Watt, branco frio, fluxo luminoso de 75 lm, por apresentar menor resistência térmica (para trabalhar com uma temperatura menor e ter maior vida útil) entre os três fabricantes analisados: Seoul, Cromateck e Apollo.

Os layouts para a pétala (fixação dos leds) e para o driver controlador de corrente (componentes SMD) foram desenvolvidos com auxílio de *softwares*.

O dissipador de alumínio teve seu perfil escolhido para atender à dissipação de calor de um módulo de 18 W (18 leds) a partir de fórmula baseada em dados dos componentes escolhidos.

A estrutura modular foi projetada sem considerar fatores estéticos, visando a funcionalidade com espaço destinado à instalação de drives de corrente de 1, 3 ou 5 módulos de iluminação com 18 leds.

Os testes realizados com o protótipo da luminária foram feitos em períodos noturnos conforme regime de funcionamento usual das luminárias de iluminação pública e a luminária foi testada a uma temperatura ambiente de 33 °C. Para a luminária

de uma pétala, os dissipadores funcionaram com temperatura média de 66°C, portanto abaixo dos 85°C máximos de temperatura de funcionamento da luminária. Para luminária com três pétalas (62 W), instalada a 6m de altura, mediu-se um nível de iluminamento de 40 lux, dentro das recomendações da norma 5101 Iluminação Pública e praticamente o mesmo que de uma luminária com uma lâmpada a vapor de sódio de 250W (41 lux).

A luminária montada apresentou as seguintes características: potência 62 W, altura de montagem 6m, nível de iluminamento 40,4 lux, vida útil 40.000 h e IRC de 80, enquanto uma luminária com lâmpada a vapor de sódio de 250W apresenta: potência 250 W, altura de montagem 6m, nível de iluminamento 41 lux, vida útil 16.000 h e IRC de 20.

Baseado no experimento do artigo, pode concluir que a luminária led apresenta maior eficiência energética (menor consumo em W) e maior vida útil que a luminária a vapor de sódio, porém como é uma tecnologia nova, tem seu custo inicial elevado, sendo o protótipo orçado em R\$ 1.181,70 (06/2012), ou US\$ 549,63 (1 US\$ = R\$ 2,15).

Sanches e Sweeney (2010) em “LED vs T5 Technology: The Advantages and Disadvantages” fazem um estudo comparativo entre lâmpadas LED e lâmpadas fluorescentes tubulares T5. Analisam neste estudo aspectos como eficiência energética, dissipação de calor e superaquecimento, fonte de energia e custos indiretos, IRC (Índice de reprodução de cores) e tempo de vida e enfim fazem uma análise de custos entre os dois tipos de lâmpadas citados.

Segundo estudos de caso do IEEE, lâmpadas fluorescentes T5 apresentam maior eficiência energética que lâmpadas LED; 96,7 lm/W contra 78,5 lm/W num estudo feito no IEEE em 2009; inclusive as primeiras apresentaram valores acima dos estimados e lâmpadas LED valores abaixo daqueles estimados (classificados).

Apontam que em relação à dissipação de calor e aquecimento, lâmpadas T5 dissipam cerca de 73% de sua potência em forma de calor, enquanto que as lâmpadas LED cerca de 87 a 90%. Lâmpadas LED podem duplicar sua temperatura depois de terem sido utilizadas por um longo período o que pode reduzir sua vida útil em mais de 50%.

Segundo os mesmos estudos, lâmpadas T5 e T8 apresentam custos com fonte de US\$ 3,00 por 1000 lm enquanto as lâmpadas LED, cerca de US\$ 70,00 por 1000 lm.

Um relatório do Measurement Science and Technology aponta que lâmpadas T5 apresentam IRC de 85 enquanto lâmpadas LED apresentam IRC de 70.

Segundo o U.S. Department of Energy, dos EEUU, lâmpadas LED de alta potência apresentam 35.000 a 50.000 horas de vida útil (embora sejam classificadas como de 100.000 horas de vida útil), enquanto lâmpadas fluorescentes 20.000 a 30.000 horas.

Pode-se então concluir que lâmpadas LED apresentam longa vida útil e grande eficiência energética, porem lâmpadas fluorescentes tubulares T5 apresentam desempenho significativamente melhor, em vários estudos comprovados, para o uso comercial e residencial.

1.2.2 Estudo de soluções

A contribuição desta Dissertação evidencia-se numa análise da eficiência energética, sustentabilidade e vantagens econômicas do uso das luminárias com tecnologia LED num estudo comparativo com o uso das luminárias com lâmpadas convencionais nos sistemas de iluminação de aeroportos, através de estudos de material coletado, considerando também trabalhos técnicos feitos por profissionais da INFRAERO em sistemas de iluminação de balizamento. Complementando, procurou-se fazer também estudos de casos tomando-se como base o aeroporto de Salvador no qual se fez simulações teóricas, com o uso de *softwares* específicos, da substituição das luminárias com lâmpadas convencionais por luminárias com tecnologia LED, procurando evidenciar o investimento necessário de aquisição das luminárias, a redução dos custos de consumo de energia baseado nas tarifas das faturas das contas de energia elétrica. Procurou-se também destacar a redução dos custos de manutenções periódicas, aumento da confiabilidade dos sistemas e as vantagens sob a ótica ambiental.

Os estudos de casos abordam a substituição de projetores com lâmpadas de descarga de multivapores metálicos de 1.000 W das torres de iluminação dos pátios de aeronaves; das luminárias de balizamento com lâmpadas incandescentes de 30W no

sistema de balizamento noturno das pistas de taxiway; das luminárias de iluminação pública com lâmpadas de descarga a vapor de sódio de 250W nas vias de acesso e de luminárias de iluminação específica tipo refletores com lâmpadas de descarga de multivapores metálicos de 400 W nas áreas de armazenagem do Terminal de Cargas Internacional TECA, das luminárias comerciais tipo calha com lâmpadas fluorescentes tubulares e 32W nas áreas de saguão de embarque por luminárias com tecnologia LED. Foram utilizados *softwares* para análise da situação atual e das opções de luminárias LED de forma a verificar o atendimento as normas técnicas pertinentes.

2 CARACTERIZAÇÃO DE AEROPORTOS

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Para se entender os sistemas de iluminação de um aeroporto, principalmente aqueles de grande porte, do grupo 1, categoria I, é necessário entender algumas definições básicas de termos utilizados no universo da aviação civil.

a) Aeródromo.

Segundo a ANAC (RBAC 154, 2009, p.6) “Área definida sobre a terra ou água destinada à chegada, partida e movimentação de aeronaves”, podendo ser militar ou civil, sendo que este último podendo ser privado ou público.

b) Aeroporto.

Segundo a RBAC 154 (RBAC 154, 2009, p.7) “Todo aeródromo público dotado de instalações e facilidades para apoio a aeronaves e ao embarque e desembarque de pessoas e cargas”.

2.1.1 Classificação de aeroportos.

Segundo o Manual de implementação de aeroportos (ANAC, 2008, p.14), os aeroportos são classificados em GRUPOS de acordo com seu regime de operação conforme abaixo:

- i. Grupo 1 são apenas aeroportos internacionais;
- ii. Grupo 2 são aeroportos internacionais e domésticos com operação regular e com emprego de aeronaves com mais de sessenta assentos ou acima de 45.500 kg de peso máximo de decolagem;
- iii. Grupo 3 são aeroportos e aeródromos abertos ao tráfego aéreo público, cuja localização e características operacionais sejam consideradas de importância para o desenvolvimento do Sistema de Aviação Civil.

Essa classificação vai crescendo em ordem numérica acompanhada com a abrangência dos tipos de aeroportos que as constituem. O grupo 1 são mais restritos apenas a aeroportos com vôos internacionais regulares que requerem capacitações específicas por parte da ANAC.

Aeroportos de grande porte geralmente são do grupo 1 pois operam vôos internacionais regulares.

Segundo a Portaria nº 1.141/GM5 (1987, p.5), os aeroportos são classificados, de acordo com o tipo de operação, em 3 classes (VFR, IFR- NÃO PRECISÃO e IFR- PRECISÃO). VFR significa Operação de aeronaves sujeita às regras de vôo visual, IFR-NÃO PRECISÃO quer dizer Operação de aeronaves em aproximação sujeita às regras de vôo por instrumento, que utilizam para orientação auxílios à navegação de não-precisão) e IFR- PRECISÃO, Operação de aeronaves em aproximação sujeita às regras de vôo por instrumento, fornecidas por auxílios à navegação de precisão.

Segundo a mesma portaria, as classes acima estão divididas em códigos (1,2,3 e 4) de acordo com o comprimento da pista. Classe 1 tem pista menor que 800 m, classe 2, entre 800 e 1200 m, classe 3, de 1200 a 1800 m e classe 4 e tem pistas maiores que 1800 m, conforme Tabela 2.1 abaixo.

Tabela 2.1 - Comprimentos das pistas de acordo com Código de classificação

Código da Pista	1	2	3	4
comprimento da pista	Menor que 800m	De 800m até 1200m Exclusive	De 1200m até 1800m Exclusive	1800m ou Maior

Fonte: Portaria nº 1.141/GM5 (1987).

Aeroportos de grande porte, em sua maioria, são classificados como IFR PRECISÃO, sendo operados por instrumentos de precisão e são do tipo código da pista 4, com pistas maiores de 1.800 m de comprimento.

Segundo a ANAC, de acordo com o regime de operação, o aeroporto de Salvador pode ser classificado como do grupo 1 (possibilita operação de vôos internacionais), classe IFR Precisão (opera aeronaves em aproximação sujeitas às regras de vôo por instrumento, fornecidas por auxílios à navegação aérea de precisão) e como neste aeroporto há duas pistas de pouso e decolagem, pista 10/28 com 3.005m e 17/35 com 1520m (nomenclatura das pistas com par de números referentes aos rumos

magnéticos das duas cabeceiras opostas), pode então ser considerado classe 4 (devido a existência de pista 10/28 maior que 1.800m).

2.1.2 Características físicas de aeroportos.

O Anexo 14 volume I “Projeto e Operação de Aeródromos” da Convenção de Aviação Civil Internacional COACI define as características físicas de um aeroporto (dimensões, declividade, etc.) das pistas de pouso e decolagem, pistas de taxi, pátios de aeronaves; de acordo com sua classificação de código de pista (códigos 1,2,3 e 4) e de seu tipo de operação (classes VFR, IFR- NÃO PRECISÃO e IFR- PRECISÃO).

O manual de implementação de aeroportos (ANAC, 2008) define as características físicas necessárias a um aeroporto, de acordo com a identificação do tráfego, tipo das aeronaves que irão operar e as características operacionais e topográficas do sítio.

Define os Requisitos Físicos e Operacionais dos Aeroportos, determinando uma infra-estrutura aeroportuária recomendada, em Função do Tipo de Aviação:

- i. Aviação geral
Visa ao atendimento de localidades que não apresentam potencial de demanda da aviação regular.
- ii. Aviação Doméstica Regional e Aeroporto Turístico.
Visa ao atendimento da aviação regular regional, ou seja, que liga uma localidade de pequeno porte a outra de grande porte (população superior a 1.000.000 de habitantes).
- iii. Aviação Doméstica Nacional.
Visa ao atendimento da aviação regular nacional, ou seja, que liga localidades de grande porte e que operam em aeroportos de interesse nacional.
- iv. Aviação Internacional
Visa ao atendimento da aviação internacional regular ou não-regular.

A infra-estrutura aeroportuária mais complexa é aquela recomendada para Aviação Internacional, que deverá ser composta por:

- Área de manobras com revestimento asfaltado;
- Tipo de operação por instrumentos (IFR precisão);

- Terminal de passageiros, com áreas destinadas para operação de órgãos públicos;
- Estacionamento de veículos.
- Balizamento noturno;
- Biruta iluminada;
- Farol rotativo;
- EPTA (Estação Permissionária de Telecomunicações Aeronáuticas categoria) ”Cat. “A”;
- EPTA Cat “C” (NDB), quando o movimento anual comercial e o movimento anual total sejam, respectivamente, iguais ou superiores a 1.000 e 3.000;
- Torre de Controle TWR;
- Sala AIS (Aeronautical Information Service);
- VOR (Radiofarol Omnidirecional VHP), quando o aeródromo for apoiado por NDB, utilizando aeronaves de médio e grande porte, onde o número anual de operações IFR for igual ou superior a 3.000;
- ILS (Sistema de Pouso por Instrumento), quando utilizar aeronaves de médio e grande porte, cujo número anual de aproximações IFR for igual ou superior a 6.000;
- ALS (Sistema de Luzes de Aproximação), somente quando houver ILS;
- Implantação de equipamento indicador do ângulo de rampa de descida (PAPIS), quando utilizar aeronaves de médio e grande porte, na cabeceira cujo número anual de pousos seja igual ou superior a 5.000; e Implantação de Serviço de Salvamento e Combate a Incêndio, adequado à categoria requerida;
- Parque de abastecimento de aeronaves PAA.
- Seção contra Incêndio SCI

Um aeroporto é dividido fisicamente por barreiras de segurança em duas áreas: lado Ar e lado Terra. Segundo o Programa Nacional de Segurança da Aviação Civil Contra Atos de Interferência Ilícita (PNAVSEC, 2010, p.5), Barreiras de segurança são meios físicos constituídos de obstáculos, cercas, muros, instalações ou quaisquer outros recursos artificiais ou naturais que possam impedir o ingresso de pessoas à área restrita de segurança, canalizando o acesso a pontos de controle estabelecidos.

a) Lado AR.

O PNAVSEC (2008, p.8) define lado ar como Área restrita de segurança ARS, conforme abaixo:

Áreas Restritas de Segurança (ARS): áreas do lado ar de um aeroporto, identificadas como áreas prioritárias de risco onde, além

do controle de acesso, se aplicam outros controles de segurança. Tais áreas normalmente incluem todas as áreas de saída de passageiros da aviação comercial localizadas entre o ponto de inspeção e a aeronave; áreas de rampa; áreas de processamento de bagagem, incluídas as áreas em que as aeronaves entram em serviço e estão presentes as bagagens e cargas inspecionadas; terminais de carga, centros destinados à mala postal e as áreas do lado ar destinadas à preparação de provisões e serviço de bordo e limpeza de aeronaves; São áreas de segurança com controle de acesso restrito e controles de segurança relacionados à aviação desde as pistas de pouso e decolagem, pistas de taxi, depósitos de cargas, até o embarque de passageiros.

b) Lado TERRA.

Zona do aeroporto que não é o lado ar e que inclui todas as áreas públicas como terminal de passageiros, estacionamento de carros, vias de acesso, etc.

Pode-se afirmar que um aeroporto de grande porte, do grupo 1, Categoria I, é basicamente constituído de:

a) Lado Ar

Pista(s) de pouso e decolagem.

Pistas de taxi.

Pátios de aeronaves.

Subestação ou KF.

Parque de Abastecimento de Aeronaves (PAA).

Seção Contra-Incêndio (SCI).

b) Lado Terra

Torre de controle.

Terminais de carga TECAs.

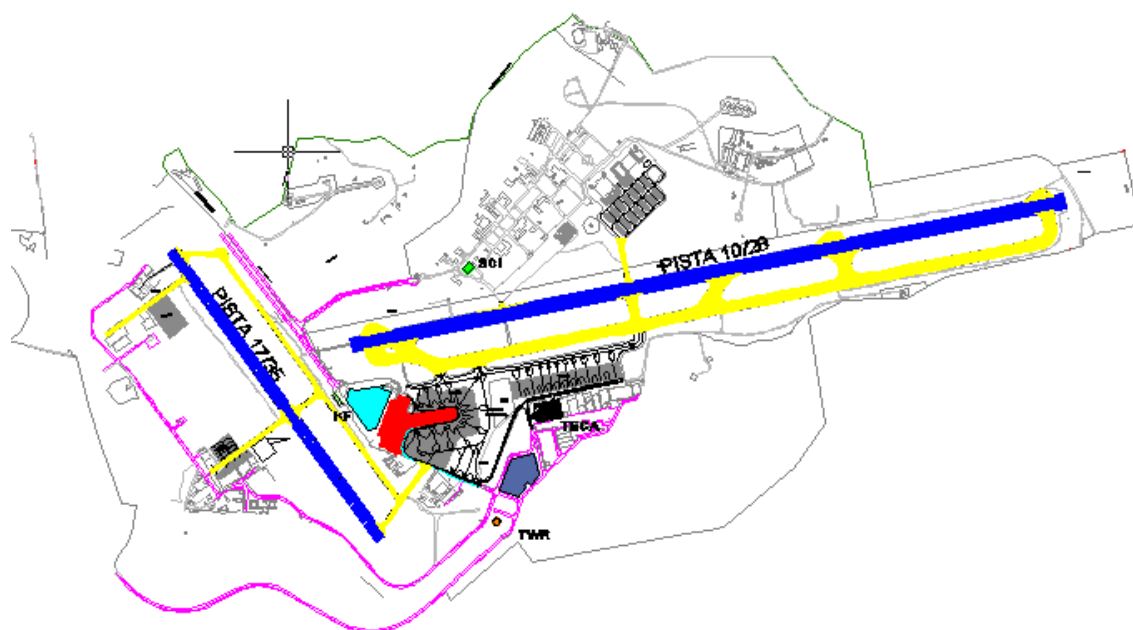
Terminal (ais) de passageiros TPSs.

Estacionamento de veículos.

Vias de acesso.

Mostra um aeroporto de grande porte, no caso, o aeroporto de Salvador, Bahia.

Figura 2.1 - Aeroporto de Salvador SBSV



LEGENDA

- Pista(s) de pouso e decolagem.
- Pistas de taxi.
- Pátios de aeronaves.
- Subestação ou KF.
- Parque de Abastecimento de Aeronaves (PAA).
- Seção Contra Incêndio (SCI).
- Terminais de carga TECAs.
- Terminal de passageiros TPS.
- Vias de acesso.
- Estacionamento de veículos.
- Torre de Controle TWR.

Fonte: INFRAERO (2013).

3 LUMINOTÉCNICA

Luminotécnica pode ser entendida como o estudo da aplicação da iluminação artificial em ambientes internos e externos às edificações.

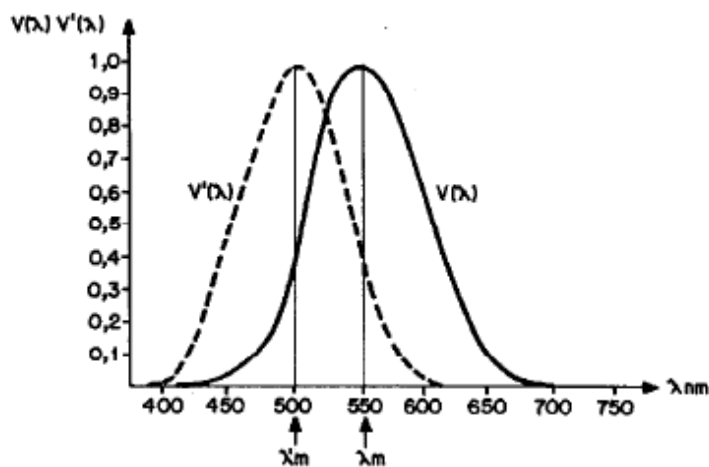
Para se entender a luminotécnica, é necessário entender alguns princípios básicos comumente utilizados, conforme descrito abaixo:

3.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS

3.1.1 Luz

Entende-se luz como sendo uma radiação óptica capaz de produzir diretamente uma sensação visual (NBR 5461, 1991). AS radiações eletromagnéticas visíveis, ou seja, luz, tem comprimentos de onda na faixa de 380 a 780 nm, sendo que cada cor tem um comprimento de onda característico (vermelho 780 nm, verde 570 nm, etc). As demais radiações eletromagnéticas não são visíveis ao olho nu (SILVA, 2004). A figura 3.1 mostra o espectro eletromagnético evidenciando a radiação visível para visão fotópica $V(\lambda)$ (visão do olho normal quando adaptado a níveis de luminância no mínimo iguais a varies candelas por metro quadrado, visão diurna) e visão escotópica $V'(\lambda)$ (visão do olho normal quando adaptado a níveis de luminância inferiores a poucos centésimos de candelas por metro quadrado, visão noturna).

Figura 3.1 - Espectro Eletromagnético



Fonte: NBR 5461 (1991).

3.1.2 Fluxo Luminoso (Φ)

Fluxo luminoso pode ser definido como a potência luminosa total emitida em todas as direções por uma fonte luminosa, por segundo, cuja unidade de medida é o lúmen (lm) (PROCEL, 2002).

3.1.3 Intensidade Luminosa (I_v)

Intensidade luminosa de uma fonte luminosa pode ser entendida como sendo a razão entre o fluxo luminoso $d\phi_v$ que sai da fonte e se propaga no elemento de ângulo sólido $d\Omega$ cujo eixo coincide com a direção considerada. Sua unidade é a candela cd (NBR 5461, 1991).

$$I_v = \frac{d\phi_v}{d\Omega} \quad (1)$$

Na qual:

I_v = Intensidade luminosa (cd).

$d\phi_v$ = fluxo luminoso (lm).

$d\Omega$ = ângulo sólido em esferorradianos (Sr).

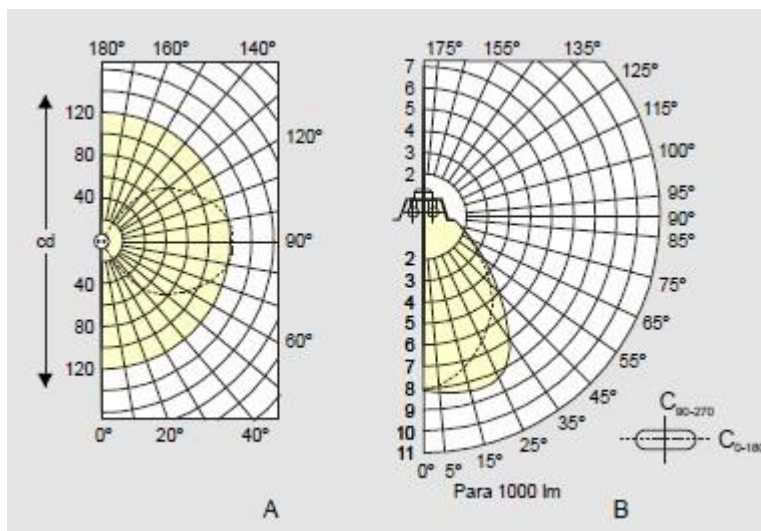
3.1.4 Distribuição (espacial) da intensidade Luminosa

Distribuição de intensidade luminosa é a representação, por meio de curvas ou tabelas, dos valores da intensidade luminosa de uma fonte, em função de suas direções no espaço (NBR 5461, 1991). Curva de Distribuição Luminosa CDL é a curva, em coordenadas polares, que representa as intensidades luminosas nos planos transversal e longitudinal (PROCEL, 2002).

Geralmente tais curvas são referidas a 1000 lm. Neste caso, é necessário multiplicar-se o valor encontrado na CDL pelo fluxo luminoso da lâmpada em questão e

dividir o resultado por 1000 lm. A figura 3.2 exemplifica uma curva de distribuição luminosa para uma lâmpada fluorescente.

Figura 3.2 - Curva de Distribuição de Intensidades no plano transversal e longitudinal para uma lâmpada fluorescente isolada (A) ou associada a um refletor (B)



Fonte: OSRAM (2013).

3.1.5 Iluminância ou Iluminamento (E)

A iluminância pode ser definida como o fluxo luminoso (lúmen) que incide numa superfície por unidade de área (m^2), cuja unidade é o lux. Podendo ser entendido como densidade de luz (lm/m^2). Os valores relativos a iluminância de ambientes foram tabelados por tipo de atividade, conforme Norma ISO 8995-1 Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: interior (PROCEL, 2002)

Para o cálculo da iluminância pode ser aplicada a fórmula (1), conforme abaixo:

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (2)$$

Na qual:

E=Iluminância (lux)

Φ = Fluxo luminoso (lm)

A = área (m²)

3.1.6 Luminância (Lv)

É uma grandeza relacionada a um fluxo luminoso incidente sobre uma área e o ângulo entre este fluxo e a normal a esta área. Segundo a NBR 5461, é dada pela expressão a seguir:

$$L_v = \frac{d\Phi_v}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega} \quad (3)$$

Na qual:

L_v = Luminância (cd/m²)

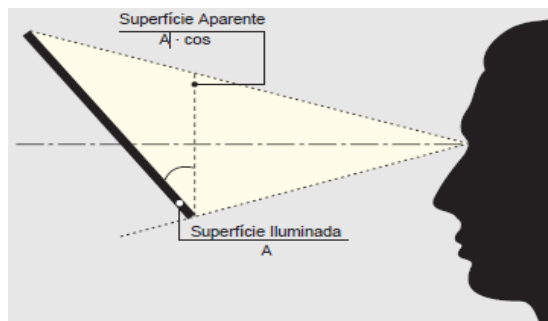
dA = área da seção (m²)

θ = ângulo entre a normal da superfície e a direção considerada, em graus

$d\Omega$ = Ângulo sólido em Sr.

A iluminância refere-se a uma superfície iluminada, cujos raios podem ou não serem vistos. Porém se tais raios forem refletidos em uma superfície aí então eles transmitem sensação de claridade, esta sensação de claridade é chamada de Luminância, ou seja, é uma medida da densidade da intensidade de uma luz refletida numa dada direção. A figura 3.3 aborda a grandeza luminância.

Figura 3.3 - Representação de superfície aparente e ângulo considerado para cálculo de Luminância



Fonte: OSRAM (2013).

3.1.7 Eficiência Luminosa

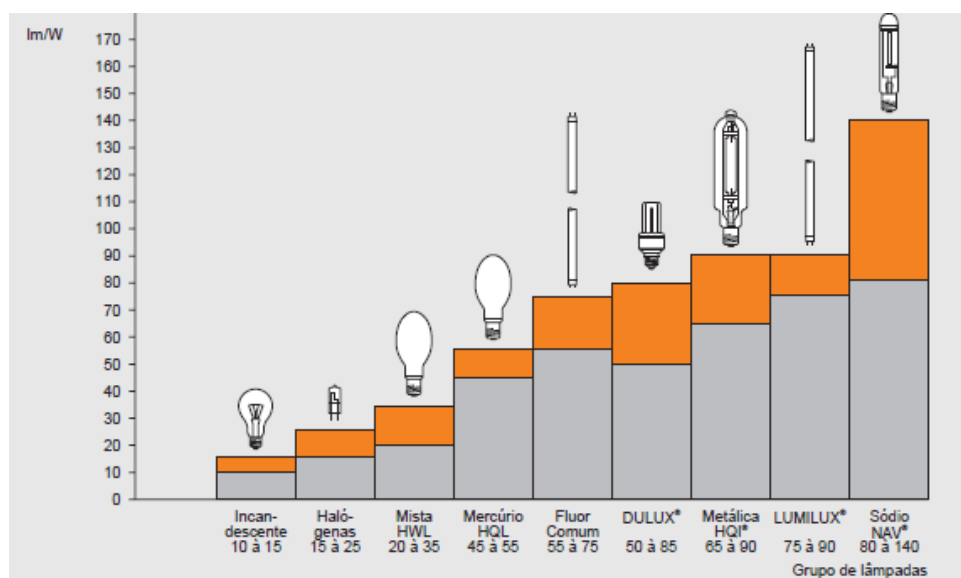
Eficiência luminosa resulta do quociente entre o fluxo luminoso emitido em lumens pela potência consumida em Watts de uma fonte luminosa, ou seja, expressa a quantidade de luz que uma fonte luminosa pode produzir a partir da potência elétrica de 1 Watt. Quanto maior o valor da eficiência luminosa de uma lâmpada, maior será a quantidade de luz produzida com menor consumo. Podem-se classificar as lâmpadas de acordo com sua eficiência luminosa conforme tabela 3.1 (PROCEL, 2002) e a figura 3.4 a seguir:

Tabela 3.1 - Classificação das lâmpadas de acordo com a eficiência luminosa

Tipo de lâmpada	Eficiência Luminosa
Incandescentes	10 a 15 lm/W.
Halógenas	15 a 25 lm/W.
Mista	20 a 35 lm/W
Vapor de Mercúrio	45 a 55 lm/W.
Fluorescente Tubular	55 a 75 lm/W.
Fluorescente Compacta	50 a 80 lm/W.
Multivapores Metálicos	65 a 90 lm/W.
Vapor de sódio	80 a 140 lm/W.

Fonte: (PROCEL, 2002)

Figura 3.4 - Eficiência luminosa ou energética de um determinado grupo de lâmpadas em (lm/W)



Fonte: OSRAM (2013).

3.1.8 Índice de Reprodução de Cor (IRC)

É a medida de correspondência entre a cor real de um objeto e sua aparência diante de uma determinada fonte de luz artificial (PROCEL, 2002).

A luz é composta por três cores primárias. A combinação das cores vermelha, verde e azul permite obtermos o branco. A combinação de duas cores primárias produz as cores secundárias - magenta, amarelo e cian. As três cores primárias dosadas em diferentes quantidades permitem obtermos infinitas cores de luz, conforme figura 3.5 a seguir.

Figura 3.5 - Composição das cores



Fonte OSRAM (2013).

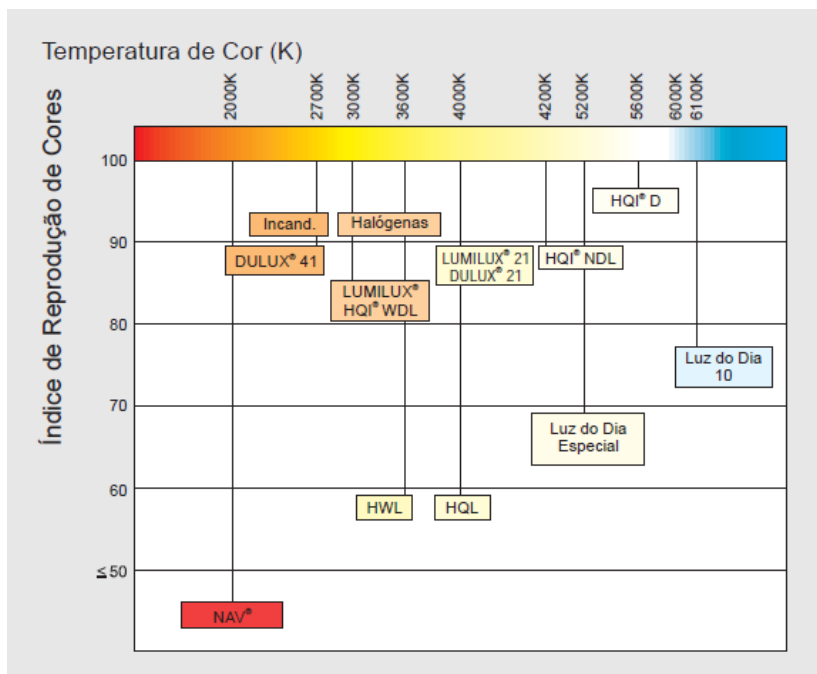
Entende-se que a luz artificial deve permitir ao olho humano perceber as cores de modo correto, que seria o máximo possível próximo da luz natural do dia. Sendo assim, quanto mais próximo da luz do dia a percepção das cores, maior será o IRC (valor máximo de 100%). Quanto mais baixo o índice IRC, mais deficiente é a reprodução das cores. Lâmpadas com IRC de 100% apresentam as cores com total fidelidade e precisão (PROCEL, 2002).

3.1.9 Temperatura de Cor

Temperatura da cor pode ser definida como a grandeza que expressa a aparência de cor da luz, cuja unidade é o Kelvin (K). Pode ser entendida de modo prático como a correlação inversa entre a temperatura aparente que uma determinada fonte produz com a temperatura de cor correspondente. Quanto mais alta a temperatura de cor, mais branca é a cor da luz. A luz “fria” de aparência azul violeta, por exemplo, tem alta temperatura de cor (maior que 6000K). A luz “quente” de aparência amarelada tem baixa temperatura de cor (menor que 3000K). A luz branca natural emitida pelo sol em

céu aberto ao meio-dia tem temperatura de cor aproximada de 5800K (PROCEL, 2002).
A figura 3.6 mostra as temperaturas de cor dos diversos tipos de lâmpadas existentes.

Figura 3.6 - Indicação das temperaturas de cor



Fonte: OSRAM (2002).

Em relação ao gráfico acima, ressalta-se que quanto aos modelos NAV, Dulux, Lumilux, Luz do dia, HQI, NDL, WDL, HWL e HQL de fabricação Osram, NAV é um modelo de lâmpada a vapor de sódio, Dulux corresponde a uma lâmpada fluorescente compacta, Lumilux e Luz do dia são lâmpadas fluorescentes tubulares, HQI, NDL e WDL são modelos de lâmpadas de multivapores metálicos, HWL lâmpada mista e HQL lâmpada a vapor de mercúrio, conforme Tabela a seguir:

Tabela 3.2 - Tecnologias das Lâmpadas OSRAM

Modelo	Tecnologia
NAV	Vapor de sódio
Dulux	Fluorescente compacta
Lumilux, Luz do dia	Fluorescente tubular
HQI, NDL, WDL	Multivapores metálicos
HWL	Mista
HQL	Vapor de mercúrio

Fonte: Osram (2013).

3.1.10 Ofuscamento

Entende-se ofuscamento como o efeito de uma luz forte no campo de visão do olho humano que pode provocar sensação de desconforto e prejudicar o desempenho das atividades realizadas no local (PROCEL, 2002).

3.1.11 Vida Mediana

Após um teste de um grande lote de lâmpadas, define-se vida mediana como sendo o número de horas resultantes em que 50% das lâmpadas ensaiadas ainda permanecem acesas (SILVA, 2004).

3.1.12 Vida Media

Após um teste de um grande lote de lâmpadas, define-se vida média como a média aritmética do tempo de duração (média do número de horas que as lâmpadas permaneceram acesas antes de queimar) das lâmpadas ensaiadas (SILVA, 2004).

3.1.13 Vida Útil

Pode ser definida como sendo a média de horas decorridas, quando o fluxo luminoso das lâmpadas atinge 70% da quantidade de luz inicial, devido a depreciação do fluxo luminoso de cada lâmpada. Ou seja, o período de tempo desde do início do funcionamento de uma lâmpada até quando ela atinge 70% do fluxo original de quando estava nova (SILVA, 2004).

3.2 LÂMPADAS

Lâmpadas elétricas são dispositivos que transformam energia elétrica em energia luminosa. Quanto ao processo de emissão de luz, podem ser classificadas em lâmpadas incandescentes, lâmpadas de descargas de baixa pressão e de alta pressão, lâmpadas mistas e as modernas lâmpadas a LED (NISKIER; MACINTYRE, 2008). A Tabela , mostra a classificação das lâmpadas elétricas.

Tabela 3.3 - Classificação de lâmpadas elétricas

Tipo de Lâmpadas		
Incandescentes		Comuns Halógenas
De Descarga	De baixa Pressão	Fluorescentes Tubulares Fluorescentes Compactas
	De Alta Pressão	Vapor de Mercúrio Vapor de Sódio Multivapores Metálicos
Mistas		
LED		

Fonte: (NISKIER; MACINTYRE, 2008).

3.2.1 Lâmpadas incandescentes

São lâmpadas que possuem um bulbo de vidro em vácuo ou preenchido com um gás inerte (argônio ou nitrogênio), que possuem em seu interior um filamento de tungstênio, enrolado, e que, pela passagem da corrente elétrica, fica incandescente

emitindo luz. Podem ser dos tipos comum, halógena e para fins específicos (NISKIER; MACINTYRE, 2008).

As lâmpadas incandescentes comuns (ver figura 4 abaixo) são utilizadas em residências, lojas e locais de trabalho que não exijam índices de iluminação elevados, estão caindo em desuso (SILVA, 2004).

As incandescentes halógenas possuem um bulbo tubular de quartzo no qual são colocados aditivos de iodo ou bromo (gases halógenos), que através de uma reação cíclica, reconduzem o tungstênio volatizando de volta ao filamento (NISKIER; MACINTYRE, 2008).

Lâmpadas incandescentes tem eficiência energética na faixa de 10 a 15 lm/W e vida útil de aproximadamente 1.000 h (lâmpadas incandescentes comuns) e eficiência energética na faixa de 15 a 25 lm/W e vida útil de aproximadamente 2.000 h (lâmpadas incandescentes halógenas) (Apêndice C). As figuras 3.7 e 3.8 mostram exemplos de respectivamente lâmpadas incandescentes comuns e halógenas.

Figura 3.7 - Lâmpada Incandescente Comum



Fonte: Philips (2013).

Figura 3.8 - Lâmpada Incandescente Halógena



Fonte: Philips (2013).

3.2.2 Lâmpadas de descarga

São aquelas nas quais a luz é produzida sob a forma de radiação quando ocorre uma descarga elétrica entre eletrodos excitando gases contidos no interior de um bulbo geralmente de vidro. Podem ser fluorescentes, a vapor de mercúrio, a vapor de sódio e de multivapores metálicos. As primeiras (fluorescentes) são de baixa pressão; e utilizam reatores para gerar pulsos de tensão e controlar a corrente; as três últimas (vapor de mercúrio, a vapor de sódio e de multivapores metálicos) possuem um tubo de descarga no interior do bulbo, no qual se trabalha com alta pressão e com tensões de 3000V a 4500V necessitando de ignitores para gerar esse efeito (NISKIER; MACINTYRE, 2008).

a) Lâmpadas de descarga de baixa pressão, lâmpadas fluorescentes.

Têm seus bulbos pintados com tinta contendo fósforo ou fosforescente. Possuem em seu interior gotas de mercúrio e um gás nobre que em contato com os elétrons da descarga entre os eletrodos vaporizam as gotas de mercúrio emitindo radiação ultravioleta que ao atravessar o bulbo pintado, a radiação UV é absorvida pelo fósforo e transformada em luz visível. Há lâmpadas fluorescentes tubulares e compactas e recentemente e menos utilizadas as circulares (SILVA, 2004).

Geralmente são utilizados argônio como gás de enchimento e mercúrio na forma de vapor nas lâmpadas tubulares e nas compactas são utilizados argônio e neônio como gás de enchimento e mercúrio na forma de vapor.

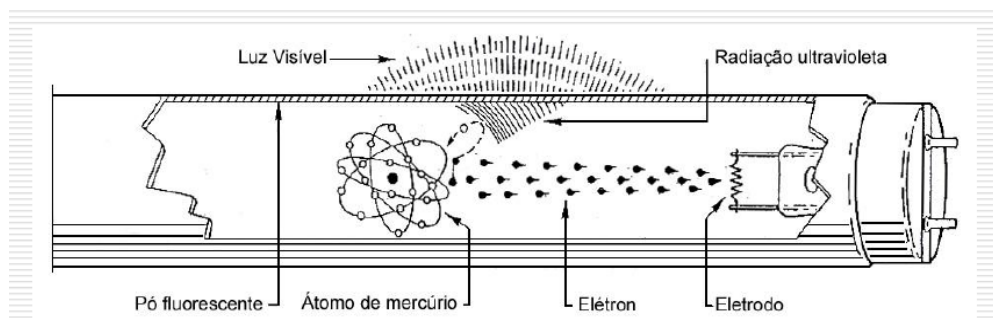
Tem eficiência energética na faixa de 50 a 103 lm/W e vida útil de aproximadamente 12.000 a 20.000 h. (T10, T12 50 a 70, Compactas 60 a 80, e T5 87 a 103 lm/W) (Apêndice C). As figuras 3.9 e 3.10 mostram respectivamente lâmpadas fluorescentes tubulares e compactas e esquema simplificado do princípio de geração de luz em uma lâmpada fluorescente.

Figura 3.9 - Lâmpadas fluorescentes



Fonte: Osram (2013).

Figura 3.10 - Esquema simplificado do princípio de geração de luz em uma lâmpada fluorescente



Fonte: Osram (2013).

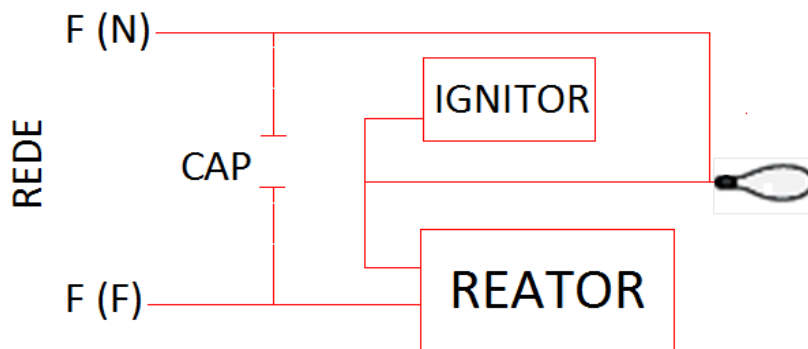
b) Lâmpadas de descarga de alta pressão.

Há, no Brasil, lâmpadas de descarga de alta pressão do tipo de vapor de mercúrio, de multivapores metálicos (metálicas) e a vapor de sódio. Consistem em um bulbo fechado que contem, em seu interior, gases para manter a temperatura constante (geralmente uma mistura de argônio e nitrogênio). Estas lâmpadas possuem no interior

do bulbo fechado um tubo de descarga de quartzo (lâmpadas a vapor de mercúrio e metálicas) ou de óxido de alumínio (lâmpada a vapor de sódio), contendo vapores metálicos em alta pressão cujo teor varia com o tipo de lâmpada (vapor de mercúrio, sódio, xenônio, etc).

Tem seu princípio de funcionamento com semelhanças ao da fluorescente. Há no interior do tubo de descarga de quartzo eletrodos nas extremidades que, nas fluorescentes, chamamos filamentos. Desses eletrodos, após a partida da lâmpada feita através de um reator, saem elétrons que, se chocam com os átomos de gases metálicos situados dentro do tubo de descarga, emitindo luz visível. Um ignitor faz a tensão se elevar ao nível de 3000 a 4500 V entre os eletrodos no interior do tubo de descarga (SILVA, 2004). A figura 3.11 mostra um esquema básico de ligação de uma lâmpada de descarga de alta pressão.

Figura 3.11 - Esquema básico de ligação de uma lâmpada de descarga de alta pressão



Fonte: Osram (2013).

b-1) Lâmpadas de descarga a vapor de mercúrio.

Essas lâmpadas consistem em um bulbo ovóide ou tubular preenchido com uma mistura de argônio e nitrogênio revestido internamente com pó fluorescente. Seu tubo de descarga contém vapor de mercúrio em alta pressão. A passagem do arco elétrico provoca a emissão de raios ultravioletas, que atravessando o bulbo pintado de tinta fluorescente são absorvidos e transformados em luz (SILVA, 2004). Tem eficiência energética na faixa de 45 a 55 lm/W e vida útil de 15.000 a 24.000 h (Apêndice C). A figura 3.12 mostra uma Lâmpada de descarga a vapor de mercúrio.

Figura 3.12 - Lâmpada de descarga a vapor de mercúrio



Fonte: Philips (2013).

b-2) Lâmpadas de descarga a vapor de sódio.

Essas lâmpadas também consistem em um bulbo ovóide ou tubular preenchido com uma mistura de argônio e nitrogênio, gerando uma corrente elétrica num tubo interno de descarga, contendo uma amalgama de sódio-mercúrio e xenônio, sendo esse tubo de cerâmica em vez de quartzo uma vez que o sódio é muito corrosivo. A luz emitida é extremamente forte e de cor amarela que distorce totalmente as cores, ou seja, com péssimo índice de reprodução de cores. Este fluxo luminoso de alta intensidade resulta numa enorme economia de energia fazendo com que essa lâmpada seja a de maior eficiência energética (SILVA, 2004). Tem eficiência energética na faixa de 80 a 140 lm/W e vida útil de aproximadamente 30.000 h (Apêndice C). A figura 3.13 mostra lâmpadas de descarga a vapor de sódio ovóides e tubulares.

Figura 3.13 - Lâmpada de descarga a vapor de sódio



Fonte: GE Lighting (2013).

b-3) Lâmpadas de descarga de multivapores metálicos (metálicas).

Neste tipo de lâmpada, o bulbo ovóide ou tubular é também preenchido com uma mistura de argônio e nitrogênio. Tem o mesmo princípio de funcionamento das lâmpadas a vapor de sódio. A diferença é o tubo de descarga é de quartzo em vez de cerâmica e é preenchido por mercúrio em alta pressão e uma mistura de haletos metálicos, ou elementos terras raras, ou césio, tálio e estanho, que reagem com a passagem de um arco elétrico resultam numa emissão de luz branca e brilhante com excelente índice de reprodução de cores luz (SILVA, 2004). Tem eficiência energética na faixa de 65 a 105 lm/W e vida útil de aproximadamente 10.000 h (Apêndice C). A figura 3.14 mostra lâmpadas de descarga de multivapores metálicos (metálicas).

Figura 3.14 - Lâmpadas de multivapores metálicos (metálicas)



Fonte: OSRAM (2013).

3.2.3 Lâmpadas mistas

Conforme indica o nome são uma combinação de lâmpada incandescente com lâmpada a vapor de mercúrio. São compostas por um bulbo pintado internamente com tinta fosforescente preenchido com uma mistura de argônio e nitrogênio. Tem em seu interior um filamento de tungstênio em série com um tubo de descarga de quartzo contendo gotas de mercúrio e eletrodos em seu interior. A passagem de uma corrente elétrica pelo filamento o aquece que faz funcionar o tubo de descarga vaporizando o mercúrio emitindo radiação ultravioleta que ao passar pelo bulbo é absorvida e transformada em luz (SILVA, 2004). Tem eficiência energética na faixa de 20 a 35 lm/W e vida útil de aproximadamente 10.000 h (Apêndice C). A figura 3.15 mostra uma lâmpada mista.

Figura 3.15 - Lâmpada mista



Fonte: Philips (2013).

3.2.4 Lâmpadas LED

a) LED definição e fundamentos.

Este item apresenta a seguir definição de LED, seus materiais constituintes, esquema de emissão de luz no LED, dopagem, materiais utilizados no fabrico de LED e gama de comprimentos de onda emitidos e o percentual da energia consumida num LED que é transformada em luz.

LED, Light Emitting Diode (Díodo Emissor de Luz), é um componente eletrônico que converte a energia elétrica em energia luminosa (Baptista, 2012). Como diodo semiconductor, tipicamente é formado pela junção de dois semicondutores dopados um do tipo P (excesso de cargas positivas) com outro do tipo N (excesso de cargas negativas) (TUCCI, 1984).

Os materiais encontrados na natureza podem ser classificados, de acordo com seu comportamento elétrico, em: isolantes (mica, papel, plástico, etc), condutores (cobre, alumínio, ouro, etc) e semicondutores (Silício, Germânio, etc) (TUCCI, 1984).

Os condutores são materiais que apresentam grande número de elétrons livres e baixa resistência á temperatura ambiente e os isolantes são materiais que não apresentam elétrons livres e tem alta resistência á temperatura ambiente. Já os semicondutores, apresentam elétrons livres em número inferior aos metais numa estrutura que varia com a temperatura e com a incidência de luz (fotocondutividade) e uma resistividade intermediária entre os condutores e os isolantes na temperatura ambiente, porem ao contrário do que ocorre com os condutores, a resistividade de um semiconductor diminui com o aumento da temperatura (TUCCI, 1984).

Os semicondutores podem ser simples ou compostos. Os primeiros são formados por apenas um tipo de elemento do grupo IV da tabela periódica, sendo silício e germânio os elementos mais importantes. Já os semicondutores compostos, são formados pela combinação de dois (chamados binários), três (ternários) ou quatro (quaternários) elementos dos grupos II, III, IV e V da tabela periódica.

Segundo Batista et al (2012), os semicondutores binários mais importantes são obtidos por combinação de dois elementos do grupo IV da tabela periódica: SiC (Silício Carbono), SiGe (Silício Germânio); dois elementos dos grupos III-V; InP (Fosforeto de índio), GaAs (Arsenieto de Gálio), GaP (Fosforeto de Gálio), etc., ou dois elementos dos grupos II-VI: ZnS (Sulfureto de zinco), ZnTe (Telureto de zinco), CdS (Seleneto de cádmio),etc.

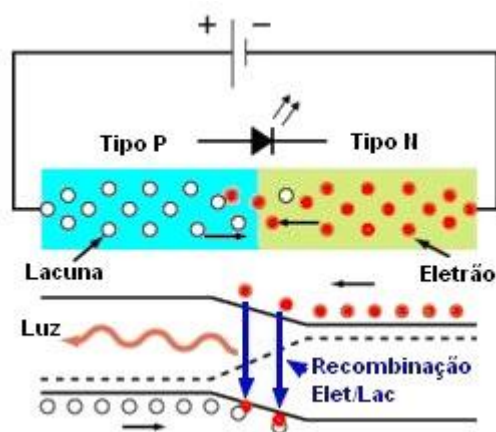
Os semicondutores compostos ternários são obtidos a partir de dois semicondutores binários que possuem um elemento em comum, sendo os outros dois elementos pertencentes ao mesmo grupo da tabela periódica. Com os binários AB e CB é, então possível obter o ternário $A_xC_{1-x}B$, em que $0 \leq x \leq 1$.

Os semicondutores compostos quaternários são constituídos por quatro elementos diferentes e são obtidos a partir de quatro semicondutores binários. Genericamente, o semicondutor quaternário pode ser escrito como: $A_xB_{1-x}C_yD_{1-y}$.

Semicondutores podem ser intrínsecos ou extrínsecos. Os primeiros contém apenas átomos da base, ou seja, apenas elementos semicondutores e apresentam características elétricas típicas dos semicondutores. Já nos semicondutores extrínsecos, átomos “impurezas” são adicionados a um semicondutor, e a depender do tipo de impureza, ele pode ficar com excesso de cargas negativas (tipo N) ou com excesso de cargas positivas (tipo P), por exemplo a adição de Arsênio, Antimônio ou fósforo produzem semicondutores do tipo N; já a adição de Boro, alumínio e índio produzem semicondutores do tipo P (Tucci, 1984). Estes resultados podem ser obtidos com densidades de impurezas de substituição muito pequenas, como por exemplo, uma impureza por um milhão de átomos da base (0,0001%) (BAPTISTA et al, 2012)

LED é um díodo semicondutor que emite luz ao ser polarizado corretamente. Emite luz monocromática (emissões de fótons) produzida pelas interações energéticas dos elétrons que atravessam a zona de junção PN (conforme figura 3.16 a seguir), ou seja, ao ser atravessado por uma corrente elétrica (TUCCI, 1984).

Figura 3.16 - Esquema de emissão de luz no LED (funcionamento LED)



Fonte: Eletrônica (2013).

As cores produzidas pelo LED são obtidas de acordo com a escolha do material semicondutor e da natureza e concentração da impureza de dopagem. LED binário que utiliza GaAs emite radiações infravermelhas; dopando-o com P (fósforo), a

emissão de luz pode ser da cor vermelha ou amarela, de acordo com a concentração da dopagem. LED que utiliza GaP com dopagem de N (nitrogênio), pode emitir luz verde ou amarela de acordo com a concentração da dopagem (TUCCI, 1984). O LED ternário GaAsP combina propriedades do GaP e do GaAs e pode ser utilizado na emissão de luz amarela, laranja e vermelho. Semicondutores quaternários da família AlGaInP constituem, atualmente, o material de base utilizado no fabrico do LED com potências óticas elevadas que emitem luz nas cores vermelho, laranja e amarela. Para emissão das cores violeta, azul e verde o material mais importante pertence, atualmente, à família do ternário InGaN (BAPTISTA et al, 2012). A luz branca, essencial nos sistemas de iluminação da atualidade, pode ser obtida de diversas formas como com a utilização de um diodo emissor de luz azul ou violeta com um conversor de comprimento de onda, por exemplo, coberto por uma película de fósforo amarelo, ou com o uso de LEDs RGB (red, Green and blue, do inglês vermelho, verde e azul), ou seja, combinação de LEDs vermelhos, azuis e verdes (BAPTISTA et al, 2012). Os materiais utilizados no fabrico de LED e os correspondentes comprimentos de onda emitidos podem ser vistos na Tabela , abaixo.

Tabela 3.4 - Materiais utilizados no fabrico de LED e gama de comprimentos de onda emitidos

Comprimento de onda (nm)	Cor	Material semiconductor
>750	Infravermelho	GaAs, AlGaAs
610< λ <750	Vermelho	AlGaAs, GaAsP, GaP, AlGaInP
590< λ <610	Laranja	AlGaInP, GaP, GaAsP
570< λ <590	Amarelo	GaAsP, AlGaInP, GaP
500< λ <570	Verde	GaP, AlGaP, InGaN/GaN
450< λ <500	Azul	InGaN, ZnSe
400< λ <450	Violeta	InGaN
λ <400	Ultravioleta	AlN, AlGaInN
400< λ <750	Branco	LED azul/uv com um conversor de comprimento de onda, por exemplo, coberto com uma película de fósforo amarela. Combinação de azul+verde+vermelho ou combinação de duas cores complementares

Fonte: Baptista et al (2012).

Além dos materiais semicondutores convencionais, há materiais orgânicos que podem ser utilizados para produção de luz, originado dispositivos denominados OLED (organic LED), ou seja, diodos emissores de luz orgânicos, constituídos por moléculas numa estrutura cristalina ou polímeros (BAPTISTA et al, 2012).

Quando um LED é polarizado corretamente, há passagem de uma corrente elétrica por seu interior, cujo choque dos eletros da corrente elétrica com os átomos da estrutura cristalina da origem a um aumento de temperatura (efeito joule), sendo assim, parte da energia fornecida ao LED durante a passagem da corrente elétrica é

transformada em luz e a energia restante é dissipada em forma de calor por efeito joule (BAPTISTA et al, 2012).

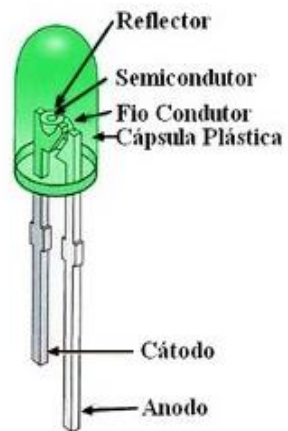
Estudos sobre gestão térmica de LEDs de potência (leds maiores que 1 Watt). definem os elementos constituintes do componente LED: chip LED, encapsulamento, base condutora, material de fixação do chip à base condutora e solda para fixação da base condutora à placa de montagem. Segundo eles, cada elemento constituinte representa uma parcela de resistência elétrica que juntos, em série, totalizam a resistência elétrica total da junção do LED á placa de montagem a qual tem influência na temperatura da junção durante o funcionamento de um LED (YOU; HE; SHI, 2007).

Da energia consumida em um LED, 15% é transformada em luz e 85% em calor. Uma lâmpada incandescente de 100W transforma em luz 5% de sua energia consumida, 83% em calor e 12% em perdas (KAWASAKI, 2011).

b) LED – histórico evolutivo.

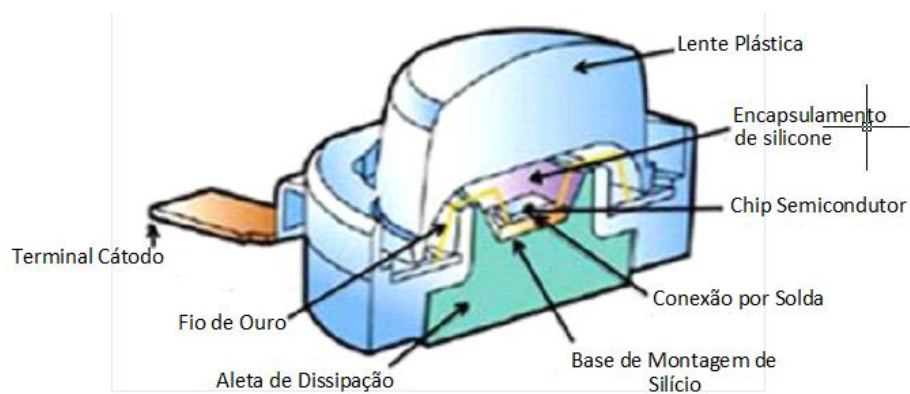
A invenção do LED ocorreu em 1963 por Nick Holoak, era um LED de cor vermelha de baixa intensidade luminosa (1 mcd). O LED de cor amarela surgiu no final dos anos 60 e em 1975, surgiu o LED de cor verde. Havia LEDs de pequena potencia, LEDs de 5 mm, (figura 3.17). Durante os anos 80 com a utilização da tecnologia de LEDs compostos quaternários AlInGaP , surgiram LEDs com maior intensidade luminosa e nas cores vermelha e âmbar, inicio do surgimento dos LEDs de potência (figura 3.18). Somente no inicio dos anos 90, com o surgimento da tecnologia de LEDs compostos ternários InGaN, possibilitou o aparecimento de LEDs nas cores azul, verde e ciano que propiciou o surgimento do LED da cor branca (UTILUZ, 2015). A figura 3.19 e a tabela 3. 5 evidenciam a história evolutiva do LED.

Figura 3.17 - LED Convencional de Ø5 mm



Fonte: Eletrônica (2013).

Figura 3.18 - LED de potência: 1, 3 e 5 Watts



Fonte: Conexled (2015).

Figura 3.19 - Evolução do LED



Fonte: Kawasaki (2011).

Tabela 3.5 - História do LED

1962	O primeiro diodo de luminescência vermelho (tipo GaAsP), desenvolvido pelo americano Nick Holonyak, entra no mercado. O primeiro LED na área do comprimento de onda visível marca o nascimento do LED produzido industrialmente.
1971	Como resultado do desenvolvimento de novos materiais de semicondutores, os LEDs são produzidos em novas cores: verde, laranja e amarelo. O desempenho e a eficiência do LED continuam a melhorar.
1993	O japonês Shuji Nakamura desenvolve o primeiro LED azul brilhante e um LED muito eficiente na faixa do espectro verde (diodo InGaN). Algum tempo depois ele também desenvolve o LED branco.
1995	O primeiro LED com luz branca da conversão da luminescência é apresentado e lançado no mercado dois anos mais tarde.
2006	Os primeiros diodos de emissão de luz com 100 lúmens por watt são produzidos. Essa eficiência pode ser superada somente pelas lâmpadas de descarga de gás.
2010	Os LEDs de uma determinada cor com eficiência luminosa gigante de 250 lúmens por watt já estão sendo desenvolvidos sob condições em laboratório. O progresso continua a avançar. Hoje, mais desenvolvimento em direção ao OLED é visto como a tecnologia do futuro.

Fonte: OSRAM (2013).

c) Lâmpadas LED - partes constituintes.

Lâmpadas são acomodadas em luminárias, mas no caso da nova tecnologia LED, às vezes uma lâmpada LED consiste em uma luminária completa, sem haver separação entre lâmpada e luminária, mas também há lâmpadas LED que podem ser instaladas em luminárias, ou seja, lâmpadas típicas.

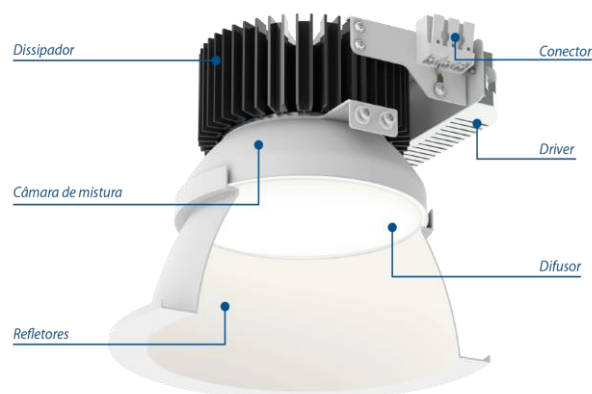
Uma Lâmpada a LED, ou uma fonte luminosa LED, é composta basicamente por três partes: Chip LED (com o Diodo Emissor de Luz), Dissipador (de calor) e Driver (fonte de energia) (CAMPOS, 2013), conforme figuras 3.20 e 3.21 respectivamente “Composição de uma fonte luminosa LED” e “Luminária LED”, abaixo.

Figura 3.20 - Composição de uma fonte luminosa LED



Fonte: Campos (2013).

Figura 3.21 - Luminária LED



Fonte: Campos (2013).

Os LEDs são dispositivos semicondutores que emitem luz pela aplicação de uma tensão e pela passagem de uma corrente contínua numa única direção (sentido).

A FONTE de alimentação do LED, é vulgarmente denominada “driver”. A vida destes drivers, sendo compostos principalmente de componentes eletrônicos, depende da temperatura alcançada durante a operação e da temperatura do ambiente envolvente.

Os fabricantes de equipamentos são obrigados a marcar um ponto de medida e uma temperatura $T_{cdriver}$; isto significa que só se garantem as propriedades (consumo, vida útil, fontes de alimentação, etc.) do driver, caso a temperatura superficial, no ponto de medida, se mantenha abaixo do valor $T_{Cdriver}$ marcado (CAMPOS, 2013).

Quanto ao DISSIPADOR, O calor gerado é retido no interior do LED e deve ser eliminado através de um dissipador de calor a fim de evitar falhas no mesmo. A vida útil do LED depende de sua temperatura e da corrente a que é submetido. Quanto melhor a dissipação do calor, maior será o tempo de vida do LED e maior será o fluxo luminoso emitido (CAMPOS, 2013).

Podem-se obter lâmpadas LED das mais diversas variedades de potência, cor, eficiência, formatos, etc. Vai depender da escolha do driver (fonte), do LED e do dissipador. Dessa forma as lâmpadas a LED são apropriadas para uso nos mais variados tipos de aplicação, sejam na iluminação de escritórios, residências, ruas, galpões industriais, em jardins. Elas não possuem gases tóxicos, nem produzem radiação ultravioleta, nem radiação infravermelho (por gerarem luz monocromática), tem a vida útil longa até acima de 50.000h e apresentam eficiência energética na faixa de 35 a 140 lm/W (Apêndice C).

3.3 COMPARATIVOS DE LÂMPADAS

Foi feito um estudo comparativo entre as lâmpadas LED e os diversos tipos de lâmpadas convencionais (incandescentes e de descarga: fluorescentes, metálicas, a vapor de sódio, mistas), analisando as características técnicas (vida útil, eficiência energética, Índice de Reprodução de cor IRC, temperatura da cor, toxidade e emissão de radiação UV), com Tabelas e gráficos representando dados comparativos entre ambas.

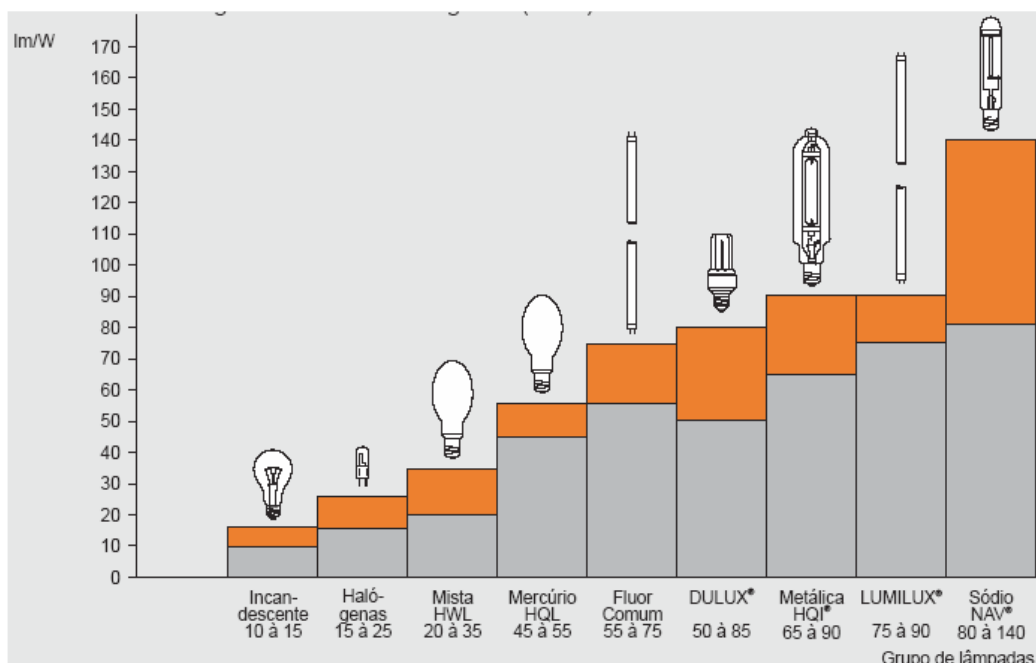
3.3.1 Vida Útil

Observando-se o apêndice C que foi elaborado baseado no levantamento de dados técnicos de catálogos de fabricantes renomados, constata-se que lâmpadas LED tem maior vida útil que as demais (chegando acima de 60.000 h), seguidas das lâmpadas a vapor de sódio com 40.000 h. As lâmpadas a vapor de mercúrio tem vida útil na faixa dos 15.000 a 24.000 h, as lâmpadas de multivapores metálicos e mistas 10.000 h, as lâmpadas incandescentes halógenas 2000 h e incandescentes comuns 1.000 h.

3.3.2 Eficiência Energética

Observando-se o gráfico da figura 3.22, abaixo, e dados do apêndice A, constata-se que as lâmpadas a vapor de sódio apresentam maior eficiência energética, em torno de 140.00 lm/W, porém já alcançadas pela evolução atual das lâmpadas LED. As lâmpadas de multivapores metálicos vêm em seguida com até 105 lm/W, basicamente equiparando-se às lâmpadas fluorescentes (tubulares T5) com eficiência energética de 103 lm/W. As lâmpadas fluorescentes compactas apresentam eficiência energética na faixa de até 80 lm/W e as lâmpadas a vapor de mercúrio de até 60 lm/W. As lâmpadas de menor eficiência energética são as incandescentes comuns com 10 a 15 lm/W e as incandescentes halógenas com 15 a 25 lm/W.

Figura 3.22 - Eficiência Energética (lm/W)



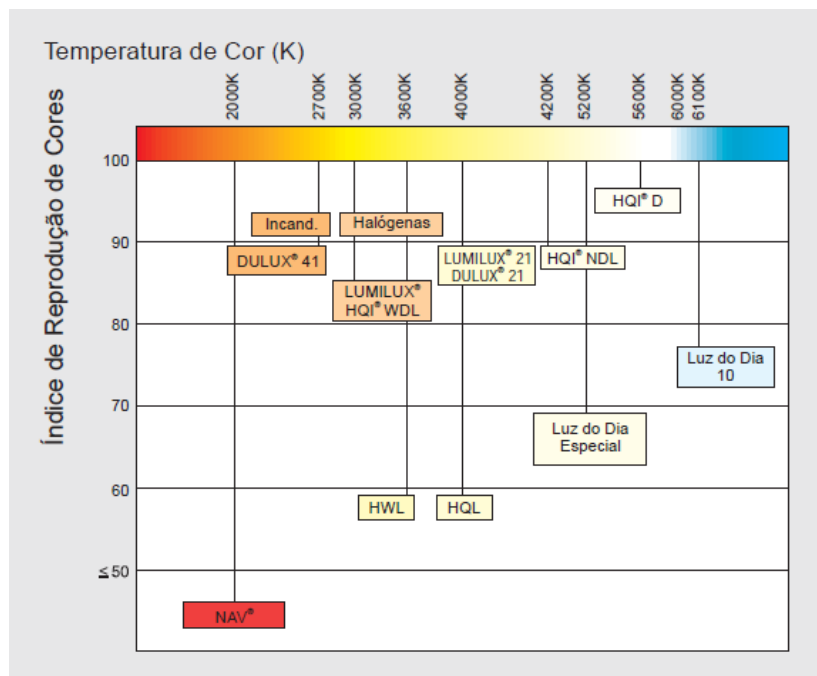
Fonte: Osram (2013).

3.3.3 Índice de reprodução de cor IRC

Lâmpadas LED e incandescentes apresentam melhor índice de reprodução de cor, IRC maior que 90%, aproximando-se da luz natural. Lâmpadas fluorescentes têm IRC de 65 a 85%. Lâmpadas de descarga a vapor de mercúrio e de multivapores metálicos apresentam IRC menor que 60% e lâmpadas a vapor de sódio apresentam IRC menor que 50%, conforme pode ser visto no Apêndice C e nos gráficos das figuras

3.23 e 3.24 abaixo, respectivamente “Índice de reprodução de cores X Temperatura da cor” e “Espectro Visível”.

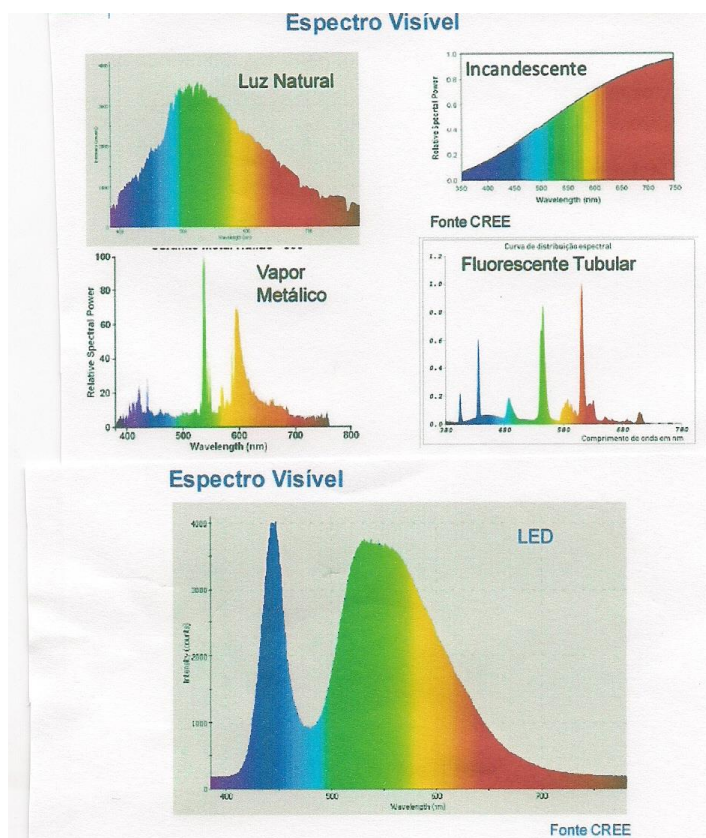
Figura 3.23 - Índice de reprodução de cores X Temperatura da cor



Fonte: Osram (2013).

Em relação ao gráfico acima, ressalta-se que quanto aos modelos NAV, Dulux, Lumilux, Luz do dia, HQI, NDL, WDL, HWL e HQL de fabricação OSRAM; NAV é um modelo de lâmpada a vapor de sódio, Dulux corresponde a uma lâmpada fluorescente compacta, Lumilux e Luz do dia são lâmpadas fluorescentes tubulares, HQI, NDL e WDL são modelos de lâmpadas de multivapores metálicos, HWL lâmpada mista e HQL lâmpada a vapor de mercúrio (Tabela).

Figura 3.24 - Espectro Visível



Fonte: Kawasaki (2011).

3.3.4 Temperatura da cor

Segundo análise da figura 3.24 “Índice de reprodução de cores X Temperatura da cor”, pode afirmar que há lâmpadas fluorescentes com ampla variação de temperatura de cor (lâmpada fluorescente Dulux 41 com 2.000 K e lâmpada fluorescente Luz do dia 10 com 6.100 K), o mesmo não ocorrendo com as lâmpadas de descarga. A figura apresenta lâmpadas mistas e vapor de mercúrio com temperaturas intermediárias e que podem ser quentes e frias e as lâmpadas incandescentes como lâmpadas quentes. Já as lâmpadas LED, segundo Silva (2004), estas permitem incontáveis variações e tonalidades de cor. Isso demonstra maior versatilidade de uso das lâmpadas LED e fluorescentes.

3.3.5 Toxicidade

Algumas lâmpadas contêm a presença de metais tóxicos como o vapor de mercúrio, como por exemplo, lâmpadas fluorescentes (tubulares e compactas) e lâmpadas de descarga (mista, a vapor de mercúrio, a vapor de sódio e de multivapores metálicos). O teor de mercúrio no tubo de descarga varia de 13 a 80 mg (para lâmpadas Vapor de mercúrio), de 11 a 45 mg (lâmpadas Mistas), de 15 a 30 mg (lâmpadas a Vapor de sódio) e de 10 a 170mg (lâmpadas de multivapores metálicos) (POLANCO, 2013).

As lâmpadas que não contêm mercúrio são lâmpadas incandescentes comuns, halógenas e dicróicas e lâmpadas LED.

3.3.6 Emissão de radiação UV

Lâmpadas de descarga produzem radiações ultravioleta UV que são absorvidas pela parede do tubo de vidro externo da lâmpada pintado na parte interna com pó fluorescente. As Lâmpadas incandescentes e LED não produzem radiação ultravioleta. As primeiras possuem radiação infravermelho, sendo lâmpadas quentes e as últimas como são monocromáticas, não apresentam radiação infravermelha, sendo lâmpadas frias.

3.4 LUMINÁRIAS

3.4.1 Definição e Partes Constituintes

O Manual de Iluminação eficiente (PROCEL, 2002) define luminárias como equipamentos que recebem a fonte de luz (lâmpada) e modificam a distribuição espacial do fluxo luminoso produzido pela mesma e tendo como partes principais:

- O receptáculo para a fonte luminosa;
- Os dispositivos para modificar a distribuição espacial do fluxo luminoso emitido (refletores, refratores, difusores, colméias, etc.);
- A carcaça, órgãos acessórios e de complementação (reatores, ignitores, etc).

Informa que o **receptáculo para fonte luminosa** funciona como contato elétrico entre o circuito de alimentação externo e a lâmpada, contendo partes isolantes normalmente de porcelana vitrificada, partes condutoras de latão e partes que possuem efeito de mola, de bronze fosforoso.

Refletores são dispositivos que servem para modificar a distribuição espacial do fluxo luminoso de uma fonte de luz; sendo geralmente circulares, parabólicos, elípticos e de formas especiais normalmente assimétricos. Cada tipo de refletor possuindo sua aplicação específica. Podem ser constituídos de vidro ou plásticos espelhados, alumínio polido, chapa de aço esmaltada ou pintada de branco. O vidro espelhado é pouco utilizado devido a sua fragilidade, peso e elevado custo. O alumínio polido é uma ótima opção, pois alia as vantagens de alta refletância, razoável resistência mecânica, peso reduzido e custo relativamente baixo (PROCEL, 2002).

Refratores são dispositivos que modificam a distribuição do fluxo luminoso de uma fonte utilizando o fenômeno da transmitância. Em muitas luminárias estes dispositivos têm como finalidade principal a vedação da luminária, protegendo a parte interna contra poeira, chuva, poluição e impactos (PROCEL, 2002).

Difusores e Colméias são elementos translúcidos, foscos ou leitosos, colocados em frente à fonte de luz com a finalidade de diminuir sua luminosidade, reduzindo as possibilidades de ofuscamento. Podendo ser constituídos de vidro fosco, plástico, acrílico ou policarbonato. Podem também ser utilizados para se conseguir um aumento da abertura de fecho de uma luminária (PROCEL, 2002).

Carcaça, Órgãos de fixação e de Complementação as estruturas básicas da luminárias podem ser constituídas de diversos materiais. Nas luminárias fluorescentes, a carcaça usualmente é feita de chapa de aço. Nas luminárias utilizadas ao tempo, geralmente as carcaças são de alumínio ou plásticos (PROCEL, 2002).

Há também **Equipamentos Auxiliares** utilizados na instalação de luminárias como:

Reatores que tem por finalidade provocar aumento de tensão durante a ignição e uma redução da intensidade da corrente (PROCEL, 2002). São utilizados em lâmpadas

de descarga de baixa e alta pressão (fluorescentes, a vapor de mercúrio, metálicas, a vapor de sódio).

Ignitores que tem por finalidade provocar pulso de tensão durante a ignição (PROCEL, 2002). São utilizados em lâmpadas de descarga de alta pressão (metálicas, a vapor de sódio).

3.4.2 Classificação de luminárias

As luminárias difundem a luz; reduzem o brilho e o ofuscamento ou proporcionam um bom efeito decorativo.

Há varias classificações das luminárias. Segundo Pereira e Souza (2005), as luminárias podem ser classificadas de acordo com a emissão e distribuição do fluxo luminoso; pelo tipo de proteção contra contatos diretos ou indiretos; e pelo tipo de proteção contra a umidade e sujeira (com diferenciações quanto ao uso interno ou externo).

O fluxo luminoso produzido por uma luminária pode ser dividido numa parcela que vai para cima (para o hemisfério superior) e noutra que vai para baixo (hemisfério inferior). A **Tabela 3.5 Classificação de luminárias de acordo com a emissão e distribuição do fluxo luminoso** Apresenta a **classificação** proposta pela CIE (Commission Internationale d'Eclairage) **para luminárias** de iluminação geral, **de acordo com o direcionamento do fluxo luminoso** (PEREIRA; SOUZA, 2005).



Tabela 3.5 Classificação de luminárias de acordo com a emissão e distribuição do fluxo luminoso

Classe de luminária	Fluxo luminoso em relação a horizontal [%]		Notas
	Para cima	Para baixo	
Direta	0 - 10	90 - 100	O fluxo luminoso é dirigido para baixo. Luminárias deste tipo proporcionam um alto rendimento
Semidireta	10 - 40	60 - 90	O fluxo luminoso é dirigido principalmente para baixo.
Geral difusa	40 - 60	40 - 60	O fluxo luminoso é dirigido em partes iguais para cima e para baixo.
Semi-Indireta	60 - 90	10 - 40	O fluxo luminoso é dirigido principalmente para cima.
Indireta	90 - 100	0 - 10	O fluxo luminoso é dirigido para cima. Luminárias deste tipo proporcionam um baixo rendimento, com uma visão pouco clara por falta de sombras.

Fonte: Pereira e Souza (2005).

A **classificação das luminárias quanto a proteção contra contatos diretos ou indiretos** elaborada pelo IEC (International Electrotechnical Commission) abrange quatro classes (Classe 0, I, II e III), conforme pode ser observado na **Tabela 3.6 Classificação de luminárias quanto a proteção contra contatos diretos ou indiretos** A seguir.

Tabela 3.6 Classificação de luminárias quanto a proteção contra contatos diretos ou indiretos

Classe	Tipo de Proteção	Símbolo*
0	São luminárias isoladas eletricamente. Não existe nenhum condutor para aterramento. O alojamento poderá ser de um material isolante, que total ou parcialmente cumprirá a função de isolamento, ou poderá ser de um metal isolado das partes condutoras. Podem incluir partes com isolamento reforçado ou duplamente isolado.	Ausente
I	São luminárias nas quais a proteção contra choque elétrico não fica confiada somente a isolação básica, mas que inclui uma precaução adicional de segurança (aterramento). O condutor de aterramento é conectado a todas as partes de metais expostas que podem se tornar condutoras na presença de uma condição de defeito.	Ausente
II	São luminárias nas quais a proteção contra choque elétrico não fica confiada somente a isolação básica, mas na qual são fornecidas precauções adicionais de segurança como isolamento reforçado ou duplo isolamento. Não existe nenhum condutor de aterramento neste tipo de luminária.	
III	São luminárias nas quais a proteção contra choque elétrico depende do suprimento de Segurança de Extra Baixa Voltagem (SELV), e na qual voltagens mais elevadas do que aquelas da SELV não são geradas. O SELV é definido como uma voltagem que não excede 50 V (AC, rms) entre condutores ou entre qualquer condutor e a terra. O mais comum é uma voltagem máxima de operação de 42 V (CA).	



* Símbolo utilizado pelos fabricantes de luminárias.

Fonte: Pereira e Souza (2005).

Segundo Pereira e Souza (2005), o IEC (International Electrotechnical Commission) elaborou um sistema de **classificação das luminárias quanto ao grau de proteção** proporcionado pelo equipamento contra o ingresso de corpos estranhos, poeira e umidade, sendo também considerados corpos estranhos ferramentas e dedos colocados em contato com as partes condutoras. Este sistema é chamado de IP (Ingress Protection).

O grau de proteção deste sistema é identificado pelas letras IP seguidos de dois algarismos, sendo que o primeiro algarismo indica a proteção contra o ingresso de corpos estranhos e poeira e o segundo algarismo indica o grau de vedação contra a penetração de água, conforme Tabela e Tabela (PEREIRA; SOUZA, 2005).

Tabela 3.7 Classificação de luminárias quanto a proteção contra poeira

Algarismo	Grau de Proteção	Símbolo*
0	Não protegido.	Ausente
1	Protegido contra objetos sólidos maiores que 50 mm.	Ausente
2	Protegido contra objetos sólidos maiores que 12 mm.	Ausente
3	Protegido contra objetos sólidos maiores que 2,5 mm.	Ausente
4	Protegido contra objetos sólidos maiores que 1 mm.	Ausente
5	Protegido contra poeira.	
6	Hermético.	

* Símbolo utilizado pelos fabricantes de luminárias.

Fonte: Pereira e Souza (2005).

Tabela 3.8 Classificação de luminárias quanto a proteção contra umidade

Algarismo	Grau de Proteção	Símbolo*
0	Não protegido.	Ausente
1	Protegido contra gotejamento de água.	☉
2	Protegido contra gotejamento de água quando inclinada acima de 15°.	Ausente
3	Protegido contra água pulverizada.	□
4	Protegido contra água borrifada.	☉
5	Protegido contra jatos de água.	☉☉
6	Protegido contra jatos de água em alta pressão.	Ausente
7	Protegido contra efeitos de imersão.	☉☉
8	Protegido contra submersão.	☉☉.m

* Símbolo utilizado pelos fabricantes de luminárias.

Fonte: Pereira e Souza (2005).

Neste trabalho, vai ser considerada a **classificação das luminárias segundo a natureza do uso e o ambiente aonde serão instaladas**, conforme pode ser observado nas linhas de produção dos fabricantes de equipamentos elétricos. Uma vez que as classificações das linhas de fabricação dos fabricantes apresentam algumas variações, tal classificação foi então ser considerada, de um modo geral conforme abaixo:

- **Comerciais**
- **Industriais**
- **Públicas.**
- **Decorativas.**
- **Específicas**

Seguem abaixo exemplos de classificação de alguns fabricantes de luminárias:

a-Tropico Iluminação

Tal fabricante classifica as luminárias em sua linha de produção conforme figura 3.25 abaixo (catálogo de produtos):

Figura 3.25 - Catálogo de luminárias TROPICO de luminárias

The image shows the index page of a catalog. The title 'Índice' is written in large white letters on a dark teal background. To the right, an orange box contains a table of contents with white text. The table lists various categories of lighting products and their corresponding page numbers.

Introdução	04
Luminárias	05
Públicas	07
Decorativas	13
Projetores	19
Industriais	25
Comerciais	29
Lâmpadas de indução	33

Fonte: Tropico (2012).

b -Philips

Tal fabricante classifica as luminárias em sua linha de produção conforme abaixo:

- D'eco LED (decorativa interna)
- D'eco (decorativa interna)
- Comercial /Escritórios
- Comercial
- Industrial
- Embelezamento Urbano (decorativa externa)
- Esportiva /Externa (específica)
- Pública

c- Reeme Iluminação:

Tal fabricante classifica as luminárias em sua linha de produção conforme a seguir (figura 3.26):

- Iluminação de longo alcance e específica
- Iluminação blindada
- Iluminação pública
- Iluminação industrial

Figura 3.26 - Índice do catálogo REEME de luminárias



Índice	
Série MA	Iluminação de longo alcance e específica 3
Série RI / RIF	Iluminação industrial 9
	Iluminação industrial alojamento fundido..... 13
Série RR	Caixas de ligação 15
	Caixas para piso 16
Série RW / RWAL	Iluminação à prova de explosão 17
	Iluminação à prova de explosão com Alojamento 18
Série ZE	Iluminação pública 19
	Iluminação pública injetada 27
Série TE	Iluminação blindada 35
	Acessórios..... 37
	Postes..... 38
	Núcleo 40
	Dados Técnicos 41

Fonte: Reeme (2012).

d Tecnowatt Iluminação

Tal fabricante classifica as luminárias em sua linha de produção conforme abaixo (figura 3.27):

- Iluminação Pública
- Iluminação Decorativa
- Iluminação Específica - Projetores
- Iluminação Industrial

Figura 0.1 - Catálogo Tecnowatt de iluminação

Iluminação Pública

AP 101



Aplicação:
Vias públicas, rodovias, viadutos e pontes
Vias de acesso em condomínios residenciais e indústrias
Pátios, parques, praças e estacionamentos

Características:
Corpo: alumínio injetado a alta pressão
Difusor: vidro curvo temperado
Refletor: alumínio polido quimicamente anodizado e selado
Equipamentos auxiliares: incorporados internamente à luminária
Tomada para rede fotoelétrica: opcional
Dispositivo de fechamento: sistema de torção na parte superior da luminária
Fixação da luminária ao braço: suporte de alumínio injetado e fixação por parafusos de aço inoxidável

Ponto de braços: 48 a 60mm
Tipo de poste: 60mm
Manutenção:
Acesso à lâmpada e equipamentos auxiliares pela parte superior da luminária
Nível bolha na parte superior da luminária
Acabamento: pintura eletrolítica nas cores cinza, azul, vermelha ou outras cores a pedido
Grau de proteção: IP65 conjunto óptico e IP65 alojamento para equipamentos auxiliares. *Possibilidade de alteração no grau de proteção sob consulta.

Iluminação Decorativa

F08



Aplicação:
Cajados e pontes de cooper
Parques, praças e estacionamentos
Vias de acesso em condomínios residenciais

Características:
Corpo: Poste de aço galvanizado. Altura útil

do poste 3m ou em outras alturas a pedido
Anéis, no conjunto óptico, de alumínio injetado. Abaixo do conjunto óptico
Altura total da luminária, poste + conjunto óptico: 4m
Difusor: acrílico
Refletor: anéis de alumínio polido quimicamente anodizado e selado
Equipamentos auxiliares: incorporados internamente à luminária
Dispositivo de fechamento: parafusos de aço inoxidável
Instalação: base fixada em chumbadores.

(chumbadores fornecidos juntamente com o poste)
Manutenção:
Janela de inspeção na parte inferior para acesso às conexões elétricas
Acesso à lâmpada e equipamentos auxiliares retirando-se o conjunto óptico
Acabamento: pintura eletrolítica na cor cinza escuro ou outras cores a pedido
Grau de proteção: IP54 conjunto óptico e alojamento para equipamentos auxiliares. *Possibilidade de alteração no grau de proteção, mediante consulta.

Iluminação Específica - Projetores

PR31



Aplicação:
Fachadas, monumentos e árvores (iluminação de destaque)
Campes e quadras de esportes
Pátios de manobras, estoques e estacionamentos

Áreas internas em galpões industriais e ginásios de esportes

Características:
Corpo: alumínio injetado
Difusor: vidro plano, temperado
Refletor: circular de alumínio polido quimicamente anodizado e selado
Distribuição óptica:
• Lâmpadas ovóides: fecho aberto cônico simétrico
• Lâmpadas tubulares: fecho concentrado cônico simétrico

Equipamentos auxiliares: incorporados internamente ao projetor
Dispositivo de fechamento: parafuso de aço inoxidável
Suporte de base: aço galvanizado e pintado com furos de 13mm
Manutenção: acesso à lâmpada e equipamentos auxiliares pela parte traseira do projetor
Acabamento: pintura eletrolítica na cor cinza
Grau de proteção: IP65 conjunto óptico e alojamento para equipamentos auxiliares. *Possibilidade de alteração no grau de proteção, mediante consulta.

Iluminação Industrial

IF 1001 SH



Aplicação:
Áreas internas em galpões industriais de pé-direito elevado
Ginásios de esportes

Características:
Corpo: Cabeceiras laterais: alumínio injetado
Corpo central: chapa de alumínio
Difusor: vidro plano, temperado
Refletor: alumínio polido quimicamente anodizado e selado
Distribuição óptica:
• IF 1001 SH – fecho aberto simétrico
• IF 1001 SH – fecho médio simétrico
Equipamentos auxiliares: externos à luminária
Dispositivo de fechamento: tampa lateral de alumínio injetado fixada por parafusos de aço galvanizado
Instalação: fixada por suporte de aço galvanizado com furo central de 22mm
Manutenção: acesso à lâmpada pela lateral da luminária através de um parafuso e retirando a tampa de fechamento
Acabamento: Cabeceiras laterais: pintura eletrolítica na cor cinza
Corpo central: cor natural do alumínio
Grau de proteção: IP65 conjunto óptico

04/405



Difusor:
• IFM 404 SV / IFL 404 SV: não possui difusor
• IFM 405 SV / IFL 405 SV: vidro plano, temperado
• IFM 408 SV/IFM 408 MV: policarbonato

galvanizado tipo trilho. A pedida pode ser fornecida com gancho tipo "L" para fixação em perfisados com cabo PP e plug IP-T
Manutenção:
Acesso à lâmpada basculando a lente de vidro. Ao bascular a lente de vidro esta será

Fonte: Tecnowatt (2013).

a - Luminárias comerciais

Geralmente utilizadas em escritórios, bancos, lojas, corredores, saguões, shopping centers, escolas bibliotecas, hospitais, universidades, hotéis, etc (PHILIPS, 2013). São geralmente do tipo calha com lâmpadas fluorescentes tubulares, porém ultimamente estão sendo fabricadas também luminárias comerciais com tecnologia LED. A figura 3.28 exemplifica uma luminária comercial.

Figura 3.28 - Luminária comercial



Fonte: Philips (2013).

b - Luminárias industriais

Geralmente utilizadas em Áreas cobertas, galpões industriais, ginásios de esportes, lojas, supermercados, almoxarifados e depósitos (TROPICO, 2013). Luminárias de instalação pendente e utilizam lâmpadas mistas ou de descarga tipo a vapor de mercúrio ou multivapores metálicos (Figura 3.29).

São fabricadas, nesta categoria, em menor escala, luminárias robustas tipo calha com lâmpadas fluorescentes tubulares de 28 W, 54W e 80W apropriadas para uso em ambiente industrial e também ultimamente estão sendo fabricadas luminárias industriais com tecnologia LED.

Figura 3.29 - Luminária industrial



Fonte: Tecnowatt (2013).

c - Luminárias Públicas

Geralmente utilizadas em vias públicas, rodovias, praças de pedágio, pátios, estacionamentos, parques, praças e áreas externas em geral (TROPICO, 2012). São instaladas em braços ou diretamente em postes de concreto ou metálicos e utilizam lâmpadas de descarga a vapor de sódio, a vapor de mercúrio ou de multivapores metálicos e também ultimamente estão sendo fabricadas luminárias públicas com tecnologia LED. A figura 3.30 exemplifica uma luminária pública.

Figura 3.30 - Luminária pública



Fonte: Tecnowatt (2013).

d - Luminárias decorativas

Tem a função de embelezar o ambiente além de iluminar. São utilizadas em Shopping centers, vias de acesso, parques, ciclovias, pistas de cooper, praças, calçadas, jardins, condomínios residenciais e industriais; aonde se valoriza a ornamentação (TROPICO, 2012). Utilizam lâmpadas incandescentes, halógenas, fluorescentes compactas, lâmpadas de descarga a vapor de sódio, a vapor de mercúrio ou de multivapores metálicos e também ultimamente estão sendo fabricadas luminárias decorativas com tecnologia LED. A figura 3.31 exemplifica uma luminária decorativa.

Figura 3.31 - Luminária decorativa

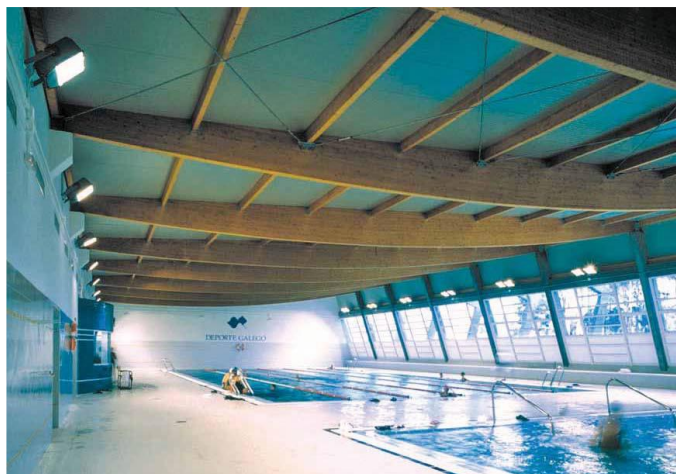


Fonte: Tecnowatt (2012).

e Luminárias específicas

Geralmente são utilizadas em situações específicas: campos de futebol, quadras poliesportivas, pátios de manobra, praças de pedágio, orlas marítimas, áreas portuárias, estacionamentos, fachadas, monumentos e iluminação de destaque (TROPICO, 2012). São projetores em sua maioria. Utilizam geralmente lâmpadas de descarga a vapor de sódio, a vapor de mercúrio ou de multivapores metálicos e em menor escala lâmpadas mistas e incandescentes halógenas. Ultimamente estão sendo fabricadas luminárias específicas com tecnologia LED. Segue abaixo a figura 3.32 com exemplo de luminária específica.

Figura 3.32 - Luminária específica



Fonte: Tecnowatt (2013).

4 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO UTILIZADOS EM AEROPORTOS

Este capítulo aborda os sistemas de iluminação utilizados em aeroportos de grande porte, considerando os tipos de luminárias utilizadas, ou seja, a classificação das luminárias de acordo com os ambientes aonde as mesmas serão instaladas: luminárias comerciais, industriais, públicas e específicas. Consideram-se então os sistemas de iluminação típicos existentes em um aeroporto conforme abaixo:

- luminação comercial TPS Terminais de Passageiros. |
- luminação industrial TECA Terminais de Carga. |
- luminação Pública Vias de acesso. |
- luminação Específica - Balizamento Noturno e Sinalização vertical |
- luminação Específica - Iluminação de Pátio de Aeronaves. |

4.1 TPS TERMINAIS DE PASSAGEIROS - ILUMINAÇÃO COMERCIAL.

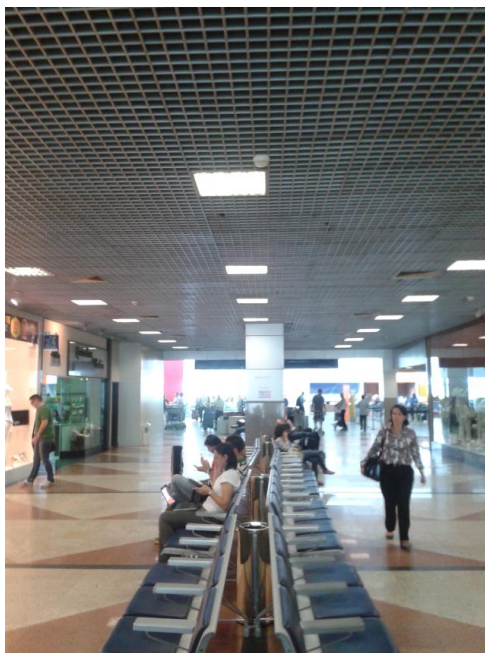
Terminais dos Passageiros “TPSs” são edificações localizadas no lado TERRA com interface ao lado AR. Basicamente são compostos pelos seguintes ambientes:

- Sala de embarque;
- Sala de desembarque;
- Áreas de circulação;
- Saguão;
- Baterias de Sanitários públicos;
- Área de administração do aeroporto, escritórios administrativos, auditório, sala de reuniões, baterias de sanitários e copa;
- Áreas independentes para as empresas contratadas e prestadoras de serviços de manutenção;
- Lojas do “aeroshopping”;

- Corredores de serviço para equipes de limpeza, carga e descarga de serviço - Lojas de Alimentação, outras lojas, Cafés, Exposições, etc;
- Corredores/Circulação da parte fixa das Pontes de Embarque;
- Pontes de embarque;
- Galeria técnica que permita a circulação de pessoal técnico e manutenção;
- Áreas operacionais, Centro de Operações Aeroportuárias;
- Sala de Emergência Médica ou Primeiros Socorros;
- Áreas Operacionais dos Órgãos Públicos;
- Saúde dos portos;
- Ministério da agricultura;
- Receita Federal;
- SAC Secretaria de Aviação Civil;
- DAC Departamento de Aviação Civil;
- Polícia Civil;
- Polícia militar;
- Juizado de Menores;

Nestes ambientes são utilizadas, quase em sua totalidade, luminárias do tipo comercial como calhas de embutir, de sobrepor ou até pendentes com lâmpadas fluorescentes tubulares (figura 4.1). Em menor escala são utilizadas luminárias decorativas de embutir, de sobrepor ou até pendentes com lâmpadas fluorescentes compactas ou halógenas nas lojas do “aeroshopping”. Também são utilizadas luminárias específicas como projetores com lâmpadas de descarga a vapor de mercúrio ou metálicas em áreas externas de fachadas, etc.

Figura 4.1 - Iluminação de TPS com Lâmpadas Fluorescentes de 16 W



Fonte: INFRAERO (2014).

4.2 TECA TERMINAL DE CARGAS - ILUMINAÇÃO INDUSTRIAL

Os terminais de carga, “TECAs”, são conhecidos como edificações localizadas no lado TERRA com interface ao lado AR, na área industrial do sítio aeroportuário. Segundo a INFRAERO (2005), um terminal de cargas deverá ser composto pelos seguintes ambientes:

- Setor de cargas (armazenagem);
- Central de utilidades (ar condicionado);
- Guarita;
- Setor administrativo (escritórios, auditório, copa, sanitários, circulação);
- Estacionamento área externa lado terra) e pátios (área externa lado ar);
- Depósito de resíduos sólidos (edificação á parte);
- Descontaminação e fumigamento (área externa lado ar).

Numa edificação de um terminal de cargas de um aeroporto do grupo 1, categoria I, o setor de cargas ocupa a maior disponível, conforme pode ser observado no aeroporto de Salvador, no qual este setor ocupa em média 60 % da área da edificação, conforme disposto no Apêndice B.

No setor de armazenagem, que ocupa maior área útil de um terminal de cargas, são utilizadas luminárias do tipo industrial como refletores com lâmpadas de descarga a vapor de mercúrio e de multivapores metálicos (figura 4.2). Nas áreas de escritórios são utilizadas luminárias tipo comercial como calhas de embutir, de sobrepor ou ate pendentes com lâmpadas fluorescentes tubulares. Também são utilizadas luminárias específicas como projetores com lâmpadas de descarga a vapor de mercúrio, de multivapores metálicos em áreas externas de fachadas, etc.

Figura 4.2 -Iluminação de Terminal de Cargas lâmpadas de multivapores metálicos de 400W



Fonte: INFRAERO (2014).

4.3 VIAS DE ACESSO - ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Aeroportos de grande porte, do grupo 1, categoria I, são providos de vias de acesso em áreas internas ao sítio aeroportuário. Nestes locais são utilizadas luminárias do tipo iluminação pública instaladas em braços de postes de iluminação com lâmpadas de descarga geralmente a vapor de sódio ou em menor escala de multivapores metálicos (figura 4.3)

Figura 4.3 - Iluminação Pública de via de acesso com lâmpadas a vapor de sódio de 250W



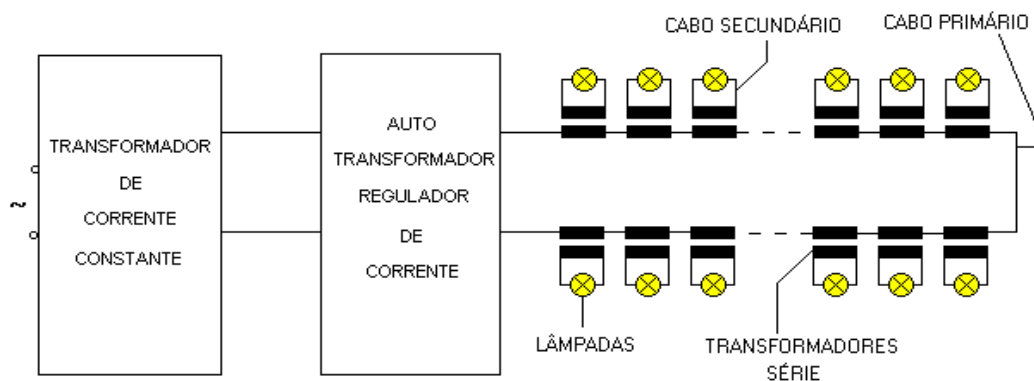
Fonte: INFRAERO (2013).

4.4 BALIZAMENTO NOTURNO E SINALIZAÇÃO VERTICAL - ILUMINAÇÃO ESPECIFICA

O Sistema de Balizamento Luminoso Noturno é um auxílio visual á navegação aérea, é definido como um conjunto de luzes dos tipos: borda de pista de pouso, luzes de eixo de pista de pouso, luzes de borda de pista de rolamento, luzes de eixo de pista de rolamento, luzes de final de pista, as luzes de cabeceira de pista, luzes de zona de contato e demais luzes destinadas a prestar auxílio visual aos pilotos e aeronaves e de um sistema integrado de controle capaz de operar (por *software*) via TWR (da palavra ToWeR, torre de controle de aeródromo) / Sala Técnica os auxílios a navegação aérea do aeródromo, conforme as regras de aproximação segundo a ICAO - Organização de Aviação Civil Internacional.

O sistema de balizamento noturno é constituído de luminárias elevadas ou embutidas no pavimento, alimentadas por circuito série, provenientes de reguladores de corrente constante, que possibilitam o ajuste da corrente de saída com vistas ao controle de brilho (figura 4.4).

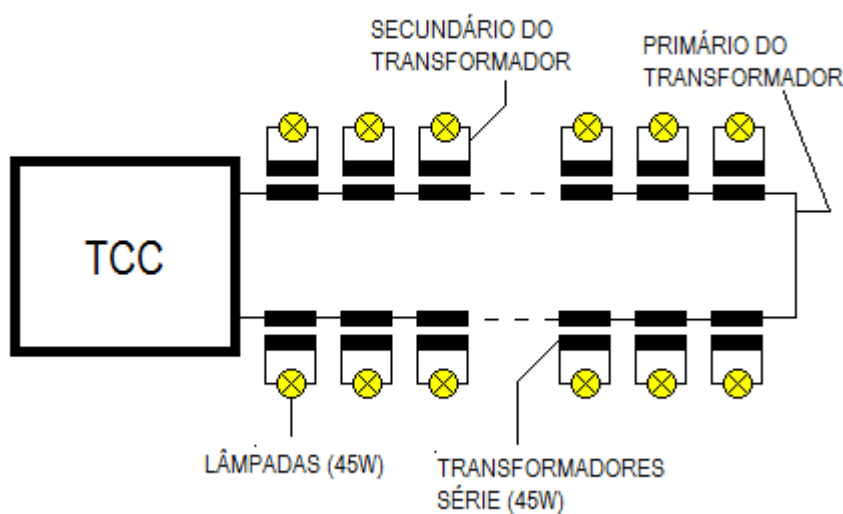
Figura 4.4 - Circuito com Transformador de Corrente Constante (TCC) e Auto-transformador Regulador de Corrente (ATRC)



Fonte: INFRAERO (2011).

Em complementação aos auxílios luminosos, são instaladas Placas de instruções Obrigatórias e Placas de informações que são iluminadas internamente, podendo se utilizar circuitos paralelo, em oposição aos circuitos serie do sistema de iluminação de pistas, uma vez que estes não requerem controle de brilho, a não ser em casos muito especiais (figura 4.5).

Figura 4.5 - Circuito com Transformador de Corrente Constante (TCC)



Fonte: INFRAERO (2011).

As luminárias utilizadas no respectivo balizamento são modelo padrão SN05 (padrão de luminária de balizamento de média intensidade do Projeto e Operação de Aeroportos, volume 1, Anexo 14 da ICAO Convenção da Aviação Civil Internacional) nas quais se usam lâmpadas incandescentes ou halógenas de 30 ou 45 W, 220 V, 6,6 A (figura 4.6) e os cabos são de 10 mm² com classe de isolamento 3.6/6KV.

Figura 4.6 - Luminária de balizamento padrão SN 05.



Fonte: Technilux (2015).

4.5 ILUMINAÇÃO DE PÁTIO DE AERONAVES- ILUMINAÇÃO ESPECIFICA.

Há nos aeroportos, no lado AR, pátios para estacionamento e manobras de aeronaves. Tais pátios são revestidos por pavimentos flexíveis (asfalto) ou rígidos (concreto). A iluminação destes pátios é feita por torres de iluminação com alturas na faixa de 24m (figura 4.7). Nestas torres instalam-se simultaneamente dois tipos de projetores: projetores com lâmpadas de descarga a vapor de sódio ou de multivapores metálicos e projetores com lâmpadas incandescentes halógenas; estes últimos por ter fluxo nominal praticamente imediato, o que não ocorre com lâmpadas de descarga que levam algum tempo para atingir o fluxo luminoso nominal, ou seja, em caso de falta de energia, são ligados os projetores com lâmpadas halógenas até o restabelecimento do fluxo nominal dos projetores com lâmpadas de descarga.

Figura 4.7 - Torres de Iluminação com lâmpadas de multivapores Metálicos de 1.000 W e halógenas de 1.500W



Fonte: INFRAERO (2008).

5 NORMAS TÉCNICAS

Nos estudos luminotécnicos de casos típicos dos sistemas de iluminação de um aeroporto, pelo fato de alguns deles estarem em ambientes internos e outros em ambientes externos, conforme relacionado abaixo, torna-se necessário consultar normas técnicas referentes a iluminação de ambientes internos e externos.

- luminação comercial TPS Terminais de Passageiros-(**ambiente interno**) |
- luminação industrial TECA Terminais de Carga-(**ambiente interno**) |
- luminação Pública Vias de acesso (**ambiente externo**) |
- luminação Específica. - Balizamento Noturno e Sinalização vertical (**ambiente externo**) |
- luminação Específica. - Iluminação de Pátio de Aeronaves (**ambiente externo**). |

Foi feito então um resumo das normas técnicas de iluminação de ambientes internos e de ambientes externos conforme abaixo:

5.1 NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS EM AMBIENTES INTERNOS

Para os estudos luminotécnicos nos ambientes internos (TPS Terminais de passageiros e TECA Terminais de cargas) típicos de um aeroporto foi necessário consultar a norma 2 ABNT ISO/CIE 8995-1 Iluminação de Ambientes de Trabalho Parte 1: Interior.

5.1.1 ABNT ISO/CIE 8995-1 Iluminação de Ambientes de Trabalho Parte 1: Interior

Norma que entrou em vigência a partir de 21.04.2013, substituindo e cancelando a norma NBR 5413 – Iluminância de Interiores de 1992.

Tal norma, apresenta requisitos para se ter uma boa iluminação em ambientes internos de trabalho, requer atenção para a quantidade e qualidade da iluminação, seja na iluminância suficiente para cada tipo de tarefa, nas características do índice de

reprodução de cor da fonte de luz e no nível de ofuscamento. Define conceitos básicos luminotécnicos de iluminação de interiores, conforme Tabela a seguir:

Tabela 5.1 Conceitos básicos luminotécnicos referentes a iluminação de interiores

Sigla	Significado	Definição
Em\	Iluminância Mantida	Valor abaixo do qual não convém que a iluminância média da superfície especificada seja reduzida.
UGR	Índice de Ofuscamento Unificado	Definição da CIE para o nível de desconforto por ofuscamento.
UGR _L	Índice limite de Ofuscamento Unificado	Valor máximo permitido do nível de ofuscamento unificado de projeto para uma instalação de iluminação.
Ra	Índice Geral de Reprodução de Cor	Índice necessário para fornecer indicação objetiva das propriedades de reprodução de cor de uma fonte de luz, cujo valor máximo é 100, cujo valor diminui com a redução da qualidade de reprodução de cor.

Fonte: ABNT, ISO/CIE 8995-1 (2013).

Define faixas de valores de refletâncias úteis para as superfícies internas dos ambientes, conforme Tabela abaixo:

Tabela 5.2 Valores de refletâncias úteis por ambiente

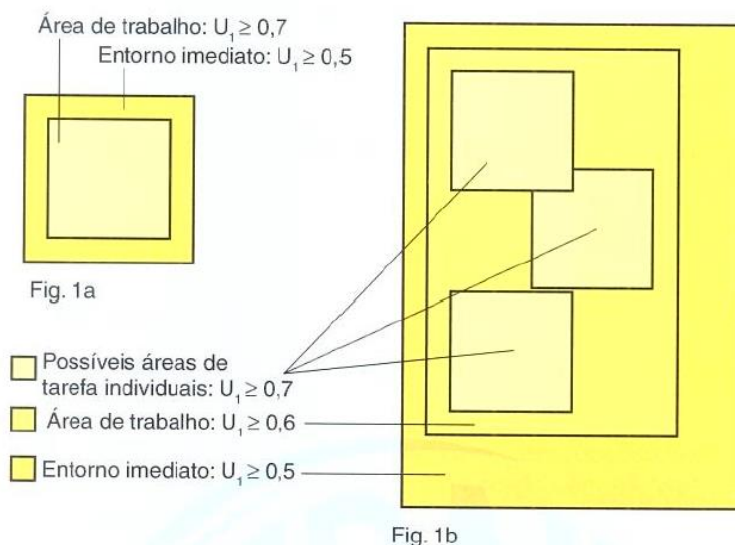
Ambiente	Valores de refletância úteis.
Tetos	0,6 a 0,9
Paredes	0,3 a 0,8
Planos de trabalho	0,2 a 0,6
Pisos	0,1 a 0,5

Fonte: ABNT, ISO/CIE 8995-1 (2013).

Define áreas a serem iluminadas em um ambiente (área de tarefa, área de trabalho e entorno imediato) e seus respectivos limites físicos, de acordo com a Figura 5.1 abaixo, constante no Anexo A da referida norma.

- a - Área da tarefa individual: área aonde um tipo de tarefa visual é realizada.
- b - Área de trabalho: área aonde diferentes tarefas individuais podem ser realizadas.
- c - Entorno imediato: área compreendida entre a área de trabalho e os limites externos do ambiente;

Figura 5.1 - Área de tarefa e entorno imediato



Fonte: ABNT 8995-1 (2013).

Segundo a norma, a uniformidade de iluminância (razão entre o valor mínimo e o valor médio de iluminâncias) não pode ser menor que 0,7 na área da tarefa não pode ser inferior a 0,5 no entorno imediato e não deve ser menor que 0,6 na área de trabalho, como pode ser visto na figura 5.1.

Define ofuscamento como sendo a sensação visual produzida por áreas brilhantes dentro do campo de visão, podendo ser de dois tipos: ofuscamento desconfortável e ofuscamento desabilitador. O primeiro causando desconforto visual às pessoas e o segundo inabilitando as condições visuais para a execução da tarefa. O ofuscamento pode também ser causado por reflexões em superfícies especulares, sendo então conhecido como reflexões veladoras ou ofuscamento refletido. Esta norma apresenta uma tabela no anexo C, com valores limites máximos de ofuscamento UGR_L (Tabela abaixo).

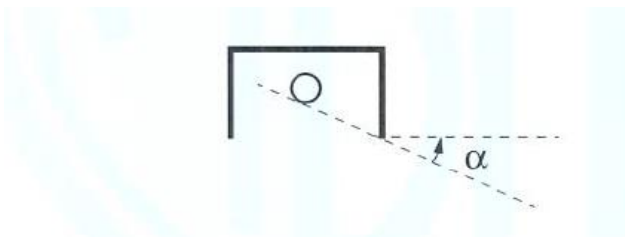
Tabela 5.3 Exemplos dos limites máximos de UGR_L

Desenho técnico	≤ 16
Leitura, escrita, salas de aula, computação, inspeções.	≤ 19
Trabalho em indústrias, exposições, recepção	≤ 22
Trabalho bruto, escadas	≤ 25
Corredores	≤ 28

Fonte: ANBR 8995-1 (2013).

Segundo a norma, o ofuscamento é causado por iluminâncias excessivas (fontes brilhantes intensas) ou contrastes no campo de visão (como uma janela em um espaço relativamente pouco iluminado) e pode prejudicar a visualização de objetos, podendo ser evitado por um escurecimento nas janelas por anteparos (segundo caso), ou por proteção contra visão direta das lâmpadas (primeiro caso). Recomenda que as lâmpadas sejam devidamente protegidas. Para luminárias que são abertas por baixo ou que são equipadas com difusor transparente, o ângulo de corte é definido como o ângulo entre a horizontal e a linha de visão abaixo da qual as partes luminosas da lâmpada na luminária são visíveis (figura 5.2). Apresenta uma tabela (Tabela) que define ângulos de corte mínimos para cada faixa de luminância exemplificando as lâmpadas que apresentam tais faixas de luminância.

Figura 5.2 - Ângulo de Corte



Fonte: ANBR 8995-1 (2013).

Tabela 5.4 - Ângulos Mínimos de Corte

Luminância da lâmpada em cd/m ²	Ângulo Mínimo de corte
20.000 até < 50.000 Por exemplo, lâmpadas fluorescentes (alta potência) e lâmpadas fluorescentes compactas	15°
50.000 até < 500.000 Por exemplo, lâmpadas de descarga de alta pressão e lâmpadas incandescentes com bulbos revestidos por dentro	20°
≥ 500.000 Por exemplo, lâmpadas de descarga de alta pressão e lâmpadas incandescentes com bulbos transparentes	30°

Fonte: ANBR 8995-1 (2013).

Apresenta uma tabela (Tabela) a qual classifica os ambientes em 31 tipos de acordo com sua natureza (áreas gerais de edificação, padarias, tipos de indústrias, escritórios, etc) e para cada tipo ambiente apresenta subambientes de acordo com as atividades desenvolvidas (para o ambiente Escritórios, há subambientes: arquivamento, desenho técnico, recepção, etc). Para os subambientes classificados recomenda os requisitos de iluminação: Iluminância Mantida E_m (valor médio mínimo), Índice limite de Ofuscamento Unificado UGR_L (valor máximo) e índice de Reprodução de Cor R_a (valor mínimo).

Tabela 5.5 - Planejamento dos Ambientes (áreas), Tarefas e Atividades com a especificação da Iluminância, Limitação de Ofuscamento e Qualidade da Cor

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade.	Em lux	UGR_L	R_a	Observações
1. Áreas gerais da edificação.				
Saguão de entrada	100	22	60	
Sala de espera	200	22	80	
Áreas de circulação e corredores	100	28	40	Nas estradas e saídas, estabelecer uma zona de transição, afim 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_{cp} no mínimo 4000K
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 ocupados.
Expedição	300	25	60	
Estação de controle	150	22	60	200 lux se forem continuamente ocupadas.
2. Edificações na agricultura				
Carregamento e operação de mercadorias, equipamentos de manuseio e máquinas.	200	25	80	

Fonte: ANBR 8995-1 (2013).

5.2 NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS EM AMBIENTES EXTERNOS

Para os estudos luminotécnicos nos ambientes externos (via de acesso, Balizamento Noturno e Sinalização vertical e Pátio de aeronaves) típicos de um aeroporto é necessário consultar as normas NBR 5101 Iluminação Pública- Procedimento (para as vias de acesso) e Anexo 14, Volume I, Projeto e Operação de Aeródromos da ICAO Convenção de Aviação Civil Internacional (para Balizamento Noturno das pistas de taxiway e Pátio de aeronaves).

5.2.1 NBR 5101 Iluminação pública-Procedimento

Segunda edição da Norma que entrou em vigência a partir de 04.05.2012.

Apresenta requisitos para iluminação de vias públicas, propiciando segurança aos tráfegos de pedestres e de veículos. Define conceitos básicos luminotécnicos de iluminação pública, conforme Tabela , Tabela e Tabela abaixo:

Tabela 5.6 Definição de conceitos básicos luminotécnicos referentes a iluminação pública 1/3

Sigla	Significado	Definição	Fórmula
AM	Altura de montagem	Distância vertical entre a superfície da rodovia e o centro aparente da fonte de luz ou da luminária.	
	Avanço	Distância transversal entre o meio-fio ou acostamento da rodovia e o centro aparente da fonte de luz ou da luminária.	
	Espaçamento	Distância entre sucessivas unidades de iluminação, medida paralelamente ao longo da linha longitudinal da via	
U	Fator de Uniformidade da Iluminância.	Razão entre a iluminância mínima e a iluminância média em um plano especificado	$U = \frac{E_{min}}{E_{med}}$
	em determinado plano		Onde: E min é igual á iluminância mínima. E med é igual á iluminância média.

Fonte: ANBT NBR 5101 (1992).

Tabela 5.7 - Definição de conceitos básicos luminotécnicos referentes a iluminação pública 2/3

Sigla	Significado	Definição	Fórmula
U ₀	Fator de Uniformidade luminância Uniformidade Global	Razão entre a luminância mínima e a luminância média em um plano especificado.	$U_0 = \frac{L_{min}}{L_{med}}$ Onde: L min é igual á luminância mínima. L med é igual á luminância média.
U _L	Fator de Uniformidade luminância Uniformidade Longitudinal	Razão entre a luminância mínima e a luminância máxima ao longo das kinhas paralelas ao eixo longitudinal da via em um plano especificado.	$U_L = \frac{L_{min}}{L_{max}}$ Onde: L min é igual á luminância mínima. L max é igual á luminância máxima.
TI	Incremento Linear	Limitação do ofuscamento perturbador ou inabilitador nas vias públicas, que afeta a visibilidade dos objetos. O valor de TI % é baseado no incremento necessário da luminância de uma via para tornar visível um objeto que se tornou invisível devido ao ofuscamento inabilitador provocado pelas luminárias.	$TI\% = 65 \times \frac{L_v}{L_{med}^{0.8}}$ Onde: Lmed é a luminância média da via L _v é a luminância de velamento.
R	Índice de ofuscamento	Caracteriza o desconforto provocado pelo ofuscamento das luminárias em uma escala de números que vai de 1 (insuportável) até 9 (imperceptível).	
LV	Linha Longitudinal da Via	Qualquer linha ao longo da via, paralela ao eixo da pista.	

TV	Linha transversal da Via	Qualquer linha transversal da via, perpendicular ao eixo da pista.
med	Iluminância Média	Valor médio da luminância na área delimitada pela malha de pontos considerada, ao nível da via.

Fonte: ANBT NBR 5101 (1992).

Tabela 5.8 - Definição de conceitos básicos luminotécnicos referentes a iluminação pública 3/3

Sigla	Significado	Definição	Fórmula
Lv	Iluminância de Velamento	Efeito provocado pela luz que incide sobre o olho do observador no plano perpendicular á linha de visão. Depende do ângulo entre o centro da fonte de ofuscamento e a linha de visão, bem como da idade do observador.	
SR	Razão das áreas adjacentes á via	Relação entre a iluminância média das áreas adjacentes á via (faixa com largura de ate 5m) e a iluminância média da via (faixa com largura de ate 5m ou metade da largura da via) em ambos os lados de suas bordas. O parâmetro SR pressupõe a existência de uma iluminação própria para a travessia de pedestres, levando em consideração o posicionamento da luminária, de forma a permitir a percepção da silhueta pelo motorista (contraste negativo).	
	Via	È uma superfície por onde transitam veículos, pessoas e animais, compreendendo a pista, a calçada, o acostamento, ilha e canteiro central.	

Fonte: ANBT NBR 5101 (1992).

A norma NBR 5101 (1992) classifica as vias em vias urbanas e vias rurais, sendo que as mesmas são subdivididas em diferentes tipos de vias de acordo com suas características próprias, conforme abaixo.

a Vias urbanas

São caracterizadas pela existência de construções às suas margens com presença de tráfego motorizado e de pedestres em maior ou menor escala. Ruas, avenidas, vielas ou caminhos e similares abertos á circulação pública, situados em área urbana, caracterizados principalmente por possuírem imóveis edificados ao longo de sua extensão. São classificadas em : vias de trânsito rápido, arterial, coletora e local

a.1 Via de trânsito rápido

Avenidas e ruas asfaltadas, exclusivamente para tráfego motorizado, onde não há predominância de construções. Baixo trânsito de pedestres e alto trânsito de veículos.

Caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem intercessões em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível, com velocidade máxima de 80 km/h.

a.2 -Via arterial

Via exclusiva para tráfego motorizado, que se caracteriza por grande volume e pouco acesso de tráfego, várias pistas, cruzamentos em dois planos, escoamento contínuo, elevada velocidade de operação e estacionamento proibido na pista. Geralmente, não existe o ofuscamento pelo tráfego oposto nem construções ao longo da via. O sistema arterial serve mais especificamente a grandes geradores de tráfego e viagens de longas distâncias, mas, ocasionalmente, pode servir de tráfego local.

Caracterizada por intercessões em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade, com velocidade média de 60km/h.

a.3 -Via coletora

Via exclusivamente para tráfego motorizado, que se caracteriza por um volume de tráfego inferior e por um acesso de tráfego superior aqueles das vias arteriais.

Destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade, com velocidade máxima de 40 km/h.

a.4 -Via local.

Via que permite acesso às edificações e a outras vias urbanas, com grande acesso e pequeno volume de tráfego. Aquela caracterizada por intercessões em nível não semaforizadas, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas, com velocidade máxima de 30 km/h.

b Vias rurais

Vias conhecidas como estrada de rodagem, que nem sempre apresenta, exclusivamente, tráfego motorizado. São classificadas em : rodovias e estradas.

b.1 -Rodovias

Vias para tráfego motorizado, pavimentada, com ou sem acostamento, com tráfego de pedestres. Este tipo de via pode ter trechos classificados como urbanos, com as seguintes velocidades máximas:

- a) 110 km/h para automóveis e camionetas;
- b) 90 km/h para ônibus e microônibus;
- c) 80km/h para os demais veículos.

b.2 -Estradas.

Vias para tráfego motorizado, com ou sem acostamento, com tráfego de pedestres. Este tipo de via pode ter trechos classificados como urbanos. Trata-se de via rural não pavimentada, com velocidade máxima de 60 km/h.

As vias públicas são classificadas de acordo com seu volume de tráfego de veículos motorizados e de pedestres. A classificação do volume de tráfego motorizado das vias é feita em três níveis: Leve(L), Médio (M) e Intenso (I) (Tabela) e a classificação do volume de tráfego de pedestres é feita em quatro níveis: sem tráfego (S), Leve(L), Médio (M) e Intenso (I), de acordo com a tabela 2 Tráfego de pedestres (Tabela).

Tabela 5.0 - Classificação das vias públicas de acordo com seu volume de tráfego de veículos motorizados

Classificação	Volume de tráfego noturno (a) de veículos por hora, em ambos os sentidos (b), em pista única.
Leve (L)	150 a 500
Médio (M)	501 a 1200
Intenso (I)	Acima de 1200

a Valor máximo das médias horárias obtidas nos períodos compreendidos entre 18h e 21h.

b Valores para velocidades regulamentadas por lei.

Nota: Para vias com tráfego menor do que 150 veículos por hora consideram-se as exigências mínimas do grupo leve (L) e, para vias com tráfego intenso, superior a 2400 veículos por hora, consideram-se as exigências do grupo intenso (I)

Fonte: ANBT NBR 5101 (1992).

Tabela 5.10 - Classificação das vias públicas de acordo com seu volume de tráfego de pedestres

Classificação	Pedestres cruzando vias com tráfego motorizado.
Sem tráfego (S)	Como nas vias arteriais
Leve (L)	Como nas residenciais médias
Médio (M)	Como nas vias comerciais secundárias
Intenso (I)	Como nas vias comerciais principais

a O projetista deve levar em conta esta tabela, para fins de elaboração do projeto.

Fonte: ANBT NBR 5101 (1992).

As vias públicas são divididas em Classes de iluminação de acordo com as características próprias e com o volume de tráfego (Tabela). Uma vez definida a classe de uma via, a referida norma define os valores médios mínimos de iluminância e de uniformidade mínima para cada classe de iluminação de via (Tabela).

Tabela 5.11 - Classes de iluminação das vias públicas

Descrição da via	Classe de Iluminação
Vias de trânsito rápido; vias de alta velocidade de tráfego, com separação de pistas, sem cruzamentos em nível e com controle de acesso; vias de trânsito rápido em geral; auto-estradas. -Volume de tráfego intenso.	V1
-Volume de tráfego médio.	V2
Vias arteriais; vias de alta velocidade de tráfego, com separação de pistas, vias de mão dupla, com cruzamentos e travessias de pedestres eventuais em pontos bem definidos; vias rurais de mão dupla com separação por canteiro ou obstáculo. -Volume de tráfego intenso.	V1
-Volume de tráfego médio.	V2
Vias coletoras; vias de tráfego importante; vias radiais e urbanas de interligação entre bairros, com de pedestres elevado. -Volume de tráfego intenso.	V2
-Volume de tráfego médio.	V3
-Volume de tráfego leve.	V4
Vias locais; vias de conexão menos importante; vias de acesso residencial -Volume de tráfego médio.	V4
-Volume de tráfego leve.	V5

Fonte: ANBT NBR 5101 (1992).

Tabela 5.12 - Iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação

Classe de Iluminação	iluminância média Emed,min lux	mínima	Fator de uniformidade mínimo $U = E_{min}/E_{med}$
V1	30		0,4
V2	20		0,3
V3	15		0,2
V4	10		0,2
V5	5		0,2

Fonte: ANBT NBR 5101 (1992).

5.2.2 Convenção de Aviação Civil Internacional COACI, Anexo 14, Volume I Projeto e Operação de Aeródromos

Traduzido a partir da Terceira Edição - julho de 1999, incorporando a Emenda Nº 5, de 27 de novembro de 2003. 2004. Tal documento aborda Padrões e Práticas Recomendadas para Aeródromos, baseia-se nas recomendações da Divisão de Aeródromos, Aerovias e Auxílios Visuais em Solo em sua terceira seção, de Setembro de 1947 e em sua quarta seção, de Novembro de 1949, com emendas subsequentes até a terceira edição de 1999.

Este Anexo contém os Padrões e Práticas Recomendadas (especificações) que prescrevem as características físicas e superfícies de limitação de obstáculos previstas, bem como certas facilidades e serviços técnicos normalmente existentes em um aeródromo.

Dentro de seu contexto, aborda as luzes do sistema de balizamento noturno e luzes de pátio de manobras de aeronaves, ambos objetos de estudo desta dissertação, no Capítulo 5 “Auxílios Visuais para Navegação”, item 5.3 “Luzes”.

a Balizamento noturno

Conforme o Anexo 14, podemos destacar que o sistema de luzes de balizamento noturno é composto por diversos tipos de luzes (luminárias e lâmpadas) com características físicas e de funcionamento com requisitos distintos, sendo tal sistema composto basicamente por luzes dos tipos citados abaixo:

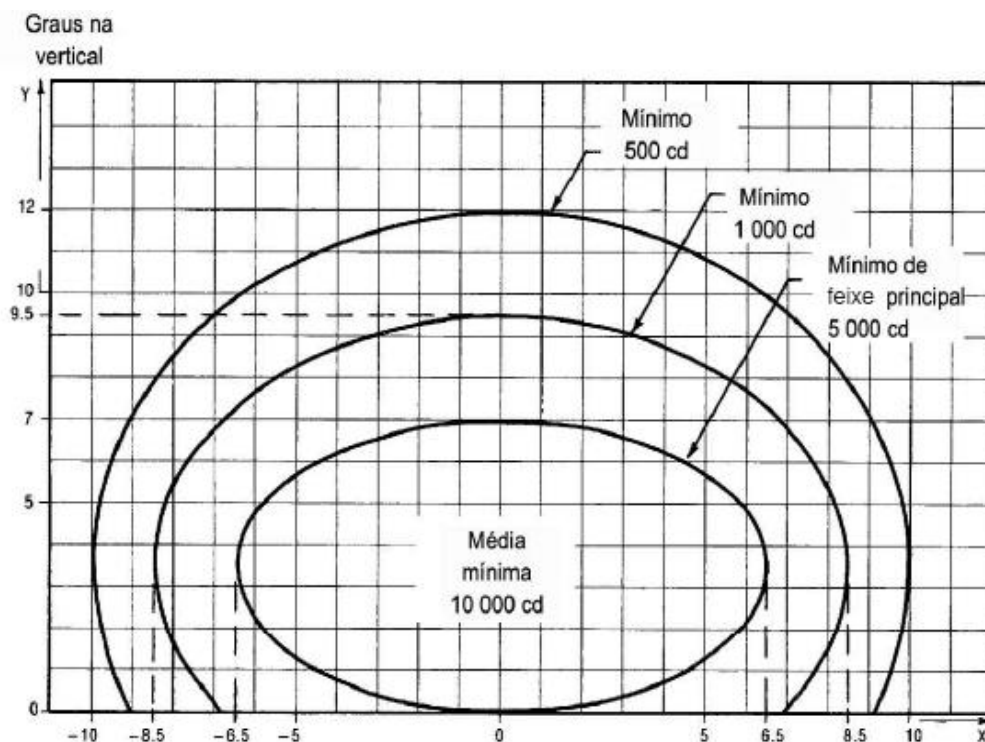
- Luzes de identificação de cabeceira de pista
- Luzes de bordo de pista
- Luzes de cabeceira de pista e de barra lateral de pista
- Luzes de fim de pista
- Luzes de eixo de pista de pouso e decolagem
- Luzes de zona de toque
- Luzes de zona de parada (stopway)
- Luzes de eixo de pista de táxi
- Luzes de borda de pista de táxi
- Barras de parada
- Luzes de posições intermediárias de espera
- Luzes de proteção de pista de pouso e decolagem

A norma estabelece valores de Intensidades mínimas (em Cd) das luzes de balizamento de solo através de figuras com curvas isocandelas calculadas de acordo com a fórmula de uma elipse (3), cujas dimensões dos semi-eixos maior (a) e menor (b) variam de acordo com o tipo de luz (o anexo 14 apresenta 10 curvas isocandelas, uma curva para cada tipo de luz e situação de instalação), conforme exemplo da figura 5.3 abaixo. As cores das luzes também são definidas de acordo com o tipo de luz (Tabela)

Equação da elipse:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (4)$$

Figura 5.3 - Diagrama de isocandela para as luzes de borda da pista de pouso e decolagem quando a largura da pista for de 60 m (luz branca)



Notas:

1. Curvas calculadas de acordo com a fórmula $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$

a	6,5	8,5	10,0
b	3,5	6,0	8,5

Fonte: Anexo 14, Volume I, ICAO (1999).

Tabela 5.13 - Cores das luzes do sistema de balizamento luminoso noturno

Tipo de luz	cores das luzes
Eixo central de aproximação e barras cruzadas	luz branca
Fileira lateral de aproximação	luz vermelha
Cabeceira	luz verde
Barra lateral de cabeceira	luz verde
Zona de toque	luz branca
Eixo de pista de pouso e decolagem (espaçamento longitudinal de 30 m)	luz branca
Eixo de pista de pouso e decolagem (espaçamento longitudinal de 15 m)	luz branca
Borda de pista de pouso e decolagem (pista com largura de 45 m ou de 60 m)	luz branca

Fonte: Anexo 14, Volume I, ICAO (1999).

Em relação aos tipos de luzes de balizamento existentes citados anteriormente, pode-se destacar as recomendações abaixo, feitas pelo Anexo 14:

As **luzes de eixo de pistas de táxi** não precisam existir quando a densidade de tráfego for baixa e as luzes de borda de pista de táxi e a sinalização horizontal de eixo de táxi oferecerem orientação adequada.

As **luzes de borda de pista de táxi** devem ser dispostas nas laterais de baias de espera, instalações de anticongelamento/descongelamento, pátios de manobras etc, destinados para o uso noturno e em pistas de táxi que não possuam luzes de eixo e que sejam destinadas ao uso noturno, ressaltando-se que as luzes de bordas de pista de táxi não precisam ser dispostas quando, considerando-se a natureza das operações, orientação adequada for

As **luzes de borda de pista de táxi** em um trecho retilíneo e em uma pista de pouso e decolagem que for parte de uma circulação padrão de taxiamento devem estar distribuídas em intervalos longitudinais uniformes não maiores que 60 m. As luzes em uma curva deveriam ser distribuídas em intervalos menores que 60 m, de modo que uma clara indicação da curva seja oferecida.

As **luzes de borda de pistas de táxi** devem ser luzes azuis ininterruptas.

Esta norma recomenda cores e intensidades mínimas (em Cd) para cada tipo de luz, de forma que uma vez adquiridas as luminárias adequadas e instaladas de acordo com as recomendações desta norma, não é necessário que seja feito cálculo luminotécnico para as referidas luminárias do sistema de balizamento noturno.

b Iluminação de pátio de manobras

O anexo 14 recomenda que a Iluminação deva ser provida em pátios de manobras, em instalações de anticongelamento/descongelamento e em posições designadas de estacionamento isolado de aeronaves destinado ao uso noturno.

Recomenda a instalação de refletores para iluminação de pátios de manobras e que os mesmos devam estar localizados de forma a oferecer iluminação adequada em todas as áreas de serviço do pátio, com um mínimo de ofuscamento para os pilotos de aeronaves em voo e no solo, controladores de pátio, de aeródromo e pessoal em solo. Que a disposição e direcionamento dos refletores devam ser tais que uma aeronave em estacionamento receba luz de duas ou mais direções para minimizar as sombras.

O anexo 14 faz recomendações de níveis médios mínimos de Iluminamento e de uniformidade para pátios de manobras, conforme abaixo:

b.1 Estacionamento de aeronaves:

– iluminação horizontal – 20 lux com uma taxa de uniformidade (média mínima) não superior a 4 para 1; e

– iluminação vertical – 20 lux a uma altura de 2 m acima do pátio de manobras e em direções relevantes.

b.2 Outras áreas do pátio de manobras:

– iluminação horizontal – 50 por cento da iluminação média sobre as áreas de estacionamento de aeronaves, com uma taxa de uniformidade (média mínima), não superior a 4 para 1.

Observa-se que esta norma faz recomendações para o nível de iluminamento no plano vertical, além do nível de iluminamento no plano horizontal, este último abordado nas demais normas de iluminação. Faz recomendações a respeito da uniformidade mínima de iluminação no plano horizontal e sugere que haja mais de uma fonte iluminadora para evitar ofuscamento, porém não estabelece nenhum índice para controle de tal fator.

6 USO DE “SOFTWARES”

Neste trabalho foram utilizados dois “*softwares*” de cálculo luminotécnico na análise das instalações de iluminação existentes e nas instalações propostas dos casos de estudos dos sistemas de iluminação do aeroporto de Salvador. O *software* Dialux 4.12 foi utilizado para ambientes internos o “*software*” Ulysse V2.3 foi utilizado para ambientes externos.

6.1 DIALUX 4.12 (DIAL GMBH)

O Dialux versão 4.12 da Dial GmbH da Alemanha é um dos principais “*softwares*” de simulação luminotécnica do mundo. Já são mais de 400.000 usuários espalhados por 180 países. Permite incluir plantas em CAD e luminárias em seus projetos, verificar curvas, fazer cálculos e simular ambientes com qualidade gráfica. Possui 4 módulos: módulo Novo projeto interno, O modulo Novo projeto externo, Novo projeto de ruas e assistentes Dialux (LUMICENTER, 2013).

O módulo Novo projeto interno permite trabalhar com ambientes internos cabendo ao usuário definir diversos parâmetros necessários aos cálculos como dimensões dos ambientes, objetos, filtro de cores, tipo e quantidades de luminárias, etc. Permite a inserção de planta em CAD.

O módulo novo projeto externo permite trabalhar com ambientes externos. O usuário define parâmetros necessários aos cálculos como delimitação física do ambiente, plano de manutenção, objetos de cenário de luz, tipo e quantidades de luminárias em postes ou estrutura de fixação, alinhamento em relação ao eixo vertical Y, etc. Permite a inserção de planta em CAD.

O módulo projeto de ruas permite simulação de luminotécnica em ruas externas. O usuário insere ruas e seus elementos constituintes: pistas de rolagem, passeios, ciclovias, etc. Edita elementos de ruas, selecionar tipo e definir distribuição de luminárias.

O módulo assistentes Dialux permite trabalhar com o *software* de forma simplificada, ou seja, o programa neste modulo, já vem com a maioria dos parâmetros predefinidos, cabendo ao usuário indicar informações básicas como dimensões e cores

dos ambientes internos ou de ruas externas, tipo e quantidade de luminárias. Os ambientes são definidos em formas geométricas, não permitindo a inserção de plantas em CAD.

Este “*software*” foi utilizado em ambientes internos como no saguão do 1º pav do TPS e no galpão de armazenagem do TECA. Em ambos os casos, foi utilizado o módulo para projeto interno, no qual foi inserida uma planta baixa em “*software*” autocad referente ao ambiente em estudo e no editor de sala, foram adequadas a geometria da sala (comprimento, largura e altura) e depois características do solo, teto e paredes (cor e grau de reflexão) e altura do plano de uso e dimensão da zona marginal. Em seguida foram inseridos no programa no estudo dos projetos, arquivos de dados formato padronizado fotoelétrico IES (illuminationg engineering society) adquiridos com os fabricantes das luminárias desejadas. Para cálculos e impressão dos resultados, foi feita a configuração de emissão para opções de cálculo do programa e então foram iniciados os cálculos e depois na opção imprimir foi possível conseguir a emissão e relatório dos cálculos desejados.

6.2 ULYSSE V2.3.0 (SCHREDER GROUP)

O Ulysse II, versão V2.3 da Schreder Group da Bélgica, é um dos principais *softwares* de cálculo luminotécnico atualmente utilizados. Permite incluir plantas em CAD e luminárias em seus projetos, verificar curvas, fazer cálculos simular ambientes com qualidade gráfica que podem ser fornecidos como resultados através de tabelas, diagramas e gráficos.

O *software* Ulysse II possui três “seções” diferentes que podem ser utilizadas individualmente ou interligadas. Pesquisa de soluções, Iluminação pública e Cálculo Geral (SCHREDER GROUP, 2009).

A primeira seção é denominada “Pesquisa de Soluções”. Para cada variável (como por exemplo a altura, inclinação, espaçamento, etc), o utilizador escolhe um valor mínimo, um valor máximo e os intervalos entre eles. Escolhe o tipo de luminária, lâmpada e fatores de manutenção. Pode inserir restrições para os cálculos como Iluminamento, Luminância, etc. O programa permite então encontrar soluções variáveis.

A segunda secção “Iluminação Pública” é destinada a iluminação pública de estradas. O utilizador insere dados referentes á via e ás luminárias como numero de vias, largura da faixa, tipo de piso e tipo de luminária, fluxo da lâmpada, altura da luminária, espaçamento entre postes, etc. Permite então efetuar cálculos mais rápidos e gerais com o mínimo de ações.

A terceira secção é chamada de “Cálculo Geral”. Esta parte do programa engloba algumas características de utilização da secção de Iluminação Pública e da Pesquisa de Soluções, de forma a oferecer mais ferramentas importantes para o trabalho do projetista. Aqui se tem o controle completo sobre a malha, as posições das luminárias e os parâmetros que se quer utilizar. Pode-se utilizar mais de uma malha de cálculo com a rotação e a posição que quiser, mas sempre referenciadas relativamente a um ponto de origem. Nesta fase é importante compreender como é que os três componentes deste programa funcionam quando utilizados independentemente, mas a verdadeira importância deste programa aparece quando são utilizados em conjunto. Por exemplo, pode-se começar a utilizar a Pesquisa de Soluções para encontrar o espaçamento mais indicado para um determinado espaço. Contudo, se um dos parâmetros não se enquadrar bem nesse espaço, pode transferir os resultados para o módulo de Iluminação Pública para altera-los e poder adequá-los ao espaço determinado. Pode-se também transferir esses dados para o módulo de Cálculo Geral (as malhas de cálculo e as luminárias passam automaticamente) e com mais uma ou duas luminárias colocadas de forma sensata é possível ver quais os resultados obtidos, por exemplo, num cruzamento.

Este “*software*” foi utilizado em ambientes externos como nos estudos do Pátio 3 de manobra e estacionamento de aeronaves e das Vias de acesso do aeroporto.

Para os cálculos de estudos luminotécnicos das vias de acesso, foi utilizado o módulo denominado Iluminação pública CIE 140. Neste módulo foram inseridos dados solicitados pelo programa como geometria (postes de um so lado da via), inclinação da luminária, altura de montagem, recuo, avanço, espaçamento entre postes, número de vias, largura de cada via, tipo de piso segundo a tabela R para asfalto (N2007 com Q_0 coeficiente de reflexão de 0,070). Em seguida foram inseridos no programa e no projeto os arquivos IES adquiridos com os fabricantes das luminárias desejadas, definindo o

fluxo da lâmpada e o fator de manutenção da luminária de acordo com a luminária utilizada.

Para os cálculos de estudos luminotécnicos do pátio 3 de manobra e estacionamento de aeronaves, foi utilizado o módulo de Calculo Geral. Neste modulo foi inserida uma planta baixa em cad referente ao ambiente em estudo Foram inseridos dados solicitados pelo programa como inserção e malha de cálculo definindo sua geometria (retangular) números de pontos e orientação; e definidos parâmetros de calculo como luminancia, iluminancia, etc. , tipo de piso segundo a tabela R para concreto (N2007 com Q_0 coeficiente de reflexão de 0,070). Em seguida, foram inseridos grupos de luminárias definindo sua geometria (retangular), posição de origem na planta, dimensões (número de luminárias na horizontal e na vertical e espaçamento entre elas), e orientação. Depois foram definidos parâmetros das luminárias como orientação (azimute, inclinação, rotação) e destino. Em seguida foram inseridos no programa e no projeto os arquivos IES adquiridos com os fabricantes das luminárias desejadas, definindo o fluxo da lâmpada e o fator de manutenção da luminária de acordo com a luminária utilizada.

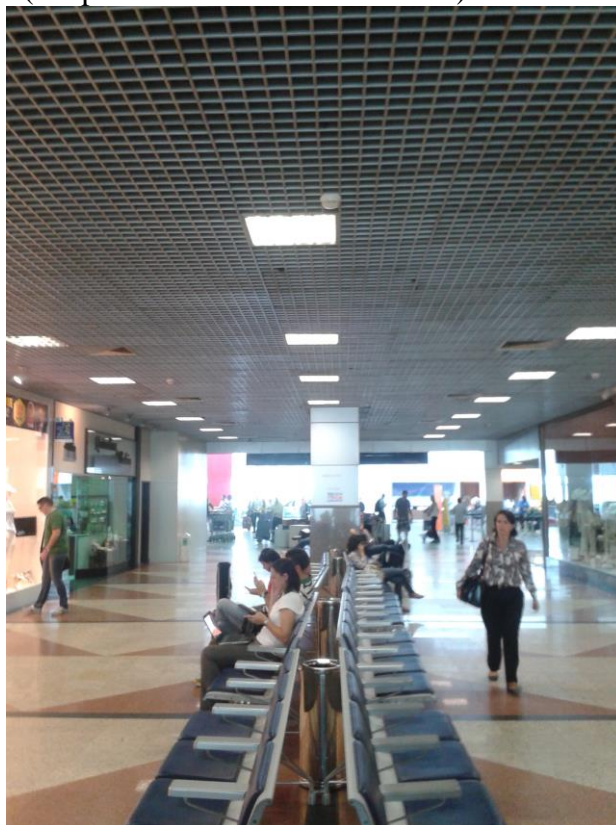
7 ESTUDOS DE CASOS

Foram escolhidos para estudos cinco casos típicos de sistemas de iluminação de um aeroporto, abrangendo áreas do aeroporto de Salvador Deputado Luís Eduardo Magalhães SBSV que utilizam luminárias convencionais dos tipos comerciais, industriais, públicas e específicas (**dois ambientes**), conforme a seguir:

7.1 SAGUÃO DO 1º PAVIMENTO DO TERMINAIS DE PASSAGEIROS “TPS” - ILUMINAÇÃO COMERCIAL

Foi escolhido neste primeiro estudo de caso, uma área do terminal de Passageiros TPS do aeroporto de Salvador, localizada no saguão do 1º pavimento, com dimensões 10mx20m (largura x comprimento) na qual se encontram instaladas luminárias comerciais do tipo calha com 4 lâmpadas fluorescentes tubulares tipo T8 de 16W (**Figura**). Iniciando os estudos, observou-se as características físicas do local (Tabela)

Figura 7.1 - Iluminação do TPS com Luminárias comerciais 4x16 W (lâmpadas fluorescentes tubulares)



Fonte: INFRAERO (2014).

Tabela 7.1 - Características físicas do ambiente Saguão de embarque do 1º pavimento do TPS do aeroporto de Salvador

Item	Características físicas
Dimensões	10 m (largura) 20 m (comprimento). 3,5 m (altura do teto)
Piso	Cor: Branco marfim claro. Coeficiente de reflexão: 85%.
Teto	Tipo: Forro colméia com manta. Cor: cinza quartzo. Coeficiente de reflexão: 17%.
Parede	Material constituinte: vidro transparente. Coeficiente de reflexão: 7%.

Fonte: INFRAERO (2014).

A área escolhida pode ser classificada como “saguão de embarque e desembarque” de Aeroportos, segundo a Tabela “Planejamento dos Ambientes (áreas), Tarefas e Atividades com a especificação da Iluminância, Limitação de Ofuscamento e Qualidade da Cor” da norma NBR ISO 8995-1 Iluminação de Ambientes de Trabalho Parte 1: Interior, que sugere recomendações técnicas de: E_m (iluminância mantida), UGR_L , (Índice limite de ofuscamento unificado), R_a (Índice geral de reprodução de cor)

e $U = \frac{E_{min}}{E_{med}}$ (uniformidade), conforme Tabela , a seguir.

Tabela 7.2 Recomendações técnicas da norma NBR ISO 8995-1 para saguões de embarque e desembarque de aeroportos

Item	Significado	Recomendação
E_m	iluminância mantida	≥ 200 Lux
UGR_L	Índice limite de ofuscamento unificado	≤ 22
R_a (IRC)	Índice geral de reprodução de cor	≥ 80
$\frac{E_{min}}{E_{med}}$	Uniformidade	≥ 60 (área de trabalho) $\geq 0,70$ (área de tarefa)

Fonte: ABNT NBR ISO 8995-1 (2013).

Foi feita, então, análise da área em estudo nas duas situações: a situação atual com luminárias convencionais e uma situação proposta com luminárias com tecnologia LED equivalente, conforme abaixo:

a Situação atual: 18 luminárias comerciais tipo calha modular com aletas, refletores em alumínio, com 4 lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 16W. (modelo CAA 01 E416 Lumicenter).

b **Situação proposta:** 18 luminárias comerciais tipo calha modular tecnologia LED, 58W (modelo LAN 03 E 58W Lumicenter).

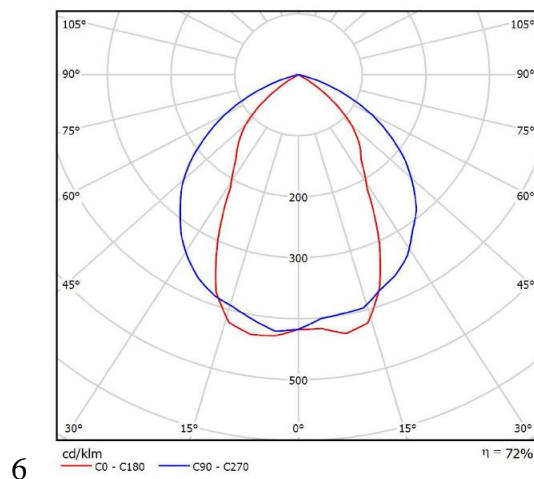
a Para a **situação atual;** com 18 luminárias comerciais tipo calha modular com aletas, refletores em alumínio, com 4 lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 16W. (modelo CAA 01 E416 Lumicenter); inicialmente levantou-se informações técnicas e comerciais da luminária existente (Tabela):

Tabela 7.3 - Dados da luminária CAA 01 E 416 LUMICENTER

Fluxo da lâmpada	1.200 lm
Fluxo da luminária	3.475 lm
Preço da luminária (completa)	R\$ 195,20
Preço da luminária (carcaça, refletor e difusor)	R\$ 138,80
Preço do reator	R\$30,00
Preço da lâmpada	R\$ 6,00
Vida útil da Lâmpada	12.000 h
Carga elétrica	66 W (lâmpada + reator)
IRC (lâmpada T8 16 W)	66

Fonte: BCL Representações (2014).

Figura 7.2 Curva fotométrica da luminária CAA01-E416 Lumicenter



6

Fonte: Software Dialux (2014).

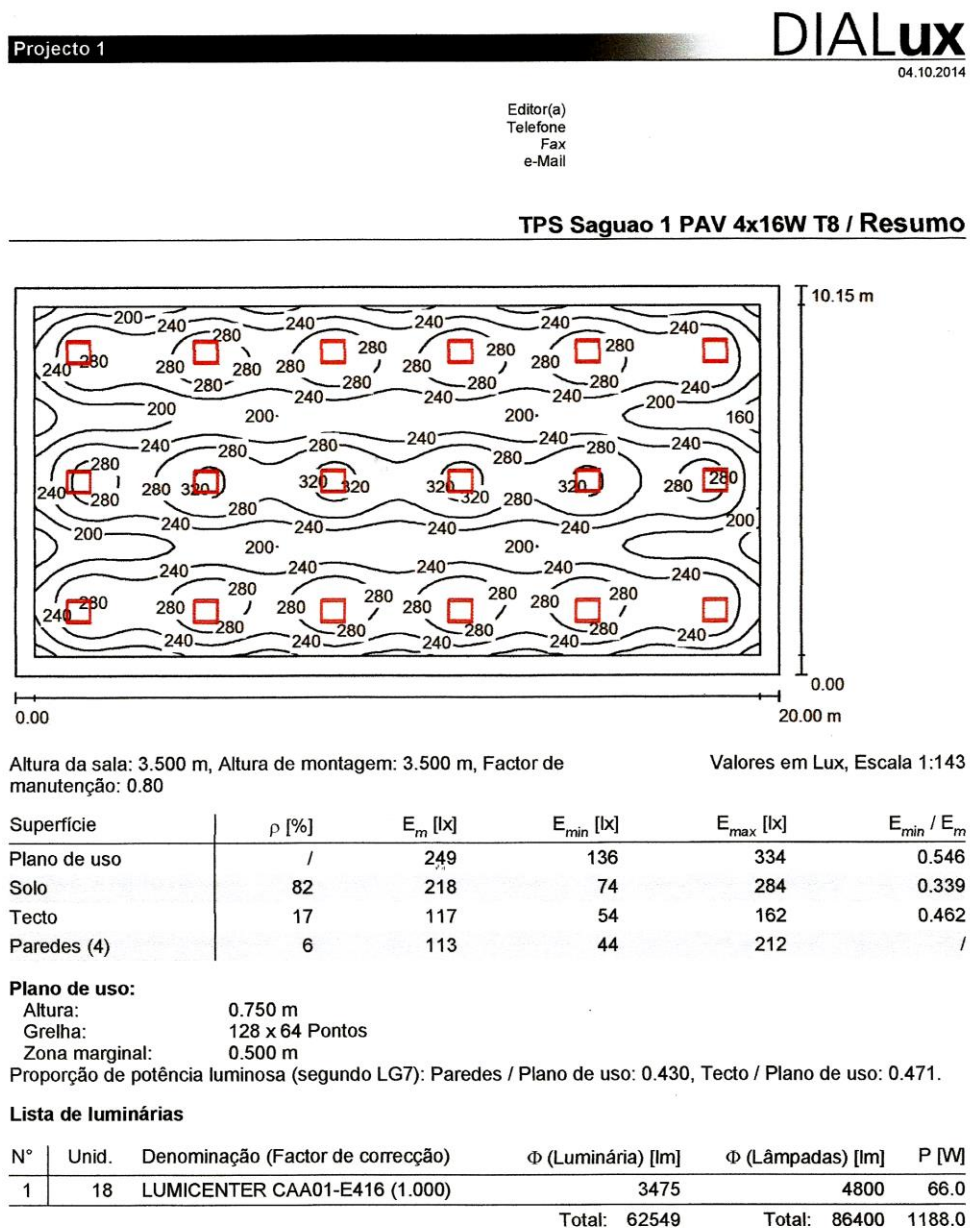
Observa-se que os preços das luminárias e lâmpadas baseiam-se em proposta da BCL Representações Ltda, representante comercial da Lumicenter (09/2014), conforme anexo A.

Utilizou-se o software Dialux para análise da situação atual, com o qual foram obtidos os resultados a seguir:

- i. $E_m = 249 \text{ Lux}$ (iluminamento mantido, **Figura**).

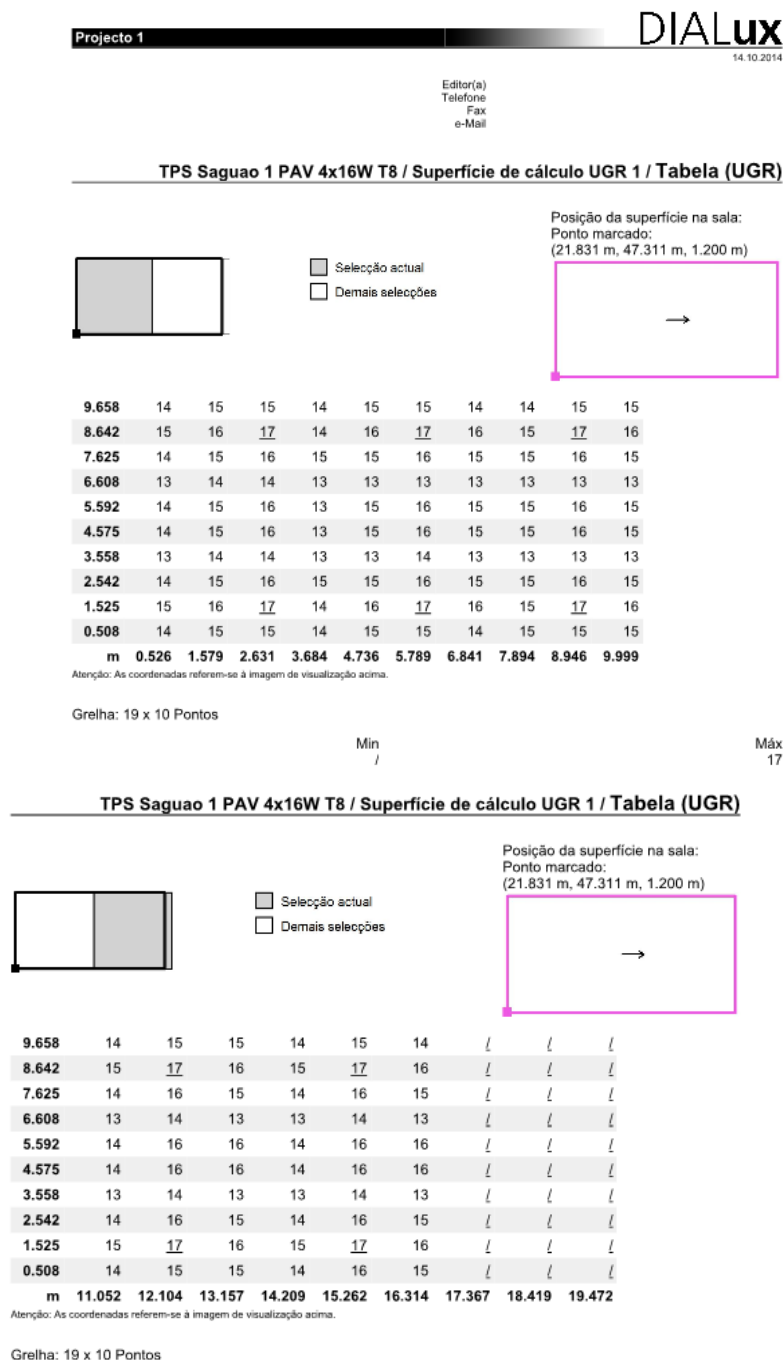
- ii. $U = \frac{E_{min}}{E_{med}} = 0,546$ (uniformidade, **Figura**).
- iii. $UGR_L = 17$ (Índice limite de ofuscamento unificado, **Figura**).
- iv. $IRC = 66$ (índice de reprodução de cor , valor obtido de catálogos de fabricantes de lâmpadas fluorescentes).

Figura 7.3 - Resultados de Cálculos (E_m e $U = E_{min}/E_{med}$) do Software Dialux para luminária CAA01-E416 Lumicenter



Fonte: *Software* Dialux em estudo de caso de Luminária CAA01-E416 Lumicenter

Figura 7.4 - Resultados de Cálculos de UGRL do Software Dialux para luminária CAA01-E416 Lumicenter



Fonte: Software Dialux em estudo de caso de Luminária CAA01-E416 Lumicenter

Foi feito, então, um estudo comparativo entre os resultados obtidos com o uso do software Dialux e os valores recomendados pela norma NBR ISO 8995-1 (Tabela), conforme a seguir:

Tabela 7.4 - Estudo comparativo dos resultados obtidos pelo uso do *software* e com os valores recomendados pela norma NBR ISO 8995-1 para a luminária CAA01-E416 Lumicenter

Item	Significado	Valor recomendado	Valor obtido
E_m	Iluminância mantida	≥ 200 Lux	249 Lux
UGR_L	Índice limite de ofuscamento unificado	≤ 22	17
$\frac{E_{min}}{U = E_{med}}$	Uniformidade	$\geq 0,60$	0,55
Ra (IRC)	Índice geral de reprodução de cor	≥ 80	66

Fonte: *Software* Dialux em estudo de caso de luminária CAA01-E416 Lumicenter.

Observa-se que a luminária convencional atende a quase todas recomendações técnicas, exceto o IRC de 66, valor inferior ao mínimo recomendado pela norma que é de 80, considerando que a uniformidade praticamente atende ao solicitado de 0,6; pois 0,55 pode ser aproximado para 0,6.

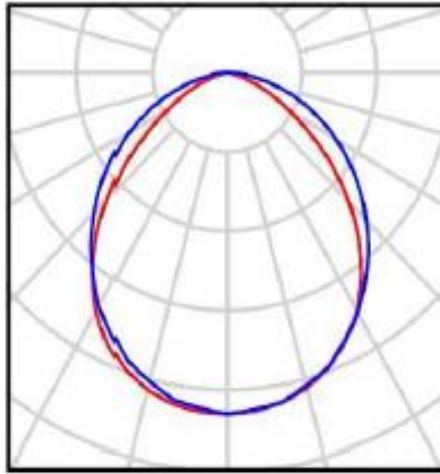
b Para a **situação proposta**, 18 luminárias comerciais tipo calha modular LED, 58W. (modelo LAN 03 E 58W Lumicenter); levantou-se informações técnicas e comerciais da luminária (Tabela).

Tabela 7.5 - Dados da luminária LAN 03 E 58W LUMICENTER.

Fluxo da Luminária	3.782 lm.
Preço da luminária (completa)	R\$ 436,80
Vida útil da luminária	50.000h
Carga elétrica	58 W (LED + driver)
IRC (luminária LAN 03)	70

Fonte: LUMICENTER (2014).

Figura 7.5 - Curva fotométrica da luminária LAN03-E3500740 Lumicenter.



Fonte: *Software* Dialux (2014).

Observa-se que os preços das luminárias e lâmpadas baseiam-se em proposta da BCL Representações Ltda, representante comercial da Lumicenter (09/2014), conforme anexo A.

Utilizou-se o software Dialux para análise da situação atual, com o qual obtém-se os resultados a seguir:

- i. $E_m = 225 \text{ Lux}$ (iluminamento mantido,
- ii.
- iii.

- iv. Figura).
- v. $U = \frac{E_{min}}{E_{med}} = 0,57$ (uniformidade,
- vi.
- vii.

- viii. Figura).
- ix. $UGR_L = 20$ (índice limite de ofuscamento unificado, Figura).

- x. IRC = 70 (índice de reprodução de cor), informação do catálogo do fabricante Lumicenter.

Foi feito então um estudo comparativo entre os resultados obtidos pelo uso do software Dialux e os valores recomendados pela norma NBR ISO 8995-1 (Tabela), conforme a seguir:

Tabela 7.6 - Estudo comparativo resultados obtidos pelo uso do software e os valores recomendados pela norma NBR ISO 8995-1 para a luminária LAN 03 E 58W Lumicenter

Item	Significado	Valor recomendado	Valor obtido
E_m	Iluminância mantida	≥ 200 Lux	225 Lux
UGR_L	Índice limite de ofuscamento unificado	≤ 22	22
$U = \frac{E_{min}}{E_{med}}$	Uniformidade	$\geq 0,60$	0,57
Ra (IRC)	Índice geral de reprodução de cor	≥ 80	70

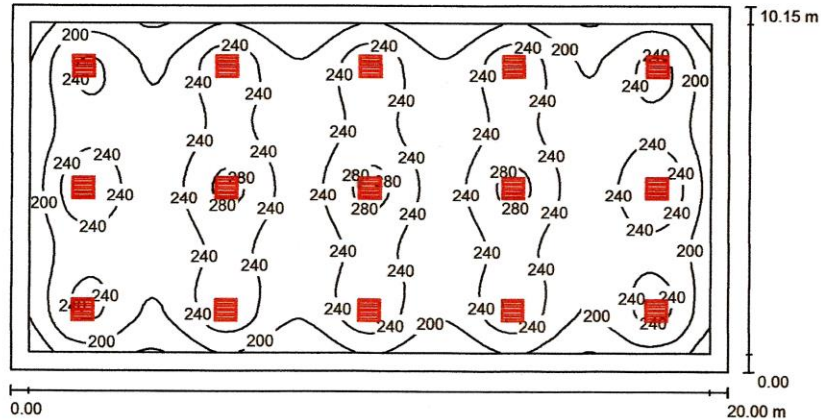
Fonte: *Software* Dialux em estudo de caso de luminária LAN 03 E 58W Lumicenter.

Observa-se que a luminária atende a quase todas recomendações técnicas, exceto o IRC de 70, valor inferior ao mínimo recomendado pela norma que é de 80, considerando que a uniformidade praticamente atende ao solicitado de 0,6; pois 0,55 pode ser aproximado para 0,6.

Figura 7.6 - Resultados de Cálculos (Em $U = E_{\min}/E_{\text{med}}$) do Software Dialux para luminária LAN 03 E 58W Lumicenter

Editor(a)
Telefone
Fax
e-Mail

TPS Saguao 1 PAV 58W LED / Resumo



Altura da sala: 3.500 m, Altura de montagem: 3.500 m, Factor de manutenção: 0.80

Valores em Lux, Escala 1:143

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	225	129	292	0.570
Solo	20	201	106	253	0.526
Tecto	70	42	34	48	0.808
Paredes (4)	50	94	34	141	/

Plano de uso:

Altura: 0.750 m
Grelha: 128 x 64 Pontos
Zona marginal: 0.500 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.400, Tecto / Plano de uso: 0.187.

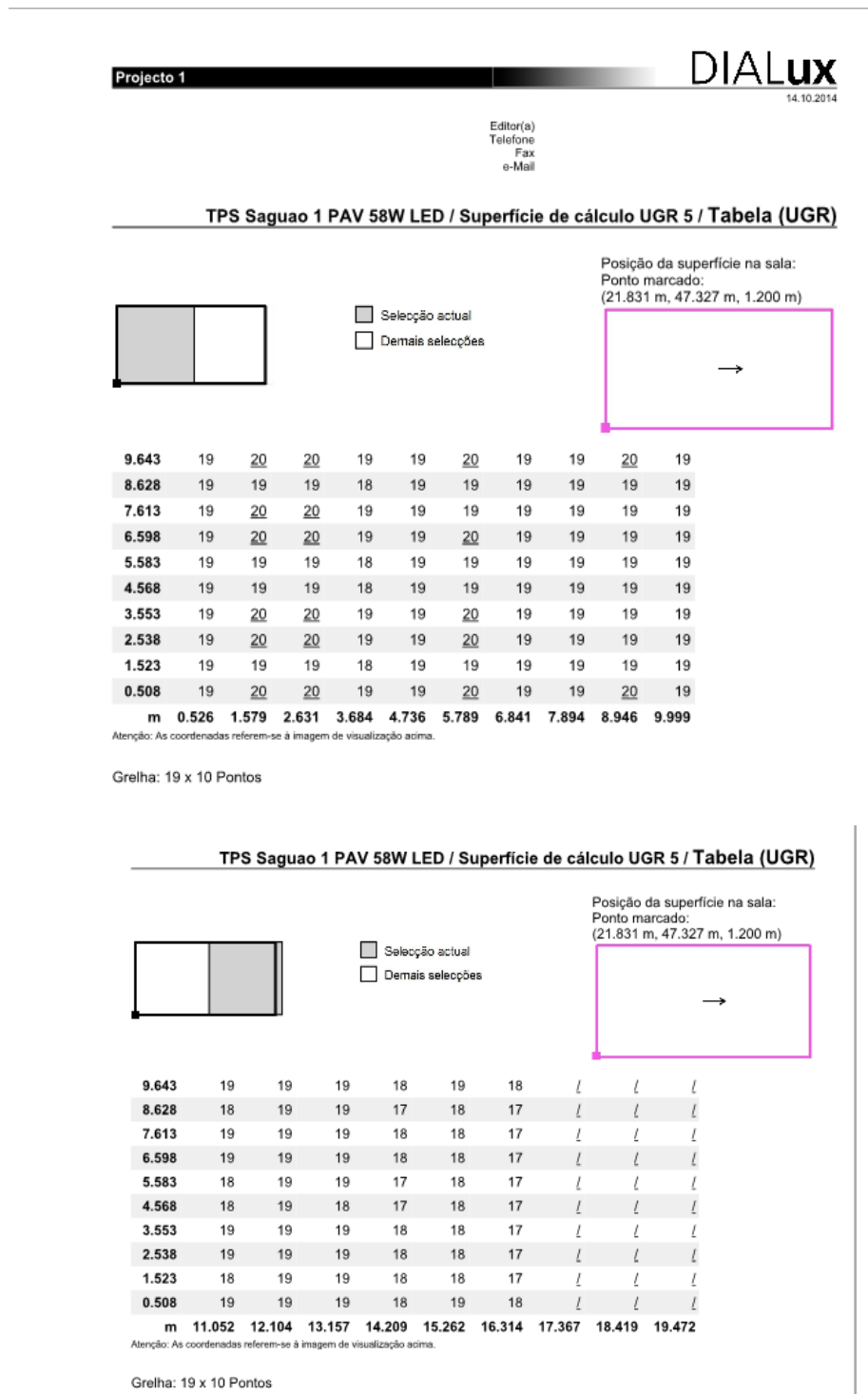
Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	15	LUMICENTER LAN03-E3500740 (1.000)	3782	3780	58.0
			Total: 56726	Total: 56700	870.0

Potência específica: $4.29 \text{ W/m}^2 = 1.90 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Superfície básica: 202.98 m^2)

Fonte: Software Dialux em estudo de caso de Luminária LAN 03 E 58W Lumicenter.

Figura 7.7 - Resultado de Cálculos de UGRL do Software Dialux para luminária LAN 03 E 58 W Lumicenter



Fonte: Software Dialux em estudo de caso de Luminária LAN 03 E 58W Lumicenter.

De posse dos resultados obtidos, foi montada uma tabela comparativa (Tabela) com custos de fornecimento, manutenção e consumo de energia elétrica das luminárias

convencional e com tecnologia LED, na qual foi considerado o período comparativo da lâmpada/luminária de maior de vida útil, no caso a luminária de tecnologia LED com vida útil de 50.000 h. Foram considerados os custos de manutenção (custo de substituição de lâmpadas e de mão de obra) de acordo com o Apêndice B “Custo de Troca de Lâmpadas no aeroporto Internacional Luís Eduardo Magalhães, Salvador Bahia”, funcionamento das luminárias 24 h por dia e custos de energia elétrica conforme Tabela de Tarifa e Preço Final de Energia Elétrica da COELBA Base 09 2014, Tarifa Horo Sazonal Azul A4 PPP (anexo I), modalidade de atendimento atual do TECA.

Tabela 7.7 - Estudo comparativo de custos do uso das luminárias Convencional Fluorescente CAA01-E416 e LED LAN03-E3500

Tipo de Luminária	Numero de Luminárias	Custo inicial da luminaria R\$	Custo reposição de peças relacionando as vidas uteis das luminárias (R\$)				P (W)	Vida útil (h)	Valor kWh P (R\$)	Valor kWh FP (R\$)	Custo consumo de energia em 50.000 h por luminária (R\$)	Custo total em 50000h R\$
			Custo lâmpada (R\$)	custo mão de obra (R\$)	custo lâmpadas + mão de obra (R\$)	custo lâmpadas + mão de obra 50000 h (R\$)						
CAA 01 4xT8 16W	18	195,20	6,60	18,00	24,60	410,00	66	12.000	0,34	0,22	769,14	24.738,15
LAN 03 LED 58W	18	436,80				0	58	50.000	0,34	0,22	675,91	20.028,82
Diferença												-4.709,33

Fonte: Lumicenter, COELBA (2014).

Diante dos estudos realizados pode-se concluir, que no caso do uso das luminárias Fluorescente CAA01-E416 e LED LAN03-E3500 no saguão do 1º Pavimento do TPS do aeroporto de Salvador:

1. A luminária convencional com lâmpadas fluorescentes 4x16 W tipo CAA01 E416 atendeu a maioria dos requisitos técnicos da norma pertinente, a NBR ISO 8995-1, como o Iluminamento Mantido Em (249 lux acima dos 200 lux mínimos sugeridos), o Índice limite de Ofuscamento Unificado UGR_L (17 abaixo do limite máximo de 22 sugerido) e a uniformidade de iluminação U (0,546 aproximadamente igual ao valor 0,60 mínimo sugerido), porem apresentou um índice de reprodução e cores de 66 abaixo do valor 80 recomendado pela referida norma.
2. A luminária com tecnologia LED de 58 W tipo LAN01 E3500 atendeu, também, a maioria dos requisitos técnicos da norma pertinente, a NBR ISO 8995-1, como o Iluminamento Mantido Em (225 lux acima do valor mínimo sugerido de 200 lux), o Índice limite de Ofuscamento Unificado UGR_L (20 inferior ao valor 22, limite máximo sugerido) e a uniformidade de iluminação U (0,57 aproximadamente igual ao valor 0,60 mínimo sugerido), porem apresentou um valor 70 para o índice de reprodução de cores, inferior ao limite máximo sugerido pela norma, que é 80.
3. O custo inicial da luminária convencional em estudo é bastante inferior (R\$195,20) ao custo inicial da luminária de tecnologia LED (R\$ 436,80),

sendo a segunda cerca de 124% mais cara que a primeira, porem considerando o maior custo de manutenção com a troca de lâmpadas devido a maior vida útil, a economia de energia elétrica devido a maior eficiência energética, pode-se concluir que a luminária com tecnologia LED, neste caso estudado, apresenta-se como uma melhor opção em termos econômicos e operacionais.

4. A luminária convencional com lâmpadas fluorescentes requer quatro trocas em relação á vida útil da luminária LED em estudo, gerando como resíduos, lâmpadas fluorescentes que apresentam gás mercúrio em seu interior e vidro pintado com fósforo que em caso de corte do ser humano dificulta a cicatrização. Sendo assim a luminária LED em estudo mostra-se mais sustentável que a luminária convencional fluorescente.

7.2 ÁREA DE ARMAZENAGEM DO TERMINAL DE CARGA “TECA” - ILUMINAÇÃO INDUSTRIAL

Foi escolhido neste segundo estudo de caso, uma área do Terminal de Cargas do aeroporto de Salvador localizada no Setor de armazenagem do pavimento térreo com dimensões 51,4mx52,2m, na qual se encontram instaladas luminárias Industriais do tipo Projetores (Figura) com lâmpadas de descarga de multivapores metálicos ovóides de 400W, instaladas a 9m de altura. Iniciando os estudos, observaram-se as características físicas do local (tabela 7.8)

Figura 7.8 - 6 Iluminação TECA com Luminárias Industriais com lâmpadas de multivapores metálicos de 400W



Fonte: INFRAERO (2014).

Tabela 7.8 - Características físicas do ambiente Setor de armazenagem do TECA do aeroporto de Salvador

Item	Características físicas
Dimensões	51,4 m (largura) 52,2 m (comprimento). 9 m (altura da luminária)
Piso	Tipo: Argamassa Cor: Clara. Coeficiente de reflexão: 47%.
Teto	Tipo: padrão. Coeficiente de reflexão: 80%.
Parede	Tipo: Padrão. Coeficiente de reflexão: 50%.

Fonte: INFRAERO (2014).

A área escolhida pode ser classificada como “local de armazenamento de bagagens” de aeroportos, segundo a Tabela “Planejamento dos Ambientes (áreas), Tarefas e Atividades com a especificação da Iluminância, Limitação de Ofuscamento e Qualidade da Cor” da norma NBR ISO 8995-1 1 Iluminação de Ambientes de Trabalho Parte 1, interior, que corresponde a recomendações técnicas de: E_m (iluminância mantida), UGR_L , (Índice limite de ofuscamento unificado), R_a (Índice geral de reprodução de cor) e $U = \frac{E_m}{E_{max}}$ (uniformidade) (Tabela).

Tabela 7.9 - Recomendações técnicas da norma NBR ISO 8995-1 para local de armazenamento de bagagens de aeroportos

Item	Significado	Recomendação
E_m	Iluminância mantida	≥ 200 Lux
UGR_L	Índice limite de ofuscamento unificado	≤ 22
$\frac{E_{min}}{U = E_{med}}$	Uniformidade	≥ 60 (área de trabalho) $\geq 0,70$ (área de tarefa)
R_a (IRC)	Índice geral de reprodução de cor	≥ 80

Fonte: NBR ISO 8995-1 (2013).

Foram analisadas, então, quatro situações distintas: situação atual com 81 luminárias convencionais e três situações propostas, uma delas apenas reduzindo o número de luminárias de 81 para 25 devido ao excesso de iluminamento obtido num cálculo luminotécnico prévio na situação existente (676 lux bastante acima dos 200 lux necessários), outra situação com redução do número de luminárias e utilização de refratores translúcidos, prevendo-se uma necessidade de melhoria da uniformidade com

a diminuição da quantidade de luminárias (25 luminárias em uma área de 2.500m²) e a última com luminária com tecnologia LED, conforme abaixo:

- a- **Situação atual:** 81 projetores circulares fechados, refletor em alumínio, com lâmpadas metálicas ovóides de 400 W (modelo RIF 68/1 Reeme).
- b- **Situação proposta:** 25 projetores circulares fechados, refletor em alumínio, com lâmpadas metálicas ovóides de 400 W (modelo RIF 68/1 Reeme).
- c- **Situação proposta:** 25 projetores circulares fechados, refletor em acrílico translúcido com lâmpadas metálicas ovóides de 400 W (modelo RIF 72 Reeme).
- d- **Situação proposta:** 30 projetores retangulares fechados duplos com 240 LEDs driver 530mA, 240 W, fotometria WB. Modelo Greenbay2 BY 688P Philips.

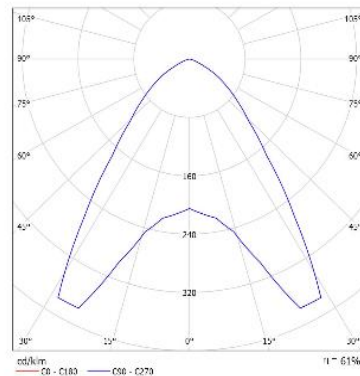
a - Para a situação atual; 81 luminárias Industriais tipo refletores circulares fechados, em alumínio, com lâmpadas metálicas ovóides de 400 W (modelo RIF 68/1 Reeme), inicialmente levantou-se informações técnicas e comerciais da luminária (Tabela).

Tabela 7.10 - Dados da luminária RIF68 Reeme

Fluxo da Lâmpada (horizontal)	33.000 lm.
Fluxo da Luminária	20.223 lm.
Preço da luminária (completa)	R\$ 368,00
Preço da luminária	R\$ 207,00
Preço do reator	R\$ 81,00
Preço da lâmpada	R\$ 33,00
Preço do ignitor	R\$ 23,00
Preço capacitor	R\$ 24,00
Vida útil da lâmpada	20.000h
Carga elétrica	430 W (lâmpada + reator)
IRC (Lâmpada VM MRV GE)	65

Fonte: Reeme, Eletrocabos (2014).

Figure 0.2 Curva fotométrica da luminária RIF 68/1 Reeme



Fonte: *Software Dialux* (2014).

Observa-se que os preços das luminárias e lâmpadas baseiam-se em proposta da Reeme de 11/2014 e da Eletrocabos de 10/2014, conforme anexos D e G.

Utilizou-se o *software* Dialux para análise da situação atual, observando que o fabricante Reeme disponibilizou o mesmo arquivo de dados formato padronizado fotoelétrico IES para as luminárias RIF68/1 e RI68/1, com o qual foram obtidos os resultados abaixo:

- i. $E_m = 676 \text{ Lux}$ (iluminamento mantido,
- ii.
- iii.

iv. Figura).

v. $U = \frac{E_{min}}{E_{med}} = 0,534$ (uniformidade,

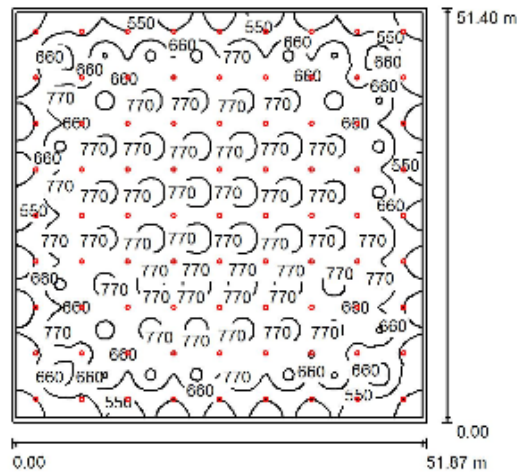
vi.

vii.

- viii. Figura).
 - ix. $UGR_L = 29$ (Índice limite de ofuscamento unificado,
 - x.
 - xi.
-
- xii. Figura).
 - xiii. $IRC = 65$ (índice de reprodução de cor, obtido de catálogos de fabricantes de lâmpadas tipo vapor metálico).

Figura 7.10 - Resultado de Cálculos de (E_m e $U = E_{min}/E_{med}$) do Software Dialux para 81 luminárias RIF68/1 Trópico com lâmpada VM 400W

Galpao de armazenagem VM 400W 500 lux / Resumo



Altura da sala: 9.000 m, Altura de montagem: 9.000 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:660

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	676	361	877	0.534
Solo	47	660	338	834	0.512
Tecto	70	274	163	328	0.594
Paredes (4)	50	342	187	531	/

Plano de uso:
 Altura: 0.800 m
 Grelha: 128 x 128 Pontos
 Zona marginal: 0.500 m

UGR
 Parede esquerda: 29
 Parede inferior: 29
 (CIE, SHR = 1.00.)

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.499, Tecto / Plano de uso: 0.406.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	81	REEME REPUBLIÇÃO E METALÚRGICA LTDA LUMINÁRIA INDUSTRIAL RI-68/1/V REFLETOR NORMAL DE LINHA COM VIDRO PLANO (Tipo 1)* (1.000)	20223	33000	400.0

Fonte: Software Dialux

Foi feito então um estudo comparativo entre os resultados obtidos com o uso do software Dialux e os valores recomendados pela norma NBR ISO 8995-1 (

Tabela), conforme a seguir:

Tabela 7.11 - Estudo comparativo resultados obtidos pelo uso do *software* e os valores recomendados pela norma NBR ISO 8995-1 para 81 luminárias RIF68/1 Reeme

Item	significado	Valor recomendado	Valor obtido
E_m	Iluminância mantida	≥ 200 Lux	676 Lux
UGR_L	Índice limite de ofuscamento unificado	≤ 22	29
$U = \frac{E_{min}}{E_{med}}$	Uniformidade	$\geq 0,60$	0,534
Ra (IRC)	Índice geral de reprodução de cor	≥ 80	65

Fonte: NBR ISO 8995-1 (2013).

Observa-se que a luminária atende apenas ao requisito de Iluminância mantida E_m , inclusive com excesso de iluminamento (três vezes maior que o recomendado por norma), apresentando Índice de reprodução de cor IRC, Índice limite de ofuscamento unificado UGR_L e Uniformidade U com valores abaixo das recomendações técnicas.

b - Para a situação proposta com 25 luminárias Industriais tipo refletores circulares fechados, em alumínio, com lâmpadas metálicas ovóides de 400W (modelo RIF 68/1 Reeme). Inicialmente levantou-se informações técnicas e comerciais da luminária Tabela).

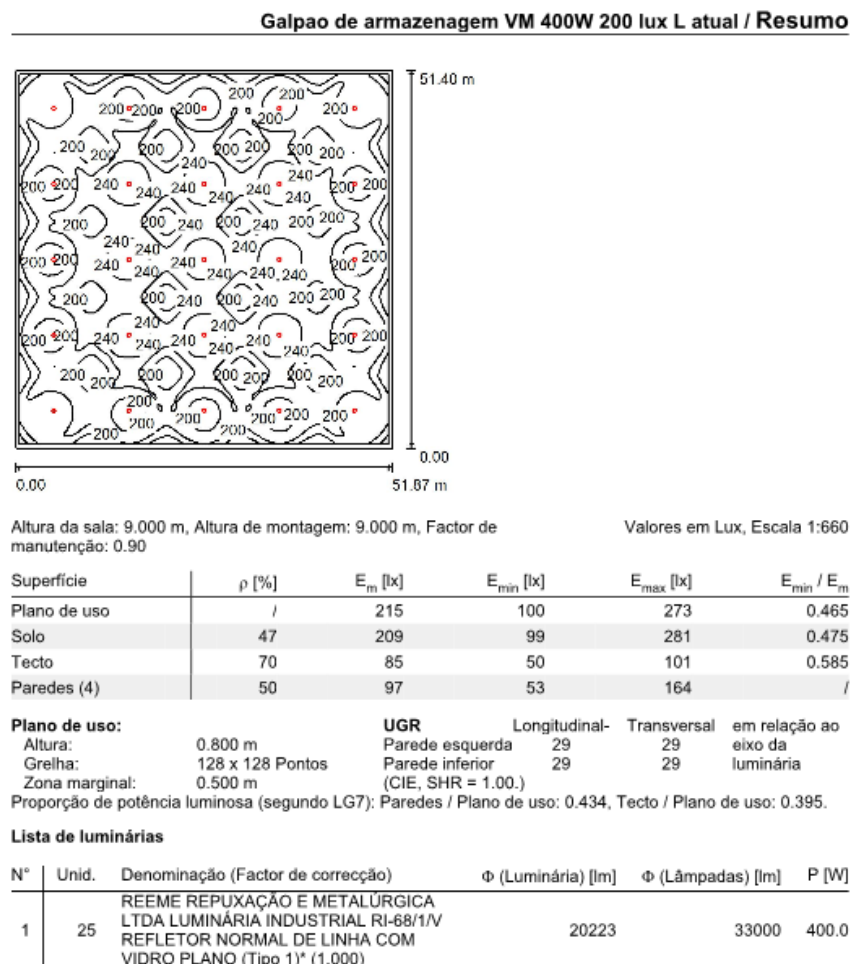
Observa-se que os preços das luminárias e lâmpadas baseiam-se em proposta da Reeme de 11/2014 e da Eletrocabos de 10/2014, conforme anexos D e G.

Utilizou-se o *software* Dialux para análise da situação atual, com o qual foram obtidos os resultados abaixo:

- i. $E_m = 215$ Lux (iluminamento mantido, Figura).
- ii. $U = \frac{E_{min}}{E_{med}} = 0,465$ (uniformidade, Figura).
- iii. $UGR_L = 29$ (Índice limite de ofuscamento unificado, Figura).
- iv. IRC = 65 (índice de reprodução de cor, obtido de catálogos de fabricantes

de lâmpadas de multivapores metálicos).

Figura 7.11 - Resultado de Cálculos do Software Dialux para 25 luminárias RIF68/1 Trópico com lâmpada VM 400 W



Fonte: *Software Dialux*

Foi feito então um estudo comparativo entre os resultados obtidos com o uso do *software Dialux* e os valores recomendados pela norma NBR ISO 8995-1 (Tabela), com os quais chega-se as conclusões a seguir:

Tabela 7.12 - Estudo comparativo resultados obtidos pelo uso do *software* e os valores recomendados pela norma NBR ISO 8995-1 para 25 luminárias RIF68/1 Reeme

Item	significado	Valor recomendado	Valor obtido
E_m	Iluminância mantida	≥ 200 Lux	215 Lux
UGR_L	Índice limite de ofuscamento unificado	≤ 22	29
$U = \frac{E_{min}}{E_{med}}$	Uniformidade	$\geq 0,60$	0,465
Ra (IRC)	Índice geral de reprodução de cor	≥ 80	65

Fonte: NBR ISO 8995-1 (2013).

Observa-se que a luminária atende apenas ao requisito de Iluminância mantida E_m , apresentando Índice de reprodução e cor IRC, Índice limite de ofuscamento unificado UGR_L e Uniformidade U com valores abaixo das recomendações técnicas.

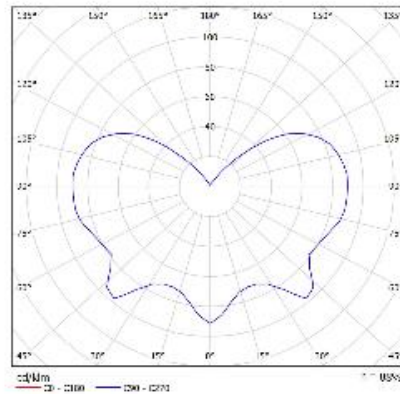
c- Para a situação proposta com 25 luminárias Industriais tipo refletor em acrílico translúcido com lâmpadas metálicas ovóides de 400 W (modelo RIF 72 Reeme) inicialmente levantou-se informações técnicas e comerciais da luminária (Tabela).

Tabela 7.13 - Dados da luminária RIF72 Reeme

Fluxo da Lâmpada (horizontal)	33.000 lm.
Fluxo da Luminária	29.182 lm.
Preço da luminária (completa)	R\$ 469,00
Preço da luminária	R\$ 308,00
Preço do reator	R\$ 81,00
Preço da lâmpada	R\$ 33,00
Preço do ignitor	R\$ 23,00
Preço capacitor	R\$ 24,00
Vida útil da lâmpada	20.000h
Carga elétrica	430 W (lâmpada + reator)
IRC (Lâmpada VM MRV GE)	65

Fonte: Reeme, Eletrocabos .(2014).

Figura 7.12 - Curva fotométrica da luminária RIF 72 Reeme



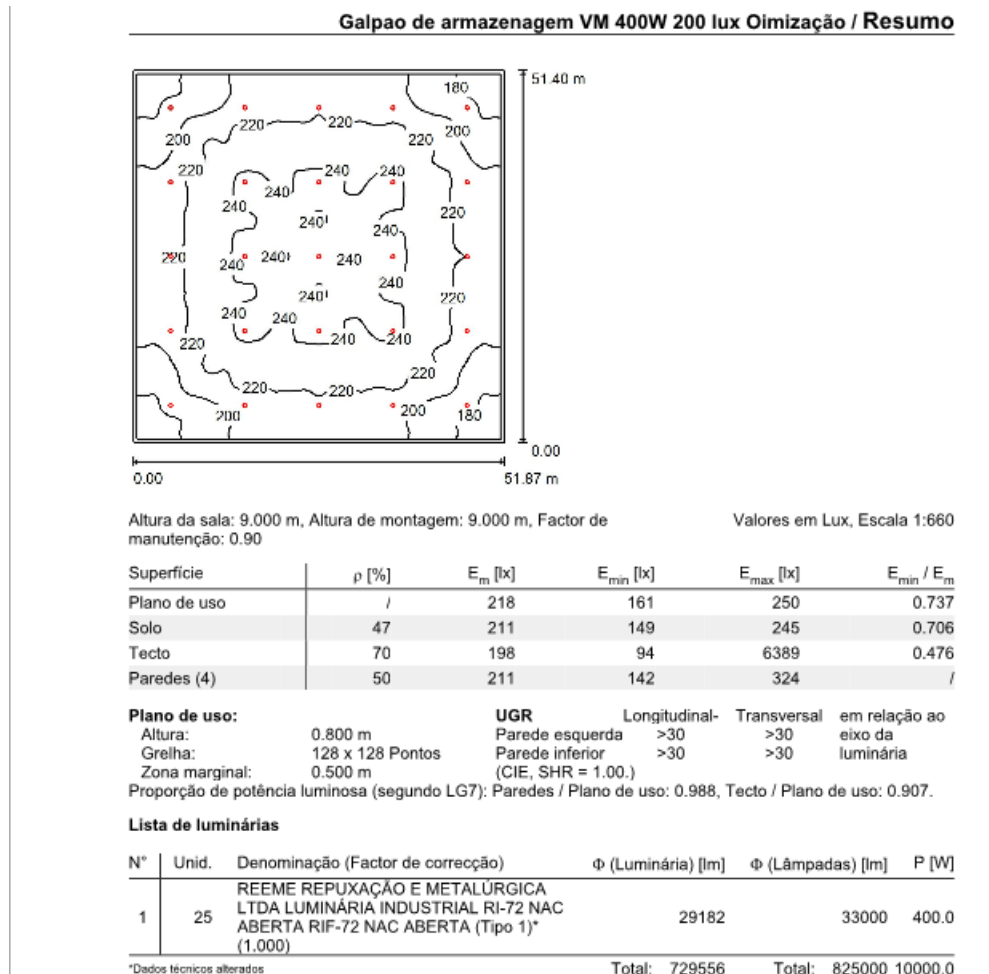
Fonte: *Software* Dialux (2014).

Observa-se que os preços das luminárias e lâmpadas baseiam-se em proposta da Reeme de 11/2014 e da Eletrocabos de 10/2014, conforme anexos D e G.

Utilizou-se o *software* Dialux para análise da situação em estudo, com o qual foram obtidos os resultados a seguir:

- i. $E_m = 218 \text{ Lux}$ (iluminamento mantido, Figura).
- ii. $U = \frac{E_{min}}{E_{med}} = 0,737$ (uniformidade, Figura).
- iii. $UGR_L = 30$ (Índice limite de ofuscamento unificado, Figura).
- iv. $IRC = 65$ (índice de reprodução de cor, obtido de catálogos de fabricantes de lâmpadas tipo multivapores metálicos).

Figura 7.13 - Resultado de Cálculos do Software Dialux para 25 luminárias RIF72 Trópico com lâmpada VM 400 W



Fonte: Software Dialux.

Foi feito então um estudo comparativo entre os resultados obtidos com o uso do software Dialux e os valores recomendados pela norma NBR ISO 8995-1 (Tabela), conforme a seguir:

Tabela 7.14 - Estudo comparativo resultados obtidos pelo uso do software e os valores recomendados pela norma NBR ISO 8995-1 para 25 luminárias RIF72 Reeme

Item	Significado	Valor recomendado	Valor obtido
E_m	Iluminância mantida	≥ 200 Lux	218 Lux
UGR_L	Índice limite de ofuscamento unificado	≤ 22	29
$U = \frac{E_m}{E_{max}}$	Uniformidade	$\geq 0,60$	0,737
Ra (IRC)	Índice geral de reprodução de cor	≥ 80	65

Fonte: NBR ISO 8995-1 (2013).

Observa-se que a luminária atende aos requisitos de Iluminância mantida E_m e Uniformidade U , porém apresenta Índice limite de ofuscamento unificado UGR_L e Índice de reprodução e cor IRC com valores abaixo das recomendações técnicas.

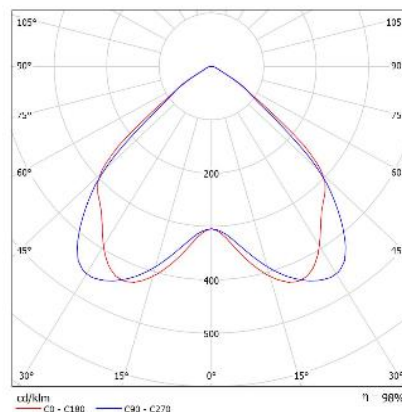
d-Situação proposta com 30 projetores retangulares fechados duplos com 240 LEDs driver 530mA, 240 W, fotometria WB. Modelo Greenbay2 BY 688P Philips. Inicialmente levantaram-se informações técnicas e comerciais da luminária (Tabela).

Tabela 7.15 - Dados da luminária Greenbay 2 Philips

Preço da luminária (completa)	R\$ 2.000,00
Fluxo da luminária	20.000 lm
Vida útil da luminária	50.000 h
Carga elétrica	240 W
IRC (Luminária Greenbay2)	85

Fonte: Philips, Eletrocabos (2014).

Figura 7.14 - Curva fotométrica da luminária Green Bay2 Philips



Fonte: Software Dialux (2014).

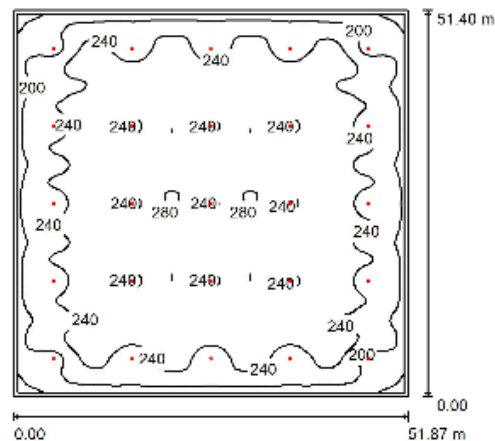
Utilizou-se o *software* Dialux para análise da situação em estudo, com o qual foram obtidos os resultados a seguir:

- i. $E_m = 240$ Lux (iluminamento mantido, Figura).
- ii. $U = \frac{E_{min}}{E_{med}} = 0,543$ (uniformidade, Figura).
- iii. $UGR_L = 24$ (Índice limite de ofuscamento unificado, Figura).
- iv. IRC = 85 (índice de reprodução de cor, obtido de catálogo da luminária).

Observa-se que os preços das luminárias e lâmpadas, baseiam-se em proposta da, do escritório de Iluminação, representante comercial da Philips e da Eletrocabos Materiais Elétricos (10/2014), conforme anexos H e G.

Figura 7.15 - Resultado de Cálculos do Software Dialux para 25 luminárias Greenbay2 BY 688P Philips 240 W

Galpao de armazenagem LED 240W 200 lux / Resumo



Altura da sala: 9.000 m, Altura de montagem: 9.000 m, Factor de manutenção: 0.90

Valores em Lux, Escala 1:660

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	240	130	283	0.543
Solo	47	234	128	283	0.548
Tecto	70	96	54	115	0.565
Paredes (4)	50	113	56	176	/

Plano de uso:
 Altura: 0.800 m
 Grelha: 128 x 128 Pontos
 Zona marginal: 0.500 m

UGR
 Parede esquerda: 24
 Parede inferior: 24
 (CIE, SHR = 1.00.)

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.455, Tecto / Plano de uso: 0.399.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	25	BY688P LED240 NW WB WB (1.000)	22862	23367	232.4
Total:			571551	584178	5810.8

Fonte: *Software Dialux.*

Foi feito então um estudo comparativo entre os resultados obtidos com o uso do *software Dialux* e os valores recomendados pela norma NBR ISO 8995-1 (Tabela), conforme a seguir:

Tabela 7.16 - Estudo comparativo resultados obtidos pelo uso do *software* e os valores recomendados pela norma NBR ISO 8995-1 para 25 luminárias Greenbay2 BY 688P Philips 240W

Ítem	significado	Valor recomendado	Valor obtido
E_m	Iluminância mantida	≥ 200 Lux	240 Lux
UGR_L	Índice limite de ofuscamento unificado	≤ 22	29
$U = \frac{E_{min}}{E_{med}}$	Uniformidade	$\geq 0,60$	0,543
Ra (IRC)	Índice geral de reprodução de cor	≥ 80	85

Fonte: NBR ISO 8995-1 (2013).

Observa-se que a luminária atende aos requisitos de Iluminância mantida Em e Índice de reprodução de cor IRC, porem apresenta Uniformidade U e Índice limite de ofuscamento unificado UGRL com valores abaixo das recomendações técnicas, estando o valor de uniformidade bastante próximo do recomendado.

De posse dos resultados obtidos, foi montada uma tabela comparativa (Tabela) com custos de fornecimento, manutenção e consumo de energia elétrica das luminárias convencionais (no caso industriais com lâmpadas de descarga metálicas de 400 W, RIF68/1 e RF72 Reeme) e luminária com tecnologia LED (Greenbay2 BY 688P Philips 240 W). Nesta tabela foi considerada a vida útil da lâmpada/luminária de maior valor, no caso da luminária de tecnologia LED com vida útil de 50.000 h e foram considerados os custos de manutenção (custo de substituição de lâmpadas e de mão de obra) de acordo com o Apêndice B “Custo de Troca de Lâmpadas no aeroporto Internacional Luís Eduardo Magalhães Salvador Bahia”, funcionamento das luminárias 12 h por dia e Custos de energia da COELBA Base 09 2014, Tarifa Horó sazonal verde A4 Comercial (Anexo I).

Em relação ao item 1 da Tabela , foi considerado o fator de demanda de 0,3 uma vez que, na prática, as 81 luminárias não ficam necessariamente todas acesas ao mesmo tempo, por não haver necessidade do alto nível de iluminamento dimensionado simultaneamente em todos ambientes da área de armazenagem.

Tabela 7.17- Estudo comparativo do uso das luminárias convencionais RIF68/1 e RF72 REEME com lâmpada VM 400 W e LED Greenbay2 BY 688P PHILIPS 240 W

	Numero de luminarias	Custo inicial da luminaria R\$	Custo reposição de peças relacionando as vidas uteis das luminárias (R\$)				Fator de demanda	P (W)	Vida útil (h)	Valor kWh P (R\$)	Valor kWh FP (R\$)	Custo consumo de energia em 50.000 h por luminária (R\$)	Custo total em 50000h R\$
			Custo lâmpada (R\$)	custo mão de obra (R\$)	custo lâmpadas + mão de obra (R\$)	custo lâmpadas + mão de obra 50000 h (R\$)							
1- 81 projetores com lâmpadas VP de 400W (RIF 68 REEME).	81	368,00	42,00	56,00	98,00	245,00	0,30	430	20.000	1,96	0,25	14.050,45	356.321,84
2- 25 projetores com lâmpadas VP de 400W (RIF 68 REEME).	25	368,00	42,00	56,00	98,00	245,00	0,60	430	20.000	1,96	0,25	14.050,45	219.951,75
3- 25 projetores com lâmpadas VP de 400W (RIF 72 REEME).	25	469,00	42,00	56,00	98,00	245,00	0,60	430	20.000	1,96	0,25	14.050,45	221.466,75
4- 30 projetores com lâmpadas LED de 240W (Grennbay2 PHILIPS).	30	2.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	240	50.000	1,96	0,25	7.842,11	177.158,01

Fonte: Reeme, Philips, Eletrocabos, COELBA (2014).

Diante dos estudos realizados do uso das luminárias Industriais RIF68/1 e RIF72 Reeme com lâmpadas metálicas e luminária com tecnologia LED Grennbay2 BY688P Philips na área de armazenagem do TECA do aeroporto de Salvador, pode-se concluir que:

As luminárias convencionais industriais com lâmpadas metálicas de 400 W, tipo RIF68/1 e RIF72 Reeme atendem a maioria dos requisitos técnicos da norma pertinente, a NBR ISO 8995-1.

Tem-se, no caso da situação atual, instalados 81 refletores industriais do tipo RIF68/1 Reeme fluxo de 20.223 lm com lâmpadas tipo metálicas de 400W fluxo de 33.000 lm. Esta situação atende apenas ao requisito técnico Iluminamento Mantido Em (676 lux muito acima de 200 lux, valor mínimo sugerido) da norma, porém apresenta a uniformidade de iluminação U (0,546 com valor próximo a 0,60 mínimo sugerido), o Índice limite de Ofuscamento Unificado UGRL (29 acima do limite máximo de 22 sugerido) e o IRC índice de reprodução de cores de (65, valor abaixo do sugerido, ou seja, 80), com valores abaixo dos valores sugeridos pela norma pertinente.

Observa-se que o fato de que o projeto original tenha sido feito no ano de 1999 (15 anos atrás), baseado em norma técnica não mais vigente, evidencia o Iluminamento Mantido estar muito acima do valor exigido pela norma atual, inclusive naquela época a

preocupação com a economia de energia e com a eficiência energética não tinha a importância dos dias atuais.

Procurou-se fazer uma otimização das instalações, reduzindo os atuais 81 refletores industriais com lâmpadas metálicas de 400 W instalados para 25 projetores. Esta situação então continuou atendendo apenas ao requisito técnico da norma, o Iluminamento Mantido Em (215 lux acima de 200 lux, valor mínimo sugerido), porém apresentou o Índice limite de Ofuscamento Unificado UGR_L (29 acima do limite máximo de 22 sugerido) a uniformidade de iluminação U (0,465 valor inferior aos 0,60 mínimos sugeridos), e o índice de reprodução de cores (65, valor inferior ao sugerido, ou seja, 80), com valores abaixo dos valores sugeridos pela norma pertinente,

Consegue-se reduzir o excesso de potência instalada com um Iluminamento Mantido acima do valor exigido pela norma atual, o que reflete na economia de energia, ou seja, uma melhor eficiência energética do sistema, porém piora a uniformidade (passa de 0,534 para 0,465). Em relação a análise do IRC, este último fator, devido à natureza da lâmpada de multivapores metálicos, que não apresentar um bom IRC, propiciando às instalações um índice um pouco abaixo daquele recomendado pela norma.

Procurou-se fazer mais uma otimização das instalações, reduzindo dos atuais 81 refletores industriais, com lâmpadas metálicas de 400 W, com fluxo de 20.223 lm instalados para 25 projetores e mudando o modelo de refletor para refletor similar porem do tipo translúcido com fluxo de 29.182 lm (observou-se um maior rendimento da luminária que a anterior que apresentou um fluxo de 20.223 lm). Esta situação então atendeu aos requisitos técnicos da norma: o Iluminamento Mantido Em (218 lux acima de 200 lux mínimo sugerido) e a uniformidade de iluminação U (0,737 valor acima dos 0,60 mínimo sugerido), porém apresentou um Índice limite de Ofuscamento Unificado UGR_L (30 valor acima do limite máximo de 22 sugerido), e apresentou um índice de reprodução de cores de 65 um pouco abaixo do recomendável pela referida norma , ou seja, 80.

Esta segunda otimização também reduziu o excesso de potência instalada, obteve um Iluminamento Mantido acima do valor exigido e conseguiu melhorar a uniformidade da iluminação, atendendo as recomendações técnicas, porem continuou a

apresentar um IRC abaixo do recomendado, devido a natureza da lâmpada de multivapores metálicos.

Foi proposta a simulação do uso de luminárias com tecnologia LED de 23.400 lm, 240 W tipo Grennbay2 BY688P Philips. Tal simulação atendeu praticamente a todos os requisitos técnicos da norma pertinente, como o Iluminamento Mantido Em (240 lux acima d 200 lux mínimo sugerido), a uniformidade de iluminação U (0,58 aproximadamente igual a 0,60 mínimo sugerido), o índice de reprodução e cores (80 igual ao mínimo sugerido) e o Índice limite de Ofuscamento Unificado UGR_L (24 bastante próximo do limite máximo de 22 sugerido).

O custo inicial das luminárias convencionais em estudo é bastante inferior (R\$369,00 para a RIF68/1 e R\$ 469,00 para a RIF72) ao custo inicial da luminária de tecnologia LED (R\$ 2.000,00), sendo a luminária com tecnologia LED cerca de 442% (em relação a RIF68/1) e 326% (em relação a RIF72) mais caras que as luminárias convencionais, porem considerando o menor custo de manutenção devido a maior vida útil, e o menor consumo de energia elétrica devido a maior eficiência energética, pode-se concluir que a luminária com tecnologia LED, neste caso estudado, apresenta-se como uma melhor opção em termos econômicos e operacionais.

As luminárias convencionais com lâmpadas metálicas requerem duas trocas de lâmpadas num período equivalente à vida útil da luminária LED em estudo, gerando mais resíduos e do tipo lâmpadas de descarga que apresentam gás mercúrio em seu interior. Sendo assim, a luminária LED, em estudo, mostra-se mais sustentável que a luminária convencional.

7.3 VIAS DE ACESSO NAS PROXIMIDADES DO TECA - ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Foi escolhida neste terceiro estudo de caso, uma área típica de iluminação pública, as vias de acesso nas proximidades da área industrial (região onde estão localizados os terminais de carga da INFRAERO e das companhias aéreas) do aeroporto de Salvador (Figura). São vias asfaltadas, de mão dupla (duas faixas), com largura total de 10 m, nas quais se encontram instaladas em postes metálicos, afastados de 35 metros em média, 162 luminárias públicas com lâmpadas de descarga a vapor de sódio de 250 W. Iniciando os estudos, observaram-se as características físicas do local (Tabela)

Figura 7.16 - Iluminação das Vias de Acesso próximas ao TECA; com Luminárias Publicas com lâmpadas a vapor de sódio 250 W



Fonte: INFRAERO (2014).

Tabela 7.18 - Características físicas do ambiente Via de acesso do aeroporto de Salvador

Item	Características físicas
Pista	Tipo: mão dupla. Largura total: 10m
Superfície da via (Piso)	Tipo: pavimento flexível (asfalto). Coeficiente de reflexão (Q_0): 0,07 (Tabela R, normas CIE).
Luminária	Tipo: publica. Altura de montagem: 8m. Localização dos postes: do mesmo lado da pista Espaçamento médio entre luminárias: 35 m Avanço: 0,80m Recuo: 0,8m Inclinação: 15°

Fonte: INFRAERO (2014).

A área escolhida pode ser classificada como **via Urbana - local** pela norma NBR 5101 Iluminação Pública, segundo o Código Brasileiro de Trânsito (item 4.1.1 Vias urbanas, subitem 4.1.1.5 Via Local). Pode ser classificada também como de **volume de tráfego motorizado médio (M), tráfego de pedestres Leve (L) e como classe de iluminação tipo V4 e P3** (Tabela). A norma faz então recomendações

técnicas de: $E_{med,min}$ (iluminância média mínima), $U = E_{min}/E_{med}$ (Fator de uniformidade mínimo), L_{med} (Iluminância média), U_o (Uniformidade Global), U_L (Uniformidade Longitudinal) e TI (Incremento Linear), conforme tabela 7.20 a seguir:.

Tabela 7.19 - Classificação das vias segundo a norma NBR 5101

Tabela	Classificação	Características
Tabela 1 Tráfego motorizado	Médio (M)	501 a 1200 veículos por hora
Tabela 2 Tráfego de pedestres	Leve (L)	Como em vias residenciais leves
Tabela 4 Classes de iluminação para cada tipo de via (veículos)	V4	Vias locais, volume de tráfego médio.
Tabela 6 Classes de iluminação para cada tipo de via (pedestres)	P3	Via de uso noturno moderado por pedestres (passeios, acostamentos, etc)

Fonte: ABNT, NBR 5101 (2012).

Tabela 7.20 - Recomendações técnicas da norma NBR 5101 para via Urbana local, tráfego motorizado leve, tráfego de pedestre Leve, classe de iluminação V4, P3

Ítem	Significado	Recomendação	Origem da recomendação na norma
$E_{med,min}$	iluminância média mínima	≥ 10 Lux (veículos) ≥ 5 Lux (pedestres)	Tabela 5 Tabela 7
$U = E_{min}/E_{med}$	(Fator de uniformidade mínimo)	$\geq 0,2$ (veículos) $\geq 0,2$ (pedestres)	Tabela 5 Tabela 7
L_{med}	luminância média	$\geq 0,75$ Cd/m ² (não obrigatório para as classes V4 e V5)	Tabela 3
U_o	Uniformidade Global	$\geq 0,40$	Tabela 3
U_L	Uniformidade Longitudinal	$\geq 0,60$ (orientativo para as classes V4 e V5)	Tabela 3
TI	Incremento Linear	≤ 15 (orientativo para as classes V4 e V5)	Tabela 3

Fonte: ABNT NBR 5101 (2012).

Foi feita então análise, na área em estudo, das duas situações: a situação atual com luminárias convencionais e uma situação proposta com luminárias com tecnologia LED equivalente, conforme abaixo:

1- Situação Atual, Luminária Pública de alumínio, refletor em alumínio de alta pureza, difusor em vidro plano transparente, IP 65, com Lâmpada a Vapor de sódio de 250 W tipo TPS 2950 Trópico.

2- Situação Proposta, Luminária Pública modular de alumínio, 96 LEDs, IP 66, 155 W tipo Akila_96L_155W NW EXT5102 Schreder.

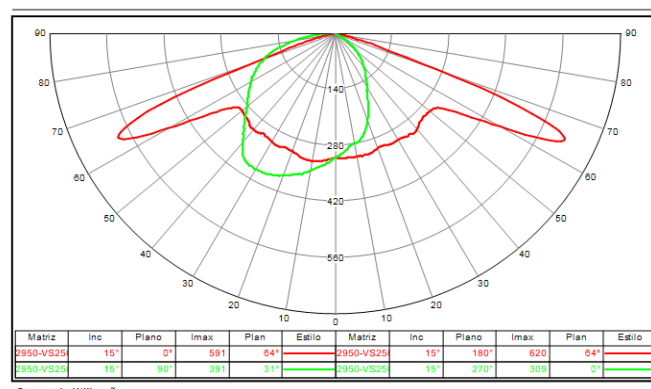
1-Para a situação atual; com luminárias Públicas de alumínio, refletor em alumínio de alta pureza, difusor em vidro plano transparente, IP 65, com lâmpada a Vapor de sódio de 250 W tipo TP 2950 Trópico; inicialmente levantou-se informações técnicas e comerciais da luminária existente (Tabela):

Tabela 7.21 - Dados da luminária TP 2950 TRÓPICO

Fluxo da Lâmpada	26.000 lm.
Preço da luminária (completa)	R\$ 828,00
Preço da luminária (carcaça, refletor, difusor, soquete)	R\$ 660,00
Preço do reator	R\$ 74,00
Preço da lâmpada	R\$ 31,00
Preço do ignitor	R\$ 24,00
Preço capacitor	R\$ 39,00
Vida útil da lâmpada	28.500 h
Carga elétrica	280 W (lâmpada + reator)
IRC (Lâmpada V Sodio)	25

Fonte: Tropico e Eletrocabos (2014).

Figura 7.17 - Curva fotométrica da luminária TPS 2950 Trópico



Fonte: Software Ulysse (2014).

Observa-se que os preços das luminárias e lâmpadas baseiam-se em proposta da Trópico Equipamentos Elétricos Iluminação Ind. e Com. Ltda de 09/2014 e da Eletrocabos de 10/2014, conforme anexos B e G.

Utilizou-se o *software* Ulysse, com o qual foram obtidos os resultados abaixo (figuras 7.18 e 7.19):

- i. $E_{med,min}$: 48,2 Lux (iluminância média mínima)
- ii. $U = \frac{E_{min}}{E_{med}} = 0,32$ (Fator de uniformidade mínimo).
- iii. $L_{med} = 3,023 \text{ Cd/m}^2$ (Y1) e $2,865 \text{ Cd/m}^2$ (Y2) (luminância média)
- iv. $U_o = 0,340$ (Y1) e $0,342$ (Y2) (Uniformidade Global)
- v. $U_{L1} = 0,487$ (Y1), $U_{L2} = 0,393$ (Uniformidade Longitudinal)
- vi. $TI = 14,5\%$ (Incremento Linear).
- vii. $IRC = 25$.

Observa-se que foram considerados Y1 e Y2 como linhas longitudinais paralelas a respectivamente 2,5m e 7,5m do acostamento (linhas centrais das duas faixas de pista de 5 m cada). Fator de manutenção da luminária FML: 0,93 (IP 65, intervalo de limpeza de 12 meses e categoria de poluição baixa)

Figura 7.18 - Resultado de Cálculos do Software Ulysse para luminária TP 2950 Trópico (página geral)

Projecto : Ficheiro : ... \VIAACE~1\071020~1\VIAACE~1.LPF

Informação geral : Norma CEN

Detalhes da estrada

Organização : Condução : Calçada :
 Nº de faixas : Largura da faixa : m Largura da m
 Tabela R : Qo :
 Cálculo : Luminância Iluminância (Z Positivo) Ilumin. hemiesférica TI
 Iluminância (Y Positivo) Ilumin. hemicilíndrica

Detalhes das luminárias

Espaçamento : m Altura : m Avanço : m Recuo : m
 Inclinação : °
 Descrição : TP2950-VS
 Fluxo : klm FM :

Resumo

• Luminância

	1	2
Obs Y	<input type="text" value="2,500"/> m	<input type="text" value="7,500"/> m
Lméd	<input type="text" value="3,023"/> cd/m	<input type="text" value="2,865"/> cd/m
Uo	<input type="text" value="34,0"/> %	<input type="text" value="34,2"/> %
UI	<input type="text" value="48,7"/> %	<input type="text" value="39,3"/> %
TI	<input type="text" value="14,5"/> %	
Posição do observador	<input type="text" value="-17,875; 7,500; 1,500"/> m	

• Iluminância

Emin : lux
 Eméd : lux

Projecto : Ficheiro : ... \VIAACE~1\071020~1\VIAACE~1.LPF

Informação geral : Norma CEN

Detalhes da estrada

Organização : Condução : Calçada :
 Nº de faixas : Largura da faixa : m Largura da m
 Tabela R : Qo :
 Cálculo : Luminância Iluminância (Z Positivo) Ilumin. hemiesférica TI
 Iluminância (Y Positivo) Ilumin. hemicilíndrica

Detalhes das luminárias

Espaçamento : m Altura : m Avanço : m Recuo : m
 Inclinação : °
 Descrição : TP2950-VS
 Fluxo : klm FM :

Resumo

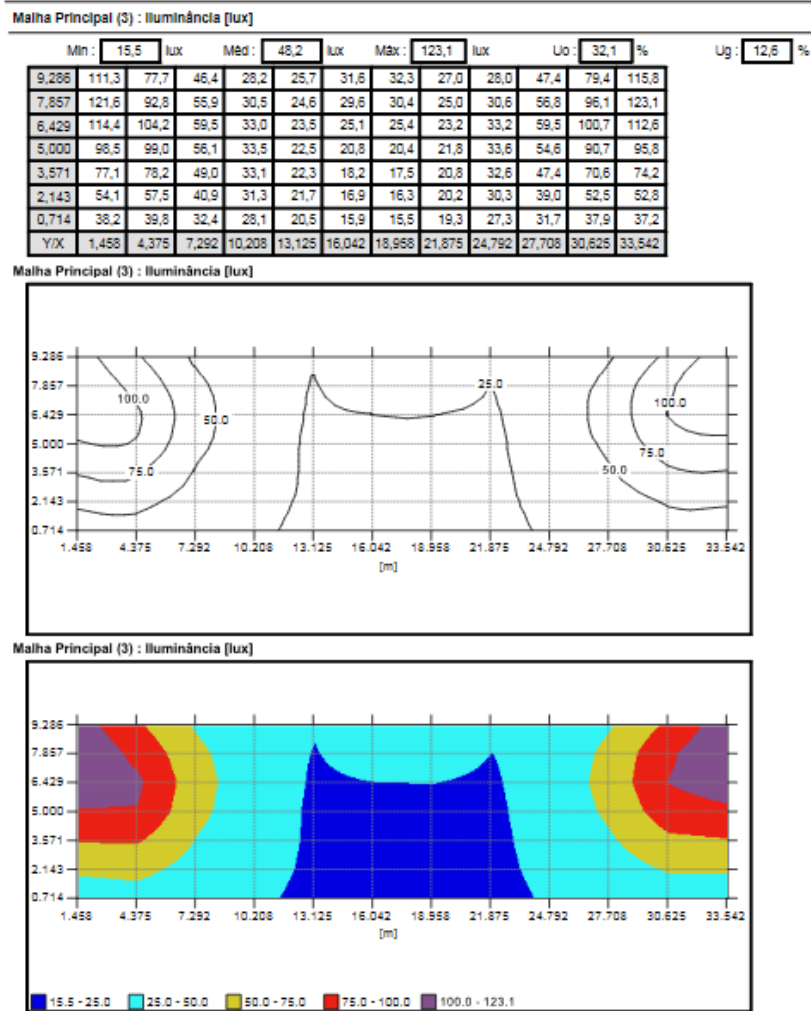
• Luminância

	1	2
Obs Y	<input type="text" value="2,500"/> m	<input type="text" value="7,500"/> m
Lméd	<input type="text" value="3,023"/> cd/m	<input type="text" value="2,865"/> cd/m
Uo	<input type="text" value="34,0"/> %	<input type="text" value="34,2"/> %
UI	<input type="text" value="48,7"/> %	<input type="text" value="39,3"/> %
TI	<input type="text" value="14,5"/> %	
Posição do observador	<input type="text" value="-17,875; 7,500; 1,500"/> m	

• Iluminância

Emin : lux
 Eméd : lux

Figura 7.19 - Resultado de Cálculos do Software Ulysse para luminária 2950 Trópico (malha 3)



Fonte: *Software Ulysse*

Foi feito então um estudo comparativo entre os resultados obtidos com o uso do *software* Ulysse e os valores recomendados pela norma NBR 5101 (Tabela), conforme abaixo:

Tabela 7.22 - Estudo comparativo resultados obtidos pelo uso do *software* Ulysse e valores recomendados pela norma NBR 5101 para a luminária TP 2950 Trópico

Item	Significado	Valor recomendado	Valor obtido
$E_{med,min}$	iluminância média mínima	≥ 10 Lux (veículos) ≥ 5 Lux (pedestres)	48,2
$U=E_{min}/E_{med}$	Fator de uniformidade mínimo	$\geq 0,2$ (veículos) $\geq 0,2$ (pedestres)	0,32
L_{med}	luminância média	$\geq 0,75$ Cd/m ² (não obrigatório para as classes V4 e V5)	3,023 Cd/m ² (Y1) 2,865 Cd/m ² (Y2)
U_o	Uniformidade Global	$\geq 0,40$	0,340 (Y1) 0,342 (Y2)
U_L	Uniformidade Longitudinal	$\geq 0,60$ (orientativo para as classes V4 e V5)	$U_{L1} = 0,487$ (Y1). $U_{L2} = 0,393$ (Y2)
TI	Incremento Linear	≤ 15 (orientativo para as classes V4 e V5)	14,5

Fonte: *Software* Ulysse em estudo de caso de luminária TP 2950 Trópico.

Observa-se que a luminária convencional atendeu a quase todos requisitos técnicos normativos: iluminância média mínima $E_{med,min}$, Fator de uniformidade mínimo U e Luminância média L_{med} , e ao requisito técnico normativo orientativo Incremento Linear TI , porem não atende ao requisito técnico Uniformidade global U_o (recomendado) e Uniformidade longitudinal U_L (orientativo). Apresentou um IRC de 25, valor bastante inferior ao ideal que é de 100.

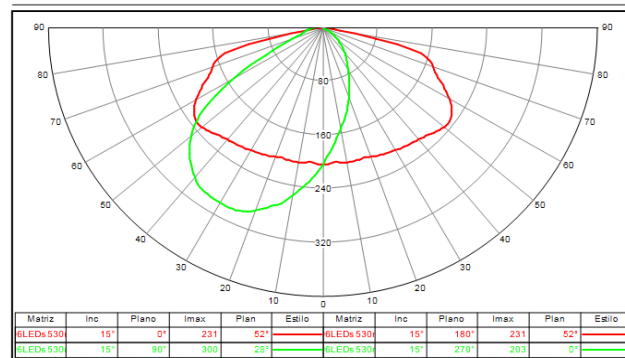
2- Para a situação Proposta, com Luminária Pública modular de alumínio, 96 LEDs, IP 66, 155 W tipo Akila_96L_155 W NW EXT5102 Schreder, inicialmente levantou-se informações técnicas e comerciais da luminária (Tabela):

Tabela 7.23 - Dados da luminária Akila 96 LED 155W Schreder

Preço da luminária (completa)	R\$ 3.921,00
Fluxo da luminária	19.000 lm
Vida útil da luminária	90.000 h
Carga elétrica	155 W
IRC (luminária LED)	70

Fonte: Schreder, Eletrocabos (2014).

Figura 7.20 - Curva fotométrica da luminária Akila 96 LEDs 155W



Fonte: *Software* Ulysse (2014).

Observa-se que os preços das luminárias e lâmpadas, baseiam-se em proposta da BCL Representações Ltda, representante comercial da Schreder (09/2014), conforme anexo C.

Fator de manutenção da luminária FML: 0,93 (IP 66, intervalo de limpeza de 12 meses e categoria de poluição baixa)

Utilizou-se o “*software*” Ulysse para análise da situação atual, com o qual foram obtidos os resultados abaixo (figuras 7.21 e 7.22):

- i. $E_{med,min}$: 27,9 Lux (iluminância media mínima)
- ii. $U = \frac{E_{min}}{E_{med}} = 0,25$ (Fator de uniformidade mínimo).
- iii. $L_{med} = 1,901 \text{ Cd/m}^2$ (Y1) e $1,742 \text{ Cd/m}^2$ (Y2) (luminância média).
- iv. $U_o = 0,410$ (Y1) e $0,428$ (Y2) (Uniformidade Global).
- v. $U_{L1} = 0,628$ (Y1) e $U_{L2} = 0,628$ (Uniformidade Longitudinal).
- vi. $TI = 11,9\%$ (Incremento Linear).
- vii. $IRC = 70$




Observa-se que foram considerado Y1 e Y2 como linhas longitudinais paralelas a respectivamente 2,5m e 7,5m do acostamento (linhas centrais das duas faixas de pista de 5m cada). Fator de manutenção da luminária FML: 0,93 (IP 66, intervalo de limpeza de 12 meses e categoria de poluição baixa)

Figura 7.21 - Resultado de Cálculos do Software Ulysse para luminária Akila 96LEDS 155W Schreder (página geral)

Projecto : _____ Ficheiro : ... 13VIAAC~11071020~11VIAACE~3.LPF

Informação geral : Norma CEN

Detalhes da estrada

Organização :  Condução :  Calçada : 

Nº de faixas : Largura da faixa : m Largura da : m

Tabela R : Qo :

Cálculo : Luminância Iluminância (Z Positivo) Ilum.h. hemisférica TI
 Iluminância (Y Positivo) Ilum.h. hemilindrica

Detalhes das luminárias

Espaçamento : m Altura : m Avanço : m Recuo : m

Inclinação : °

Descrição : AKILA VID

Fluxo : km FM :

Resumo

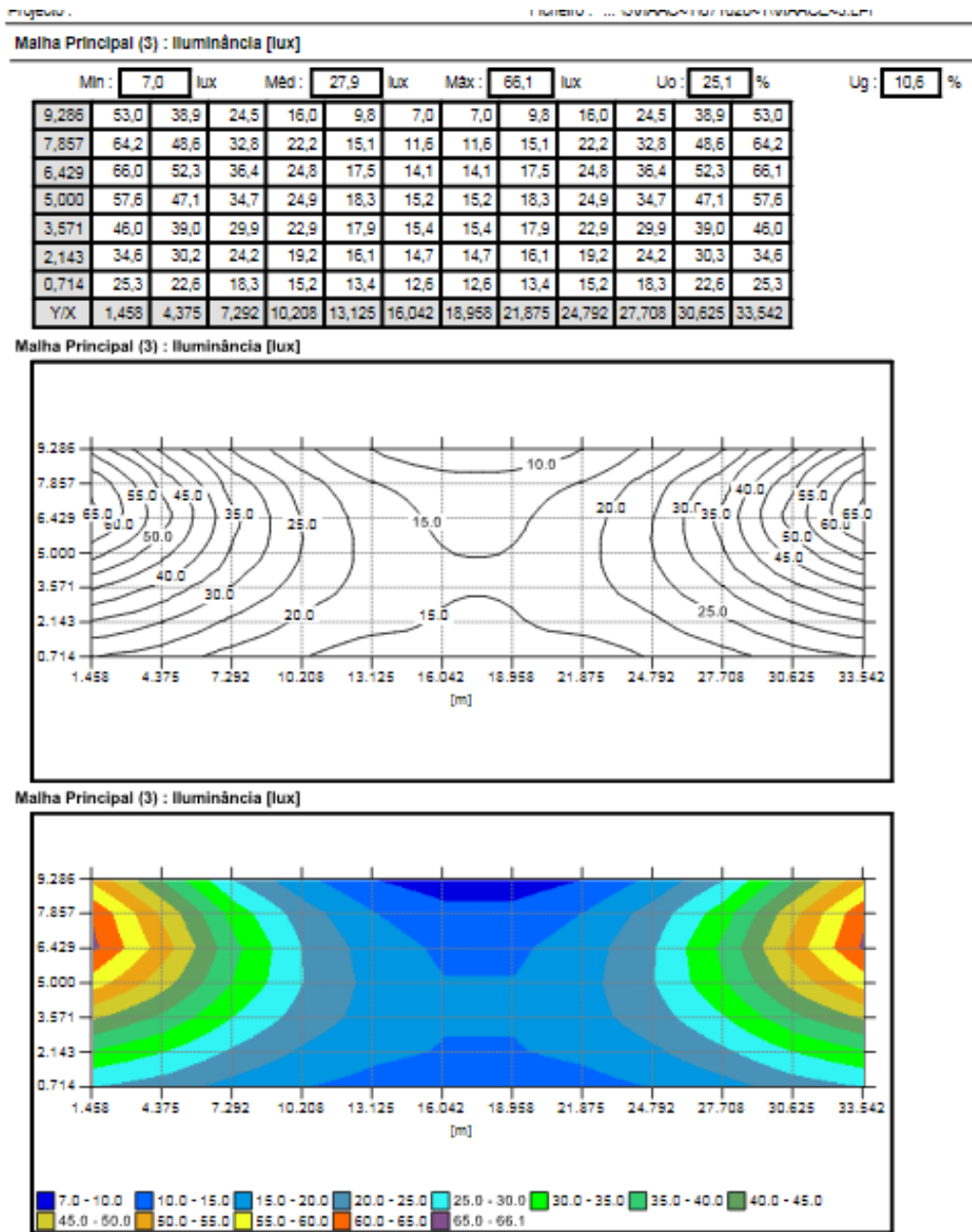
- Luminância

	1	2
Obs Y	<input type="text" value="2,500"/>	<input type="text" value="7,500"/> m
Lméd	<input type="text" value="1,90"/>	<input type="text" value="1,74"/> cd/m
Uo	<input type="text" value="41,0"/>	<input type="text" value="42,8"/> %
Ui	<input type="text" value="62,8"/>	<input type="text" value="62,8"/> %
TI	<input type="text" value="11,9"/> %	Posição do observador : <input type="text" value="-17,875; 7,500; 1,500"/> m
- Iluminância

Emh	<input type="text" value="7,0"/> lux
Eméd	<input type="text" value="27,9"/> lux

Fonte: Software Ulysse.

Figura 7.22 - Resultado de Cálculos do Software Ulysse para luminária Akila 96 LEDS 155 W Schreder (malha 3)



Fonte: Software Ulysse.

Foi feito então um estudo comparativo entre os resultados obtidos com o uso do software Ulysse e os valores recomendados pela norma NBR 5101 (Tabela), conforme a seguir:

Tabela 7.24 - Estudo comparativo resultados obtidos pelo uso do *software* Ulysse e os valores recomendados pela norma NBR 5101 para a luminária Akila 96 LEDS 155 W Schreder

Item	Significado	Valor recomendado	Valor obtido
$E_{med,min}$	iluminância média mínima	≥ 10 Lux (veículos) ≥ 5 Lux (pedestres)	27,9
$U = E_{min}/E_{med}$	(Fator de uniformidade mínimo	$\geq 0,2$ (veículos) $\geq 0,2$ (pedestres)	0,25
L_{med}	luminância média	$\geq 0,75$ Cd/m ² (não obrigatório para as classes V4 e V5)	1,901 Cd/m ² (Y1) 1,742 Cd/m ² (Y2)
U_o	Uniformidade Global	$\geq 0,40$	0,410 (Y1) 0,428 (Y2)
U_L	Uniformidade Longitudinal	$\geq 0,60$ (orientativo para as classes V4 e V5)	$U_{L1} = 0,628$ (Y1). $U_{L2} = 0,628$ (Y2)
TI	Incremento Linear	≤ 15 (orientativo para as classes V4 e V5)	11,9

Fonte: Software Ulysse em estudo de caso de luminária Akila 96LEDS 155W Schreder.

Observa-se que a luminária LED atende a todas recomendações técnicas, inclusive a requisitos apenas orientativos como Uniformidade longitudinal U e Incremento Linear TI e possui um índice de reprodução de cores IRC de 70 próximo ao ideal que é 100.

De posse dos resultados obtidos, foi montada uma tabela comparativa (Tabela) com custos de fornecimento, manutenção e consumo de energia elétrica das luminária convencional e com tecnologia LED, na qual foi considerado o período comparativo definido como a maior vida útil entre as luminárias, no caso da luminária de tecnologia LED com vida útil de 90.000 h. Foram considerados os custos de manutenção (custo de substituição de lâmpadas e de mão de obra) de acordo com o Apêndice B “Custo de Troca de Lâmpadas no aeroporto Internacional Luís Eduardo Magalhães, Salvador Bahia”, funcionamento das luminárias 12 h por dia e Custos de energia da COELBA Base 09 2014, Tarifa Horó sazonal verde A4 Comercial.

Tabela 7.25 - Estudo comparativo do uso das luminárias Públicas com lâmpadas a Vapor de sódio de 250 W tipo TP 2950 TROPICO e LED Akila 96 LEDs 155 W Schreder

Tipo de luminaria	Numero de luminarias	Custo inicial da luminaria R\$	Custo reposição de peças relacionando as vidas uteis das luminárias (R\$)				P (W)	Vida útil (h)	Valor kWh P (R\$)	Valor kWh FP (R\$)	Custo consumo de energia em 90.000h por luminária (R\$)	Custo total em 90.000h R\$
			Custo lâmpada (R\$)	custo mão de obra (R\$)	custo lâmpadas + mão de obra (R\$)	custo lâmpadas + mão de obra 90000h (R\$)						
1- Luminária Pública , com Lâmpada VS 250W tipo TPS 2950 Tropico	162	828,00	31,00	56,00	87,00	274,74	280	28500	1,96	0,25	16984,72	2.930.167,87
2- Luminária Pública com tecnologia LED de 155W (Akila 96 LEDs 155W).	162	3.921,00	0,00	0,00	0,00	0,00	155	90000	1,96	0,25	9402,26	2.158.367,35
Diferença												771.800,52

Fonte: Tropico, Schreder, Eletrocabos COELBA (2014).

Diante dos estudos realizados do uso da luminária Pública TP 2950 Tropico com lâmpada a vapor de sódio de 250W e da luminária com tecnologia LED Akila 96 LEDs 155 W Schreder nas vias de acesso do aeroporto de Salvador, pode-se concluir que:

A luminária convencional atende a maioria dos requisitos técnicos da norma pertinente, a NBR 5101 como Iluminância média mínima $E_{med,min}$ (48,2 lux acima de 10 lux mínimo recomendado), Fator de Uniformidade mínimo U (0,32 acima de 0,20 recomendado), luminância média L_{med} [3,023 Cd/m² (Y1) e 2,865 Cd/m² (Y2) maior que 0,75 Cd/m² recomendado] e Incremento Linear TI 14,5 abaixo do limite máximo de 15 recomendando), porem apresenta alguns requisitos em não conformidade com a norma como a Uniformidade global U_o (0,34 e 0,342 menor que 0,40 recomendando), Uniformidade longitudinal U_L (0,487 e 0,393 menor que 0,60 recomendando).

Observa-se que a luminária convencional apresenta um índice de reprodução de cor de 25 bastante inferior ao padrão ideal de iluminação que corresponde a IRC de 100, embora a norma de iluminação pública não aborde o IRC.

A luminária com tecnologia LED de 155W tipo Akila 96 LEDS 155W SCHEREDER atende a todos os requisitos técnicos da norma pertinente, a NBR 5101 como Iluminância média mínima " $E_{med,min}$ " (27,9 lux acima de 10 lux mínimo recomendado), Fator de Uniformidade mínimo " U " [0,25 acima de 0,20 recomendado), luminância média " L_{med} " (1,901 Cd/m² (Y1) e 1,742 Cd/m² (Y2) maior que 0,75 Cd/m² recomendado], Incremento Linear " TI " 11,9 abaixo do limite máximo

de 15 recomendando) , Uniformidade global “ U_o ” (0,410 e 0,428 maior que 0,40 recomendando), Uniformidade longitudinal “ U_L ” (0,628 maior que 0,60 recomendando).

Observa-se que a luminária com tecnologia LED apresenta um índice de reprodução de cores “IRC” de 70 bastante próximo ao padrão ideal de iluminação que corresponde a “IRC” de 100, embora a norma de iluminação pública não aborda o “IRC”.

O custo inicial de aquisição da luminária convencional em estudo é bastante inferior (R\$828,00) ao custo inicial da luminária de tecnologia LED (R\$ 3.921,00), sendo a segunda cerca de 373% mais cara que a primeira, porem considerando o menor custo de manutenção devido a maior vida útil, a economia de energia elétrica devido a maior eficiência energética, pode-se concluir que a luminária com tecnologia LED, neste caso estudado, apresenta-se como uma melhor opção em termos econômicos e operacionais.

Observando-se que devido a sua maior vida útil, a luminária com tecnologia LED produz menos material de descarte e quando a mesma for descartada não apresenta mercúrio, material tóxico. A luminária convencional com lâmpadas a vapor de sódio requer três trocas de lâmpadas no período equivalente á vida útil da luminária LED em estudo gerando como resíduo gás mercúrio além de vapor de sódio em seu interior. Sendo assim a luminária LED, em estudo, mostra-se mais sustentável que a luminária convencional com lâmpada a vapor de sódio.

7.4 PÁTIO 3 DE AERONAVES - ILUMINAÇÃO ESPECÍFICA

Foi escolhido neste quarto estudo de caso, a área do Pátio 3 de manobras e estacionamento de Aeronaves do aeroporto de Salvador (Figura) com dimensões 70mx550m (largura X comprimento), na qual se encontram instaladas luminárias Específicas do tipo Projetores com lâmpadas de descarga metálicas ovóides de 1.000 W, instaladas em torre de concreto de 24 m de altura. Iniciando os estudos, observaram-se as características físicas do local (Tabela 7.26).

Figura 7.23 - Iluminação Pátio 3 com Luminárias Específicas com lâmpadas V Metálico ovóides de 1.000W



Fonte: INFRAERO (2014).

Tabela 7.26 - Características físicas do ambiente Pátio 3 de aeronaves do aeroporto de Salvador

Item	Características físicas
Pátio	Disposição: plano. Comprimento: 550m. Largura: 70m
Superfície do Pátio (Piso)	Tipo: pavimento rígido (concreto). Coeficiente de reflexão (Q_0): 0,07 (C2007, Tabela R, normas CIE).
Luminária	Tipo: Específica (projektor). Altura de montagem: 24 m. Localização das torres: ambas no lado maior oposto á pista Espaçamento médio entre torres: 60 m

Fonte: INFRAERO (2014).

No pátio 3 de manobra e estacionamento de aeronaves há 10 torres de concreto, de 24 m de altura, espaçadas de 60 m, localizadas na lateral maior do lado oposto á pista de pouso e decolagem. Em cada torre há 6 projetores com refletores circulares com lâmpadas metálicas ovóides de 1000 W.

O Anexo 14, volume I Projeto e Operação de Aeroportos da ICAO Convenção de Aviação Civil Internacional, faz as seguintes recomendações técnicas para pátios de aeronaves (

Tabela), conforme a seguir:

“(ii) A iluminância média deve ser, no mínimo, a seguinte:

(A) Estacionamento de aeronaves:

- iluminância horizontal – 20 lux com uma taxa de uniformidade (média mínima) não superior a 4 para 1; e
- iluminância vertical – 20 lux a uma altura de 2 m acima do pátio de aeronaves e em direções relevantes.

(B) Outras áreas do pátio de aeronaves:

- iluminância horizontal – 50 por cento da iluminação média sobre as áreas de estacionamento de aeronaves, com uma taxa de uniformidade (média mínima), não superior a 4 para 1”.

Tabela 7.27 - Recomendações técnicas da norma Anexo 14 da ICAO, para iluminação de pátio de aeronaves

Sigla	Significado	Recomendação
E_{mH}	iluminância horizontal	≥ 20 lux (estacionamento de aeronaves) ≥ 10 lux (outras áreas do pátio de aeronaves)
U_h	Taxa de uniformidade da iluminância horizontal	$\geq 4:1$ (0,25)
E_{mV}	Iluminância vertical	≥ 20 lux

Fonte: Anexo 14, vol I da ICAO (2003).

Em outras palavras pode-se afirmar que as recomendações são:

- i. Nível de iluminamento médio mínimo no plano horizontal de 20 lux ($E_{mH} \geq 20$ lux)
- ii. Uniformidade de iluminação mínima no plano horizontal de 0,25 ($U_h \geq 0,25$)
- iii. Nível de iluminamento médio mínimo no plano vertical a 2m de altura de 20lux ($E_{mV} \geq 20$ lux)

Foi feita então análise, na área em estudo, das duas situações: situação atual existente com luminárias convencionais e uma situação proposta com luminárias com tecnologia LED equivalente, conforme abaixo:

1. Situação atual: 10 torres de concreto, de 24 m de altura, espaçadas de 60m, na lateral maior do lado terra, cada uma com 6 projetores com refletores circulares com lâmpadas metálicas ovóides de 1000 W, tipo MA338 Reeme. Montagem com a disposição: 2 projetores instalados a 19,7 m, 2 projetores a 21

m e 2 projetores a 22,3 m de altura, ambos espaçados de 0,9 m; formando um retângulo. Para cada par de projetores, um projetor com azimute de 15° e outro com azimute de -15° (345°). Todo o conjunto com ângulo de elevação de 65° em relação ao eixo vertical da torre.

2. Situação Proposta: 10 torres de 24m de altura, espaçadas de 60 m, na lateral maior do lado terra, cada uma com 6 projetores retangulares com 240 LED 530mA de 391W, tipo Akila industrial da Schreder. Montagem com a disposição: 2 projetores a 19,7 m; 2 projetores a 21 m e 2 projetores a 22,3 m de altura; espaçados de 0,9 m; formando um retângulo. Para cada par de projetores, um projetor com azimute de 0° e todo o conjunto com ângulo de elevação de 38° em relação ao eixo vertical a torre.

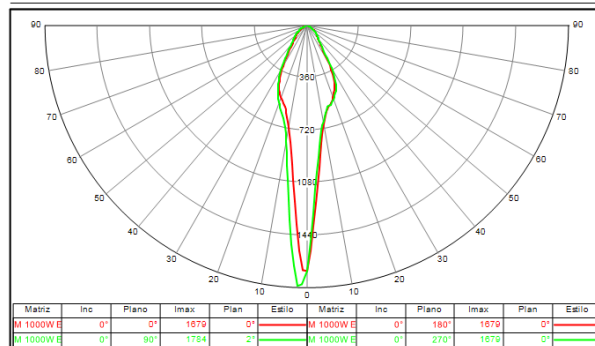
1 Para a situação atual; encontra-se em cada torre 6 luminárias Específicas tipo projetores circulares fechados, refletor em alumínio, difusor em vidro translúcido, com lâmpadas metálicas ovóides de 1.000 W tipo MRV 1.000 GE. Inicialmente levantou-se informações técnicas e comerciais da luminária existente (Tabela):

Tabela 7.28 - Dados da luminária MA338 Reeme

Fluxo da Lâmpada (horizontal)	96.600 lm.
Fluxo da Luminária	89.838 lm.
Preço da luminária (completa)	R\$ 1.169,24
Preço da luminária	R\$ 602,00
Preço do reator	R\$ 322,00
Preço da lâmpada	R\$ 110,00
Preço do ignitor	R\$ 24,00.
Preço capacitor	R\$ 39,00
Vida útil da lâmpada	9.000h
Carga elétrica	1042 W (lâmpada + reator)
IRC (Lâmpada VM MRV GE)	65

Fonte: Reeme e Eletrocabos (2014).

Figura 7.24 - Curva fotométrica da luminária MA338 VM 1000W Reeme



Fonte: *Software* Ulysse (2014).

Observa-se que os preços das luminárias e lâmpadas baseiam-se em proposta da Reeme Repuxação e Metalúrgica Ltda (11/2014) e da Eletrocabos, (10/2014), conforme anexos D e G.

Utilizou-se o *software* Ulysse para análise da situação atual, com o qual foram obtidos os resultados abaixo:

- i. $E_{mH} = 52,6 \text{ Lux}$ (iluminância média mínima horizontal,
- ii.
- iii.

- iv. Figura)
- v. $U_h = 0,14$ (uniformidade,
- vi.
- vii.

- viii. Figura).
 - ix. $E_{mv} = 101,6$ lux (iluminância media mínima vertical a 2m de altura,
 - x.
 - xi.
-
- xii. Figura).
 - xiii. IRC= 65 (índice de reprodução de cor , obtido de catálogos de fabricantes de lâmpadas multivapores metálicos de 1000 W).

Figura 7.25 - Resultado de Cálculos do Software Ulysse para luminária MA 338 Reeme no Pátio 3 com Lâmpadas VM 1000 W- no plano horizontal

Patio 3 -Torres c/ 6 projetores MA 338 REEME 1000W
 Projecto : Patio 3 -Torres c/ 6 projetores MA 338 REEME 1000W ... Ficheiro : ... \TORREP~1\071020~1\REEMEM~4.LPF

Informação geral

Detalhes das malhas

- Malha (1)

Geral
 Tipo : Activado : Máscaras Cór :

Geometria

Posição de
 X : Y : Z :

Dimensão
 Nº X : Espaçamento X : Dim X :
 Nº Y : Espaçamento Y : Dim Y :

Cálculo
 Iluminância : Faceta :
 Luminância :

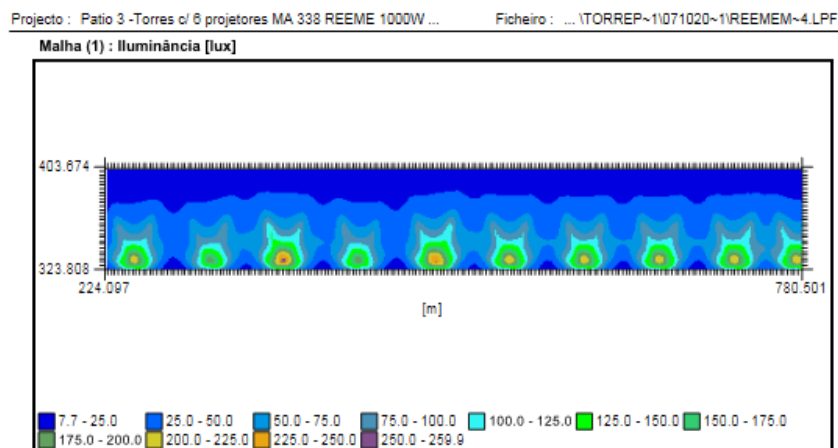
Posição do
 Móvel : dX : dY : dZ :

Superfície do
 Tabela R : Qo :

Resumo

Resumo das malhas Média aritmética (A) ou ponderada (P)

Malha (1)	Min	Máx	Méd (A)	Min/Máx	Min/Méd
Iluminância (lux)	7,7	259,9	52,6	3,0	14,6
Luminância (cd/m2)	0,543	9,615	2,472	5,7	22,0



Fonte: Software Ulysse (2014).

Figura 7.26 - Resultado de Cálculos do Software Ulysse para luminária MA 338 Reeme no pátio 3, com Lâmpada VM 1000 W- no plano Vertical a 2m de altura

Patio 3 -Torres c/ 6 projetores MA 338 REEME 1000W

Projecto : Patio 3 -Torres c/ 6 projetores MA 338 REEME 1000W ... Ficheiro : ... \TORREP~1\071020~1\REEMEM~3.LPF

Informação geral

Detalhes das malhas

- Malha (1)

Geral

Tipo : Activado : Máscaras Cór :

Geometria

Posição de

X : Y : Z :

Dimensão

Nº X : Espaçamento X : Dim X :
 Nº Y : Espaçamento Y : Dim Y :

Cálculo

Illuminância : Faceta :
 Luminância :

Posição do

Móvel : dX : dY : dZ :

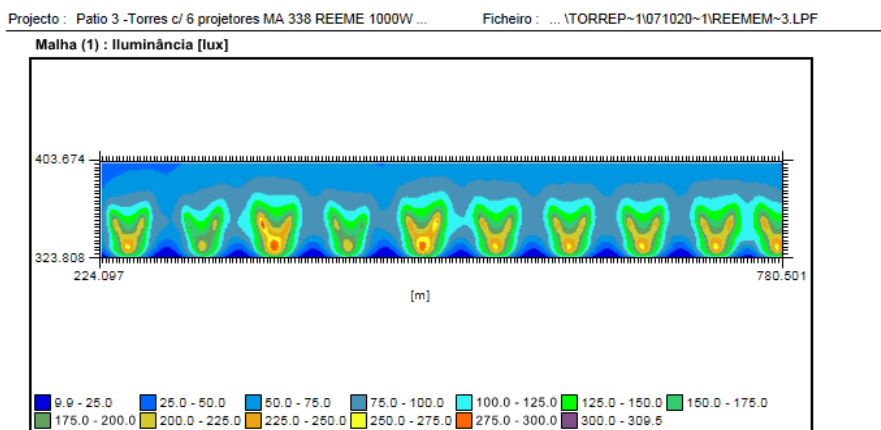
Superfície do

Tabela R : Qo :

Resumo

Resumo das malhas Média aritmética (A) ou ponderada (P)

Malha (1)	Min	Máx	Méd (A)	Min/Máx	Min/Méd
Illuminância (lux)	9,9	309,5	101,6	3,2	9,7
Luminância (cd/m2)	0,455	11,732	2,526	3,9	18,0



Fonte: *Software Ulysse* (2014).

Foi feito então um estudo comparativo entre os resultados obtidos com o uso do *software Ulysse* e os valores recomendados pela norma Anexo 14 volume I da ICAO (Tabela), conforme a seguir:

Tabela 7.29 - Estudo comparativo resultados obtidos pelo uso do *software* Ulysse e os valores recomendados pela norma Anexo 14 da ICAO para a luminária MA338 Reeme

Ítem	Significado	Valor recomendado	Valor Obtido
E_{mH}	iluminância horizontal	≥ 20 lux (estacionamento de aeronaves) ≥ 10 lux (outras áreas do pátio de aeronaves)	52,6 lux
U_h	Taxa de uniformidade da iluminância horizontal	$\geq 4:1$ (0,25)	0,14
E_{mV}	iluminância vertical	≥ 20 lux	101,6 lux

Fonte: Software Ulysse

Observa-se que a luminária convencional atende aos requisitos técnicos normativos: iluminância horizontal E_{mH} e iluminância vertical E_{mV} , porem não atende ao requisito Taxa de uniformidade da iluminância horizontal U_h .

Apresenta um Índice de reprodução de cor IRC de 65 valor inferior ao ideal que é de 100.

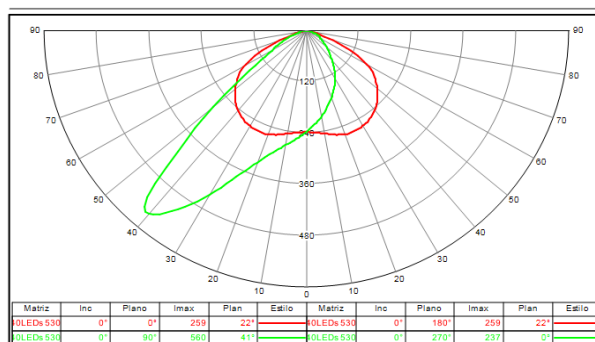
2-Situação Proposta: 10 torres de 24 m de altura, espaçadas de 60 m, cada uma com 6 projetores retangulares com 240 LED, 350mA de 391W, tipo Akila industrial da Schreder. Montagem 2 projetores a 19,7 m; 2 projetores a 21 m e 2 projetores a 22,3m de altura; espaçados de 0,9m; formando um retângulo. Para cada par de projetores, um projetor com azimute de 0° e todo o conjunto com ângulo de elevação de 38° em relação ao eixo vertical da torre.. Inicialmente levantou-se informações técnicas e comerciais da luminária proposta (Tabela):

Tabela 7.30 - Dados da luminária Akila 240 LEDs 530 mmA de 391 W Schreder

Preço da luminária (completa)	R\$ 8.411,00
Fluxo da luminária	47.700 lm
Vida útil da luminária	54.000 h
Carga elétrica	391 W
IRC (Lâmpada VM MRV GE)	70

Fonte: Schreder (2014).

Figura 7.27 - Curva fotométrica da luminária 5120 240 LEDs 530mmA Schreder



Fonte: Software Ulysse (2014).

Os preços das luminárias e lâmpadas, baseiam-se em proposta da BCL Representações Ltda, representante comercial da Schreder de 10/2014, conforme anexo C.

Utilizou-se o *software* Ulysse, com o qual foram obtidos os resultados abaixo:

- i. $E_{mH} \geq 26,6$ Lux (iluminância média mínima horizontal,
- ii.
- iii.
- iv. Figura)
- v. $U_h \geq 0,18$ (uniformidade,
- vi.
- vii.
- viii. Figura).
- ix. $E_{mv} \geq 53,6$ lux (iluminância média mínima vertical a 2m de altura, Figura).
- x. IRC (índice de reprodução de cor), após consulta a catálogo de fabricantes de luminária Akila 240 LEDs 530 mmA de 391 W, obtêm-se um valor de

IRC 70.

Figura 7.28 - Resultado de Cálculos do Software Ulysse para luminária Akila 240 LEDs 530 mmA, de 391W da SCHREDER- no Pátio 3, no plano horizontal

Projecto : _____ Ficheiro : ... \TORREP~1\071020~1\SBSPVA~1.LPF

Informação geral

Detalhes das malhas

• Malha (1)

Geral

Tipo : Activado : Máscaras Cór :

Geometria

Posição de

X : Y : Z :

Dimensão

Nº X : Espaçamento X : Dim X :
 Nº Y : Espaçamento Y : Dim Y :

Cálculo

Illuminância : Faceta :
 Luminância :

Posição do

Móvel : dX : dY : dZ :

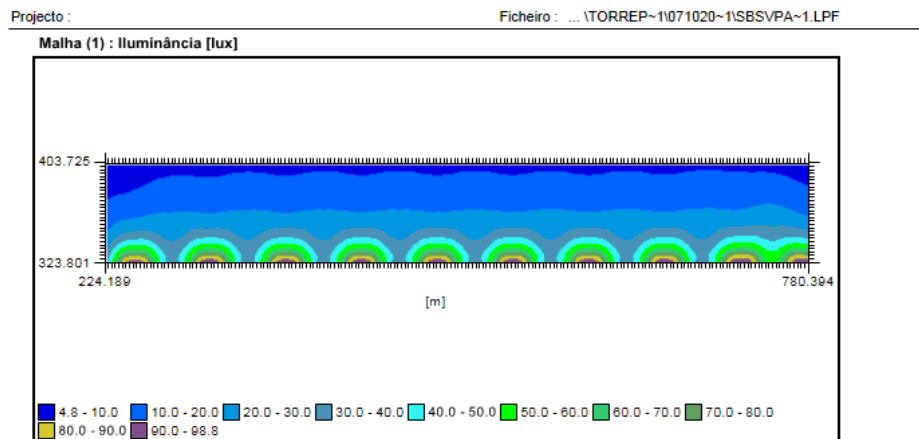
Superfície do

Tabela R : Qo :

Resumo

Resumo das malhas Média aritmética (A) ou ponderada (P)

Malha (1)	Min	Máx	Méd (A)	Min/Máx	Min/Méd
Illuminância (lux)	4,8	98,8	26,6	4,9	18,2
Luminância (cd/m2)	0,305	4,184	1,356	7,3	22,5



Fonte: Estudo luminotécnico pátio 3 Ulysse luminária Akila 240 LEDs 530mmA, 391W Schreder (2014).

Figura 7.29 - Resultado de Cálculos do Software Ulysse para luminária Akila 240 LEDs 530mA, de 391W da SCHREDER - no Pátio 3, no plano Vertical a 2m de altura

Projecto : Ficheiro : ... SV Patio 3 240 350 mA LED 391W V.lpf

Informação geral

Detalhes das malhas

• Malha (1)

Geral

Tipo: Activado: Máscaras Côr: XXXXXXXXXX

Geometria

Posição de

X: Y: Z:

Dimensão

Nº X: Espaçamento X: Dim X:
 Nº Y: Espaçamento Y: Dim Y:

Cálculo

Iluminância: Faceta:
 Luminância:

Posição do

Móvel: dX: dY: dZ:

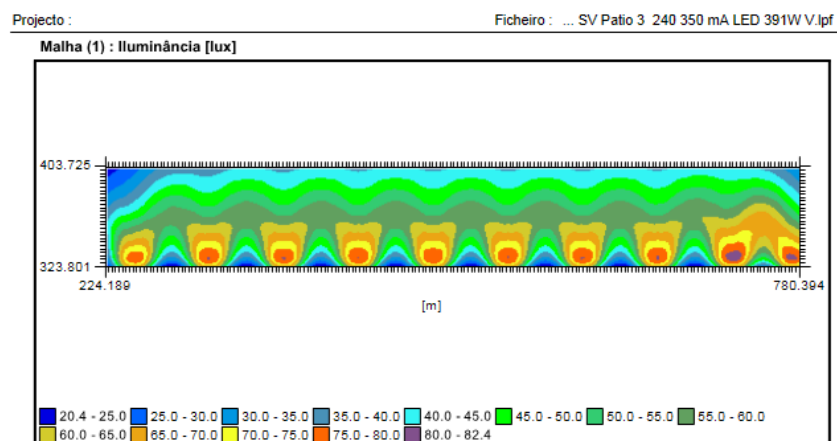
Superfície do

Tabela R: Qo:

Resumo

Resumo das malhas Média aritmética (A) ou ponderada (P)

Malha (1)	Min	Máx	Méd (A)	Min/Máx	Min/Méd
Iluminância (lux)	20,4	82,4	53,0	24,8	38,5
Luminância (cd/m ²)	0,145	4,862	1,363	3,0	10,7



Fonte: *Software* Ulysse (2014).

Foi feito então um estudo comparativo entre os resultados obtidos com o uso do *software* Ulysse e os valores recomendados pela norma Anexo 14 volume I da ICAO (Tabela), conforme a seguir:

Tabela 7.31 - Estudo comparativo resultados obtidos pelo uso do *software* Ulysse e os valores recomendados pela norma Anexo 14 da ICAO para a luminária Akila 240 LEDs 530mA, de 391W da Schreder

Item	Significado	Valor recomendado	Valor Obtido
E_{mH}	iluminância horizontal	≥ 20 lux (estacionamento de aeronaves) ≥ 10 lux (outras áreas do pátio de aeronaves)	26,6 lux
U_h	Taxa de uniformidade da iluminância horizontal	$\geq 4:1$ (0,25)	0,182
E_{mV}	iluminância vertical	≥ 20 lux	53 lux

Fonte: *Software* Ulysse.

Observa-se que a luminária com tecnologia LED atende aos requisitos técnicos normativos: iluminância horizontal E_{mH} e iluminância vertical E_{mV} , porém não atende ao requisito Taxa de uniformidade da iluminância horizontal U_h .

Apresenta um Índice de reprodução de cor IRC de 70, valor abaixo do ideal que é de 100.

De posse dos resultados obtidos, foi montada uma tabela comparativa (Tabela) com custos de aquisição, manutenção e consumo de energia elétrica das luminárias convencional e com tecnologia LED, na qual foi considerado o período comparativo equivalente à vida útil da lâmpada/luminária de maior valor, no caso da luminária de tecnologia LED com vida útil de 54.000 h e foram considerados os custos de manutenção (custo de substituição de lâmpadas e de mão de obra) de acordo com o Apêndice B “Custo de Troca de Lâmpadas no aeroporto Internacional Luis Eduardo Magalhães, Salvador Bahia” funcionamento das luminárias 12h por dia e Custos de energia da COELBA Base 09 2014, Tarifa Horo sazonal verde A4 Comercial (Anexo I).

Tabela 7.32 - Estudo comparativo do uso das luminárias Especifica com lâmpada Metálica de 1.000 W tipo MA338 Reeme e LED Akila 240 LEDs 530mA 391 W Schreder

Situação	Numero de luminarias	Custo inicial da luminaria R\$	Custo reposição de peças relacionando as vidas uteis das luminárias (R\$)				P (W)	Vida útil (h)	Valor kWh P (R\$)	Valor kWh FP (R\$)	Custo consumo de energia em 54.000 h por luminária (R\$)	Custo total em 50000h R\$
			Custo lâmpada (R\$)	custo mão de obra (R\$)	custo lâmpadas + mão de obra (R\$)	custo lâmpadas + mão de obra 54000 h (R\$)						
1- 60 projetores com lâmpadas VM de 1000W (MA 338 REEME).	60	1.169,24	54,00	534,00	588,00	3528,00	1042	9000	1,96	0,25	37924,45	2557301,49
3- 60 projetores com lâmpadas LED de 391W (Akila 240 LEDs PHILIPS).	60	8.411,00	0,00	0,00		0,00	391	54000	1,96	0,25	14230,77	1358506,10
Diferença												-1198795,39

Fonte: Reeme, Schreder, Eletrocabos, COELBA (2014).

Diante dos estudos realizados no caso do uso da luminária Específica MA338 REEME com lâmpada metálica ovóide de 1.000W e luminária com tecnologia LED Akila 240 LEDs 350mA de 391W Schreder no pátio 3 de aeronaves do aeroporto de Salvador, pode-se concluir que:

A luminária convencional atendeu a maioria dos requisitos técnicos da norma pertinente, O Anexo 14 da ICAO, como nível de iluminamento médio mínimo no plano horizontal E_{mH} (52,6 lux acima de 20 lux mínimo recomendado) e o nível de iluminamento médio mínimo no plano vertical a 2 m de altura E_{mV} (101 lux acima de 20 lux recomendado), porem apresenta um requisito em não conformidade com a norma, o Fator de Uniformidade mínimo de iluminância no plano horizontal U (0,146 menor do que 0,25 recomendado).

Observa-se que a luminária convencional apresentou um índice de reprodução e cores IRC de 65 abaixo do ideal de IRC que é 100, porem a norma pertinente não aborda o IRC.

A luminária com tecnologia LED atendeu a maioria dos requisitos técnicos da norma pertinente, como nível de iluminamento médio mínimo no plano horizontal E_{mH} (26,6 lux acima de 20 lux mínimo recomendado) e o nível de iluminamento médio mínimo no plano vertical a 2m de altura E_{mV} (53 lux acima de 20 lux recomendado), porem apresenta um requisito em não conformidade com a norma, o Fator de

Uniformidade mínimo de iluminância no plano horizontal U (0,182 menor do que 0,25 recomendado).

Observa-se que a luminária com tecnologia LED apresentou um índice de reprodução e cores IRC de 70 abaixo do ideal que é 100, porém a norma pertinente não aborda o IRC.

É bom ressaltar que, em ambos os casos, o não atendimento ao nível de uniformidade na verdade é uma afirmação relativa, já que a exigência é feita para a área de estacionamento de aeronaves (frontal às torres com projetores, com alto nível de iluminação) e a área considerada nos cálculos abrangeu todo pátio (70mx550m) que contém área de manobra além da área de estacionamento de aeronaves; ou seja, o *software* considerou valores de todo o pátio com cantos e áreas entre aeronaves. Convém considerar que as áreas de estacionamento de aeronaves no pátio variam de tamanho e posição, tornando-se extremamente difícil considerar o cálculo do nível de iluminação nas diversas posições de estacionamento de todo respectivo pátio.

O custo inicial de aquisição da luminária convencional em estudo é bastante inferior (R\$ 1.169,24) ao custo de aquisição da luminária com tecnologia LED (R\$ 8.411,00), sendo a segunda cerca de 620% mais cara que a primeira, porém considerando o menor custo de manutenção devido a maior vida útil, a economia de energia elétrica devido a maior eficiência energética, pode-se concluir que a luminária com tecnologia LED, neste caso estudado, apresenta-se como uma melhor opção em termos econômicos e operacionais.

Observa-se que, devido a sua maior vida útil, a luminária com tecnologia LED produz menos material de descarte e quando a mesma for descartada não apresenta mercúrio, material tóxico. A luminária convencional com lâmpada metálica requer seis trocas durante o período equivalente à vida útil da luminária LED em estudo, gerando como resíduos, lâmpadas de descarga que apresentam gás mercúrio (tóxico) seu interior. Sendo assim a luminária LED em estudo mostra-se mais sustentável que a luminária convencional com lâmpada de multivapores metálicos.

7.5 PISTAS DE TAXIWAY DO BALIZAMENTO NOTURNO - ILUMINAÇÃO ESPECÍFICA

Foi escolhido neste quinto estudo de caso, parte do sistema de balizamento noturno que corresponde às pistas de taxiway associadas às duas pistas de pouso e decolagem 17/35 e 10/28 (nomenclatura das pistas com par de números referentes aos rumos magnéticos das duas cabeceiras opostas). Pistas de taxiamento fazem o taxiamento de aeronaves estabelecendo conexões entre as pistas de pouso e decolagem e os pátios de manobra e estacionamento). Tal sistema é composto, no aeroporto de Salvador, por 374 luminárias que são instaladas dispostas nas bordas de pista de taxi, pátios de manobras etc. São quatro circuitos com lâmpadas em série, dois circuitos referentes a pista 17/35 e dois referentes a pista 10/28. As luminárias estão distribuídas espaçadas de 30 m em média. São instalados, para cada conjunto de pistas de taxiway de cada pista de pouso e decolagem, dois circuitos intercalados, cada um com lâmpadas espaçadas de 60m, de forma que se encontram lâmpadas instaladas a cada 30m, para que se obtenham lâmpadas acesas com intervalos de 60 m caso um dos circuitos deixe de funcionar.

O sistema de balizamento de pistas de taxi é composto por Luminárias padrão SN-05 (L-861-T) (

Figura). São luminárias elevadas omnidirecionais de média intensidade na cor Azul, fixadas em bases no nível da pista, que são fabricadas atendendo as recomendações técnicas das normas IEC 61827, FAA AC 150/5345-46, Anexo 14

volume 1 da ICAO. Tais luminárias funcionam de forma ininterrupta e oferecem possibilidade de seleção de brilho para operação em três níveis.

Figura 7.30 - Iluminação Pista de Taxiway com Luminária Específica LED



Fonte: Infraero (2014).

Foi feita então análise comparativa de duas situações: situação usual no Brasil com luminárias convencionais com lâmpadas incandescentes ou halógenas e situação atual já instalada no aeroporto de Salvador com luminárias com tecnologia LED, conforme abaixo:

- 1- Situação usual. luminária elevada omnidirecional composta por globo prismático cor azul, soquete, alojamento de alumínio, junta de vedação de borracha, abraçadeira, coluna de aço, acoplamento frangível da coluna á base, base de aço galvanizado de 12” ou 16” (L-867), rabicho com conector secundário L-823. Luminária tipo SN-05 (L 861-T) da ADB (Figura), com

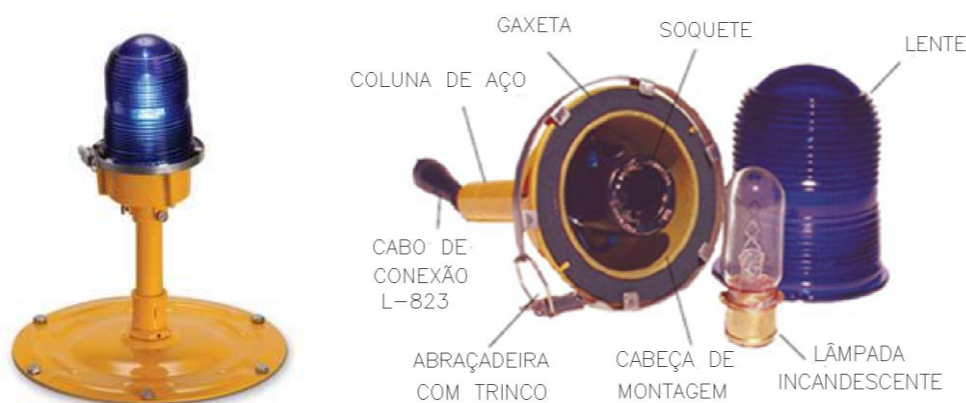
lâmpada incandescente 30/45W-6.6A-T10P, Ref. 23.295 GE, (as lâmpadas que haviam no aeroporto de Salvador eram de 30W, com transformador isolador de 30/45W), que possibilita seleção de brilho para operação em três níveis.

2- Situação Atual: Luminária elevada omnidirecional composta por globo prismático (coluna ótica), acoplamento para globo prismático (coluna ótica), módulo eletrônico (fonte de alimentação), LED azul, junta de vedação de borracha, alojamento de alumínio, coluna de aço, acoplamento frangível para coluna á base, base de aço galvanizado de 12” ou 16”, rabicho com conector secundário L-823. Luminária tipo SN-05 (L 861-T LED) da ADB (Figura 7.22), com transformador isolador 10/15W, que possibilita seleção de brilho para operação em três níveis.

1-Para a situação usual; havia 476 luminárias elevadas omnidirecionais tipo SN-05 (L 861 T) da ADB (

Figura), com lâmpadas incandescentes 30W-6.6A-T10P, Ref. 23.295 GE. Levantou-se então informações técnicas e comerciais conforme abaixo (tabela 7.33):

Figura 7.31 - Luminária de Balizamento SN05 (L 861-T) com lâmpada incandescente 30/45 W.



Fonte: ADB Airfield Solutions (2014).

Tabela 7.33 - Dados da luminária SN05 (L 861 T) com lâmpada incandescente 30 W

Intensidade média	2000 cd.
Preço da luminária	R\$ 471,00 (completa)
Preço da lâmpada	R\$ 75,00
Vida útil da lâmpada	1.000 h
Carga elétrica	30 W.

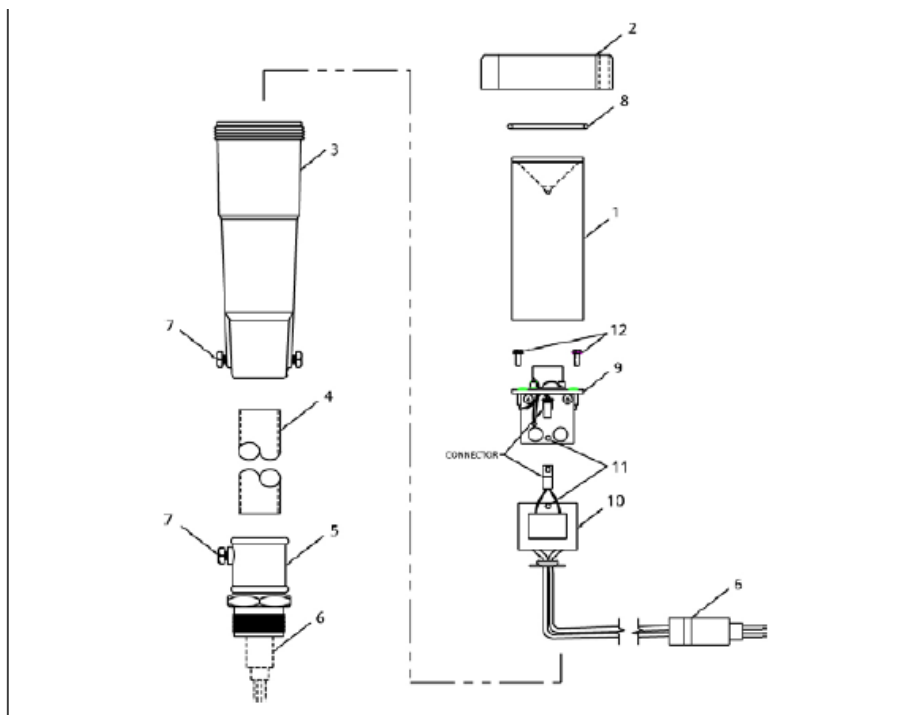
Fonte: ADB Airfield Solutions (2014).

Os preços das luminárias e lâmpadas, baseiam-se em proposta da ADB Airfield Solutions Equipamentos para Aeroportos Ltda (12/2014) e da Metrol Equipamentos de Sinalização Ltda (10/2014), conforme anexos E e F.

2- Para a situação atual; há, já instaladas, 476 luminárias elevadas omnidirecionais tipo SN-05 (L 861 T LED), (figura 7.32), com módulo eletrônico (fonte de alimentação), LED azul e globo prismático (coluna ótica), (luminária completa). Levantou-se então informações técnicas e comerciais conforme abaixo (tabela 7.34):

Figura 7.32 - Luminária Balizamento SN05 (L 861 T) LED ADB





1 Coluna ótica.	5 Acoplamento frangível.	9 Módulo eletrônico (com LED).	
2 Anel de travamento.	6 Cabo de Conexão L-823.	10 Transformador com cabo de montagem.	
3 Receptáculo.	7 Parafuso de fixação.	11 Fio de nylon.	
4 Coluna.	8 Anel de vedação.	12 Parafuso de travamento automático.	

Fonte: ADB Airfield Solutions (2014).

Tabela 7.34 - Dados da luminária SN 05 (L 681 T LED) da ADB

Intensidade média	2000 cd.
Preço da luminária	R\$ 374.82 (completa).
Vida útil da lâmpada	56.000 h
Carga elétrica	20VA

Fonte: ADB Airfield Solutions (2014).

Os preços das luminárias e lâmpadas, baseiam-se em proposta da ADB Airfield Solutions Equipamentos para Aeroportos Ltda de 12/2014, conforme anexo E.

De posse dos resultados obtidos, foi montada uma tabela comparativa (tabela 7.35) com custos de fornecimento, manutenção e consumo de energia elétrica das luminárias convencionais (no caso de iluminação específica luminária de balizamento noturno com lâmpadas incandescentes de 30W, L 681 T ADB) e luminárias com tecnologia LED (luminária de balizamento noturno com tecnologia Led tipo L 681 T LED da ADB). Nesta tabela foi considerado o período comparativo da vida útil da lâmpada/luminária de maior valor, no caso da luminária de tecnologia LED com vida útil de 56.000 h e foram considerados os custos de aquisição e de manutenção (custo de substituição de lâmpadas com mão de obra) de acordo com o Apêndice B “Custo de Troca de Bahia” funcionamento das luminárias 12h por dia e Custos de energia da COELBA Base 10 2014, Tarifa Horosazonal azul A4 PPP (Anexo I).

Tabela 7.35 - Estudo comparativo do uso das luminárias Especificas de balizamento noturno SN 05 L 681 T com lâmpada incandescente de 30W e luminárias de balizamento noturno com tecnologia LED tipo SN 05 L 681 T LED da

ADB

Sistema	Numero de Luminárias	Custo inicial da luminária R\$	Custo reposição de peças relacionando as vidas uteis das luminárias (R\$)				P (W)	Vida útil (h)	Valor kWh P (R\$)	Valor kWh FP (R\$)	Custo consumo de energia em 56.000 h por luminária (R\$)	Custo total em 56.000 h R\$
			Custo lâmpada (R\$)	custo mão de obra (R\$)	custo lâmpadas + mão de obra (R\$)	custo lâmpadas + mão de obra 56.000 h (R\$)						
L 861 T Convencional , lamp inc 30W, T isol 30/45W	474	471,00	75,00	18,00	93,00	5208,00	27	1.000	0,34	0,22	352,41	2.858.886,81
L 861 T, com LED, T isol 10/15W	474	374,82				0	7,5	56.000	0,34	0,22	97,89	224.064,91
Diferença		0,80										-2.634.821,91

Fonte: ADB, COELBA (2014).

Diante dos estudos realizados no caso do uso da luminária Específica de Balizamento tipo SN 05 L 681 T da ADB com lâmpada incandescentes de 30W, transformador isolador 30/45W e da luminária SN 05 L 681 T LED da ADB, com transformador isolador 10/15W nas bordas de pistas de taxiway referentes às pistas de pouso e decolagem 10/28 e 17/35 do aeroporto de Salvador, pode-se concluir que:

As luminárias são fabricadas atendendo normas internacionais de aviação civil, com certificação internacional e considerando que foram instaladas de acordo com as recomendações do capítulo I do Anexo 14 (afastadas de 30 m quando em linha reta na lateral das pistas de taxi por exemplo), não se considerou haver necessidade de utilização de *softwares* para verificação das condições de luminosidade dos sistemas de balizamento noturno, sobretudo para a parte deste sistema que corresponde ao balizamento das pistas de taxiway.

Embora as luminárias com tecnologia LED já se encontravam instaladas nas pistas de taxiway do aeroporto de Salvador, na época de realização dos estudos, fez-se uma análise considerando o custo inicial de aquisição de luminárias com tecnologia LED e convencional, a fim de que se tenha idéia da solução mais vantajosa para novos empreendimentos.

O custo inicial da luminária convencional em estudo é superior (R\$ 471,00) ao custo inicial da luminária de tecnologia LED (R\$ 374,82), sendo a luminária com tecnologia LED cerca de 20,4% mais barata que a primeira (ambas sem considerar o custo de transformador isolador) e apresentou menor custo de manutenção com a troca de lâmpadas devido a maior vida útil (cinquenta e seis vezes maior) e com economia de

energia elétrica devido a maior eficiência energética. Pode-se concluir que a luminária com tecnologia LED, neste caso estudado, apresenta-se notadamente como uma melhor opção em termos econômicos e operacionais.

Observando-se que, devido a sua maior vida útil, a luminária com tecnologia LED produz menos material de descarte, pois as luminárias com lâmpadas incandescentes requerem cinquenta e seis trocas num período equivalente á vida útil da luminária LED em estudo, gerando menos resíduo . Sendo assim a luminária LED em estudo mostra-se mais sustentável que a luminária convencional com lâmpada incandescentes.

7.6 COMPARATIVO DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Uma vez feitos os estudos sobre os cinco casos típicos de sistemas de iluminação do aeroporto de Salvador, foi montada uma tabela comparativa para melhor evidenciar os resultados obtidos (Tabela), conforme abaixo:

Tabela 7.36 - Estudo comparativo de estudos de casos de sistemas de iluminação do aeroporto de Salvador

Sistema de Iluminação	Características das luminárias		Custo luminária (R\$)			Vida Útil luminária (h)			Custos Finais após maior vida útil (h)		
	LED	Convencional	LED	Convencional	LED / Convencional	LED	Convencional	LED / Convencional	LED	Convencional	LED / Convencional
Comercial TPS	18 luminárias CAA 01 4xT8 16W	18 luminárias LAN 03 LED 58W	436,80	195,20	2,24	50000	12000	4,17	20.028,82	24.738,15	0,81
Industrial TECA	30 projetores com lâmpadas LED de 240W (Grennbay2 PHILIPS)	81 projetores com lâmpadas VP de 400W (RIF 68 REEME)	2000,00	368,00	5,43	50000	20000	2,50	177.158,01	356.321,84	0,50
Pública Vias de Acesso	162 Luminárias Públicas com tecnologia LED de 155W (Akila 96 LEDs 155W)	162 Luminárias Públicas, com Lâmpada VS 250W tipo TPS 2950 Tropicó	3921,00	828,00	4,74	90000	28500	3,16	2158367,35	2930167,87	0,74
Específica Patio de aeronaves	60 projetores com lâmpadas LED de 391W (Akila 240 LEDs PHILIPS)	60 projetores com lâmpadas VM de 1000W (MA 338 REEME)	8411,00	1.169,24	7,19	54000	9000	6,00	1358506,10	2557301,49	0,53
Específica Balizamento de Taxi	474 luminárias LED L 861 T T Isol 10/15W	474 luminárias Convencionais L 861 T, com L inc 30W T isol 30/45W	374,82	471,00	0,80	56000	1000	56,00	224064,91	10264662,81	0,02

Fonte: Reeme, Schreder, Eletrocabos, COELBA (2014).

A tabela acima (Tabela), evidencia que a tecnologia LED utilizada em sistemas de iluminação apresenta maior custo de aquisição (já chegando até a ser mais barata no caso de sistemas de balizamento luminoso), maior vida útil e menores custos de manutenção e consumo de energia elétrica após o final da vida útil em relação às tecnologias convencionais.

8 CONCLUSÃO

Os objetivos deste trabalho foram alcançados, pois foram obtidos resultados de cinco casos de estudos comparativos para análise da viabilidade técnica do uso de luminárias com tecnologia LED em comparação ao uso de luminárias com lâmpadas convencionais nos sistemas de iluminação de aeroportos, sobretudo em aeroportos de grande porte do grupo 1, categoria I que abrangem diversos sistemas de iluminação.

Foram escolhidos cinco casos típicos para estudos de sistemas de iluminação do aeroporto Internacional de Salvador, que englobam áreas com luminárias dos tipos comerciais (saguão do TPS), industriais (aérea de armazenagem do TECA), públicas (vias de acesso nas proximidades dos terminais de carga) e específicas (pátio 3 de aeronaves e sistema de balizamento das pistas de taxiway). Nestas áreas foram feitos estudos com *softwares* específicos para análise do atendimento das luminárias em estudo às normas técnicas pertinentes.

Diante da abrangência de cinco casos de estudos, foi feita uma análise de custos econômicos simplificados, sem a utilização dos princípios de engenharia econômica, mas foram considerados custos de aquisição de luminárias, troca de lâmpadas e consumo de energia elétrica durante um período de tempo definido como a maior vida útil entre as luminárias com as duas tecnologias avaliadas.

Em relação à análise comparativa conclusiva de luminárias convencionais versus luminárias com tecnologia LED, nos cinco casos de estudos realizados, foram considerados para cada caso:

- a) Atendimento às recomendações das normas técnicas pertinentes com o uso de *softwares* específicos.
- b) Custo de aquisição de cada tipo de luminária completa (luminária, lâmpadas e acessórios).
- c) Custo final do uso de cada opção de luminária durante um período de tempo definido como a maior vida útil entre ambas, considerando custos de aquisição da luminária completa, substituição de lâmpadas e consumo de energia elétrica.
- d) Sustentabilidade.

Em relação aos cinco casos de estudos escolhidos para o aeroporto de Salvador, chegou-se às conclusões a seguir:

- a) Iluminação comercial – Saguão do Terminal de passageiros TPS.

A luminária convencional com lâmpadas fluorescentes e a luminária com tecnologia LED atenderam a maioria dos requisitos técnicos como o Iluminamento Mantido Em, Índice limite de Ofuscamento Unificado UGR_L e a uniformidade de iluminação U, porém apresentaram índice de reprodução de cores abaixo do recomendável, sendo o IRC da luminária LED superior ao da luminária convencional.

O custo de fornecimento da luminária convencional apresentou-se bastante inferior ao custo da luminária de tecnologia LED (45% do preço da LED), mas demonstrou maiores custos com troca de lâmpadas e maior consumo de energia elétrica, devido a sua menor vida útil e menor eficiência energética (apresentando o uso do LED um custo final de 81% do uso da luminária convencional durante o período considerado), demonstrando então ser a luminária com tecnologia LED uma melhor opção em termos econômicos e operacionais.

Foi observado que a luminária convencional, devido a sua menor vida útil, gera mais resíduos e contém material tóxico, o mercúrio, mostrando ser a luminária com tecnologia LED mais sustentável que a convencional.

b) Iluminação industrial – Área de armazenagem do TECA.

As luminárias convencionais industriais, com lâmpadas metálicas de 400 W, tipo RIF68/1 e RIF72 REEME atenderam parcialmente aos requisitos técnicos normativos. A situação atual, com 81 projetores com lâmpadas metálicas de 400 W, atendeu ao Iluminamento Mantido (Em) e aproximou-se bastante da uniformidade de iluminação, porém apresentou índice limite de Ofuscamento Unificado (UGR_L) e índice de reprodução de cores (IRC) abaixo do recomendável. As simulações com apenas 25 projetores originais e com 25 projetores mais eficientes, com as mesmas lâmpadas metálicas de 400 W, demonstraram que a primeira simulação atendeu apenas ao Iluminamento Mantido (Em) e a segunda simulação ao Iluminamento Mantido (Em) e à uniformidade de iluminação, porém ambas deixaram de atender ao índice limite de Ofuscamento Unificado (UGR_L) e ao índice de reprodução de cores, ambos abaixo do recomendável.

A luminária com tecnologia LED atendeu praticamente a todos os requisitos técnicos normativos, como o Iluminamento Mantido (Em) e o índice de reprodução de cores e apresentou Índice limite de Ofuscamento Unificado (UGR_L) e uniformidade de iluminação (U) bastante próximos dos valores recomendados.

O custo de aquisição da luminária convencional apresentou-se bastante inferior ao custo da luminária de tecnologia LED (18,45% e 23,4% do preço da LED respectivamente para as opções projetor original e projetor mais eficiente), mas demonstrou maiores custos com troca de lâmpadas e maior consumo de energia elétrica, devido a sua menor vida útil e menor eficiência energética (apresentando o uso do LED um custo final de 50% do uso das luminárias convencionais durante o período determinado), demonstrando então ser a luminária com tecnologia LED uma melhor opção em termos econômicos e operacionais.

Foi observado que a luminária convencional, devido a sua menor vida útil, gera mais resíduos e contém material tóxico, o mercúrio, mostrando ser a luminária com tecnologia LED mais sustentável que a convencional.

c) Iluminação Pública - Vias de acesso nas proximidades do TECA.

A luminária convencional com lâmpada a vapor de sódio 250 W atendeu a maioria dos requisitos técnicos como Iluminância média mínima ($E_{med,min}$) Fator de Uniformidade mínimo (U), luminância média (L_{med}) e Incremento Linear (TI), porém apresentou a Uniformidade global (U_o) e a Uniformidade longitudinal (U_L) abaixo do recomendado, sendo o último fator orientativo para a categoria da via (V4).

A luminária com tecnologia LED de 155W atendeu a todos os requisitos técnicos normativos como Iluminância média mínima ($E_{med,min}$), Fator de Uniformidade mínimo (U), luminância média (L_{med}) e Incremento Linear (TI), a Uniformidade global (U_o) e a Uniformidade longitudinal (U_L).

O custo de fornecimento da luminária convencional apresentou-se bastante inferior ao custo da luminária de tecnologia LED (21,1% do preço da LED), mas demonstrou maiores custos com troca de lâmpadas e maior consumo de energia elétrica, devido a sua menor vida útil e menor eficiência energética (apresentando o uso do LED um custo final de 78% do uso da luminária convencional durante o período considerado), demonstrando então ser a luminária com tecnologia LED uma melhor opção em termos econômicos e operacionais.

Foi observado que a luminária convencional, devido a sua menor vida útil, gera mais resíduos e contém material tóxico, o mercúrio, mostrando ser a luminária com tecnologia LED mais sustentável que a convencional.

d) Iluminação Específica – Pátio 3 de aeronaves.

A luminária convencional com lâmpada metálica de 1000 W atendeu a maioria dos requisitos técnicos da norma pertinente, como nível de iluminamento médio mínimo no plano horizontal (E_{mH}) e o nível de iluminamento médio mínimo no plano vertical a 2 m de altura (E_{mV}), mas apresentou um Fator de Uniformidade mínimo de iluminância no plano horizontal (U) abaixo do recomendável, porém para cálculo de tal fator considera-se a área de estacionamento de aeronaves e foi considerado no estudo de caso as áreas de manobra e estacionamento de aeronaves (área geral do pátio 70mx550m), estando a última área em posição frontal às torres aonde se encontram instalados os refletores, ou seja, com maior nível de iluminamento.

A luminária com tecnologia LED de 391 W, de maneira similar, atendeu a maioria dos requisitos técnicos da norma pertinente, como nível de iluminamento médio mínimo no plano horizontal (E_{mH}) e o nível de iluminamento médio mínimo no plano vertical a 2 m de altura (E_{mV}), e também apresentou um Fator de Uniformidade mínimo de iluminância no plano horizontal (U) abaixo do recomendável (devido ao fato de que, para simplificação dos cálculos, o *software* considerou a área total do pátio e não apenas as áreas de estacionamento de aeronaves, conforme sugerido em norma) sendo que esta luminária apresentou valores inferiores aos da luminária convencional nos requisitos atendidos, porém superiores aos recomendados e valor superior no requisito não atendido por norma.

O custo de fornecimento da luminária convencional apresentou-se bastante inferior ao custo da luminária de tecnologia LED (13,9% do preço da LED), mas demonstrou maiores custos com troca de lâmpadas e maior consumo de energia elétrica, devido a sua menor vida útil e menor eficiência energética (apresentando o uso do LED custo final de 54% da luminária convencional durante o período definido), demonstrando então ser a luminária com tecnologia LED uma melhor opção em termos econômicos e operacionais.

Foi observado que a luminária convencional, devido a sua menor vida útil, gera mais resíduos e contém material tóxico, o mercúrio, mostrando ser a luminária com tecnologia LED mais sustentável que a convencional.

e) Iluminação Específica – Pistas de taxiway do Balizamento Noturno.

A luminária convencional com lâmpada incandescente e com tecnologia LED das pistas de taxiway de balizamento noturno são fabricadas atendendo normas internacionais de aviação civil, com certificação internacional e considerando que foram instaladas de acordo com as recomendações técnicas pertinentes, não se considerou o uso de *softwares* para análise técnica.

O custo de fornecimento da luminária convencional apresentou-se superior ao custo da luminária de tecnologia LED (125,7% do preço da LED), ambas sem considerar o custo do transformador isolador, e a luminária convencional demonstrou maiores custos com troca de lâmpadas e maior consumo de energia elétrica, devido a sua menor vida útil e menor eficiência energética (apresentando o uso do LED um custo final de 2% do uso da luminária convencional durante o período considerado), demonstrando então ser a luminária com tecnologia LED uma opção muitíssimo superior em termos econômicos e operacionais.

Foi observado que a luminária convencional, devido a sua menor vida útil, gera mais resíduos e contém material tóxico, o mercúrio, mostrando ser a luminária com tecnologia LED mais sustentável que a convencional.

De uma forma geral, conforme ficou evidenciado na Tabela comparativa de estudos de casos de sistemas de iluminação do aeroporto de Salvador, pode-se concluir que a tecnologia LED analisada apresentou maior custo de aquisição (chegando, entretanto, até a ser mais barata no caso de sistemas de balizamento luminoso noturno), maior vida útil, menor custo de manutenção e de consumo de energia elétrica (demonstrando uma maior eficiência energética) durante o período de tempo considerado; em relação às tecnologias convencionais e também apresentando-se como uma melhor opção em termos econômicos e operacionais (evita desligamentos de parte de sistemas de iluminação e de mobilização de equipe de manutenção, agregando uma maior confiabilidade aos sistemas de iluminação dos aeroportos). Devido a sua maior vida útil e ao produzir menos material de descarte, mostrou-se também ser mais sustentável que as luminárias convencionais.

REFERÊNCIAS

AMOROSO, M.M et al. Projeto de desenvolvimento de luminária LED eficiente e flexível. In: SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO SUL CATARINENSE SICT SUL, 1., 2012. Florianópolis. IFSC. p. 373-382

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT ISO/CIE 8995-1 Iluminação de Ambientes de Trabalho Parte 1: Interior: procedimento: apresentação.** Rio de Janeiro, 2013. 46.p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5101: Iluminação Pública: procedimento: apresentação.** Rio de Janeiro, 2012. 35.p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413: Iluminância de Interiores: procedimento: apresentação.** Rio de Janeiro, 1992. 13.p.

BAPTISTA, Antônio Carlos et al. **Fundamentos de Eletrônica.** 1 ed. Lisboa: LIDEL Edições Técnicas Ltda, 2012.

BOSZCZOWSKI, Leonardo. **Barreiras físicas em aeroportos.** Gerência de Facilitação e Segurança da Aviação Civil. ANAC

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Manual de Implementação de Aeroportos.** 17 de outubro de 2008. Brasília, p.1-65.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil **RBAC**, n 154: Projeto de Aeródromos, 11 de maio de 2009. Brasília, p. 1-247.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Portaria Nº 1.141/GM5,08 de dezembro de 1987.** Dispõe sobre Zonas de Proteção e Aprova o Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromos, o Plano Básico de Zoneamento de Ruído, o Plano Básico de Zona de Proteção de Helipontos e o Plano de Zona de Proteção de Auxílios à Navegação Aérea e dá outras providências. Brasília, p. 1- 65, 1987.

BRASIL. **Decreto nº 7.168, de 5 de maio de 2010.** Dispõe sobre o Programa Nacional de Segurança da Aviação Civil Contra Atos de Interferência Ilícita (PNAVSEC). Brasília, 43 p.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Resolução Nº 63, 26 de novembro de 2008.** Aprova o Programa Nacional de Instrução em Segurança da Aviação Civil – PNAVSEC. Brasília, p 1- 155, 2008.

BRASIL. **Decreto nº 7.168, de 5 de maio de 2010.** Dispõe sobre o Programa Nacional de Segurança da Aviação Civil Contra Atos de Interferência Ilícita (PNAVSEC). Brasília, 2010. 43 p

BRASIL. Infraero Aeroportos, Diretoria de Aeroportos, Superintendência de Manutenção. **Estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental para aplicação de tecnologia LED em luminárias do balizamento de taxiway em aeroportos.** Brasília, 29 p.

CAMPOS, Sílvia Maria Carneiro de. **Modulo I– LED.** . Salvador: Pós Graduação lato sensu Iluminação e Design de Interiores, Instituto de Pós graduação, 2013.165p.

CONEXLED. **Vantagens do LED.** [Site oficial do fabricante]. Disponível em: <<http://www.conexled.com.br/led/>>. Acesso em: 17 jun. 2015.

- CORRÊA, Fernando Augusto Lopes. **Introdução à Luminotécnica**. GenLuz, Rio de Janeiro: GE Iluminação, 2005. 13 p.
- COSTA, Gilberto José Corrêa da. **Iluminação econômica: cálculo e avaliação**. Porto Alegre. EDIPUCS, 1998.
- DIAS, Rangel da Silva; COELHO, Carlos Ramiro Macedo. **Aplicação de lâmpadas a led em um projeto de iluminação de um galpão industrial**. Belém, PA, Brasil: Instituto de Estudos Superiores da Amazônia..
- ELECTRONICA. LED. **Identificação e ligações do LED**. [Site oficial do fabricante]. Disponível em <<http://www.electronica-pt.com/led/>>. Acesso em: 15 julho 2013. 9p
- ETAP EXCELLENT LIGHTING SAVING ENERGY. **Sp. Dossier LED: Iluminação uma Nova Fonte de Luz**, Disponível em: <<http://www.etaplighting.com/>>. Acesso em: 16 jul. 2013. 32p.
- GE LIGHTING BRASIL. [Site oficial do fabricante]. Disponível em <<http://www.gelighting.com/LightingWeb/br/>>. Acesso em: 13 jun. 2015
- INFRAERO AEROPORTOS. **GE.02/707.75/00943/06**: Balizamento luminoso noturno - Memorial de critérios e condicionantes. Brasília, 04/2011. 27 p.
- INFRAERO AEROPORTOS. **GE.25/700.75/00976/00**: equipamentos de navegação aérea - Memorial de critérios e condicionantes. Brasília, 11/2011. 27 p.
- JUNIOR, Roberto de Carvalho. **Instalações elétricas e o projeto de arquitetura**. 5. ed. São Paulo. Edgard Blucher Ltda, 2014.
- LUMICENTER LIGHTING. **Tutorial Dialux, Projetos utilizando o Assistente para Dialux Lighting**. [Site oficial do fabricante]. Disponível em <<http://www.lumicenteriluminacao.com.br/pt/tecnologia/dialux.html>>. Acesso em: 12 abr. 2013.
- MUTHU , S.; SCHUURMANS, F. J. P. ; PASHLEY, M, D. Red, Green and blue LEDS for White light illumination. **IEEE Journal on selected topics in quantum electronics**, v. 8, n. 2, p. 333-338, abr. 2002
- NEIS, Giovani Nascimento; GODOY, Leoni Pentiado; RAMACHANDRAN, Radharamanan. **A cor no ambiente industrial**. Santa Maria-RS-Brasil.UFSM- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
- NISKIER, Júlio; MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Elétricas: 5.ed**. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Dois S.A., 2008.
- OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. [Site oficial do fabricante]. Disponível em <<http://www.osram.com.br/>> Acesso em: 12 jul. 2013. 28p.
- PHILIPS, Catálogo de Produtos. [Site oficial do fabricante]. Disponível em <<http://www.lighting.philips.com.br>>. Acesso em: 12 maio 2013.

PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay; SOUZA, Marcos Barros de. **Apostila de Conforto Ambiental-Illuminação**. 120 f. Curso de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Curso de pós-graduação em Construção Civil. UFSC, Florianópolis, 2005

POLANCO, Sara Leonor Cambeses. **A situação da destinação pós-consumo de lâmpadas de mercúrio no Brasil**. 2007. 119f. Dissertação (Mestrado)-Engenharia de processos químicos e bioquímicos. Escola de Engenharia Mauá, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia. São Caetano do Sul, 2007

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL). **Manual de Iluminação Eficiente**. . [S.l.]: [s.n.], 2002.

REEME REPUXAÇÃO E METALÚRGICA LTDA. **Catálogo de Produtos 2012**. [Site oficial do fabricante]. Disponível em <<http://www.reeme.com.br>>. Acesso em: maio 2013. 44 p.

SANCHES, Sydney ; SWEENEY, Scott. **LED vs T5 Technology: The Advantages and Disadvantages**. fev, 2010.

SCHREDER GROUP. **Ulysse II, Manual de Utilização**. [S.l.]: [s.n.], 2009. 196p.

SILVA, Mauri Luiz da. **Luz, lâmpadas & iluminação**. 3. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2004.

TECHNILUX. **Home, produtos, balizamento noturno**. [Site oficial do fabricante]. Disponível em <<http://www.technilux.com.br>>. Acesso em: 12 jun. 2015.

TECNOWATT ILUMINAÇÃO. **Catálogo de Produtos revisão 12**. [Site oficial do fabricante]. Disponível em <<http://www.tecnowatt.com.br>>. Acesso em: maio 2013. 28 p.

TUCCI, Wilson José. **Introdução à Eletrônica**. 8 ed. São Paulo: Nobel, 1984.

TRÓPICO. **Catálogo de Produtos 2011/2012**. [Site oficial do fabricante]. Disponível em: <<http://www.tropico.com.br>>. Acesso em: maio 2013.

UTILUZ Conheça o LED. [Site oficial do fabricante]. Disponível em <<http://www.utiluz.com.br>>. Acesso em: maio 2013. 5 p.

KAWASAKI, Juliana Iwashita. Racionalização de consumo em sistemas de iluminação – Verdades e mitos sobre LEDs. In: CIRCUITO DO SETOR ELÉTRICO, CINASE, 2., 2011. **Anais...** 2011..

VALENTIM, Alexandre Abib; FERREIRA, Hélder Saldanha; COLETTO, Matheus André. Lâmpadas de LED: Impacto no Consumo e fator de potência. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, v. 6, jun. 2010.

YOU, J. P.; HE, Y. ; SHI, J.P. Thermal Management of High Power LEDs: Impact of Die Attach Materials. *Microsystems, Packaging, Assembly and Circuits Technology*, 2007. impact 2007. International, p. 239-242.

APÊNDICE A - Ocupação do terminal de cargas do Aeroporto de Salvador

Área	Ocupação (%)
------	-----------------

Setor de cargas 60
(armazenagem)

Setor administrativo 36
(escritórios,
auditório, copa,
sanitários,
circulação)

Depósito de 4
resíduos sólidos

**APÊNDICE B – Custo de troca de lâmpadas no Aeroporto Internacional
Deputado Luís Eduardo Magalhães - Salvador / BA**

		ORÇAMENTO ESTIMATIVO			
		PREÇO BASE:		DATA	
		ago-14		15/08/2014	
OBJETO: TROCA DE LÂMPADAS NO EROPORTO INTERNACIONAL DEPUTADO LUIS EDUARDO MAGALHÃES - Salvador / BA.					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT.	PREÇO EM REAIS (R\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL
1	SERVIÇOS PRELIMINARES				
1.1	Troca de lâmpada fluorescente tubular de 16W em luminária tipo calha embutida em forro a 3,5m de altura (1saguão do 1 pav próximo ao centro dos check ins)	Und.	1,00	R\$ 18,0	R\$ 18,0
1.2	Troca de lâmpada vapor de sódio de 250W em luminária instalada em poste a 8m de altura (via de acesso ao TECA)	Und.	1,00	R\$ 56,0	R\$ 56,0
1.3	Troca de lâmpada vapor de metálico de 400W em refletor instalado em galpão pendente a 9m de altura (TECA internacional)	Und.	1,00	R\$ 56,0	R\$ 56,0
1.4	Troca de lâmpada vapor de metálico de 1000W em projetor instalado em torre a 22m de altura (Pátio 3 do aeroporto de Salvador SBSV)	Und.	1,00	R\$ 53,9	R\$ 53,9
Observação:					
Foram considerados os seguintes custos:					
Eletricista com encargos complementares: 0,5h para 1.1, 1.2 e 1.3 e 1,5h para 1.4					
Auxiliar de eletricista com encargos complementares: 0,5h para 1.1, 1.2 e 1.3 e 1,5h para 1.4					
Base de Dados: SINAPI - Índices da Construção Civil 10 2014					
Aluguel de plataforma de elevação para trabalho em altura até 9,8m: 3h para 1.4					

APÊNDICE C - Características Técnicas Das Lâmpadas Elétricas

Tipo de lâmpada	Modelo	Potencia (W)	Eficiência energética média (lm/W)	Nível de brilho	Vida Util (h)
Incandescentes	Comum	25,40,60, 100,150,200	10 a 15		1000
	Balizamento noturno	30, 45	10 a 15	1,2,3,4,5	1000
Halógenas	Bipino	25,40, 60, 100, 150,300, 500 e 1000	10 a 15		2000
	Palito	100, 150,300, 500 e 1000	12 a 22		2000
Fluorescentes	Tubular T12 e T10	20, 40	50 a 70		12000
	Tubular T8	16,18,32,36 e 58	65 a 90		12000 a 20000
	Tubular T5	14,28, 54, 80	87 a 103		20000
	Compactas	9, 18, 26,32, 42	60		6000 a 8000
	Compactas eletrônicas	15,20,23	70 a 80		12000
Vapor de mercúrio		80,125,250,400,700,1000	45 a 60		15000 a 24000
Mista		160,250,500	20 a 25		10000
Vapor de sódio	Elipsoidal	70,150,250,400,100	80 a 120		40000
	Tubular	250,400,100	100 a 125		40000
Multivapores metálicos	Tubular	70,150,250,400,2000	75 a 105		10000
	Ovóides	70,150,250,400	75 a 105		10000
LED		3 a 300W	35 a 140		60000

Fonte: GE Iluminação, Osram.

ANEXO A – Cotação de preço de luminárias da Lumicenter

De: Gabriel - BCL [bclgabriel@terra.com.br]
 Enviado em: segunda-feira, 29 de setembro de 2014 08:31
 Para: Lucio Antonio Pereira Magalhaes
 Assunto: RES: Preço de luminaria

R\$ 160,00

Condições:

IPI de 12% a incluir
 Frete FOB fábrica, se for CIF considere 10% de acréscimo ICM'S CEHIO

Dúvidas, me ligue

Gabriel Castro Filho
 Engº de Aplicações e Vendas
 BCL Representações
 Tel: 71 3240-3999
 Cel: 71 9988-2457
 Email: bclgabriel@terra.com.br
www.bclrepresentacoes.com

-----Mensagem original-----

De: Lucio Antonio Pereira Magalhaes [mailto:luccioantonio@infraero.gov.br]
 Enviada em: domingo, 28 de setembro de 2014 15:16
 Para: Gabriel - BCL
 Assunto: RES: Preço de luminaria

Gabriel

Agradeço a atenção.

No ultimo e mail solicitei também o preço da luminária CAA 01 E416 que é a luminária existente la no aeroporto, poderia enviar?

Grato

Enviada em: sábado, 27 de setembro de 2014 13:09
 Para: bclgabriel@terra.com.br
 Assunto: Preço de luminaria

Caro Gabriel

Poderia me dar uma ideia de preço de mercado das luminárias Lumicenter istadas abaixo? (considerar 100 unidades de de cada)

-FAA 01 E414 - R\$ 190,00 completa
 -LHT 33 E 50W - R\$ 610,00 completa com driver normal -LHT 33-E 25W - esta não existe, se é de 25W chama-se LHT 31 - R\$ 298,00 completa com driver normal -LAN 03 E 58W - R\$ 390,00 completa com driver normal -LAA 03 E 58W - R\$ 403,00 completa com driver normal

Condições:

IPI de 12% a incluir
 Frete FOB fábrica, se for CIF considere 10% de acréscimo ICM'S CEHIO

ANEXO B – Cotação de preço de luminárias da trópico

De: Viviane Pereira [viviane.pereira@tropico.com.br]
Enviado em: quarta-feira, 24 de setembro de 2014 09:37
Para: Lucio Antonio Pereira Magalhaes
Cc: isac.romeiro@tropico.com.br
Assunto: RES: Arquivo IES - TP 2950 - VS - 250W

Bom dia Lucio;

Respostas abaixo em **Vermelho**

Viviane Galdino Pereira
Depto Comercial
+55.19.3885-6428 Ramal 6469
Nextel +55.19.7851 3254
ID: 55*139*3125
viviane.pereira@tropico.com.br
www.tropico.com.br



De: Lucio Antonio Pereira Magalhaes [mailto:lucioantonio@infraero.gov.br]
Enviada em: quarta-feira, 24 de setembro de 2014 09:31
Para: Viviane Pereira
Cc: isac.romeiro@tropico.com.br
Assunto: RES: Arquivo IES - TP 2950 - VS - 250W

Prezada Viviane

Poderia informar o preço das luminarias baixo:

TP 2950 com lâmpada vapor de sódio 250W. – R\$ 541,00 + 12% IPI

TP 2900 com lâmpada vapor de sódio 150W – R\$ 249,00 + 12% IPI

TP 2900 com lâmpada vapor de sódio 100W – R\$ 249,00 + 12% IPI

Atenciosamente

ANEXO C – Cotação de preço de luminárias da Schreder

De: Gabriel - BCL [bclgabriel@terra.com.br]
 Enviado em: terça-feira, 30 de setembro de 2014 08:58
 Para: Lucio Antonio Pereira Magalhaes
 Assunto: RES: Cotação de luminária

3413036	AKILA_96L_155W NW EXT5102 H60+5 120/277V-50/60Hz CLI-EU NoOC RAL7001	50	3.500,43	
	Akila 96 LED STD 0,53 A			
35003002050102	AKILA HB_96LEDs_155W NW EXT5096 SUSP 127-277V/50-60Hz CLI-EU NoOC RAL7001G	25	3.742,82	
	Akila 96 Leds DS ,53A INDUSTRIAL			
35003030180102	AKILA HB_128LEDs_217W NW EXT5102 SUSP 240V/50Hz CLI-EU NoOC RAL7001G	60	5.542,43	
	Akila 128 Leds DS ,53A INDUSTRIAL			

Akila 96 sendo 48 para cada lado e a de 240 **industrial** não temos por isso estou colocando a de 64 para cada lado

ICMS 18% incluso
 IPI 12% a incluir
 Frete CIF

Gabriel Castro Filho
 Engº de Aplicações e Vendas
 BCL Representações
 Tel: 71 3240-3999
 Cel: 71 9988-2457
 Email: bclgabriel@terra.com.br
www.bclrepresentacoes.com

De: Gabriel - BCL [<mailto:bclgabriel@terra.com.br>]
Enviada em: terça-feira, 30 de setembro de 2014 11:05
Para: Lucio Antonio Pereira Magalhaes
Assunto: RES: Cotação de luminária

Lucio,

1

Conforme lhe mostrei no catalogo que esta em suas mãos, a luminária industrial(Dupla) só existe no numero TOTAL de leds de 64, 96 e 128, ou seja: 32 leds para cada lado, 48 leds para cada lado e 64 leds para cada lado!!!! Portanto não existe luminária industrial(dupla) de 2x96, nem 2x240leds

Sendo assim, na tabela abaixo estão os preços de:

Akila 96 normal sem ser industrial

Akila 96 industrial, sendo 48 para cada lado

Akila 128 industrial, sendo 64 para cada lado

Abaixo seguem mais preços para sua análise:

Akila 144 normal sem ser industrial – R\$ 4.200,00

Akila 192 normal sem ser industrial – R\$ 5.100,00

Akila 240 normal sem ser industrial – R\$ 7.510,00

ICMS 18% incluso

IPI 12% a incluir

Frete CIF

ANEXO D – Cotação de preço de luminárias da REEME



REEME-REPUXAÇÃO E-METALÚRGICA-LTDA.

Página 1 de 2

São Paulo, 15 de novembro de 2014.

Orçamento: N° 016776/2014

Cliente: INFRAERO-SALVADOR

e-mail: lucioantonio@infraero.gov.br

At: Lucio

Fone: 71-32041130

Representante: M&S

De acordo com a solicitação de V. Sas., enviamos abaixo os seguintes preços:

Item	Qtd	Cod	Descrição	Preço-Unit	Preço-Total
01	25	RIF-68/V	LUMINARIA INDUSTRIAL CORPO REFLETOR REFUXADO EM CHAPA DE ALUMINIO ANODIZADO ALQJAMENTO EM LIGA DE ALUMINIO FUNDIDO PINTADO NA COR CINZA MARTELADO COM ENTRADA ROSQUEADA 1/2" BSP FECHADA COM LENTE PLANA DE CRISTAL TEMPERADO 80Q E-40 FILAMP OVÓIDE (LEITOA) V METALICO 250W FACHO ABERTO ALTURA DE MONTAGEM 4 A 8MTS	169,23	4.230,75
02	0	RIF-72/V	LUMINARIA INDUSTRIAL FECHADA EM LENTE PLANA DE CRISTAL TEMPERADO CORPO REFLETOR EM ACRILICO PRISMÁTICO NACIONAL ALQJAMENTO EM LIGA DE ALUMINIO FUNDIDO PINTADO NA COR CINZA MARTELADO COM ENTRADA ROSQUEADA 1/2" BSP 80Q E-40 FILAMP OVÓIDE (LEITOA) 250W FACHO CONCENTRADO ALTURA DE MONTAGEM 8 A 12MTS	252,59	0,00

Total sem IPI 4.230,75

Observações: MATERIAL ORÇADO SEM LAMPADA E SEM REATOR

Condições gerais para fornecimento:

Validade: 5 dias úteis

Condições de pagamento: 28 DDL

Faturamento mínimo: R\$ 500,00

Preços: Líquidos

ICMS: 18,00% INCLUSO

IPI: 12,00% A INCLUIR

Prazo de entrega: 10 a 15 Dias Úteis

Frete: FOB// SAO PAULO-SP

Mat. Destinado à: CONSUMO

Sub. Tributaria: NAO INCIDE


REEME-REPUXAÇÃO-E-METALÚRGICA-LTDA.

Pág. 1 de 1

São Paulo, 15 de novembro de 2014.

Orçamento: N°: 018775/2014

Cliente: INFRAERO-SALVADOR

e-mail: lucioantonio@infraero.gov.br

Att.: Lucio

Fone: 71-32041130

Representante: M&S

De acordo com a solicitação de V.Sas., enviamos abaixo os seguintes preços:

Item	Qtde.	Cód.	Descrição	Preço-Unit.	Preço-Total
01	60	MA-338	PROJETOR REDONDO FECHADO COM LENTE PLANA DE CRISTAL TEMPERADO CORPO REFELTOR REPUXADO EM CHAPA DE ALUMÍNIO ANODIZADO ALOJAMENTO COM SOQUETEIRA INCORPORADA EM LIGA DE ALUMÍNIO FUNDIDO PINTADO NA COR CINZA MARTELADO, SOQ. E 40 FILAMP. OVÓIDE 1500W E TUBULAR 1000W	601,87	36.112,20

 Total sem IPI: **36.112,20**

Observações: MATERIAL ORÇADO SEM LAMPADA E SEM REATOR

Condições gerais para fornecimento:

Validade: 5 dias úteis

Condições de pagamento: 28 DDL

Faturamento mínimo: R\$ 500,00

Preços: Líquidos

ICMS: 18,00% INCLUSO

IPI: 12,00% A INCLUIR

Prazo de entrega: 10 A 15 Dias Úteis

Frete: FOB//SÃO PAULO-SP

Mat. Destinado à: CONSUMO

Sub. Tributaria: NÃO INCIDE

Atenciosamente,

Eloisa

Depto de Vendas

ANEXO E – COTAÇÃO DE PREÇO DE LUMINÁRIAS DA ADB



Proposta Orçamentária

São Paulo, 11 de Dezembro de 2014

A. Infravero

Proposta: E002189

Ref: Aeroporto de Salvador - Incandescente

Conforme solicitado, segue abaixo nossa proposta de fornecimento:

Item	Código ADB	Descrição	Quantidade	Valor Unit USD	Valor Total USD
1	1406.15.200 + 2890.40.000	VEE FIT. WITH 8 DOME & EARTH	474	\$ 475,00	\$ 223,254,00
				\$	-
TOTAL				\$	223,254.00
Taxa R\$/USD				2.6271	
TOTAL				R\$	586,510.58

Observações

Todos produtos com certificado (ICAO/FAA)

Valores referente somente ao fornecimento dos equipamentos, portanto não contemplam a instalação.

Condições e preços válidos somente para a compra de todos os itens referidos acima, preços individuais devem ser consultados.

Condições Comerciais

Preços finais, material nacionalizado e entregue no destino informado abaixo.

O valor em R\$ deverá ser atualizado caso a variação da taxa cambial seja \pm 2%, Taxa PTAX utilizada do dia 11/12/14: R\$/USD 2,6271

Condições de Pagamento

Conforme edital

Prazo de Entrega

120 dias

O prazo de entrega será válido a partir do recebimento do pedido juntamente com o adiantamento.

Local de Entrega

Aeroporto de Salvador

Validade da Proposta

30 dias

Atenciosamente,

Eduardo Burgo

Engenheiro de Vendas

(11) 95500-3391

eduardo.burgo@adb-air.com

ADB AIRFIELD SOLUTIONS EQUIPAMENTOS PARA AEROPORTOS LTDA

CNPJ: 15.334.665/0001-09

IE: 145.647.360.117

Av. Moacyr, 395 - Conj 132 - Moema

São Paulo/SP - CEP: 04083-000

Venda sujeita as "Condições de Fornecimento" e ao "Termo de Venda de bens e Serviços"

Tels: +55 11 5095-2168 +55 11 5049-2304



Proposta Orçamentária

São Paulo, 11 de Dezembro de 2014

A Infraero

Proposta: E002199

Ref: Aeroporto de Salvador - LED

Conforme solicitado, segue abaixo nossa proposta de fornecimento:

Item	Código ADB	Descrição	Quantidade	Valor Unit USD	Valor Total USD
1	ETES173D	ETES L&BTBLUE 14"OAH 60HZ 11tpQ2190	474	\$ 374,82	\$ 177,664,28
					\$ -
TOTAL				\$	177,664.28
Taxa R\$/USD					2.6271
TOTAL				R\$	466,741.82

Observações

Todos produtos com certificado (ICAO/FAA)

Valores referente somente ao fornecimento dos equipamentos, portanto não contemplam a instalação.

Condições e preços válidos somente para a compra de todos os itens referidos acima, preços individuais devem ser consultados.

Condições Comerciais

Preços finais, material nacionalizado e entregue no destino informado abaixo.

O valor em R\$ deverá ser atualizado caso a variação da taxa cambial seja $\pm 2\%$, Taxa PTAX utilizada do dia 11/12/14: R\$/USD 2,6271

Condições de Pagamento

Conforme edital

Prazo de Entrega

120 dias

O prazo de entrega será válido a partir do recebimento do pedido juntamente com o adiantamento.

Local de Entrega

Aeroporto de Salvador

Validade da Proposta

30 dias

Atenciosamente,

Eduardo Burgo
Engenheiro de Vendas
(11) 95500-3391
eduardo.burgo@adb-air.com

ADB AIRFIELD SOLUTIONS EQUIPAMENTOS PARA AEROPORTOS LTDA
CNPJ: 15.334.665/0001-09
I.E: 145.647.360.117
Av. Moacir, 395 - Conj 132 - Moema
São Paulo/SP - CEP: 04083-000
Tels: +55 11 5096-2168 +55 11 5049-2304

Venda sujeita as "Condições de Fornecimento" e ao "Termo de Venda de bens e Serviços"

ANEXO F – COTAÇÃO DE PREÇO DE LÂMPADA GE

		METROL EQUIPAMENTOS DE SINALIZAÇÃO LTDA. Fabrica : Rua Avaré, 61 - Jd.Gramacho - D.Caxias - RJ (25.056-310) TELEFAX : (55) (021) 2775-6471 / 2775-6472 www.metrol.com.br / e-mail : info@metrol.com.br CNPJ/MF : 36.556.884/0001-02 * Inscr. Estadual: 84.739.618			
		PARA (TO) : INFRAERO - SBSV / BA ATT. (ATTN) : ENGº LUCIO MAGALHÃES // MANUTENÇÃO REF. : SOBRESSALENTES PARA SINALIZAÇÃO LUMINOSA ASSUNTO (SUBJECT) : PROPOSTA PARA FORNECIMENTO		TEL. : (71) 3204-1495 MSG : 696-2/14 DATA (DATE) : 23/10/14 PÁGINA (PAGE) : 1/1	
ITEM	UNID.	QUANT.	DESCRIÇÃO	PREÇO UNID. (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
1	UN	1	LAMPADA INCANDESCENTE 45W-6.6A-T10P, REF. 23.295 (GE)	75,00	75,00
VALOR GLOBAL (R\$)					75,00
CONDIÇÕES GERAIS PARA FORNECIMENTO :					
<p>1) <u>PRAZO DE ENTREGA : APÓS CONFIRMAÇÃO DA QUANTIDADE :</u></p> <p>2) <u>CONDIÇÕES DE PAGAMENTO : À VISTA ;</u></p> <p>3) <u>VALIDADE DA PROPOSTA : OUTUBRO / 2014 ;</u></p> <p>4) <u>FRETE : C.I.F. (SEDEX) - MATERIAIS POSTOS AEROP. INT'L SALVADOR / BA ;</u></p> <p>5) <u>IMPOSTOS : I.P.I. : ISENTO / I.C.M.S. (3,85%) : INCLUSO - NCM : 8539.2190 ;</u></p> <p>6) <u>ST. DEMAIS IMPOSTOS, TAXAS E EMBALAGENS : INCLUSOS NO VALOR GLOBAL ;</u></p>					
DE ACORDO : NOME : _____ CARGO : _____ LOCAL/DATA : _____ ASSINATURA : _____			 DIRETOR COMERCIAL METROL EQUIPAMENTOS DE SINALIZAÇÃO LTDA		

ANEXO G - COTAÇÃO DE PREÇO DE EQUIPAMENTOS DA ELETROCABOS

 <p>ELETROCABOS MATERIAIS ELÉTRICOS</p>	<p>RAZÃO SOCIAL: LUCIANO BARRETO DA SILVA END: RUA BARÃO DE COTEGIPE, 205 BAIRRO : MARES CEP : 40445-001 CIDADE : SALVADOR BA CNPJ : 04.535.525/0001-82 IE : 55.635.204-PP TEL .: (71)3312-0051 FAX .: (71)3314-9410 SITE : www.eletrocabosbahia.com.br</p>				
					
EMPRESA: CLIENTE ELETROCABOS	CONTATO: DAVI				
FRETE: CIF SSA BA	V.DA PROPOSTA: 05 DIAS				
PGTO: á combinar	DATA: 07/10/2014				
<h3>PROPOSTA COMERCIAL</h3>					
ITEM	DESCRIÇÃO DO PRODUTO	QUANT	UNID	V.UNIT	V.TOTAL
1	LAMPADA VAPOR METALICO 400W	25	UND	R\$ 33,00	R\$ 825,00
2	LAMPADA VAPOR METALICO 1000W	60	UND	R\$ 110,00	R\$ 6.600,00
3	REATOR V. METALICO 400W	25	UND	R\$ 80,80	R\$ 2.020,00
4	REATOR V. METALICO 1000W	60	UM	R\$ 321,90	R\$ 19.314,00
5	IGNITOR P/ LAMPADA METALICA 400W	25	UND	R\$ 23,00	R\$ 575,00
6	IGNITOR P/ LAMPADA V. METALICA 1000W	60	UND	R\$ 23,90	R\$ 1.434,00
7	CAPACITOR P/ LAMPADA V. METALICO 400W	25	UND	R\$ 23,80	R\$ 595,00
8	CAPACITOR P/ LAMPADA V. METALICA 1000W	60	UND	R\$ 39,00	R\$ 2.340,00
9	LAMPADA V. SODIO 150W	50	UND	R\$ 27,90	R\$ 1.395,00
10	LAMPADA V. SODIO 250W	50	UND	R\$ 31,00	R\$ 1.550,00
11	REATOR P/ LAMPADA SODIO 150W	50	UND	R\$ 61,90	R\$ 3.095,00
12	REATOR P/ LAMPADA SODIO 250W	50	UND	R\$ 73,90	R\$ 3.695,00
13	IGNITOR P/ LAMPADA SODIO 150W	50	UND	R\$ 23,90	R\$ 1.195,00
14	IGNITOR P/ LAMPADA SODIO 250W	50	UND	R\$ 23,90	R\$ 1.195,00
15	CAPACITOR P/ LAMPADA SODIO 150W	50	UND	R\$ 18,00	R\$ 900,00
16	CAPACITOR P/ LAMPADA SODIO 250W	50	UND	R\$ 21,00	R\$ 1.050,00
17					R\$ -
VENDEDOR : ALAN BARRETO				SUB TOTAL :	R\$ 47.778,00
TEL : (71)3312-0051 FAX : (71)3314-9410				DESCONTO :	R\$ -
E-MAIL : Alan@eletrocabosbahia.com.br				V.TOTAL:	R\$ 47.778,00
PRAZO DE ENTREGA: IMEDIATO 10 DIAS					
OBS:					

ANEXO H – COTAÇÃO DE PREÇO DE LUMINÁRIAS DA PHILIPS

Lucio Antonio Pereira Magalhaes

De: adonias@escritoriodeiluminacao.com.br
Enviado em: quinta-feira, 2 de outubro de 2014 09:05
Para: Lucio Antonio Pereira Magalhaes
Assunto: RES: Refletor LED

Sim, Só que a de 210w 21.000, saio de linha, foi substituída por:

GreenBay 2 - Luminária Pendente, com LED 14000 Lumens, 140W Branco Neutro, com Driver Dimerizável DALI 220V, Facho Corredor, Acabamento Alumínio.
R\$ 1.342,00

GreenBay 2 - Luminária Pendente, com LED 24000 Lumens, 240W Branco Neutro, com Driver Dimerizável 0-10V 220V, Facho Aberto, Acabamento Alumínio.
R\$ 1.998,78

Adonias Silva

Fones: 71 3037 7675 / 9136 7675 /9636 8008
Skype: Adonias-Gock

Escritório
de Iluminação
Luminarias-Postes-Lampadas-Reatores

ANEXO I – TABELAS DE TARIFA E PREÇO FINAL DE ENERGIA ELÉTRICA

A4 Horosazonal Azul (conta de energia do TPS/Balizamento - Poder público federal)



TABELA DE TARIFA E PREÇO FINAL DE ENERGIA ELÉTRICA RESOLUÇÃO 1.714 de 15.04.2014 (VIG. 22.04.2014) HOROSAZONAL - AZUL A4 (2,3 a 25 kV)

SETEMBRO/2014 - PIS = 1,33% / COFINS = 6,13%

DESCRIÇÃO	TARIFA	ALÍQUOTAS		PREÇO FINAL
		ICMS	PIS/COFINS	SETEMBRO/2014
A4 - COMERCIAL				
kWh NP - SECO	0,25524000	27%	7,46%	0,38944156
kWh NP - UMIDO	0,25524000	27%	7,46%	0,38944156
kWh FP - SECO	0,16113000	27%	7,46%	0,24584986
kWh FP - UMIDO	0,16113000	27%	7,46%	0,24584986
kVarh - NP/FP - SECO/UMIDO	0,14841000	27%	7,46%	0,22644186
kW NP	42,26000000	27%	7,46%	64,47970704
kW FP	14,62000000	27%	7,46%	22,30698809
kVar - NP/FP	14,62000000	27%	7,46%	22,30698809
kW ULT NP	84,52000000	27%	7,46%	128,95941409
kW ULT FP	29,24000000	27%	7,46%	44,61397619
A4 - INDUSTRIAL E COMERCIAL (Hotéis, Pousadas e Hospitais)				
kWh NP - SECO	0,25524000	12,96%	7,46%	0,32073385
kWh NP - UMIDO	0,25524000	12,96%	7,46%	0,32073385
kWh FP - SECO	0,16113000	12,96%	7,46%	0,20247549
kWh FP - UMIDO	0,16113000	12,96%	7,46%	0,20247549
kVarh - NP/FP - SECO/UMIDO	0,14841000	12,96%	7,46%	0,18649158
kW NP	42,26000000	12,96%	7,46%	53,10379492
kW FP	14,62000000	12,96%	7,46%	18,37145011
kVar - NP/FP	14,62000000	12,96%	7,46%	18,37145011
kW ULT NP	84,52000000	12,96%	7,46%	106,20758984
kW ULT FP	29,24000000	12,96%	7,46%	36,74290022
A4 - SERVIÇO PÚBLICO (Nl Serv Agua, Esgoto e Saneamento)				
kWh NP - SECO	0,21695400	18,36%	7,46%	0,29246966
kWh NP - UMIDO	0,21695400	18,36%	7,46%	0,29246966
kWh FP - SECO	0,13696050	18,36%	7,46%	0,18463265
kWh FP - UMIDO	0,13696050	18,36%	7,46%	0,18463265
kVarh - NP/FP - SECO/UMIDO	0,14841000	18,36%	7,46%	0,20006740
kW NP	35,92100000	18,36%	7,46%	48,42410353
kW FP	12,42700000	18,36%	7,46%	16,75249393
kVar - NP/FP	14,62000000	18,36%	7,46%	19,70881639
kW ULT NP	84,52000000	18,36%	7,46%	113,93906713
kW ULT FP	29,24000000	18,36%	7,46%	39,41763278
A4 - DEMAIS CLASSES (Poder Público Federal e Uso Próprio)				
kWh NP - SECO	0,25524000	18,36%	7,46%	0,34408196
kWh NP - UMIDO	0,25524000	18,36%	7,46%	0,34408196
kWh FP - SECO	0,16113000	18,36%	7,46%	0,21721488
kWh FP - UMIDO	0,16113000	18,36%	7,46%	0,21721488
kVarh - NP/FP - SECO/UMIDO	0,14841000	18,36%	7,46%	0,20006740
kW NP	42,26000000	18,36%	7,46%	56,96953356
kW FP	14,62000000	18,36%	7,46%	19,70881639
kVar - NP/FP	14,62000000	18,36%	7,46%	19,70881639
kW ULT NP	84,52000000	18,36%	7,46%	113,93906713
kW ULT FP	29,24000000	18,36%	7,46%	39,41763278
A4 - DEMAIS CLASSES (Poder Público Estadual e Municipal)				
kWh NP - SECO	0,25524000	ISENTO	7,46%	0,27581586
kWh NP - UMIDO	0,25524000	ISENTO	7,46%	0,27581586
kWh FP - SECO	0,16113000	ISENTO	7,46%	0,17411929
kWh FP - UMIDO	0,16113000	ISENTO	7,46%	0,17411929
kVarh - NP/FP - SECO/UMIDO	0,14841000	ISENTO	7,46%	0,16037389
kW NP	42,26000000	ISENTO	7,46%	45,66673870
kW FP	14,62000000	ISENTO	7,46%	15,79857358
kVar - NP/FP	14,62000000	ISENTO	7,46%	15,79857358
kW ULT NP	84,52000000	ISENTO	7,46%	91,33347741
kW ULT FP	29,24000000	ISENTO	7,46%	31,59714717

A4 Horosazonal Verde (conta de energia do TECA/Patio3 Comercial - Outros Serviços e Outras Atividades)



TABELA DE TARIFA E PREÇO FINAL DE ENERGIA ELÉTRICA
RESOLUÇÃO 1.714 de 15.04.2014 (VIG- 22.04.2014)
HOROSAZONAL - VERDE A4 (2,3 a 25KV)

SETEMBRO/2014 - PIS = 1,33% / COFINS = 6,13%

DESCRIÇÃO	TARIFA	ALÍQUOTAS		PREÇO FINAL SETEMBRO/2014
		ICMS	PIS/COFINS	
A4 - RESIDENCIAL (até 149,99 kWh)				
KWh NP - SECO	1,28356000	25%	7,46%	1,90044418
KWh NP - ÚMIDO	1,28356000	25%	7,46%	1,90044418
KWh FP - SECO	0,16113000	25%	7,46%	0,23856973
KWh FP - ÚMIDO	0,16113000	25%	7,46%	0,23856973
KVarh - NP/FP - SECO/UMIDO	0,14841000	25%	7,46%	0,21973645
KW / kVar	14,62000000	25%	7,46%	21,64543174
KW Ultrapassagem	29,24000000	25%	7,46%	43,29286348
A4 - RESIDENCIAL (Iguar ou superior a 150 kWh)				
KWh NP - SECO	1,28356000	27%	7,46%	1,95843759
KWh NP - ÚMIDO	1,28356000	27%	7,46%	1,95843759
KWh FP - SECO	0,16113000	27%	7,46%	0,24584986
KWh FP - ÚMIDO	0,16113000	27%	7,46%	0,24584986
KVarh - NP/FP - SECO/UMIDO	0,14841000	27%	7,46%	0,22644186
KW / kVar	14,62000000	27%	7,46%	22,30698809
KW Ultrapassagem	29,24000000	27%	7,46%	44,61397619
A4 - COMERCIAL				
KWh NP - SECO	1,28356000	27%	7,46%	1,95843759
KWh NP - ÚMIDO	1,28356000	27%	7,46%	1,95843759
KWh FP - SECO	0,16113000	27%	7,46%	0,24584986
KWh FP - ÚMIDO	0,16113000	27%	7,46%	0,24584986
KVarh - NP/FP - SECO/UMIDO	0,14841000	27%	7,46%	0,22644186
KW / kVar	14,62000000	27%	7,46%	22,30698809
KW Ultrapassagem	29,24000000	27%	7,46%	44,61397619
A4 - INDUSTRIAL E COMERCIAL (Hotéis, Pousadas e Hospitais)				
KWh NP - SECO	1,28356000	12,96%	7,46%	1,61291781
KWh NP - ÚMIDO	1,28356000	12,96%	7,46%	1,61291781
KWh FP - SECO	0,16113000	12,96%	7,46%	0,20247549
KWh FP - ÚMIDO	0,16113000	12,96%	7,46%	0,20247549
KVarh - NP/FP - SECO/UMIDO	0,14841000	12,96%	7,46%	0,18649158
KW / kVar	14,62000000	12,96%	7,46%	18,37145011
KW Ultrapassagem	29,24000000	12,96%	7,46%	36,74290022
A4 - RURAL				
KWh NP - SECO	1,15520400	12,96%	7,46%	1,45162603
KWh NP - ÚMIDO	1,15520400	12,96%	7,46%	1,45162603
KWh FP - SECO	0,14501700	12,96%	7,46%	0,18222794
KWh FP - ÚMIDO	0,14501700	12,96%	7,46%	0,18222794
KVarh - FP/NP - SECO/UMIDO	0,14841000	12,96%	7,46%	0,18649158
KW	13,15800000	12,96%	7,46%	16,53430510
KVar	14,62000000	12,96%	7,46%	18,37145011
KW Ultrapassagem	29,24000000	12,96%	7,46%	36,74290022