

Universidade Federal  
do Rio de Janeiro  

---

Escola Politécnica

ILUMINAÇÃO DE ESTÁDIOS DE FUTEBOL: O CASO DO ESTÁDIO  
RAULINO DE OLIVEIRA

Caio César Duque da Rosa

Projeto de Graduação apresentado ao Corpo Docente do Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Jorge Luiz do Nascimento

Rio de Janeiro  
Fevereiro de 2017

ILUMINAÇÃO DE ESTÁDIOS DE FUTEBOL: O CASO DO ESTÁDIO  
RAULINO DE OLIVEIRA

Caio César Duque da Rosa

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO ELETRICISTA.

Examinado por:

---

Prof. Jorge Luiz do Nascimento, Dr. Eng.  
(Orientador)

---

Prof. Sergio Sami Hazan, Ph.D.

---

Prof. Heloi José Fernandes Moreira, D. Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

FEVEREIRO DE 2017

Rosa, Caio César Duque da

Iluminação de Estádios de Futebol: O Caso do Estádio Raulino de Oliveira/ Caio César Duque da Rosa. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2017.

XIII, 66 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Jorge Luiz do Nascimento

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Elétrica, 2017.

Referências Bibliográficas: p. 63-66.

1. Revisão Bibliográfica: Luminotécnica 2. Normas e Recomendações para Iluminação de Estádios 3. Estudo de caso – Raulino de Oliveira 4. Conferência das normas do estádio e possíveis soluções de mudança. 5. Resultados

I. Nascimento, Jorge Luiz do. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Elétrica. III. Título

*Dedico este trabalho ao meu pai, Roberto,  
à minha mãe, Denize,  
ao meu irmão, Wendel  
e a todos os meus amigos e familiares.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pelo dom da vida e pela ajuda em todos os momentos, me levantando e me erguendo quando eu achava que não seria mais capaz.

Agradeço aos meus pais, Roberto e Denize, que durante toda a minha trajetória fizeram todos os sacrifícios imagináveis para me oferecer a melhor educação possível.

Ao meu irmão, Wendel que sempre que precisei me deu alguns conselhos e mensagens de incentivo, mostrando que eu teria tudo para vencer esta batalha.

À minha namorada Bethânia por sempre me apoiar e motivar em todos os instantes durante esta jornada de escrita e pesquisa, e pelo carinho de sempre.

Agradeço muito ao professor Jorge Luiz Nascimento, pela orientação, apoio e incentivo nesta reta final da minha graduação.

Ao professor Sergio Sami Hazan e, também, aos funcionários da secretaria, em especial a Katia, por estarem sempre dispostos a ajudar os alunos, fazendo-nos sentir acolhidos no meio acadêmico.

A todos os meus parentes e amigos que de alguma forma me ajudaram nessa fase de crescimento e de aprendizagem eu deixo aqui o meu muito obrigado.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista

## **ILUMINAÇÃO DE ESTÁDIOS DE FUTEBOL: O CASO DO ESTÁDIO RAULINO DE OLIVEIRA**

Caio César Duque da Rosa

Fevereiro/2017

Orientador: Jorge Luiz do Nascimento

Curso: Engenharia Elétrica

A Iluminação dos Estádios de Futebol pode ser considerada um dos elementos mais importantes que permitem a exibição deste espetáculo incrível que é o futebol. Se não existisse o sistema de iluminação, o público não poderia assistir aos jogos, que acontecem à noite, com toda a beleza e nitidez estando presentes no estádio ou mesmo acompanhando pela TV.

Este trabalho então se propôs a estudar as normas que existem para regulamentar os projetos de iluminação dos estádios, tanto nacionais como internacionais.

Assim com base neste trabalho, fez-se um estudo de caso do Estádio Raulino de Oliveira para averiguar se o mesmo encontrava-se obedecendo às regras internacionais, para que no futuro o mesmo possa receber jogos televisionados mundialmente.

No fim, foram propostas algumas mudanças a serem feitas no projeto de iluminação do estádio, para que este atenda a todos os requisitos técnicos de iluminação.

*Palavras-chave: Iluminação de Estádios, Iluminação Esportiva, Estádio Raulino de Oliveira, Estádio da Cidadania*

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of  
the requirements for the degree of Electric Engineer

**LIGHTING OF FOOTBALL STADIUMS: THE CASE OF THE  
STADIUM RAULINO DE OLIVEIRA**

Caio César Duque da Rosa

February/2017

Advisor: Jorge Luiz do Nascimento

Course: Electrical Engineering

The Lighting of Football Stadiums can be considered one of the most important elements that allow the display of this incredible spectacle that is football. If the lighting system did not exist, the public could not watch the games, which happen at night, with all the beauty and sharpness being present in the stadium or even watching on TV.

This work then proposed to study the norms that exist to regulate the lighting projects of the stadiums, both national and international.

Thus, based on this work, a case study of the Raulino de Oliveira Stadium was done to find out if it was obeying the international rules, so that in the future it can receive televised games worldwide.

In the end, some changes were proposed to be made in the stadium lighting project, so that it meets all the technical lighting requirements.

*Keywords: Stadium Lighting, Sports Lighting, Raulino de Oliveira Stadium, Stadium of Citizenship*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Angulo Sólido .....	4
Figura 2: Espectro de Luz.....	5
Figura 3: Representação da Iluminância de 1 lux.....	8
Figura 4: Projeção de uma superfície iluminada .....	10
Figura 5: Escala de Temperaturas de Cor.....	14
Figura 6: Área elementar de um plano sendo iluminada por uma fonte puntiforme.....	17
Figura 7: Iluminância Vertical.....	18
Figura 8: Altura de Instalação dos Equipamentos de Iluminação .....	22
Figura 9: Ângulo Máximo do Refletor com a Normal .....	23
Figura 10: Áreas sem refletores.....	24
Figura 11: Área de instalação da iluminação atrás do gol.....	24
Figura 12: Direcionamento Multizona para eventos de Classe V .....	25
Figura 13: Direcionamento Multizona para eventos de Classe IV .....	26
Figura 14: Instalação Luminosa - Classe III.....	27
Figura 15: Instalação Luminosa - Classe II.....	27
Figura 16: Instalação Luminosa - Classe I .....	27
Figura 17: Medições coletadas para cálculo de uniformidade luminosa horizontal.....	28
Figura 18: Iluminação Vertical possibilitando o close nos jogadores .....	31
Figura 19: Imagem superior lateral .....	32
Figura 20: Limite de Vazamento no Estádio .....	36
Figura 21: Imagem Aérea do Estádio Raulino de Oliveira .....	40
Figura 22: Pacientes em fisioterapia no Estádio da Cidadania.....	41
Figura 23: Academia no interior do Estádio Raulino de Oliveira .....	42
Figura 24: Vista do campo do estádio pela arquibancada .....	42
Figura 25: Conjunto de Refletores do Estádio.....	44
Figura 26: Iluminação Lateral .....	44
Figura 27: Iluminação Oblíqua ao campo .....	45
Figura 28: Imagem do sistema de iluminação em funcionamento .....	46
Figura 29: Zoom no conjunto de refletores laterais.....	47
Figura 30: Zoom no conjunto de refletores de escanteio.....	48
Figura 31: Esquema de Posicionamento dos Projetores .....	48
Figura 32: Detalhes das medidas das distâncias dos refletores .....	51

Figura 33: Vista superior com posicionamento dos refletores .....	52
Figura 34: Direcionamento Multizona presente no Raulino de Oliveira.....	53
Figura 35: Grupo motor-gerador de 44kVA instalado no estádio .....	55
Figura 36: Lâmpada de vapor metálico usada .....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Refletância por Cor.....	12
Tabela 2: Índice de Reprodução de Cores .....	14
Tabela 3: Índices de Fatores de Depreciação .....	15
Tabela 4: Categorias de Competição e Seus Tipos de Iluminação.....	21
Tabela 5: Valores Padrão de Variação de Iluminação.....	30
Tabela 6: Iluminação vertical e horizontal - eventos televisionados.....	33
Tabela 7: Propriedade das lâmpadas - eventos televisionados .....	33
Tabela 8: Especificações técnicas de iluminação - Eventos Não televisionados .....	34
Tabela 9: Padrões de vazamento máximo de iluminação.....	35
Tabela 10: Tabela lembrando os padrões de medida para impactos na vizinhança ....	50
Tabela 11: Padrões de Uniformidade Horizontal .....	53
Tabela 12: Iluminância desejada para eventos televisionados .....	56
Tabela 13: Resultados - Altura dos projetores.....	58
Tabela 14: Resultados - Distribuição dos Projetores.....	58
Tabela 15: Resultados - Direcionamento Multizona .....	59
Tabela 16: Resultados - Uniformidade Horizontal.....	59
Tabela 17: Resultados - Reprodução e Temperatura de cor .....	59
Tabela 18: Resultados - Alimentação de Emergência .....	60
Tabela 19: Resultados: Lâmpadas Utilizadas.....	60

# SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
1.1	Objetivos.....	1
1.2	Metodologia.....	2
1.3	Organização.....	2
2	Revisão Bibliográfica: Luminotécnica.....	4
2.1	Ângulo Sólido.....	4
2.2	Espectro Eletromagnético.....	5
2.3	Ofuscamento.....	5
2.4	Fluxo Radiante.....	6
2.5	Fonte Puntiforme.....	6
2.6	Intensidade Luminosa.....	6
2.7	Fluxo Luminoso.....	7
2.8	Iluminância.....	8
2.9	Luminância.....	9
2.10	Refletância.....	11
2.11	Fator de absorção.....	12
2.12	Temperatura de cor.....	13
2.13	Índice de reprodução das cores.....	14
2.14	Fator de Depreciação.....	15
2.15	Iluminância Horizontal.....	16
2.17	Fator de Utilização.....	19
3	Normas e Recomendações para Iluminação de Estádios.....	20
3.1	Categorias de competições.....	21
3.2	Requisitos das Classes IV e V.....	21

3.2.1	Altura dos equipamentos de iluminação.....	22
3.3	Áreas sem refletores.....	23
3.3.1	Área de escanteio e linha de fundo.....	23
3.3.2	Área situada atrás do gol .....	23
3.4	Direcionamento Multizona .....	25
3.4.1	Instalação de iluminação para eventos não televisionados.....	26
3.5	Tecnologia empregada no projeto de iluminação .....	28
3.5.1	Uniformidade luminosa horizontal.....	28
3.5.2	Métodos para cálculo de uniformidade luminosa.....	29
3.5.3	Valores definidos para CV e UG.....	30
3.5.4	Iluminação Vertical .....	30
3.5.5	Temperatura de Cor .....	32
3.5.6	Índice de Reprodução de Cores .....	32
3.6	Especificações técnicas de iluminação – Eventos Televisionados .....	33
3.7	Especificações técnicas de iluminação – Eventos Não Televisionados.....	34
3.8	Impacto no ambiente em torno do estádio .....	35
3.9	Seleção das lâmpadas e outros equipamentos.....	36
3.10	Escolha dos projetores.....	37
3.11	Especificação das luminárias .....	38
3.12	Geradores de segurança para o sistema de iluminação .....	38
4	Estudo de caso – Estádio Raulino de Oliveira.....	40
4.1	Estrutura do Estádio.....	40
4.2	Alimentação elétrica do estádio .....	43
4.3	Sistema de iluminação .....	43
4.4	Especificações dos projetores e lâmpadas .....	45
4.5	Projetores .....	46
4.5.1	Posicionamentos dos refletores .....	48

4.6	Uniformidade luminosa do sistema de iluminação.....	49
4.7	Índice de reprodução das cores e temperatura .....	49
4.8	Impacto na redondeza .....	50
5	Conferência das normas do estádio e possíveis sugestões de mudança .....	50
5.1	Altura de instalação dos equipamentos de iluminação .....	51
5.2	Distribuição dos projetores .....	52
5.3	Direcionamento Multizona .....	52
5.4	Uniformidade Horizontal .....	53
5.5	Reprodução e temperatura de cores .....	54
5.6	Alimentação de emergência.....	54
5.7	Escolha das lâmpadas .....	56
6	Resultados.....	58
6.1	Altura dos projetores de iluminação .....	58
6.2	Distribuição dos projetores .....	58
6.3	Direcionamento multizona.....	59
6.4	Uniformidade Horizontal.....	59
6.5	Reprodução e Temperatura de cor .....	59
6.6	Alimentação de Emergência .....	60
6.7	Lâmpadas utilizadas.....	60
7	Conclusão .....	61
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63

# 1 Introdução

As tecnologias utilizadas na área da iluminação vêm evoluindo cada vez mais nos últimos tempos. A criação de equipamentos que propiciam uma maior eficiência energética está em alta ultimamente. Visto isso, esse campo de iluminação requer atualização a todo instante.

Uma área onde a iluminação tem um papel fundamental é nos estádios de futebol profissional. Sem ela, não seria possível, à noite, assistir aos belos espetáculos, como a copa do mundo por exemplo.

E para a exibição desses jogos é necessário obedecer algumas normas de iluminação, tanto para jogos não televisionados, como também para os jogos transmitidos pela TV, que requerem um nível ideal de luminosidade para garantir a alta definição das imagens.

Porém, não são todos os estádios que estão bem equipados com uma iluminação própria para atender aos requisitos internacionais de torneios como a Copa do Mundo, Copa Libertadores, entre outros. Alguns estádios menores e mais simples, no geral, possuem um esquema de luzes obsoleto e muitas das vezes não econômico, mas que pode ser melhorado, se estudado. Através desses estudos é possível propor mudanças para esses estádios, que possibilitarão aos mesmos sediar jogos de campeonatos maiores, criando mais opções de locais para o público prestigiar este que é o esporte mais amado no Brasil.

## 1.1 Objetivos

O objetivo deste trabalho é apresentar, como um catálogo, os procedimentos que devem ser seguidos para realizar uma boa iluminação dos estádios de futebol para atividades noturnas, de acordo com padrões nacionais e internacionais. Para tanto, é objetivo também estudar e analisar as normas que definem como deve ser projetado o sistema de iluminação dos estádios de futebol profissional, obedecendo todos os requisitos mínimos. É objetivo ainda avaliar a iluminação do Estádio Raulino de Oliveira como demonstração do emprego das normas e estudos realizados e na forma de estudo de caso de aplicação destas normas, verificando se o mesmo obedece ou não a

essas regras de iluminação. A avaliação no estudo de caso implicará em propostas de alterações para que o estádio possa se enquadrar nas regras de iluminação prescritas nacional e internacionalmente.

## **1.2 Metodologia**

O trabalho segue a seguinte metodologia:

1. Revisão bibliográfica sobre luminotécnica.
2. Revisão bibliográfica sobre as normas internacionais de iluminação em estádios de futebol.
3. Análise da aplicação das orientações das normas de iluminação.
4. Avaliação da atual situação da Iluminação do estádio Raulino de Oliveira.
5. Proposta de melhorias para o estádio estudado.

## **1.3 Organização**

Este projeto está estruturado em 7 capítulos, contabilizando este capítulo introdutório.

O Capítulo 2 conta a revisão bibliográfica de luminotécnica, apresentando diversos conceitos e definições necessárias para o entendimento deste trabalho.

No Capítulo 3 será abordado o levantamento de orientações nacionais e internacionais para se realizar o projeto de iluminação dos estádios, onde ocorrerão jogos com transmissão internacional de TV.

O Capítulo 4 apresenta o estudo de caso do estádio escolhido para análise, no caso o Estádio Raulino de Oliveira, que passou a ser um local incluído no circuito dos principais jogos do Brasil em 2016. Neste estudo há uma apresentação do estado atual de todos os pontos discutidos no capítulo anterior.

No Capítulo 5 é observada a análise do presente estado da iluminação do campo do estádio, verificando os pontos que atendem ou não às especificações propostas pela FIFA para eventos que são televisionados internacionalmente.

Já no Capítulo 6, os resultados são apresentados na forma de tabelas, o que facilita uma melhor compreensão do estudo realizado.

No Capítulo 7 conclui-se este trabalho, com as considerações finais sobre a iluminação do estádio em foco, lembrando os pontos que fogem às normas estipuladas e as soluções encontradas para a adequação da iluminação. São sugeridos também projetos futuros dos quais seria interessante o estudo para modernizar e aumentar a eficiência energética dos estádios espalhados pelo Brasil.

## 2 Revisão Bibliográfica: Luminotécnica

Visto que o assunto principal deste trabalho é luminotécnica, convém nesse capítulo fazer uma revisão de alguns conceitos, grandezas e unidades referentes à iluminação. Vale lembrar que todos eles têm sua origem na fotometria e nas leis da ótica.

### 2.1 Ângulo Sólido

Ângulo sólido (Figura 1) é o nome dado em matemática ao ângulo tridimensional, utilizado para quantificar a iluminação emitida num espaço tridimensional. O símbolo usado para representá-lo é o  $\Omega$  e sua unidade é o esferorradiano. Este ângulo é delimitado por uma pequena área da superfície de uma esfera e pelo seu respectivo raio, e é definido pela seguinte expressão matemática:

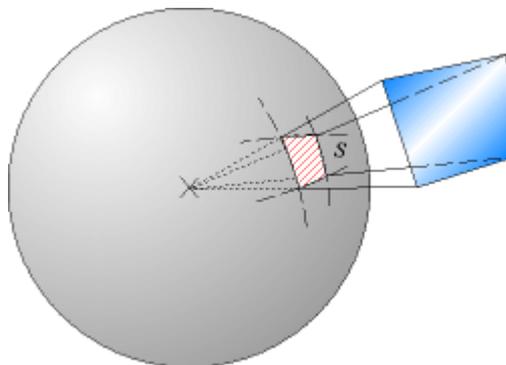
$$\Omega = \frac{S}{R^2}$$

Onde:

$\Omega$  = ângulo sólido;

$S$  = área da superfície da esfera [m<sup>2</sup>];

$R$  = raio da esfera [m].

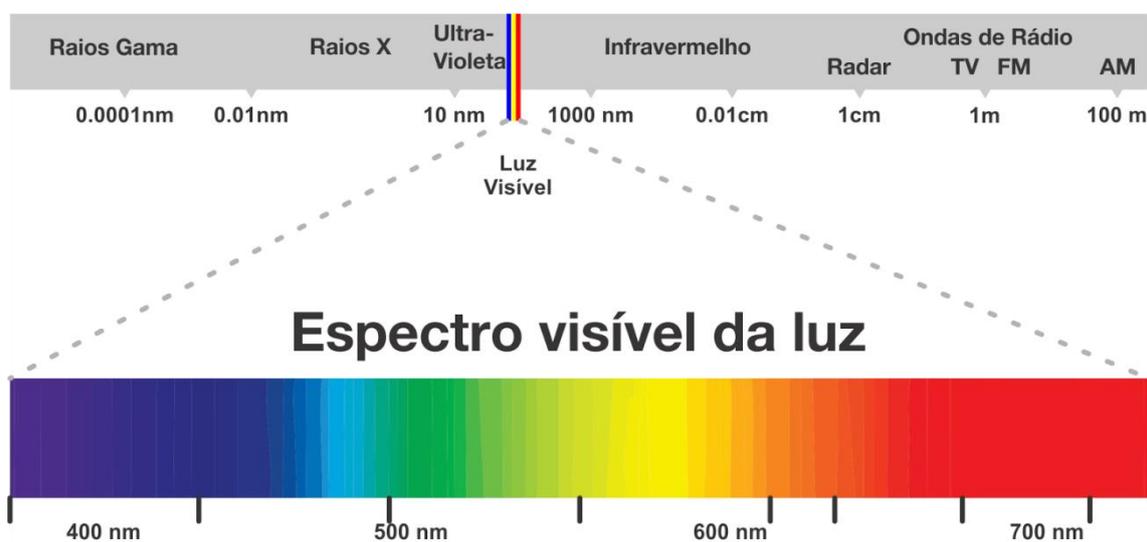


**Figura 1: Ângulo Sólido**

(Fonte: Unidades de Medida [19])

## 2.2 Espectro Eletromagnético

O espectro eletromagnético (Figura 2) possui vários tipos de radiação, os quais têm velocidade de propagação constante, equivalente a  $3 \times 10^8$  km/s. Porém estas radiações são distintas pela sua frequência e seu comprimento de onda.



**Figura 2: Espectro de Luz**

(Fonte: Portal Infoescola [20])

No caso da luminotécnica, as radiações mais importantes são as que possuem comprimento de onda compreendido entre 380 e 760 nm, pois nessa faixa elas conseguem estimular a retina humana, gerando assim sensação luminosa.

O espectro visível está limitado por um lado pelas radiações ultravioletas, que são as de menor comprimento de onda, e pelo outro extremo pelas radiações infravermelhas, que são as de maior comprimento de onda e geram forte efeito calorífico.

## 2.3 Ofuscamento

Como é apresentado na NBR 5413, o “ofuscamento é um defeito de adaptação que se manifesta em caso de excesso de iluminância, no espaço ou no tempo. No primeiro caso, traduz a falta de harmonia entre a sensibilidade de partes da retina

submetidas simultaneamente a iluminâncias diferentes. No segundo caso, resulta do tempo necessário à própria adaptação”. Sendo assim, podemos exemplificar o caso do ofuscamento quando, por exemplo, à noite, nossa visão é atingida por um feixe de luz bem forte e depois sentimos que perdemos um pouco da nossa visão por alguns segundos e o mesmo ocorre com o público ou os jogadores em campo, quando estes estão em um campo com refletores mal projetados.

## 2.4 Fluxo Radiante

O Fluxo Radiante ( $P$ ) é a quantidade de energia transportada por uma radiação.

Unidades: watt-hora (Wh), quilowatt-hora (kWh), Joule (J), etc.

## 2.5 Fonte Puntiforme

Uma fonte luminosa é dita puntiforme quando suas dimensões são bem menores quando comparadas à distância entre ela e toda área iluminada.

## 2.6 Intensidade Luminosa

A definição de intensidade luminosa é o limite da razão entre o fluxo luminoso em um ângulo sólido do eixo do feixe de luz e o valor do ângulo dado, quando este mesmo ângulo tende a zero.

$$I = \lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{\varphi}{\omega} = \frac{d\varphi}{d\omega}$$

A unidade de medida de intensidade luminosa no sistema internacional é a candela (cd). Sabe-se que candela equivale à intensidade luminosa, na direção perpendicular de uma superfície plana de área equivalente a  $1/600.000 \text{ m}^2$  de um corpo negro à temperatura de solidificação da platina, e sob pressão de  $101.325 \text{ N/m}^2$ .

Como pode-se perceber, intensidade luminosa é um vetor, pois a mesma nada mais é do que uma determinada concentração de luz em uma direção específica,

possuindo assim módulo, direção e sentido. O módulo é dado pela unidade candela e sua direção é orientada tendo o centro da fonte luminosa como referência.

## 2.7 Fluxo Luminoso

Segundo a NBR 5461, fluxo luminoso é a “grandeza característica de um fluxo energético, exprimindo sua aptidão de produzir uma sensação luminosa no ser humano através do estímulo da retina ocular, avaliada segundo os valores da eficácia luminosa relativa pela Commission Internationale de L'eclairage - C.I.E”.

Nos projetos luminotécnicos é uma das grandezas mais usadas. Em vista disso, ela é uma das mais importantes. Sua unidade no sistema internacional é o lúmen [lm] e o símbolo desta grandeza é o  $\varphi$ .

O lúmen é descrito como “fluxo luminoso emitido no interior de um ângulo sólido igual a um esferorradiano, por uma fonte luminosa puntiforme de intensidade invariável e igual a uma candela, de mesmo valor em todas as direções”. Sabe-se que na prática não existe fonte puntiforme, então quando seu diâmetro é menor que 20% da distância da fonte até a superfície iluminada pode-se considerá-la puntiforme.

A equação que rege o fluxo luminoso é apresentada abaixo:

$$\varphi = K_m \int_{380}^{780} \frac{d\varphi(\lambda)}{d\lambda} \times V(\lambda) \times d\lambda$$

Onde:

$K_m$  é o valor do watt – luminoso = 683 lm/W;

$\frac{d\varphi(\lambda)}{d\lambda}$  é a distribuição espectral do fluxo radiante [W];

$V(\lambda)$  é a eficácia luminosa espectral.

O fluxo luminoso equivale à potência luminosa ou energia que uma fonte emite na forma de luz por segundo em todo o espaço.

## 2.8 Iluminância

A iluminância ou iluminamento é a razão entre o fluxo luminoso que incide sobre uma determinada superfície e a área da superfície iluminada. Pode-se também definir iluminância, em um ponto de uma superfície, como a densidade superficial de fluxo luminoso que a mesma recebe. Logo, tem-se a equação a seguir:

$$E = \frac{d\varphi}{dS}$$

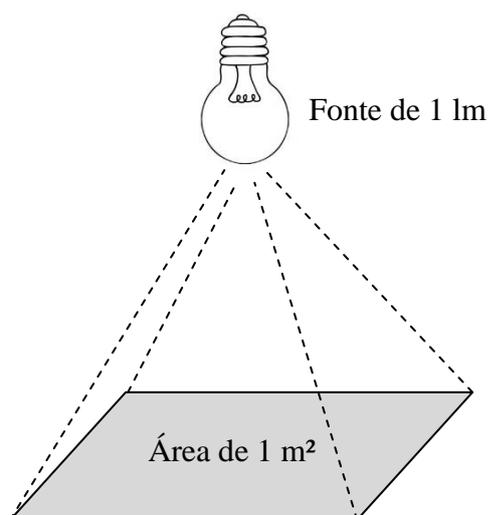
Onde:

$E$  = iluminância [lx];

$d\varphi$  = fluxo luminoso;

$dS$  = área da superfície iluminada [m<sup>2</sup>].

A unidade de iluminância no Sistema Internacional de Medidas é o lux (lx), que representa o iluminamento perpendicular a uma superfície plana com área de 1 m<sup>2</sup> através de uma fonte a qual possui um fluxo luminoso equivalente a 1 lm como pode ser observado na Figura 3.



**Figura 3: Representação da Iluminância de 1 lux**

(Fonte: O autor)

Um conceito bastante aplicado em luminotécnica é o de iluminância média ( $E_m$ ) cuja equação é a seguinte:

$$\bar{E} = \frac{\varphi_{plano}}{A}$$

Onde:

$\bar{E}$  = iluminância média [lx];

$\varphi_{plano}$  = fluxo luminoso que incide na área estudada [lm];

$A$  = área iluminada [m].

O estudo da iluminância é muito importante nos projetos de iluminação, pois para cada finalidade tem-se sempre especificado um valor de iluminância, que é definido como a ideal para que aquela atividade seja exercida sem nenhum transtorno. A primeira etapa de um projeto luminotécnico é sempre definir a iluminação base a ser aplicada em cada área estudada. Para isto, através da NBR 5413, é possível consultar as iluminâncias médias mínimas para que seja realizada a iluminação ideal.

## 2.9 Luminância

De acordo com a NBR 5413, luminância é o “limite da relação entre a intensidade luminosa com a qual irradia em uma direção determinada, uma superfície elementar contendo um ponto dado e a área aparente dessa superfície para uma direção considerada, quando essa área tende para zero” (ABNT). Assim sendo, a equação da luminância é a seguinte:

$$L = \frac{dI}{dS_a}$$

Onde:

$L$  = luminância [cd/m<sup>2</sup>];

$I$  = intensidade luminosa [cd];

$S_a$  = Área aparente [m<sup>2</sup>].

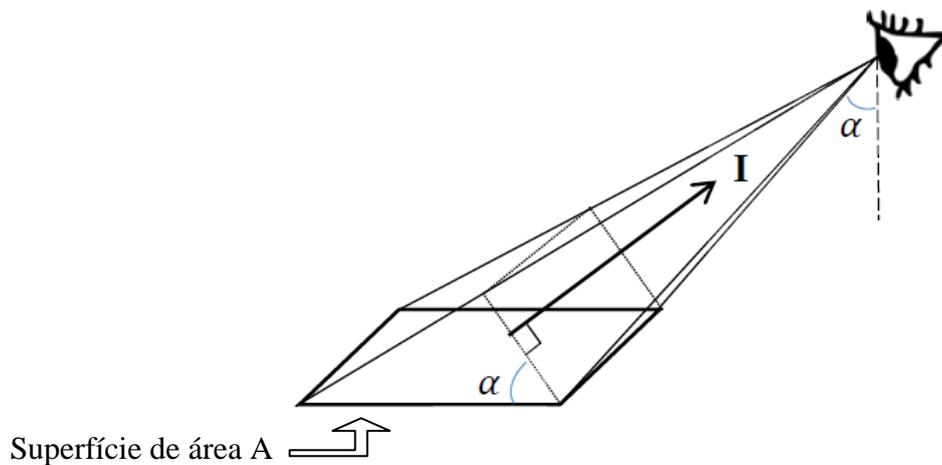
A área aparente da superfície iluminada em uma determinada direção equivale à área da projeção ortogonal desta mesma superfície em um plano que se encontra normal

à direção do observador (Figura 4). É sabido que a unidade de luminância de acordo com as normas brasileiras é candela por metro quadrado [cd/m<sup>2</sup>] ou também chamada de nit. Logo, a equação de luminância pode ser também representada por:

$$L = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta I}{\Delta A \times \cos \alpha} = \frac{dI}{dA \times \cos \alpha}$$

Onde:

A = área iluminada [m<sup>2</sup>].



**Figura 4: Projeção de uma superfície iluminada**

(Fonte: Projeto luminotécnico com tecnologia LED [21])

Para este estudo, um conceito bastante aplicado é o de luminância média, que se trata da razão entre a intensidade luminosa e a área da superfície projetada sobre o plano perpendicular à direção onde está situado o observador. Assim:

$$\bar{L} = \frac{\bar{I}}{A_{projetada}}$$

Na qual:

$\bar{L}$  = luminância média [cd/m<sup>2</sup>];

$\bar{I}$  = intensidade luminosa média [cd];

$A_{projetada}$  = área projetada da superfície iluminada [m<sup>2</sup>].

Uma dada superfície é considerada difusora quando a luminância em todas as direções é igual, sendo, nesse caso, a luminância proporcional à iluminância.

## 2.10 Refletância

A refletância ou fator de reflexão, cujo símbolo é  $\rho$ , é a razão entre o fluxo refletido por uma superfície e o fluxo luminoso que incide sobre a mesma. Logo:

$$\rho = \frac{\varphi_r}{\varphi}$$

Onde:

$\rho$  = refletância;

$\varphi_r$  = fluxo luminoso refletido [lm];

$\varphi$  = fluxo luminoso incidente [lm].

Por se tratar de ser o quociente entre duas medidas de mesma unidade, a refletância geralmente é expressa em porcentagem. Assim, essa refletância equivale a um valor médio de fluxo refletido dentro de todo espectro visível.

Já quando se deseja definir a refletância dentro de um intervalo  $\Delta\lambda$  específico, pode-se utilizar a seguinte equação:

$$\rho(\lambda) = \frac{\varphi(\lambda)_r}{\varphi(\lambda)}$$

Onde:

$\rho(\lambda)$  = refletância no intervalo  $\Delta\lambda$ ;

$\varphi(\lambda)_r$  = fluxo luminoso refletido no intervalo  $\Delta\lambda$  [lm];

$\varphi(\lambda)$  = fluxo luminoso incidente no intervalo  $\Delta\lambda$  [lm].

De acordo com a cor e o tipo de material da qual uma superfície é constituída, podemos determinar o valor de sua refletância. Sendo assim, superfícies com um valor

alto de refletância irão possuir uma distribuição melhor do fluxo luminoso, o que proporciona uma maior iluminância no local.

Pesquisando por normas de iluminação podem-se encontrar tabelas que informam a refletância das superfícies pelas cores e materiais utilizados em sua construção. A Tabela 1 mostra a Refletância por Cor.

**Tabela 1: Refletância por Cor**

<b>Cores</b>	<b>Refletância (%)</b>
Branco	70 a 80
Creme claro	70 a 80
Amarelo claro	55 a 65
Rosa	45 a 50
Verde claro	45 a 50
Azul Celeste	40 a 45
Cinza claro	40 a 45
Bege	25 a 35
Amarelo Escuro	25 a 35
Marrom claro	25 a 35
Verde oliva	25 a 35
Laranja	20 a 25
Vermelho	20 a 35
Cinza médio	20 a 35
Verde escuro	10 a 15
Azul escuro	10 a 15
Vermelho escuro	10 a 15
Cinza escuro	10 a 15
Azul marinho	5 a 10
Preto	5 a 10

(Fonte: Manual Luminotécnico Prático [17])

## 2.11 Fator de absorção

O fator de absorção equivale à razão entre o fluxo luminoso absorvido pela superfície iluminada e o fluxo luminoso que incide sobre esta superfície. Assim tem-se a seguinte equação:

$$\alpha = \frac{\varphi_a}{\varphi}$$

Onde:

$\alpha$  = fator de absorção;

$\varphi_a$  = fluxo luminoso absorvido [lm];

$\varphi$  = fluxo luminoso incidente [lm].

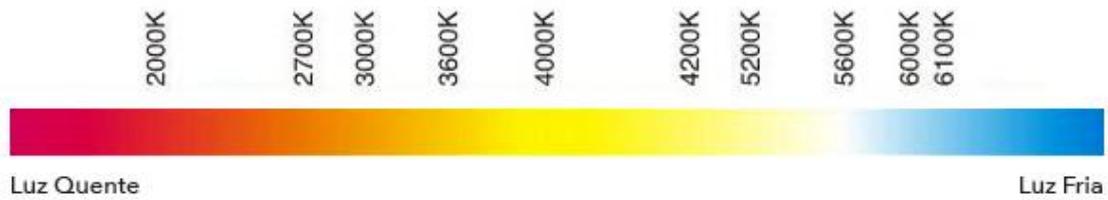
## 2.12 Temperatura de cor

A temperatura de cor é definida com base numa escala que compara a cor analisada com a tonalidade da cor emitida por um corpo radiador negro, sendo que esta tonalidade depende da temperatura do corpo negro. Para realizar esta correlação, utilizamos a unidade de graus Kelvin [K] para medir a temperatura de cor.

Verificando o comportamento de uma barra de ferro sendo aquecida, observa-se que esta se comporta segundo a lei de Planck, mudando de coloração de acordo com sua temperatura. Sua cor escura (como conhecemos a cor do ferro) em temperatura ambiente passa para uma cor avermelhada a 800 K, amarelada em 3000 K, um branco um pouco azulado em 5000 K até a fusão completa do ferro. Logo, percebe-se que quanto mais alta é a temperatura de uma fonte de luz, sua tonalidade de cor é mais clara.

Porém não se deve confundir este conceito com o que existe na prática em relação ao senso comum sobre cores quentes e cores frias. No nosso dia a dia, consideramos a temperatura das cores de acordo com nossa condição psicológica. Denomina-se então cores quentes, as que têm um tom avermelhado ou amarelado, comparando com o calor do sol e cores frias, as cores com um tom azulado, tomando como base o frio do gelo.

Sendo assim, as lâmpadas quentes (temperaturas consideradas quentes pela sensibilidade humana) possuem temperatura de cor de aproximadamente 2700 K, como as lâmpadas incandescentes. Já as lâmpadas chamadas de frias, têm temperatura de cor equivalente a 6500 K, como, por exemplo, as lâmpadas fluorescentes. Por fim, a luz do sol possui temperatura de cor de 5800 K e é conhecida como luz branca natural (Figura 5).



**Figura 5: Escala de Temperaturas de Cor**

(Fonte: Newline Iluminação [22])

## 2.13 Índice de reprodução das cores

O índice de reprodução de cor é um valor utilizado para indicar o quanto uma fonte luminosa reproduz fielmente as cores de um objeto iluminado. Logo, trata-se de um valor abstrato que varia de 0 a 100, e quanto maior o seu valor, melhor é sua reprodução de cor. Lâmpadas com IRC de aproximadamente 100, como por exemplo, as halógenas e as incandescentes, como também a luz do sol são as que reproduzem de forma mais fiel as cores às quais são expostas. Já as lâmpadas com baixo IRC, como as lâmpadas de vapor de sódio que possuem IRC em torno de 20, reproduzem de maneira insuficiente os objetos que iluminam.

A Tabela 2 exhibe como o índice de reprodução de cores varia e apresenta também algumas aplicações relativas a cada nível.

**Tabela 2: Índice de Reprodução de Cores**

Nível	Classificação	Reprodução	Aplicações
Nível 1	1a: $90 < R_A < 100$	Excelente	Teste de cor, floriculturas, lojas, shoppings, residências
	1b: $80 < R_A < 90$	Muito boa	
Nível 2	2a: $70 < R_A < 80$	Boa	Escritórios, ginásios, fábricas, oficinas
	2b: $60 < R_A < 70$	Razoável	
Nível 3	$40 < R_A < 60$	Regular	Depósitos, postos de gasolina, pátios
Nível 4	$20 < R_A < 40$	Insuficiente	Ruas, canteiros de obras, estacionamentos

(Fonte: Iluminação Elétrica [4])

## 2.14 Fator de Depreciação

Os sistemas de iluminação possuem uma depreciação no nível da iluminância no decorrer do tempo. Isso se dá pela diminuição do fluxo luminoso das lâmpadas utilizadas e também pelo fato de suas luminárias e as próprias lâmpadas acumularem poeira. Logo, utiliza-se o fator de depreciação, cujo símbolo é FD, a fim de compensar essa queda no nível de iluminância.

Assim, esse fator relaciona o fluxo luminoso do ambiente depois de um determinado tempo e o fluxo luminoso que existia no início da instalação. Dessa forma, este fator é aplicado para se calcular o número de lâmpadas a serem usadas para iluminar o ambiente. Esse fator impede que, com o tempo, o nível de iluminância culmine em valores menores do que os aceitáveis para cada tipo de projeto. Considerando isto, os índices de iluminação, assim que o projeto entra em funcionamento, acabam sendo mais altos do que os recomendados pela norma.

Desse modo, de acordo com o tipo de ambiente e do tempo decorrido para manutenção, temos então o fator de depreciação daquela instalação. Em ambientes que possuem uma boa manutenção e limpeza, como, por exemplo, escritórios, a depreciação é de 20% originando um valor de  $FD = 0,8$ . Já em ambiente com uma manutenção muito baixa, como galpões e garagens, por exemplo, a depreciação é de 40%, gerando assim o valor de  $FD = 0,6$ .

A Tabela 3 nos mostra alguns valores do fator de depreciação de acordo com a condição e da classe do ambiente iluminado.

**Tabela 3: Índices de Fatores de Depreciação**

<b>Tipo de Luminária</b>	<b>Condição do Ambiente</b>	<b>Fator de Depreciação (FD)</b>
Aberta para iluminação de interiores	Muito limpo	0,95
	Limpo	0,89
	Médio	0,81
	Sujo	0,72
	Muito sujo	0,61
Fechada para iluminação	Muito limpo	0,94
	Limpo	0,88

de interiores	Médio	0,82
	Sujo	0,77
	Muito sujo	0,71
Fechada para iluminação de áreas externas		0,87

(Fonte: Guia de Iluminação [32])

## 2.15 Iluminância Horizontal

Supor cenário em que uma fonte puntiforme ilumina um plano como mostrado na Figura 6. Considerar que a distância do foco luminoso até o plano P é dada por  $d$  e o ângulo que o eixo do feixe de luz faz com a normal é representado por  $\alpha$ . Sendo a área iluminada pela fonte puntiforme, uma área elementar do plano P e representada por  $dS$ , tem-se que o ângulo sólido que compreende essa porção do plano será dado por:

$$d\omega = \frac{dS \cos\alpha}{d^2}$$

Contudo, como visto na Seção 2.6, a definição de intensidade luminosa é feita por:

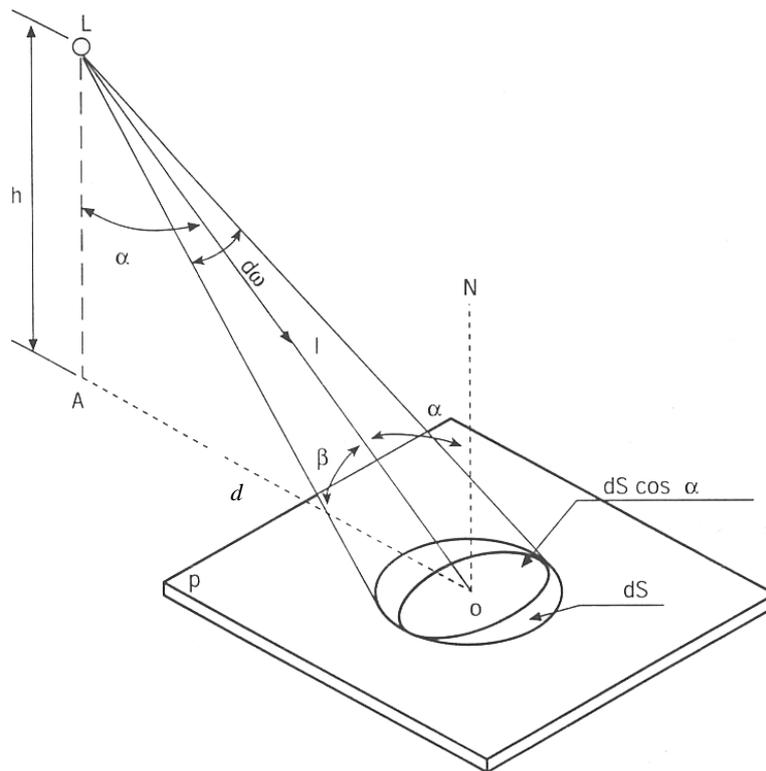
$$I = \frac{d\phi}{d\omega} \Rightarrow d\phi = I d\omega$$

Logo, unindo as duas equações, obtém-se:

$$d\phi = I \frac{dS \cos\alpha}{d^2}$$

E também como vimos na Seção 2.8, a iluminância tem como definição  $E = d\phi/dS$ , assim:

$$E = I \frac{\cos\alpha}{d^2}$$



**Figura 6: Área elementar de um plano sendo iluminada por uma fonte puntiforme**  
(Fonte: Iluminação Elétrica [4])

Desta equação pode-se fazer algumas afirmações que originalmente são conhecidas como as 3 leis de Lambert:

1. A iluminância varia de modo diretamente proporcional a intensidade luminosa que atinge a área iluminada;
2. A iluminância varia de modo diretamente proporcional ao cosseno do ângulo formado entre a direção do feixe luminoso emitido pela fonte e a superfície normal ao plano iluminado;
3. A iluminância varia de modo inversamente proporcional a distância entre a fonte luminosa e a área iluminada.

Observando-se a Figura 6, pode-se verificar que  $h = d \cos \alpha$ . Assim, obtém-se a nova equação para iluminância:

$$E = I \frac{\cos^3 \alpha}{h^2}$$

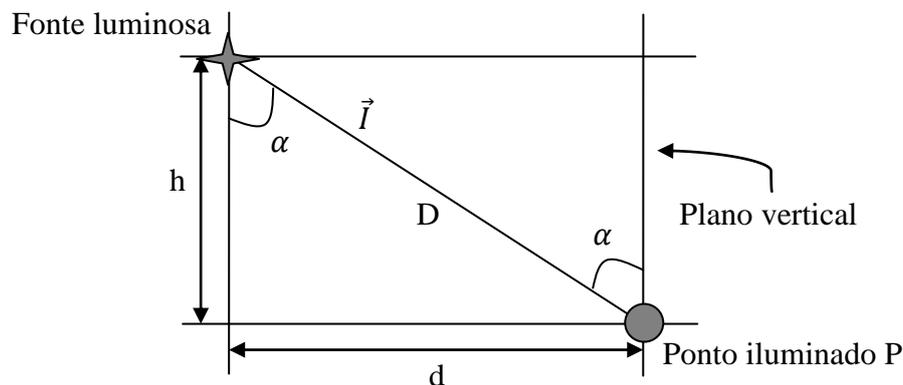
Logo, pode-se calcular o valor da iluminância em cada ponto da área de uma superfície, apenas com os valores da intensidade luminosa, do ângulo formado com a normal ao plano e da altura onde se localiza a fonte de luz.

Esta iluminância descrita anteriormente também é denominada iluminância horizontal ( $E_H$ ). Assim sendo, podemos reescrever a equação como:

$$E_H = I \frac{\cos^3 \alpha}{h^2}$$

## 2.16 Iluminância Vertical

Considerar um ponto P qualquer situado em um plano vertical à fonte luminosa, esta localizada a uma distância (d) deste plano, sendo que o mesmo forma um ângulo  $\alpha$  com a direção da intensidade luminosa  $\vec{I}$ , como representado na Figura 7.



**Figura 7: Iluminância Vertical**  
(Fonte: O autor)

Sabendo que:

$$E = I \frac{\cos \alpha}{d^2}$$

E também:

$$d = D \operatorname{sen} \alpha$$

Chega-se a equação de iluminância vertical:

$$E_v = I \frac{\text{sen}^3 \alpha}{d^2}$$

## 2.17 Fator de Utilização

O fator de utilização fornece a eficiência luminosa de todo o sistema luminoso (lâmpadas e luminárias) instalado em um ambiente e do próprio recinto. Ele é dado pelo produto da eficiência do recinto ( $\eta_R$ ) pela eficiência da luminária ( $\eta_L$ ), sendo  $F_u$  seu símbolo. Então, temos a seguinte equação:

$$F_u = \eta_R \times \eta_L$$

Os fabricantes, em geral, fornecem catálogos com as tabelas do fator de utilização de suas lâmpadas. Assim, não há a necessidade de multiplicar esses valores pela eficiência da luminária, visto que cada tabela é criada para fornecer informações de uma luminária específica e também seus cálculos já consideram toda a perda na emissão do fluxo luminoso. Logo, o fator do índice do recinto utilizado no cálculo do fator de utilização é encontrado pela junção do índice do recinto (K) e das refletâncias do teto, parede e piso do local iluminado.

### **3 Normas e Recomendações para Iluminação de Estádios**

Nos estádios de futebol, o sistema de iluminação tem uma das funções mais importantes na exibição do espetáculo dos jogos que acontecem à noite. A principal função deste sistema é iluminar todo o local a fim de garantir a qualidade de vídeo digital para as companhias televisivas que se dispuserem a transmitir os jogos. Isto deve ser feito garantindo a boa visibilidade dos jogadores e oficiais, sem que a claridade extravase para os espectadores e o ambiente ao redor e a vizinhança. É válido lembrar que o sistema de iluminação temporário e de emergência é considerado junto com o sistema permanente.

Requisitos específicos das instalações:

- Ambientais:

Ao se projetar a iluminação, deve-se ter o cuidado para que a iluminação não extravase dos estádios e nem provoque ofuscamento da visão tanto do público presente nos estádios como também da população que circula em sua redondeza. Existe também a preocupação do vazamento da iluminação nas áreas fora do estádio, pois este pode interferir no ciclo da síntese da flora local e também na mudança do habitat da fauna, como, por exemplo, o aumento do índice de insetos.

- Atletas e oficiais:

A iluminação deve favorecer aos jogadores e oficiais de jogo (juiz e bandeirinhas) a fim de que eles possam exercer suas atividades de forma clara, permitindo que o jogo possa ser realizado com alto desempenho dos mesmos.

- Espectadores:

O espectador deve conseguir assistir a todo o evento, tudo que acontece no campo, o placar e o vídeo, sem claridade alguma ofuscando sua visão.

- Mídia:

As equipes de TV que se propuserem a transmitir o evento devem conseguir fazer com qualidade digital, sem ofuscamentos ou sombras demasiadas, com uma iluminação equilibrada, de maneira a garantir uma excelente experiência ao telespectador.

### 3.1 Categorias de competições

Ao classificarmos as categorias de competições nos estádios de futebol, podemos enumerar 5 classes, das quais, 2 exigem uma maior qualidade, por serem eventos televisionados e as outras 3 são destinadas a eventos não televisionados. Estas 5 classes estão apresentadas na Tabela 4.

**Tabela 4: Categorias de Competição e Seus Tipos de Iluminação**

<b>Classes</b>	<b>Categoria</b>	<b>Tipo de Iluminação</b>
Classe V	Televisonado internacionalmente	O campo do evento deve ser livre de sombras.
Classe IV	Televisonado nacionalmente	O campo do evento deve ser livre de sombras.
Classe III	Jogo nacional não televisionado	O campo do evento deve ser iluminado com pelo menos oito postes (recomendado).
Classe II	Ligas e clubes não televisionado	O campo do evento deve ser iluminado com pelo menos seis postes (recomendado).
Classe I	Treinamento e recreação não televisionado	O campo do evento deve ser iluminado com pelo menos quatro postes (recomendado).

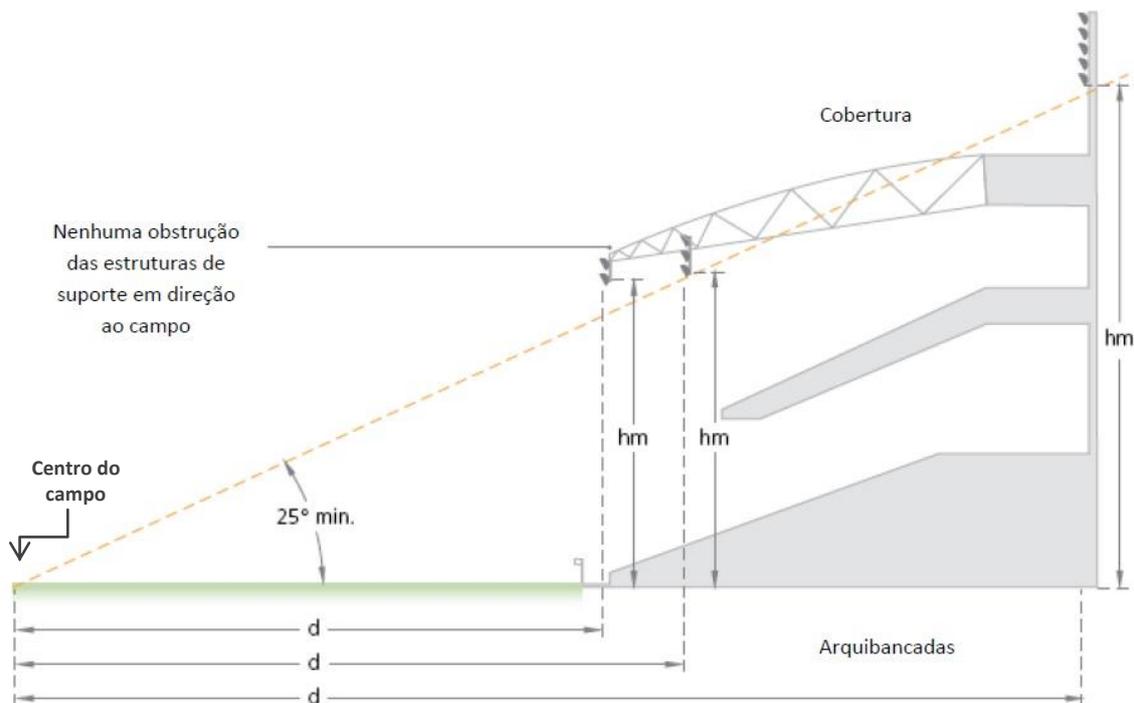
(Fonte: Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos [7])

### 3.2 Requisitos das Classes IV e V

Por serem classes televisionadas, as Classes IV e V merecem uma atenção especial nos seus requisitos. Visto isso a seguir serão apresentadas com mais detalhes as características que este tipo de evento deve ter.

### 3.2.1 Altura dos equipamentos de iluminação

Para que as classes IV e V tenham sucesso em suas transmissões, a altura da instalação dos refletores e postes de iluminação deve ser devidamente planejada. A altura que deve ser adotada para instalação dos refletores laterais e postes é a que possibilita um ângulo de no mínimo  $25^\circ$  entre a reta proveniente da fonte de luz mais abaixo, situada sobre a linha do horizonte, até o centro do campo e a linha horizontal formada pelo campo. Na Figura 8 está apresentada uma ilustração mostrando exatamente esse ângulo.

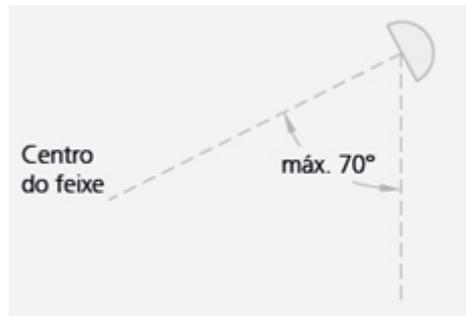


**Figura 8: Altura de Instalação dos Equipamentos de Iluminação**

(Fonte: Recomendação Técnica para Iluminação de Campo de Jogo [12])

Toda estrutura composta pelos refletores superiores e pela sua armação pode exceder este ângulo de  $25^\circ$ , não ultrapassando  $45^\circ$  com a horizontal.

Já o ângulo formado entre a reta proveniente do centro do feixe de luz dos refletores e a normal não deve ultrapassar  $70^\circ$ , como pode ser visto na Figura 9.



**Figura 9: Ângulo Máximo do Refletor com a Normal**

(Fonte: Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos [7])

### **3.3 Áreas sem refletores**

Um dos principais requisitos do projeto de iluminação de estádios é garantir que todos os presentes (atletas, oficiais, público e mídia) tenham uma excelente visibilidade sem ocorrer claridade causada pelos refletores. E para garantir essa demanda, existem algumas áreas do estádio onde não haverá a possibilidade de instalação de holofotes.

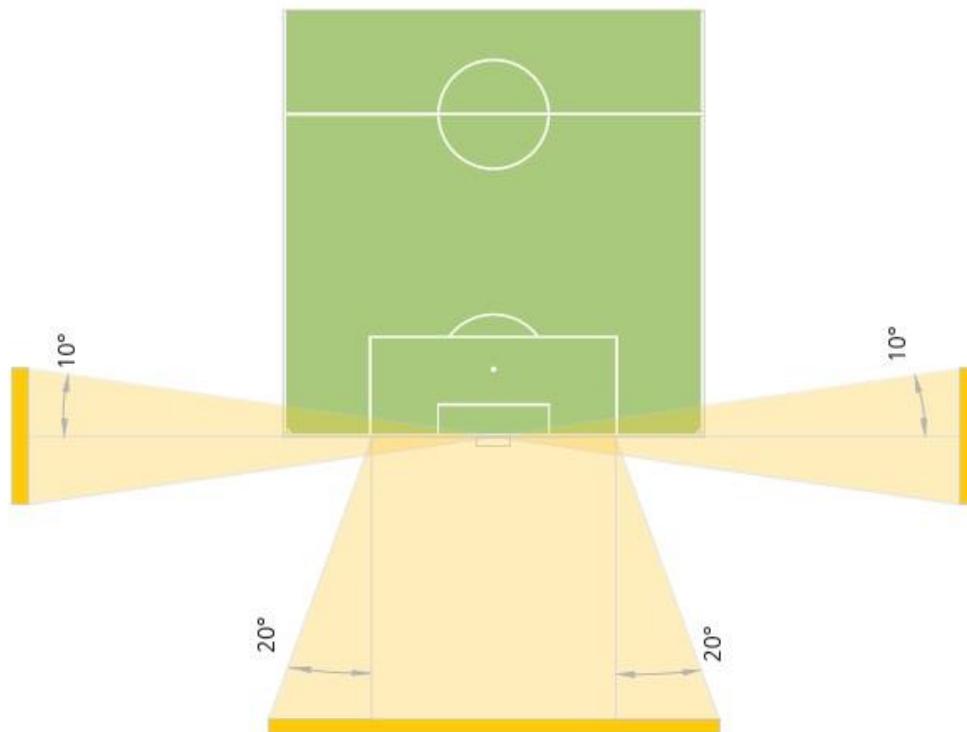
#### **3.3.1 Área de escanteio e linha de fundo**

A fim de que os jogadores atacantes, que estiverem próximos à área de escanteio, e o goleiro tenham uma boa visão de jogo, não se devem instalar equipamentos de iluminação na área lateral do campo, posicionada de frente para a linha de fundo, com um ângulo de  $10^\circ$  adiante e atrás da mesma. A disposição destas áreas está bem representada na Figura 10.

#### **3.3.2 Área situada atrás do gol**

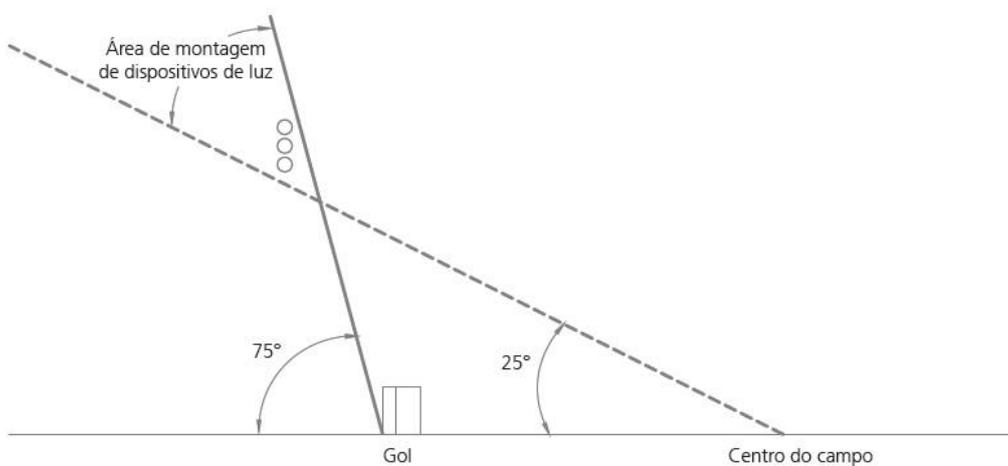
Para garantir que atacantes posicionados a frente do gol, goleiros e as câmeras de TV situadas na extremidade oposta ao gol tenham uma boa visão do jogo, não é recomendado instalar refletores na área atrás do gol, com um ângulo de abertura de  $20^\circ$  medido a partir da linha lateral do campo. Também não se devem instalar equipamentos de iluminação na área situada a menos de  $25^\circ$  a partir da linha central do campo e a

menos de  $75^\circ$  da linha do horizonte atrás do gol. A Figura 11 ilustra muito bem essas áreas sem holofotes.



**Figura 10: Áreas sem refletores**

(Fonte: Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos [7])



**Figura 11: Área de instalação da iluminação atrás do gol**

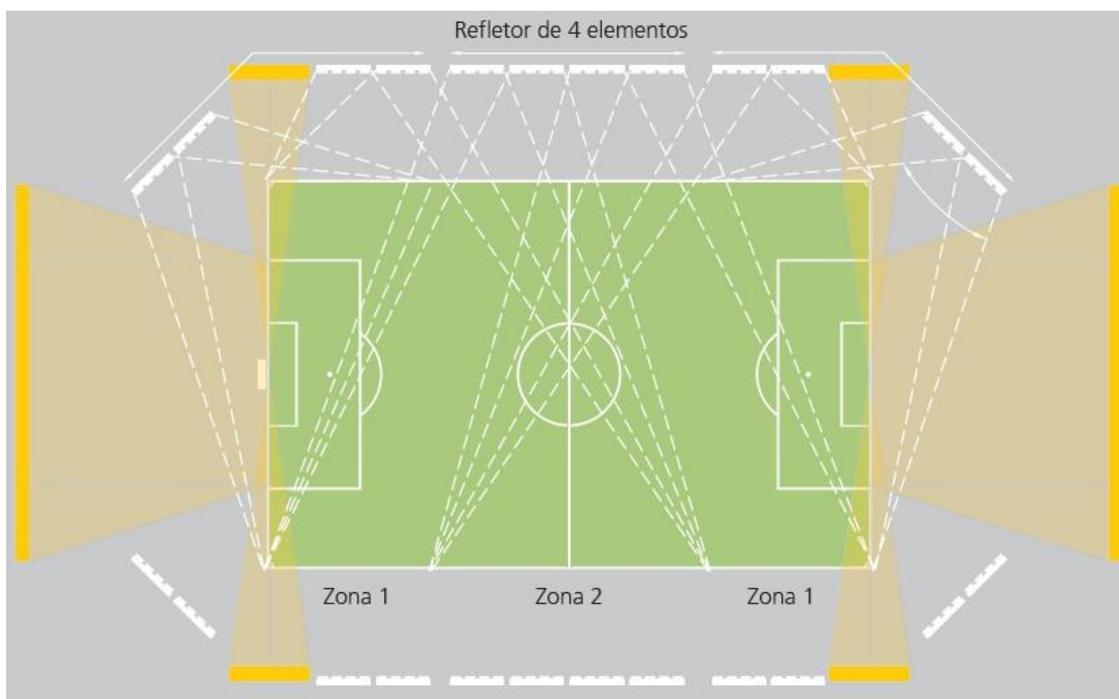
(Fonte: Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos [7])

### 3.4 Direcionamento Multizona

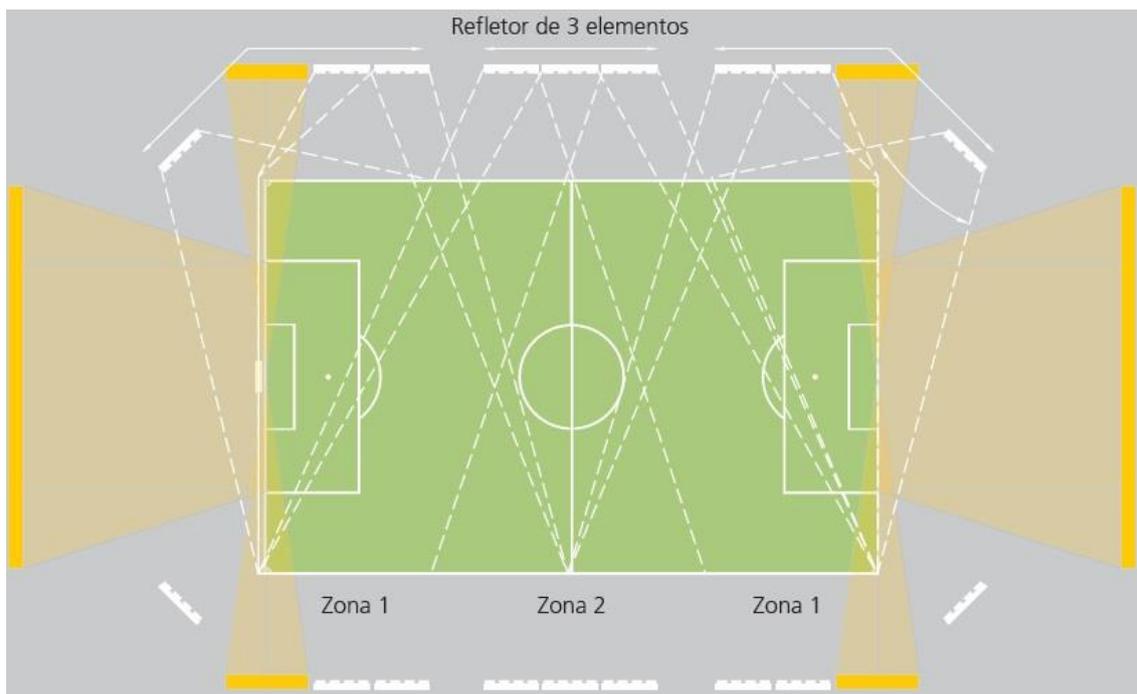
Para que os eventos sejam transmitidos com uma ótima qualidade de imagem digital e em alta definição, uma preocupação que sempre há é com relação às sombras presentes no campo. E a fim de diminuir essas sombras, provocadas pelos jogadores no campo, utiliza-se uma técnica de iluminação chamada de direcionamento multizona. A mesma consiste em iluminar uma mesma área do campo com diversos refletores provenientes de locais diferentes, sobrepondo as sombras por áreas iluminadas.

Para este estudo, o campo é dividido em 3 zonas, sendo a zona 2, sua zona central e as zonas 1, as áreas localizadas nas extremidades. De acordo com o tipo de classe do evento, existe uma regra a ser seguida para que tudo seja transmitido na mais perfeita qualidade de vídeo.

Para eventos de classe 4, por exemplo, é necessário que cada zona do campo seja iluminada por 3 matrizes de luz sobrepostas oriundas de cada lado do estádio, como vemos na Figura 13. Já para eventos de classe 5, deve-se iluminar cada zona por 4 matrizes de luz sobrepostas provenientes de lados distintos do campo, como está apresentado na Figura 12.



**Figura 12: Direcionamento Multizona para eventos de Classe V**  
(Fonte: Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos [7])



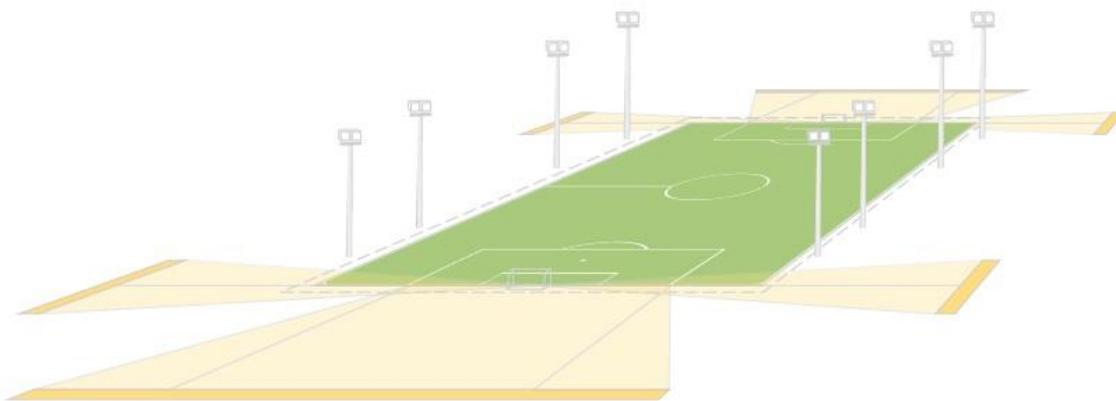
**Figura 13: Direcionamento Multizona para eventos de Classe IV**

(Fonte: Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos [7])

A partir disso, se o jogador estiver iluminado por diferentes pontos de luz, é possível apresentar ao público um espetáculo com um controle de luz balanceado. Logo, para se verificar que o controle de luz foi feito da forma devida, deve-se observar no campo que não há sombras marcantes em torno dos atletas.

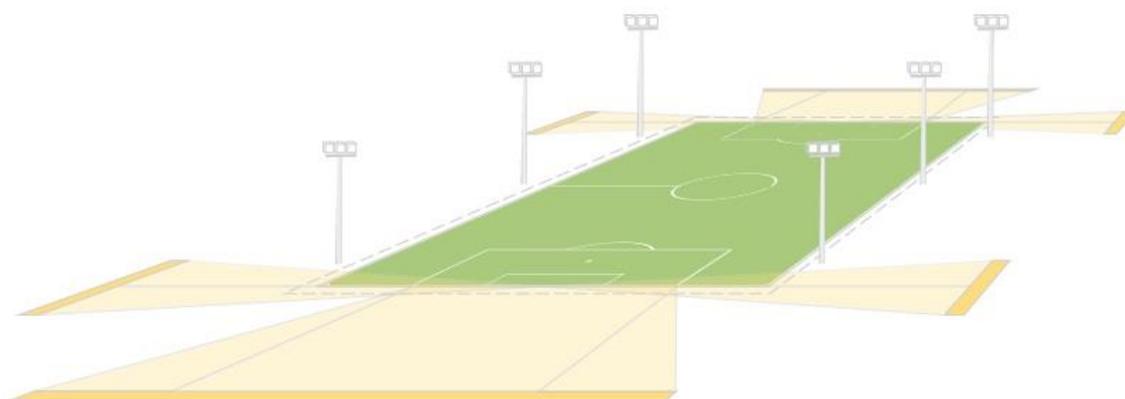
### **3.4.1 Instalação de iluminação para eventos não televisionados**

Para eventos onde não há a transmissão pela TV, não existe a necessidade do direcionamento multizonas. Veja a seguir desenhos esquemáticos (Figuras 14, 15 e 16) que representam as diretrizes padrões para o projeto de iluminação em eventos de classe I, II e III, onde é necessária a instalação de 4, 6 e 8 postes respectivamente em cada campo.



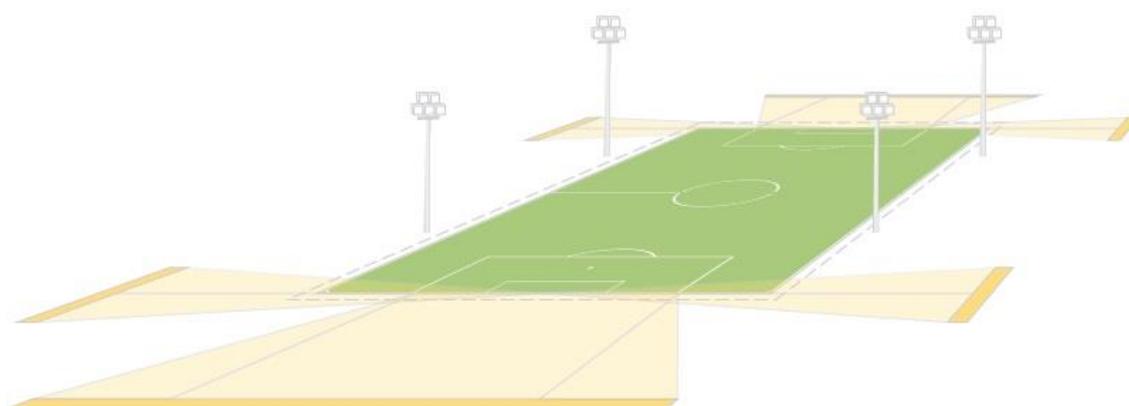
**Figura 14: Instalação Luminosa - Classe III**

(Fonte: Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos [7])



**Figura 15: Instalação Luminosa - Classe II**

(Fonte: Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos [7])



**Figura 16: Instalação Luminosa - Classe I**

(Fonte: Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos [7])

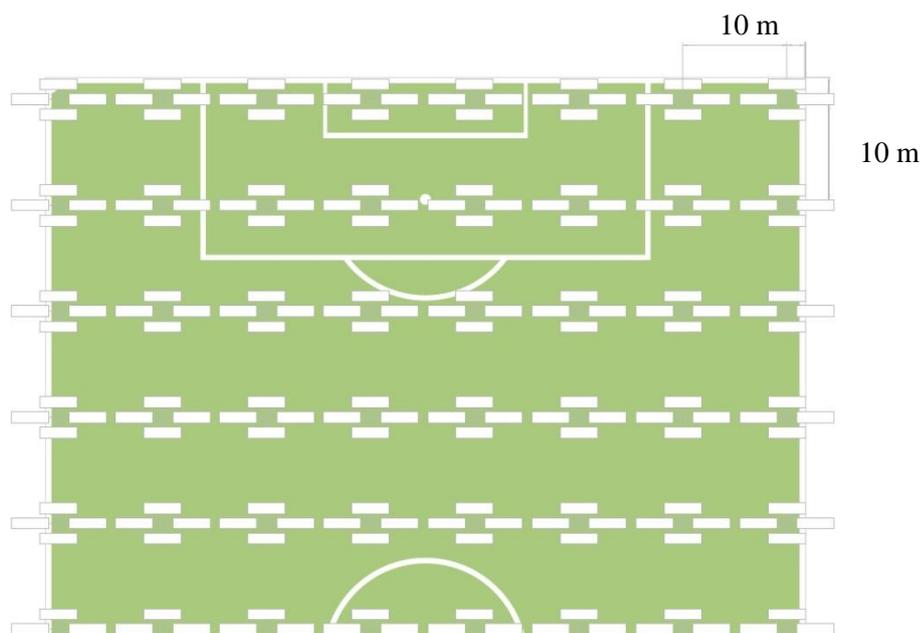
Vale ressaltar que o posicionamento das instalações pode variar de estádio para estádio, porém é necessário certificar-se que os postes não devem ser instalados nas áreas de assento obstruindo a visão dos espectadores nas arquibancadas.

## 3.5 Tecnologia empregada no projeto de iluminação

A fim de que os projetos de iluminação sejam rigorosamente feitos para atender os requisitos de transmissão dos jogos, deve-se ter um controle das seguintes variáveis do sistema.

### 3.5.1 Uniformidade luminosa horizontal

Sabe-se que a iluminância horizontal é a quantidade de luz que o plano localizado a um metro acima do gramado recebe. Logo, para que seja efetuada a medição dessa variável utiliza-se uma grade de 10 x 10 m sobre o campo para coletar a medições, como mostrado na Figura 17, e assim teremos a iluminação mínima, média e máxima.



**Figura 17: Medições coletadas para cálculo de uniformidade luminosa horizontal**

(Fonte: Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos [7])

Logo, a fim de que se garanta que os árbitros e jogadores realizem suas funções da melhor forma possível e para que as companhias geradoras de imagem televisiva possam transmitir os jogos com alta definição precisa-se garantir uma uniformidade na iluminação. Visto isso, existem alguns métodos que calculam esta uniformidade de iluminação. Um deles é pelo coeficiente de variação (CV) e o outro é através do gradiente de uniformidade.

## 3.5.2 Métodos para cálculo de uniformidade luminosa

### 3.5.2.1 Coeficiente de variação

O coeficiente de variação (CV) é utilizado para determinar a dispersão luminosa em relação à média de iluminação, calculando-se assim a uniformidade luminosa. Define-se então coeficiente de variação como a razão entre o desvio padrão da iluminação de todos os pontos e a média de iluminação nesses pontos.

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{X}}$$

Sendo,

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X_L - \bar{X})^2}{n}}$$

Onde,

$\sigma$  = desvio padrão,

$X_L$  = valor horizontal em cada ponto;

$\bar{X}$  = média dos valores em todos os pontos;

$n$  = número total de pontos.

### 3.5.2.2 Gradiente de uniformidade

Apesar de ser utilizado para medir a variação de todo tipo de medida, o gradiente de uniformidade (UG) é tipicamente utilizado para calcular a uniformidade luminosa em

projetos de iluminação. Sendo assim, ele mede a rapidez com que a iluminação aumenta ou diminui em um ponto, em relação aos pontos vizinhos. Essa medição sofre influência da distância entre os pontos analisados. Assim, quanto maior a distância, menor a taxa de variação. Logo, o gradiente de uniformidade é dado pelo valor da maior razão de todas encontradas.

### 3.5.3 Valores definidos para CV e UG

Sabendo-se como são calculados os valores de CV e UG, pode-se definir o limite aceitável para cada uma dessas unidades que está representado na Tabela 5.

**Tabela 5: Valores Padrão de Variação de Iluminação**

	Eventos televisionados	Eventos não televisionados
<b>Coeficiente de variação (CV)</b>	$0,13 \leq CV \leq 0,15$	$0,3 \leq CV \leq 0,4$
<b>Gradiente de uniformidade (UG)</b>	$1,5 \leq UG \leq 2$	$2 \leq UG \leq 2,5$

(Fonte: Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos [7])

Vale ressaltar que a fonte de onde foi extraída a informação dos valores da Tabela 5 não exibia informações para valores de CV entre 0,15 e 0,3.

### 3.5.4 Iluminação Vertical

#### 3.5.4.1 Iluminância Vertical

A iluminação vertical é um ponto muito importante que deve ser analisado na iluminação dos estádios, por ser um agente facilitador do reconhecimento de objetos em campo. No caso dos estádios por possuírem muitas pessoas e várias câmeras para seu televisualização, espalhadas ao seu redor, sua importância é ainda maior. Para sua análise considera-se um plano vertical perpendicular a linha de visão do público.

#### 3.5.4.2 Iluminância Horizontal

É importante que a iluminância horizontal esteja bem ajustada para que exista o contraste entre a imagem de tudo que está em campo, como jogadores, bola, árbitros e

gol, e o plano de fundo. Sabe-se também que é através da iluminância horizontal que se faz a adaptação de nossa visão. Vale ressaltar que o ajuste depende também da velocidade da movimentação da bola e dos jogadores em campo, como também da distância entre estes atletas.

### **3.5.4.3 Câmera de campo vertical**

A iluminação vertical, ao atingir os jogadores em um plano vertical aos seus corpos, é muito importante na transmissão televisiva do jogo, pois assim, é possível enxergar os detalhes do jogador, seu rosto ou um toque na bola, por exemplo, num momento em que ocorre um zoom no mesmo. Uma iluminação vertical bem ajustada possibilita que não ocorra falta ou excesso de luz em nenhuma área do campo, porém se este conjunto de luzes não for bem ajustado, acarretará numa transmissão de vídeo de baixa definição.



**Figura 18: Iluminação Vertical possibilitando o close nos jogadores**

(Fonte: fanbolero.com)

### **3.5.4.4 Câmera fixa vertical**

Quando a iluminação que chega aos jogadores é capturada por câmeras localizadas em uma área acima da lateral ou da linha de fundo, ela é dita como iluminação de câmera fixa. Essas câmeras são as que em geral captam o maior número de imagens durante o jogo, deslocando de um extremo ao outro do campo. Como já foi dito anteriormente, essas câmeras verticais devem conseguir capturar todas as imagens com uma qualidade digital maior possível, sem que haja luz demasiada ou em falta.



**Figura 19: Imagem superior lateral**

(Fonte: globoesporte.com [24])

### **3.5.5 Temperatura de Cor**

Atualmente a tecnologia presente nos equipamentos de TV, como câmeras digitais, por exemplo, possibilita que haja um ajuste da temperatura de cor, brilho e contraste das imagens captadas mesmo após sua filmagem, realizando, desta maneira, um ajuste da imagem para que sua qualidade digital seja a melhor possível. Contudo, se deve seguir um nível padrão de temperatura de cor para os estádios abertos de  $T_k \geq 4.000$ .

### **3.5.6 Índice de Reprodução de Cores**

Como já explicado anteriormente, o índice de reprodução de cores avalia o quanto uma fonte de luz artificial consegue reproduzir fielmente uma luminosidade natural. Assim, quanto mais alto o índice, maior a fidelidade da reprodução luminosa. Para eventos com ou sem transmissão de vídeo, o índice de reprodução de cor aceitável que os equipamentos de iluminação atinjam é  $R_a \geq 65$ .

## 3.6 Especificações técnicas de iluminação – Eventos Televisados

Agora que já se sabe um pouco sobre as variáveis a serem consideradas na iluminação de estádios onde ocorrem eventos televisionados, é exibido nas Tabelas 6 e 7 um resumo de todas essas especificações, como iluminação vertical, horizontal e outras propriedades da iluminação.

**Tabela 6: Iluminação vertical e horizontal - eventos televisionados**

		Iluminância vertical			Iluminância horizontal		
		Ev cam med.	Uniformidade		Eh med.	Uniformidade	
Classe	Cálculo p/	Lux	U1	U2	Lux	U1	U2
Classe V Internacional	Câmera fixa	>2000	0,6	0,7	3500	0,6	0,8
	Câmera de campo	1800	0,4	0,65			
Classe IV Nacional	Câmera fixa	2000	0,5	0,65	2500	0,6	0,8
	Câmera de campo	1400	0,35	0,6			

(Fonte: Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos [7])

**Tabela 7: Propriedade das lâmpadas - eventos televisionados**

		Propriedades das lâmpadas	
		Temperatura de cor	Reprodução de cor
Classe	Cálculo para	Tk	Ra
Classe V Internacional	Câmera fixa	> 4000	≥65
	Câmera de campo		
Classe IV Nacional	Câmera fixa	> 4000	≥65
	Câmera de campo		

(Fonte: Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos [7])

Observações:

- A iluminância vertical encontrada na tabela se trata da iluminância direcionada às câmeras fixas ou de campo.

- No caso da uniformidade de iluminância vertical das câmeras de campo, poderá haver uma variação neste valor, visto que o mesmo pode ser estipulado para cada câmera. Logo essas variações para cada câmera serão consideradas.
- Cada valor encontrado nas tabelas anteriores é conservado, sendo um fator de 0,7 o indicado para os estudos, fazendo com que os valores iniciais sejam em torno de 1,4 vezes maiores que os apresentados nas tabelas.
- A taxa de claridade considerada dentro do ângulo de visão primário dos jogadores é de  $GR \geq 50$  para cada jogador em campo.
- Deve-se lembrar que é recomendável que as lâmpadas do jogo tenham a tecnologia de iluminação direta e constante.

### 3.7 Especificações técnicas de iluminação – Eventos Não Televisados

Já para os eventos não televisionados, existem valores diferentes a serem seguidos. Estes equivalem a iluminância horizontal, uniformidade luminosa e tipos de lâmpadas para cada classe de evento.

**Tabela 8: Especificações técnicas de iluminação - Eventos Não televisionados**

Nível de atividade	Iluminância Horizontal	Uniformidade	Temperatura de cor das lâmpadas	Reprodução de cor das lâmpadas
Classe	Eh med. (lux)	U2	Tk	Ra
<b>Classe III Jogos nacionais</b>	750	0,7	> 4000	$\geq 65$
<b>Classes II Ligas e clubes</b>	500	0,6		
<b>Classe I Treino e recreação</b>	200	0,5		

(Fonte: Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos [7])

Observações:

- Como no caso anterior, os valores apresentados são conservados, recomendando o valor de 0,7, como fator de conservação, fazendo com que os valores iniciais sejam 1,4 vezes maiores que os apresentados na tabela.

- Não é permitido que a uniformidade de iluminação exceda a uma taxa de 30% a cada 10 metros.
- Os jogadores devem ter uma ótima visão de jogo, estando o ângulo de visão primário dos mesmos livre de claridade direta.

### 3.8 Impacto no ambiente em torno do estádio

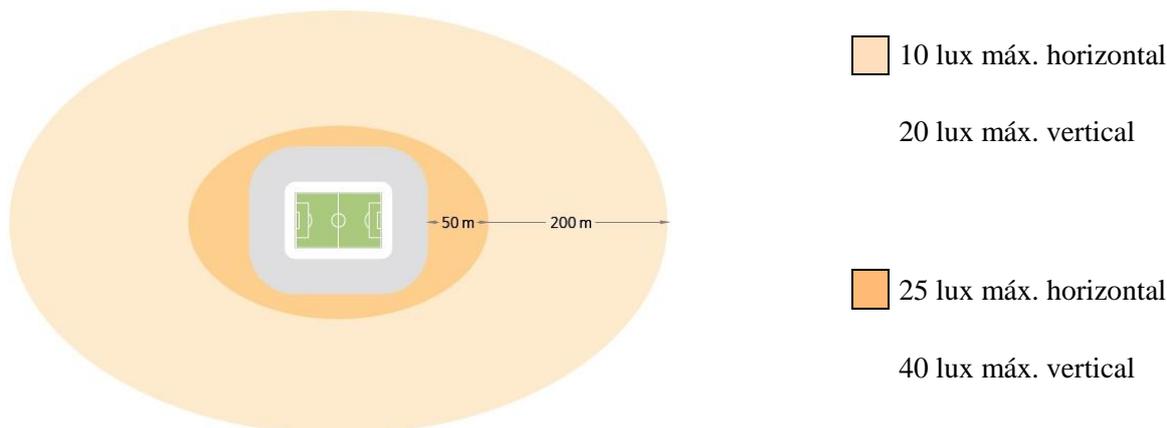
Sabe-se que a iluminação dos estádios deve ser projetada a fim de que nenhum excesso de luminosidade atinja a vizinhança local. E para esse estudo, os fenômenos, nos quais há uma quantidade demasiada e indesejada de luz no local, são classificados em 2 tipos: o vazamento de iluminação e a claridade. O vazamento é o caso em que a luz extrapola o perímetro do estádio. Já a claridade é quando há uma claridade excessiva incomodando a visão de quem passa em volta do estádio, como por exemplo, motorista e pedestres. E esses dois fenômenos devem ser controlados, pois interferem na segurança e bem estar da população que vive naquela área ou mesmo que está lá de passagem. Por isso, tudo que for possível ser feito para minimizar esse impacto deve ser feito, aplicando-se toda tecnologia possível. Um exemplo desta tecnologia é a utilização de refletores de corte nítido e de alta eficiência que evitam vazamentos o que prejudica também os eventos que possuem transmissão pela TV.

Visto isso, para iniciar qualquer estudo deve-se primeiramente calcular e medir estes vazamentos de iluminação proveniente dos estádios. Esses valores estão distribuídos em iluminação horizontal e iluminação vertical máxima. Cada região pode possuir uma norma própria de limitação desta luminosidade, porém caso a região não possua nenhuma regra controlando esse aspecto, deve-se aceitar como padrão os valores da Tabela 9. Na Figura 20 é exibido um desenho esquemático demonstrando graficamente os valores desta tabela.

**Tabela 9: Padrões de vazamento máximo de iluminação**

Ângulo de Iluminação	Distância a partir do perímetro do estádio	Luminosidade
Vazamento horizontal	50 m	25 lux
Máximo vertical	50 m	40 lux
Vazamento horizontal	200 m	10 lux
Máximo vertical	200 m	20 lux

(Fonte: Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos [7])



**Figura 20: Limite de Vazamento no Estádio**

(Fonte: Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos [7])

### 3.9 Seleção das lâmpadas e outros equipamentos

Para a seleção das lâmpadas deve-se considerar os seguintes fatores: luminosidade de saída, consumo de energia, tempo de vida, temperatura de cor e índice de reprodução de cores. Visto isso, ao se projetar o sistema ideal, é necessário estabelecer um equilíbrio sobre esses fatores.

No mercado atual, uma lâmpada que atende muito bem esses requisitos em eventos televisivos é a lâmpada de vapor metálico de bulbo cerâmico que possui uma intensidade de descarga muito elevada. É necessário especificar os equipamentos auxiliares de modo que os mesmo tenham a função correta a fim de que ocorra o acendimento perfeito das lâmpadas, mantendo o fluxo luminoso constante durante seu funcionamento.

Com base nisso, as lâmpadas devem ter as características a seguir:

- Índice de reprodução de cores  $\geq 90$ ;
- Temperatura de cor de 5.600 k;
- Vida útil (diminuição de 30% do fluxo luminoso) em 5.000 horas;
- Vida mediana (queima de metade do número de lâmpadas) em 5.000 horas;
- Posição de funcionamento universal – Base GX22.

Os equipamentos que promovem o acendimento das lâmpadas devem ter as seguintes características:

- Tensão de entrada entre 380 e 415 V;
- Frequência de funcionamento entre 50 e 60 Hz;
- Tempo de re-acendimento automático do sistema de até 30 segundos após o fornecimento de energia ser restabelecida;

### **3.10 Escolha dos projetores**

Ao se projetar o sistema de iluminação de um estádio deve-se optar por projetores de feixe direto e que possuam a regulação de sua inclinação. É necessário que estes projetores possuam uma capacidade de foco alta e que tenham um feixe de luz regulável, tornando possível o ajuste da luminosidade em áreas do campo onde há pouca ou muita iluminação. Atualmente existem projetores de alta tecnologia que são elaborados justamente para compensar esse excesso ou falta de luminosidade e que se adequam muito bem a todo tipo de topologia encontrada na arquitetura das coberturas dos estádios, ao ângulo do feixe e à altura de projeto.

Além disso, esses projetores devem se adequar às normas EN60598-1 e EN60598-2-5, as quais regem a segurança na parte elétrica dos projetores e também às normas EN55015, EN61547 e EN61000-3-2, que regulam a compatibilidade eletromagnética nos equipamentos elétricos.

É necessário também que os projetores se ajustem ao sistema IP, sendo resistentes a água e poeira quando os mesmos são utilizados em áreas externas. Os mesmos devem ser no mínimo IP65 e resistente a impactos com no mínimo IK10. A ótica dos refletores deve ser construída de alumínio com 99,99% de pureza. Já o vidro frontal deles necessita ser construídos de vidro temperado, sendo sua espessura mínima de 1,6 mm.

Como são instalados em áreas expostas a sol, chuva e vento, os projetores devem ser apropriados para altas rajadas de vento, possuindo um ângulo de inclinação máximo igual a 70° em relação à normal, para uma região com 0,20 m<sup>2</sup> de área máxima de vento, sendo este gerando um coeficiente de atrito de 0,93, permitindo que estes equipamentos possam resistir a toda variação de clima muito intensa na região.

Um fator que aumenta bastante a segurança, nos momentos da instalação, manejo e manutenção dos equipamentos de iluminação é a presença de um sistema que permita o desligamento total da energização dos mesmos no momento em que estes são abertos.

Vale ressaltar que todos os equipamentos utilizados na iluminação devem ter assistência técnica próxima a fim de que seja realizada a manutenção, troca de peças e lâmpadas de maneira rápida e facilitada.

### **3.11 Especificação das luminárias**

Deve-se lembrar também da iluminação que atende ao público dos estádios nas suas áreas de acesso e circulação. Para este caso também existem normas a serem obedecidas.

As luminárias, por exemplo, devem ser instaladas aproximadamente a 2m de todas as saídas, de todos os locais onde é necessário sinalizar que existe perigo e dos equipamentos de segurança do estádio. As áreas que pedem essa atenção são todas as escadas de acesso, todas as mudanças de nível no chão, locais em frente às saídas convencionais e/ou de emergência e próximos aos alarmes e/ou equipamentos contra incêndios. Nessas áreas o nível de iluminação ideal é de 1 lux, porém muitas das vezes não se consegue atingir tal iluminação. Nesses casos deve-se lançar mão do uso de luminárias de parede, sinais e painéis iluminados.

### **3.12 Geradores de segurança para o sistema de iluminação**

Uma aplicação que contribui muito para o bom funcionamento dos estádios é a utilização de geradores de emergência que passam a atuar sempre que o estádio tiver seu abastecimento de energia, proveniente da rede elétrica, interrompido. Visto isso, existem 2 tipos de projetos que podem ser feitos para atender esse caso.

O primeiro é a utilização do gerador de reserva, por um período de tempo pré-determinado, a fim de atender a iluminação de todas as áreas de circulação do público com no mínimo 1 lux, possibilitando uma saída segura do local. O tempo em que esse

sistema permanecerá em funcionamento depende dos fatores no fornecimento de energia e da regulamentação local, porém esse período é de no mínimo 2 horas na maioria dos casos.

Já no segundo caso de projeto, o abastecimento dos geradores conseguirá manter toda a iluminação do estádio, ou seja, a iluminação das áreas que atendem ao público e também todos os refletores que iluminam o campo, possibilitando que todo o evento continue normalmente. Este segundo projeto se torna bem mais caro, por necessitar de geradores mais potentes e um controle melhor do circuito, por isso o mesmo só é utilizado em eventos maiores, geralmente de nível internacional.

Como nesses dois casos o retorno do fornecimento de energia precisa ser rápido para evitar algum dano, a reinicialização automática do sistema de iluminação deve ser feita em até 5 segundos após a falta.

## 4 Estudo de caso – Estádio Raulino de Oliveira

### 4.1 Estrutura do Estádio

O principal objetivo desse trabalho é o estudo da iluminação do Estádio General Sylvio Raulino de Oliveira, também conhecido como Estádio da Cidadania ou somente Estádio Raulino de Oliveira. O estádio se localiza na cidade de Volta Redonda - RJ (interior do estado do Rio de Janeiro), no endereço Rua 545, s/nº, no Bairro Jardim Paraíba. Foi inaugurado em abril de 1951, porém somente na década de 60 que o mesmo recebeu a implantação de uma iluminação em seu campo. Após esse fato, ocorrem outras reformas importantes, como a de 1976, com sua ampliação de público e modernização, e a principal delas no ano de 2004. Tem a capacidade para 20 mil torcedores, devidamente acomodados para assistir os jogos que lá ocorrem, e está entre os maiores e mais modernos estádios do Brasil, depois de ocorrida sua reinauguração em 2004.



**Figura 21: Imagem Aérea do Estádio Raulino de Oliveira**  
(Fonte: Estádio da Cidadania – Prefeitura de Volta Redonda [10])

O mesmo foi pioneiro ao acomodar em seu interior, áreas que pudessem auxiliar a população e atletas, em parceria com a prefeitura da cidade. Essas áreas são: complexos de esporte, saúde, lazer e educação, oferecidos de forma gratuita para a população. Essas áreas atendem cerca de 5.000 pessoas por dia, que vão ao local para utilizar as áreas:

- Ótica da cidadania;
- Policlínica;
- Academia da 3ª idade;
- Centro oftalmológico;
- Academia da vida;
- Ensino a distância;
- Espaço de saúde e cidadania;
- Centro de reabilitação e cartão SUS;
- Biblioteca virtual de saúde.

Uma das áreas que mais recebe moradores de Volta Redonda que precisam de tratamento é o centro de fisioterapia, no qual é possível realizar todo tipo de atendimento fisioterápico como, por exemplo, da área de traumato-ortopédica, tratamento infantil e geriátrico. Nas Figuras 22 e 23 é possível ver alguns pacientes em tratamento no local.



**Figura 22: Pacientes em fisioterapia no Estádio da Cidadania**

(Fonte: TV Rio Sul [25])



**Figura 23: Academia no interior do Estádio Raulino de Oliveira**

(Fonte: O Dia [26])

Os pontos apresentados nas fotos anteriores pertencem ao estádio que possui arquitetura futurista e foi considerado o 2º melhor estádio do Rio de Janeiro.

Fora isso o estádio possui um campo com dimensões de 105 x 70m, coberto por grama tipo bermuda tifton, com irrigação embutida e computadorizada e drenado em espinha de peixe.

Suas arquibancadas e acessos são cobertos, sendo que o estádio tem 1.400 cadeiras com encosto na parte central da arquibancada destinada às cadeiras especiais e tribuna de honra, e 18.600 assentos comuns reservados ao restante do público.



**Figura 24: Vista do campo do estádio pela arquibancada**

(Fonte: Portal Fim de Jogo [27])

## **4.2 Alimentação elétrica do estádio**

Para alimentar eletricamente todo o estádio, há uma subestação que possui 3 transformadores de energia com potência de 300 kVA cada, que são energizados com uma tensão de 13,8 kV oriunda da companhia distribuidora de energia. Um dos trafos possui relação de transformação de 13,8 kV / 380 V e é utilizado na alimentação da iluminação do campo. Os outros dois têm uma relação de transformação de 13,8 kV / 220 V e possuem a finalidade de fornecer energia para todo o restante do estádio, incluindo a iluminação das arquibancadas.

O Raulino de Oliveira conta também com um sistema de alimentação de emergência, que atua quando a alimentação da companhia de energia é cessada inesperadamente. Esta configuração conta um grupo motor-gerador de 44 kVA que é acionado 5 segundos após a falta de energia. O gerador é utilizado para alimentar somente a iluminação da arquibancada. Já a iluminação das saídas é feita com lâmpadas de emergência previamente instaladas em locais estratégicos. Este sistema de emergência é projetado para suportar o tempo de pelo menos 2 horas ligado.

## **4.3 Sistema de iluminação**

O projeto principal de iluminação do campo do Raulino de Oliveira contempla 176 projetores circulares importados, contendo lâmpadas tubulares multivapor metálico, com potência de 2.000 W cada e tensão de entrada de 380 V. Cada unidade destas lâmpadas consegue fornecer, em média, um nível de iluminamento de 1.320 lux.

Este conjunto de projetores está distribuído pelo estádio em 6 pontos: 2 nas laterais de campo, próximos a linha de meio de campo e os outros 4 cada um posicionado próximo à área de escanteio. Os conjuntos situados próximos ao meio campo contêm três fileiras horizontais de 18 projetores, totalizando 54 lâmpadas em cada conjunto em ambos os lados. Já os pontos de iluminação situados próximos à zona de escanteio possuem duas fileiras de 7 e uma com 3 projetores, contabilizando 17 lâmpadas em cada canto do campo. Todas estas informações constam no projeto de iluminação do estádio, presente no arquivo da gerência do estádio, consultado in loco no dia da visita, na Rua 545, s/nº, Jardim Paraíba, Volta Redonda/RJ.



**Figura 25: Conjunto de Refletores do Estádio**

(Fonte: Estádio da Cidadania – Prefeitura de Volta Redonda [10])

Na imagem aérea do estádio (Figura 25) é possível observar, destacadas em vermelho, os dois conjuntos maiores de iluminação lateral e os 4 menores localizados próximos à zona de escanteio.

A seguir estão apresentados esses agrupamentos de lâmpadas com mais detalhes, tanto os laterais, como os menores próximos às arestas do campo.



**Figura 26: Iluminação Lateral**

(Fonte: O autor)



**Figura 27: Iluminação Oblíqua ao campo**

(Fonte: Portal Diário do Vale [28])

Cada uma delas tem sua primeira fileira de refletores situada a uma altura de 18 metros. A parte lateral da iluminação e o conjunto próximo à área de escanteio estão aproximadamente 39 metros distantes do meio de campo.

## **4.4 Especificações dos projetores e lâmpadas**

Os refletores são constituídos de lâmpadas multivapor metálico tubulares, de potência de 2.000 W e alimentação de 380 V, cuja origem é um dos transformadores, presentes na subestação do estádio, sem energização de emergência.

Os refletores atendem também ao sistema IP, mostrando que possuem resistência à água e à poeira, podendo ser expostos ao tempo nem muito dano. Eles são da categoria IP65 e também resistentes a impactos com índice IK10. Possuem a área de refletância interna revestida com alumínio com 99,99% de pureza e o vidro com espessura de 1,8 mm.

Os projetores não possuem nenhuma automatização de sua energização que faça com que se desligue automaticamente o sistema de alimentação, o que diminui a segurança dos profissionais que atuam na sua manutenção e limpeza.

Os equipamentos são importados, porém possuem lojas de assistência técnica no Brasil, caso seja necessário um conserto ou troca urgente dos mesmos.

O projeto das lâmpadas foi feito com muita atenção em vários detalhes, obedecendo ao sistema de direcionamento multizona. Os projetores iluminam todas as partes do campo, sem deixar áreas claras ou escuras demais permitindo a transmissão de jogos pelas emissoras de TV.



**Figura 28: Imagem do sistema de iluminação em funcionamento**

(Fonte: Portal Uol [29])

Como pode-se notar na Figura 28, o campo está com uma boa iluminação, permitindo que se faça a transmissão de jogos nacionalmente sem grandes problemas.

## 4.5 Projetores

O feixe de luz que sai dos projetores forma com a linha, normal ao plano do gramado, ângulos diversos que variam de acordo com a altura de cada refletor, sendo que cada linha de projetores possui direcionamento para um canto do campo.



**Figura 29: Zoom no conjunto de refletores laterais**

(Fonte: O autor)

Como se pode observar na Figura 29, temos 3 linhas de refletores. Na primeira linha de baixo para cima, os refletores possuem uma inclinação de cerca de  $55^\circ$  em relação à linha normal ao plano do gramado. Já na segunda linha, os projetores exibem uma inclinação de aproximadamente  $60^\circ$ . Por último, a terceira linha tem uma inclinação de cerca de  $65^\circ$  com a normal. Desta forma, os refletores conseguem iluminar diversos pontos do campo sem dificuldade. Lembrando que o conjunto de luminárias de cada coluna tem sua rotação configurada para um lado diferente do campo a fim de que se possa iluminar de um gol ao outro.

Já o ângulo formado pela reta que se origina na primeira linha de refletores até o ponto do meio do estádio e a linha horizontal do campo é de aproximadamente  $25^\circ$ , sendo este ângulo calculado com base na altura de instalação destes refletores e de sua distância até o centro do estádio.

É válido ressaltar que a medida desses ângulos, atribuídos aos painéis laterais-centrais do campo, também são válidas para os conjuntos que se situam próximos à área de escanteio.

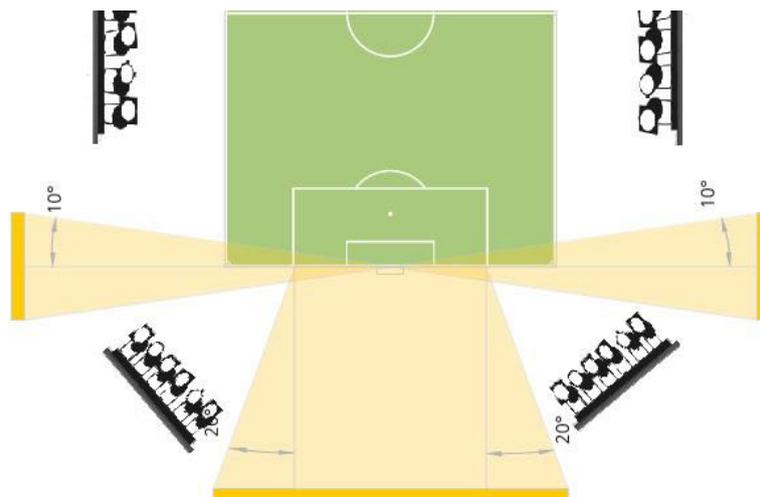


**Figura 30: Zoom no conjunto de refletores de escanteio**

(Fonte: O autor)

### 4.5.1 Posicionamentos dos refletores

Os refletores estão posicionados fora da zona imprópria para colocação de projetores. Veja na Figura 31 um diagrama que mostra melhor esses pontos e a localização das torres.



**Figura 31: Esquema de Posicionamento dos Projetores**

(Fonte: O autor)

## **4.6 Uniformidade luminosa do sistema de iluminação**

Para verificar o coeficiente de variação e gradiente de uniformidade foi preciso verificar o projeto da instalação do estádio. No diagrama técnico do estádio estava presente a especificação destas medidas nos valores apresentados a seguir:

- Coeficiente de variação (CV): 0,15
- Gradiente de uniformidade (UG): 2

Estes valores não foram verificados, pois não havia ferramentas disponíveis apropriadas para a medição.

## **4.7 Índice de reprodução das cores e temperatura**

Como no caso anterior, não havia dispositivos de medidas próprios para a medição do índice de reprodução e da temperatura de cor. Então com a finalidade de encontrar um valor que poderia ser suficiente para verificar as instalações de iluminação do estádio, buscou-se a especificação das lâmpadas no site do fornecedor, encontrando-se os valores a seguir:

- Índice de reprodução das cores: 95%
- Temperatura de cor: 5500 K

Esses valores se aproximam bastante dos exigidos nos estádios, então iremos considerar essas medidas para verificação dos parâmetros do estádio.

## 4.8 Impacto na redondeza

O vazamento máximo horizontal e vertical que impactam em torno do estádio se tornou a informação mais buscada no processo de pesquisa. Porém nenhum registro de informação foi encontrado.

Sendo assim, foi considerado que o estádio obedece todas as leis de limitação do vazamento de luz para a vizinhança do mesmo.

Considera-se os valores habituais para essas medidas, que são os apresentados na Tabela 10.

**Tabela 10: Tabela lembrando os padrões de medida para impactos na vizinhança**

<b>Ângulo de Iluminação</b>	<b>Distância a partir do perímetro do estádio</b>	<b>Luminosidade</b>
Vazamento horizontal	50 m	25 lux
Máximo vertical	50 m	40 lux
Vazamento horizontal	200 m	10 lux
Máximo vertical	200 m	20 lux

(Fonte: Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos [7])

## 5 Conferência das normas do estádio e possíveis sugestões de mudança

Como foi mostrado no Capítulo 4, o estádio Raulino de Oliveira foi construído para ser um dos estádios mais modernos no estado do Rio de Janeiro, apresentando diversas características que se enquadram nas especificações internacionais. Porém será que todos fatores possibilitam que o mesmo seja palco de eventos internacionais, como a Copa do Mundo e Copa Libertadores da América, por exemplo?

Esse capítulo vai então ter a função de mostrar os aspectos deste estádio que atendem as normas internacionais e também os que não obedecem a essas regras. Neste segundo, serão propostas quais mudanças podem ser feitas para adequar o sistema de iluminação a eventos internacionais.

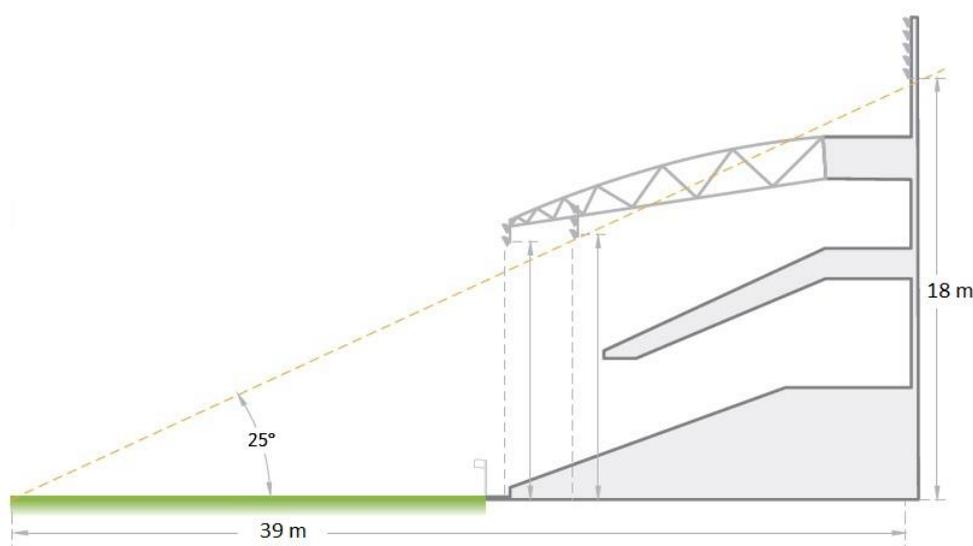
## 5.1 Altura de instalação dos equipamentos de iluminação

Como visto no Capítulo 3, para que a iluminação de um estádio esteja entre as normas internacionais da FIFA, a altura do solo até a base dos projetores deve possibilitar que se tenha um ângulo de ao menos  $25^\circ$  entre a reta que sai do meio do campo até a base dos refletores e a reta no nível do solo. E pelos cálculos apresentados a seguir, esse ângulo tem um valor de aproximadamente  $25^\circ$ , sendo que a altura é de 18 metros e a medida da linha do meio campo até a base da torre dos projetores é de 39 metros. Os detalhes das medidas podem ser encontrados na Figura 32. Logo, tem-se:

$$\theta = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{18}{39}\right) \rightarrow \theta = \operatorname{tg}^{-1}(0,462) \rightarrow \theta = 24,76^\circ \cong 25^\circ$$

O ângulo de inclinação de cada refletor não pode ultrapassar o valor de  $70^\circ$  para se manter dentro das especificações da FIFA. E como vimos anteriormente essa medida do ângulo de inclinação varia na faixa entre  $55^\circ$  e  $65^\circ$ , sendo o primeiro encontrado nos refletores do topo e o segundo nos refletores mais baixos do conjunto.

Logo, conclui-se que a altura e instalação dos refletores estão de acordo com as normas internacionais, pelos ângulos serem menores que  $70^\circ$ .



**Figura 32: Detalhes das medidas das distâncias dos refletores**

(Fonte: O autor)

## 5.2 Distribuição dos projetores

O padrão para distribuição dos refletores ao redor do campo estipula, como foi visto na Seção 3.3, duas áreas onde em nenhuma hipótese seja possível a instalação dos projetores. Essas são a área atrás do gol com uma abertura de 20 graus para ambos os lados e a área lateral que compreende uma abertura de 10° para ambos os lados a partir da linha de fundo. E como é demonstrado pela Figura 33, o Raulino de Oliveira posicionou muito bem seus projetores evitando as áreas restritas.



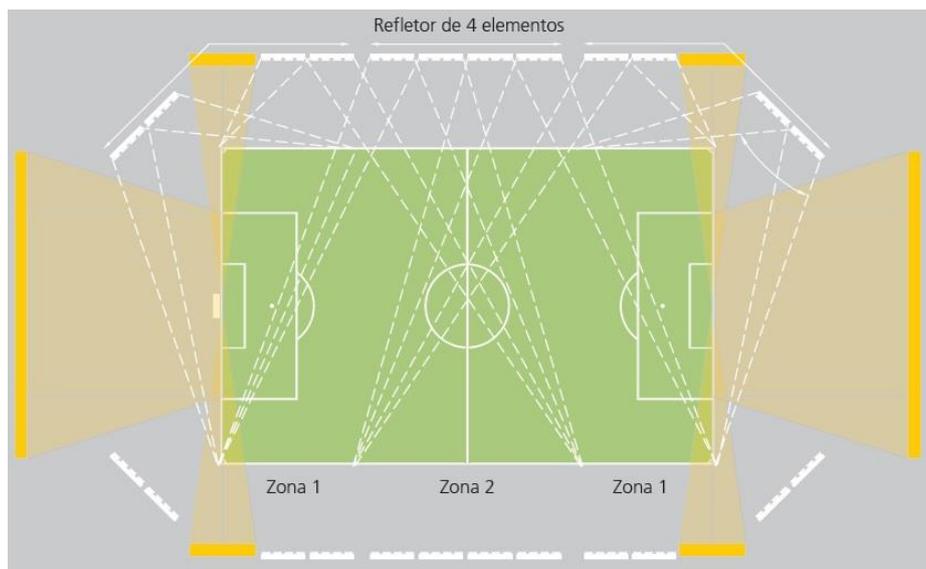
**Figura 33: Vista superior com posicionamento dos refletores**

(Fonte: Blog do Juca [30])

## 5.3 Direcionamento Multizona

Em visita ao estádio verificou-se que o posicionamento dos projetores oferece uma rotação para ambos os lados, além do ajuste da inclinação. Sabendo disso, pode-se observar que cada refletor estava direcionado para uma zona do campo, realizando assim a iluminação de todas as áreas do campo, sem que ocorram áreas com claridade excessiva ou escuras demais.

Com a presença de um refletor de 4 elementos orientados para uma área similar do campo, os jogadores, árbitros e componentes do jogo são iluminados de ambos os lados, permitindo que a captação de imagem por companhias de TV seja feita com qualidade digital e em alta tecnologia.



**Figura 34: Direcionamento Multizona presente no Raulino de Oliveira**  
 (Fonte: Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos [7])

## 5.4 Uniformidade Horizontal

Para verificação das medidas de uniformidade horizontal, recorreu-se ao projeto do estádio e lá constatou-se as medidas que foram descritas no Capítulo 4 e estão escritas logo a seguir:

- Coeficiente de variação (CV): 0,15
- Gradiente de uniformidade (UG): 2

Como é sabido, os padrões para os níveis de uniformidade horizontal são os apresentados a seguir:

**Tabela 11: Padrões de Uniformidade Horizontal**

	Eventos televisionados	Eventos não televisionados
<b>Coeficiente de variação (CV)</b>	$0,13 \leq CV \leq 0,15$	$0,3 \leq CV \leq 0,4$
<b>Gradiente de uniformidade (UG)</b>	$1,5 \leq UG \leq 2$	$2 \leq UG \leq 2,5$

(Fonte: Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos [7])

Assim, conclui-se que pelas medidas do projeto, pode-se atestar que o estádio atende aos requisitos de uniformidade para eventos televisionados.

## **5.5 Reprodução e temperatura de cores**

Os valores dos índices de reprodução e temperatura de cor das lâmpadas instaladas foram os retirados da ficha técnica do fabricante das lâmpadas e esses são apresentados abaixo:

- Índice de reprodução das cores: 95%
- Temperatura de cor: 5500 K

E como foi dito anteriormente as medidas padrões da FIFA são:

- Índice de reprodução das cores: valores maiores que 65%
- Temperatura de cor: valores maiores que 4000 K

Observado isso, pode-se concluir que essas variáveis do sistema de iluminação encontram-se dentro dos padrões estipulados para eventos televisionados.

## **5.6 Alimentação de emergência**

O estádio possui como alimentação de emergência apenas um grupo motor-gerador de 44kVA (Figura 35), que ao ocorrer a falta de energia do estádio, fornece energia somente para as luminárias presentes na arquibancada. Possui também lâmpadas de emergência portáteis instaladas próximas às saídas do estádio para orientar os espectadores numa possível fuga do estádio sem luz.



**Figura 35: Grupo motor-gerador de 44kVA instalado no estádio**

(Fonte: O autor)

As orientações para que os estádios estejam dentro das normas internacionais é que o sistema de emergência alimente toda a iluminação do local, inclusive alimentação do campo e das saídas de emergência em caso de falta, sendo inadmissível um jogo ser interrompido por falta de energia.

❖ **Solução:**

Como solução a essa característica falha do estádio, deve-se utilizar um gerador de maior potência para atender a toda a área, possibilitando que o jogo prossiga.

Como há no estádio um conjunto de refletores que demanda mais potência, os cálculos serão feitos com base nele.

Tem-se um conjunto de 176 lâmpadas de 2000 W cada, totalizando uma potência de 352 kVA só para atender os refletores. Como o gerador atende só a arquibancada com 44 kVA, vamos considerar esta a potência das lâmpadas da arquibancada. Agora para atender as saídas do estádio, por serem lâmpadas comuns, será estipulada uma potência média de 20 kVA para elas.

Por fim, ter-se-á uma potência total de  $352 + 44 + 20 = 416$  kVA. E adotando uma margem de segurança de 10%, há que se substituir o gerador atual por um de 460

kVA para atender a todo o estádio. Com a compra do gerador e sua utilização nos dias de falta de luz, haveria um aumento muito grande no orçamento do estádio.

## 5.7 Escolha das lâmpadas

As lâmpadas utilizadas no estádio são de vapor metálico tubulares, com potência de 2.000 W e tensão de entrada de 380 V. Como foi visto na Seção 3.9, essas são as lâmpadas mais recomendadas para o uso em iluminação de estádios pelo seu custo x benefício. Outras lâmpadas que também poderiam ser usadas são as LED, porém essa segunda tem um custo muito maior que a primeira e seu funcionamento é bem parecido com elas.



**Figura 36: Lâmpada de vapor metálico usada**

(Fonte: Portal OSRAM [31])

Essas lâmpadas possuem uma iluminância de 1.320 lux. Sendo que as especificações para eventos de nível IV e V são as apresentadas na Tabela 12.

**Tabela 12: Iluminância desejada para eventos televisionados**

Classe	Cálculo p/	Iluminância
Classe V Internacional	Câmera fixa	>2000
	Câmera de campo	1800
Classe IV Nacional	Câmera fixa	2000
	Câmera de campo	1400

(Fonte: Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos [7])

Visto isso, as lâmpadas utilizadas não atendem aos eventos televisionados, mesmo aos nacionais.

❖ **Solução:**

Para garantir que o estádio possua uma iluminância  $> 2000$  lux, nas câmeras fixas do estádio o ideal é que praticamente se duplique o número de lâmpadas ou que se dobre a potência delas. Assim, seria possível alcançar um nível de iluminância necessário para que o estádio possa transmitir jogos pela TV, nacional e internacionalmente.

## 6 Resultados

Neste capítulo serão apresentadas todas as informações das especificações estudadas da iluminação do campo do Raulino de Oliveira, resumindo assim seu atual estado e as possíveis soluções para adequação às normas internacionais (Tabelas 13 a 19).

### 6.1 Altura dos projetores de iluminação

**Tabela 13: Resultados - Altura dos projetores**

<b>Existente</b>	<b>Principais características</b>	<b>Situação</b>
Instalados a uma altura de 18m	Os projetores existentes no estádio possibilitam um ângulo de 25° entre a reta que sai do meio do campo até a base dos refletores e a linha na superfície. No caso, o ângulo de inclinação dos refletores varia ente 55° e 65°.	<u>Correto</u> Por ter um ângulo de instalação de ao menos 25° e um ângulo de inclinação de até 70°.

(Fonte: O autor)

### 6.2 Distribuição dos projetores

**Tabela 14: Resultados - Distribuição dos Projetores**

<b>Existente</b>	<b>Principais características</b>	<b>Situação</b>
176 lâmpadas distribuídas em 6 conjuntos (4 nas áreas de escanteio e 2 nas laterais)	Cada um dos 6 conjuntos de projetores instalados no campo, principalmente os 4 situados nas zonas de escanteio estão posicionados a fim de que haja iluminação das áreas restritas. Estas são as áreas atrás do gol com abertura num ângulo de 20° e a área lateral com uma abertura de 10° a partir da linha de fundo.	<u>Correto</u> Por não possuir iluminação nas áreas restritas do campo.

(Fonte: O autor)

## 6.3 Direcionamento multizona

Tabela 15: Resultados - Direcionamento Multizona

Existente	Principais características	Situação
Refletores articulados de 4 elementos	Projetores articulados que oferecem rotação para todos os lados, com ajustes da inclinação. Cada refletor direcionado para uma zona do campo, iluminando todo estádio, sem a presença de claridade ou escuridão excessiva.	<u>Correto</u> Por obedecer ao direcionamento multizona, permitindo que os jogadores, árbitros e componentes do jogo sejam iluminados por todos os lados, possibilitando uma excelente captação de imagem por parte das companhias de TV.

(Fonte: O autor)

## 6.4 Uniformidade Horizontal

Tabela 16: Resultados - Uniformidade Horizontal

Existente	Principais características	Situação
Coefficiente de variação (CV) de 0,15 e Gradiente de uniformidade (UG) de 2	Valores que constam no projeto de iluminação do estádio	<u>Correto</u> Por estar dentro dos padrões para os níveis de uniformidade horizontal exigidos que são de $0,13 \leq CV \leq 0,15$ e $1,5 \leq UG \leq 2$ .

(Fonte: O autor)

## 6.5 Reprodução e Temperatura de cor

Tabela 17: Resultados - Reprodução e Temperatura de cor

Existente	Principais características	Situação
Índice de reprodução das cores de 95% e Temperatura de cor igual a 5500 K	Valores retirados da ficha técnica do fabricante das lâmpadas.	<u>Correto</u> Por obedecer às medidas estabelecidas nos padrões da FIFA, ou seja, índice de reprodução das cores com valores maiores que 65% e temperatura de cor com valores maiores que 4.000 K.

(Fonte: O autor)

## 6.6 Alimentação de Emergência

**Tabela 18: Resultados - Alimentação de Emergência**

<b>Existente</b>	<b>Principais características</b>	<b>Situação</b>
Grupo motor-gerador de 44 kVA e lâmpadas de emergência portáteis instaladas próximas às saídas do estádio	O grupo motor-gerador fornece energia para alimentar somente as luzes das arquibancadas em caso de uma emergência. Apresentando também poucas lâmpadas de emergência para auxiliar o público em uma eventual fuga do local.	<u>Errado</u> Por não obedecer às orientações das normas internacionais que exigem um sistema de emergência que alimente todo o local (campo e arquibancada).
<b>Alternativa</b>	<b>Principais características</b>	<b>Comentários</b>
Grupo motor-gerador de 460 kVA	Com a instalação de um gerador de maior potência, ele poderá atender toda a iluminação dentro de campo (refletores com potência total de 352 kVA) e energizar também a arquibancada (potência de 44 KVA).	Realizando estas mudanças a alimentação de emergência estará dentro nas normas internacionais da FIFA.

(Fonte: O autor)

## 6.7 Lâmpadas utilizadas

**Tabela 19: Resultados: Lâmpadas Utilizadas**

<b>Existente</b>	<b>Principais características</b>	<b>Situação</b>
Lâmpadas de vapor metálico tubulares	Lâmpadas com potência de 2.000 W, tensão de entrada de 380 V e iluminância de 1.320 lux.	<u>Errado</u> Por não atender às especificações para eventos de nível IV e V da FIFA que desejam níveis de iluminância de no mínimo 2.000 lux.
<b>Alternativa</b>	<b>Principais características</b>	<b>Comentários</b>
Lâmpadas de LED com iluminância acima de 2.000 lux.	Com a mudança para lâmpadas de LED de maior iluminância teremos uma modernização na tecnologia das lâmpadas utilizadas, possibilitando uma economia de energia no estádio.	Realizando esta alteração as normas da FIFA de iluminância para eventos de níveis IV e V serão atendidas.

(Fonte: O autor)

## 7 Conclusão

Este trabalho se propôs a realizar um estudo da iluminação de estádios, principalmente na iluminação do campo, que como sabemos, demanda maior potência do sistema elétrico dos mesmos.

Ficou em foco o Estádio Raulino de Oliveira, por esse ser um local que passou a fazer parte de campeonatos maiores, como o Campeonato Brasileiro no ano de 2016, e por ter comportado eventos amistosos da copa de 2014.

Foi realizada então uma visita ao local, onde foi possível ver, in loco, todo o sistema de iluminação, seus refletores, as lâmpadas utilizadas e o posicionamento das torres onde estes equipamentos estão fixados.

Para verificação de algumas informações do projeto que não eram possíveis ser mensuradas por falta de equipamentos especiais, foi necessária a consulta dos diagramas do projeto de iluminação, que ficou a disposição graças ao administrador do estádio.

Após a visita, uma análise minuciosa do sistema nos possibilitou verificar que muitos pontos da iluminação obedeciam às normas internacionais impostas pela FIFA para jogos televisionados internacionalmente, como, por exemplo, a altura de instalação dos projetores, posicionamento dos refletores ao redor do campo, atendimento do direcionamento multizona, uniformidade horizontal, índice de reprodução de cor e temperatura de cores.

Contudo, alguns requisitos não foram atendidos e estes são: alimentação de emergência e iluminância das lâmpadas utilizadas. Logo, foram proposta soluções para ambos os casos.

No caso da alimentação de emergência, calculou-se a potência demandada pela iluminação do campo, da arquibancada e das áreas de circulação do público e utilizando-se uma margem de segurança de 10%, obteve-se o valor do novo gerador que seria necessário para o estádio atender as normas internacionais para esse quesito.

Já no ponto da iluminância das lâmpadas, verificou-se que o atual índice para essa variável é aproximadamente metade do valor estipulado pelas FIFA. Visto isso, é recomendável que se dobre o número de lâmpadas do local, a fim de que o nível do iluminamento atinja os 2.000 lux descritos nos documentos de recomendações para jogos televisionados internacionalmente.

Para trabalhos futuros, sugere-se que se faça o estudo de verificação das lâmpadas da arquibancada do estádio e a implementação de um circuito automatizado para o ligamento e desligamento da iluminação do campo em caso de falta de energia, pois devido ser um equipamento de alto custo, não é recomendado que ele acenda e apague as lâmpadas demasiadas vezes num intervalo curto de tempo. Outro trabalho também que pode ser feito é o estudo de outros estádios espalhados pelo Brasil, propondo aplicações modernas para favorecer a eficiência energética dos mesmos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] COSTA, G. J. C. *Iluminação Econômica: Cálculo e Avaliação*. 3. ed. Rio Grande do Sul: EDPUCRS, 2005. 576 p.
- [2] CREDER, H. *Instalações Elétricas*. 15ª ed. Rio de Janeiro: Livro Técnico Científico Editora S.A, 2007. 443p.
- [3] HALLIDAY, D. ; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física*. 8. ed. v. III. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- [4] MOREIRA, V. A. *Iluminação Elétrica*. 1. ed. São Paulo-SP: Editora Edgard Blucher, 1999, 212p.
- [5] YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. *Física III: Eletromagnetismo*. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2009. 428 p.
- [6] YOUNG, H.D., FREEDMAN, R.A., *Física IV: Ótica e Física Moderna*, 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2009. 440 p.
- [7] FIFA. *Estádios de Futebol – Recomendações e requisitos técnicos*. 5. ed. Zurique, 2011. 435 p.
- [8] GLOBO, *Globo Esporte*. Disponível em:  
<<http://globoesporte.globo.com/futebol/times/fluminense/noticia/2016/01/flu-faz-parceria-com-prefeitura-e-volta-redonda-sera-casa-tricolor-em-2016.html>>. Acesso em: 09/05/2016.
- [9] LANCE, *Futebol Nacional*. Disponível em: <<http://www.lance.com.br/futebol-nacional/fla-flu-estudam-opcoes-estadio-2016-volta-redonda-mais-viavel.html>>. Acesso em: 22/06/2016.

[10] *Estádio da Cidadania – Gal. Sylvio Raulino de Oliveira*. Disponível em: <<http://www.voltaredonda.rj.gov.br/estadiodacidadania/>>. Acesso em: 06/05/2016.

[11] IG, O Dia. Disponível em: <<http://odia.ig.com.br/odiaestado/2014-04-23/estadio-e-palco-de-cidadania-em-volta-redonda.html>>. Acesso em: 25/09/2016.

[12] Comitê Organizador Brasileiro Copa 2014, Recomendação Técnica para Iluminação do Campo de Jogo – Rev\_0. Disponível em: <[http://www.portal2014.org.br/midia/site/RECOMENDACAO\\_TECNICA\\_PARA\\_ILUMINACAO\\_DO\\_CAMPO\\_EM\\_ESTADIOS\\_e\\_CTs\\_LOC\\_2014.pdf](http://www.portal2014.org.br/midia/site/RECOMENDACAO_TECNICA_PARA_ILUMINACAO_DO_CAMPO_EM_ESTADIOS_e_CTs_LOC_2014.pdf)>. Acesso em: 23/07/2016.

[13] Guia de Recomendações de Parâmetros e Dimensionamentos para Segurança e Conforto em Estádios de Futebol. Disponível em: <<http://www.esporte.gov.br/arquivos/ascom/publicacoes/Guia%20de%20Recomendaes%20de%20Parametros%20e%20Dimensionamentos%20para%20Segurana%20e%20Conforto%20em%20Estdios%20de%20Futebol.pdf>>. Acesso em: 11/12/2016

[14] LED ou Vapor de Sódio. Disponível em <<http://leddepot.com.br/>>. Acesso em: 05/11/2016.

[15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5461. *Iluminação: Terminologia*. Rio de Janeiro: ABNT, 1991. 68 p.

[16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5413. *Iluminância de interiores*. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 13 p.

[17] OSRAM. *Manual Luminotécnico Prático*. Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>>. Acesso em: 30/03/2016.

[18] Estádio Fonte Nova - Projeto Básico de Engenharia - Relatório Técnico de Instalações Elétricas. Disponível em:

<[http://www.sefaz.ba.gov.br/administracao/ppp/Anexo\\_3\\_RL-1944-02-EL-001-REV0.Instalacoes\\_Eletricas.pdf](http://www.sefaz.ba.gov.br/administracao/ppp/Anexo_3_RL-1944-02-EL-001-REV0.Instalacoes_Eletricas.pdf)>. Acesso em: 10/10/2016

[19] Unidades de Medida. Disponível em:

<<https://pt.slideshare.net/flavioalbano7/sistema-internaiconal-cpia>>. Acesso em: 02/04/2016

[20] Espectro Eletromagnético. Disponível em:

<<http://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>>. Acesso em: 03/04/2016

[21] Projeto luminotécnico com tecnologia LED. Disponível em:

<<http://monografias.poli.ufrj.br/>>. Acesso em: 06/09/2016

[22] Newline Iluminação. Disponível em: <<http://www.newline.ind.br/voce-sabe-o-que-e-temperatura-de-cor/>>. Acesso em: 23/06/2016

[23] Iluminância Vertical e Horizontal. Disponível em: <<http://www.schreder.com>>. Acesso em: 04/02/2017

[24] Portal do Globo Esporte. Disponível em:

<<http://globoesporte.globo.com/mg/futebol/brasileirao-serie-a/jogo/04-08-2016/cruzeiro-internacional/>>. Acesso em: 21/10/2016

[25] TV Rio Sul - Moradores de Volta Redonda, RJ, podem fazer fisioterapia de graça.

Disponível em: <<http://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/noticia/2014/05/moradores-de-volta-redonda-rj-podem-fazer-fisioterapia-de-graca.html>>. Acesso em: 28/11/2016

[26] O Dia. Disponível em: <<http://odia.ig.com.br/odiaestado/2014-04-23/estadio-e-palco-de-cidadania-em-volta-redonda.html>>. Acesso em: 30/10/2016

[27] Portal Fim de Jogo. Disponível em:

<<http://www.fimdejogo.com.br/blog/2016/05/31/venda-de-ingressos-flamengo-x-vitoria-2/>>. Acesso em: 01/11/2016

[28] Portal Diário do Vale. Disponível em: <<http://diariodovale.com.br/esporte/copa-rio-voltaco-e-friburguense-empatam-no-raulino-de-oliveira/>>. Acesso em: 08/11/2016

[29] Portal UOL. Disponível em:

<<https://esporte.uol.com.br/futebol/campeonatos/brasileiro/serie-a/ultimas-noticias/2010/11/07/raulino-de-oliveira-e-o-trunfo-do-flamengo-na-reta-final-do-brasileiro.jhtm>>. Acesso em: 08/11/2016

[30] Blog do Juca. Disponível em: <<https://blogdojuca.uol.com.br/2016/05/o-misterio-de-volta-redonda-a-cidade-que-nao-gosta-de-futebol/>>. Acesso em 15/11/2016

[31] Portal OSRAM. Disponível em:

<[https://www.osram.de/osram\\_de/produkte/lampen/hochdruck-entladungslampen/halogen-metaldampflampen-mit-quarztechnologie/powerstar-hqi-t-1000...2000-w/index.jsp?productId=ZMP\\_58185](https://www.osram.de/osram_de/produkte/lampen/hochdruck-entladungslampen/halogen-metaldampflampen-mit-quarztechnologie/powerstar-hqi-t-1000...2000-w/index.jsp?productId=ZMP_58185)>. Acesso em: 10/01/2016

[32] Guia de Iluminação – Startec. Disponível em:

<<http://www.youblisher.com/p/1095286-Guia-de-Iluminacao/>>. Acesso em: 03/05/2016