

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR EM  
TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**

**DÉBORA VANESSA MAAS**

**ANÁLISE LUMINOTÉCNICA DO USO DE LÂMPADAS LED EM UM  
NÚCLEO DE PRODUÇÃO DE OVOS FÉRTEIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**MEDIANEIRA  
2014**

**DÉBORA VANESSA MAAS**

**ANÁLISE LUMINOTÉCNICA DO USO DE LÂMPADAS LED EM UM  
NÚCLEO DE PRODUÇÃO DE OVOS FÉRTEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação,  
apresentado como requisito parcial à obtenção do  
título de Tecnólogo em Manutenção Industrial do  
curso de Tecnologia em Manutenção Industrial da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Me Filipe Marangoni  
Coorientador: Prof. Me Evandro André Konopatzki

**MEDIANEIRA  
2014**



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### ANÁLISE LUMINOTÉCNICA DO USO DE LÂMPADAS LED EM UM NÚCLEO DE PRODUÇÃO DE OVOS FÉRTEIS

Por:  
**Débora Vanessa Maas**

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 19:00 h do dia 2 de dezembro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Medianeira. A acadêmica foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Me. Filipe Marangoni  
UTFPR – Campus Medianeira  
(Orientador)

---

Prof. Me. Evandro André Konopatzki  
UTFPR – Campus Medianeira  
(Coorientador)

---

Prof. Me. Paulo Roberto Dulnik  
UTFPR – Campus Medianeira  
(Convidado)

---

Prof. Me. Samir de Oliveira Ferreira  
UTFPR – Campus Medianeira  
(Convidado)

---

Prof. Me. Paulo Job Brenneisen  
UTFPR – Campus Medianeira  
(Responsável pelas atividades de TCC)

**A Folha de Aprovação assinada encontra-se na coordenação do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me ajudado a superar as dificuldades. Ao orientador e coorientador pela orientação, apoio e confiança. Aos meus pais pelo amor, incentivo e apoio incondicional. A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação um muito obrigada.

*Que os vossos esforços desafiem as  
impossibilidades, lembrai-vos de que as  
grandes coisas do homem foram  
conquistadas do que parecia impossível*

CHARLES CHAPLIN

## RESUMO

MAAS, Débora Vanessa. Análise luminotécnica do uso de lâmpadas LED em um núcleo de produção de ovos férteis. 2014. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

A iluminação de ambientes tem sido estudada sob aspecto humano e animal. Nos seres humanos já foram analisados o conforto visual, a melhoria da acuidade, a segurança do trabalho e os riscos ambientais e ergonômicos da sua instalação inadequada na sua influência sobre a produtividade de ovos em matrizeiros. Este trabalho teve como objetivo verificar a adequação do sistema de iluminação (vapor de sódio) atualmente instalado no barracão analisando a viabilidade técnica-econômica de substituição destas lâmpadas por outras de LED. A análise foi feita por cenários onde se comparou o sistema atualmente instalado (48 lâmpadas de vapor de sódio) com o barracão adaptado para lâmpadas LED, no qual foram feitas as trocas de lâmpadas (apenas) sem a preocupação sobre efeitos luminosos. Também foram realizados os cálculos de dimensionamento luminotécnico para constatação da adequação dos sistemas à norma vigente. As medições luminotécnicas mostraram que a iluminância média do barracão com as 48 lâmpadas de vapor de sódio instaladas é de 85,75 lux com relação de difusidade baixa (0,50) confirmando a hipótese de que a instalação elétrica atual não atende as exigências normatizadas para o ambiente. Um projeto da nova instalação mostrou que 46 lâmpadas deste tipo seriam necessárias para adequar o sistema de iluminação. No barracão onde foram trocadas as lâmpadas pelas LED, a iluminância média foi de 32,53 lux – valor aquém do normatizado. Este sistema apresentou-se economicamente viável com tempo de pagamento (*payback*) de 3 meses, TIR de 3,52%<sub>am</sub> e VPL de R\$ 11.298,63 denotando ser esta a economia na fatura de energia elétrica pela vida estimada da nova lâmpada. Porém destaca-se que esta opção é tecnicamente inviável. O correto dimensionamento do sistema LED implica ter 235 lâmpadas instaladas no barracão, fato que apresenta inviabilidade econômica por terem TIR, VPL e *Payback* negativos.

**Palavras-chave:** Luminotécnica. Lâmpadas LED. Viabilidade.

## ABSTRACT

MAAS, Débora Vanessa. Luminotechnical analysis for using LED lamps in a production center of fertile eggs. 2014. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

The environment lighting has been studied in human and animal aspect. In humans have been analyzed visual comfort, improved acuity, work safety and environmental and ergonomic risks of its improper installation. This study aimed to verify the adequacy of the lighting system (sodium vapor) currently installed in the shed, by analyzing the technical and economic feasibility of replacement of these bulbs for LED bulbs. The analysis was made by comparing scenarios where the currently installed system (48 sodium vapor lamps) with shed adapted to LED lamps, in which were made just the lamps substitution without the worry about the light effects. Were carried out luminotecnico sizing calculations for determining the adequacy of systems to current standards. The lighting measurements showed that the average illuminance shed with 48 installed sodium vapor lamps is 85.75 lux with low diffusivity ratio (0.50) confirming the hypothesis that the current electrical installation does not meet the legislated requirements for this place. A new installation project showed that 46 lamps of this type would be needed to suit the lighting system. In the shed where the bulbs were exchanged for LED, the average illuminance was 32.53 lux - value below the regulated. This system showed up viable economically with payment time (payback) 3 months, IRR of 3.52% per month and NPV of R \$ 11,298.63 denoting this is the savings in electricity bill by the estimated life of the new lamp. But it is emphasized that this option is not technically feasible. The correct sizing of the LED system needs to have 235 lamps installed in the shed, a fact that has not economically feasible for having IRR, NPV and Payback negative.

**Keywords:** Lighting technique. LED lamps. Viability.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO .....	14
FIGURA 2 – CURVA DE SENSIBILIDADE DO OLHO HUMANO AS RADIAÇÕES VISÍVEIS .....	15
FIGURA 3 – LÂMPADA VAPOR DE SÓDIO .....	20
FIGURA 4 – LÂMPADA LED.....	22
FIGURA 5 – ESPALHAMENTO DA LUMINÁRIA LED (A) E VAPOR DE SÓDIO (B).....	26
FIGURA 6 – VISTA AÉREA DA UNIDADE PRODUTORA DE PINTAINHOS.....	40
FIGURA 7 – LÂMPADAS VAPOR DE SÓDIO (A) E LÂMPADAS LED (B) .....	42
FIGURA 8 – VISTA PARCIAL DOS PONTOS DE MEDIÇÃO .....	44
FIGURA 9 – MOSTRA PARCIAL DA POSIÇÃO DAS LÂMPADAS .....	46
FIGURA 10 – VISTA LATERAL DA DISTRIBUIÇÃO DAS LÂMPADAS.....	47
FIGURA 11 – GRÁFICO DE COMPARAÇÃO DE PRODUÇÃO LED <i>VERSUS</i> VAPOR DE SÓDIO .....	50
FIGURA 12 – VISTA PARCIAL DO PROJETO COM LÂMPADAS LED .....	51

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – DETERMINAÇÃO DE REFLETÂNCIAS .....	27
TABELA 2 – PERÍODOS DE MANUTENÇÃO .....	27
TABELA 3 – EFEITO DA INTENSIDADE DE LUZ SOBRE A IDADE DA MATURIDADE SEXUAL E AS CARACTERÍSTICAS OVARIANAS NAS POEDEIRAS .....	36
TABELA 4 – ALGUNS PONTOS DE MEDIÇÃO E VALORES MEDIDOS PARA VAPOR DE SÓDIO .....	48
TABELA 5 – ALGUNS PONTOS DE MEDIÇÃO E VALORES MEDIDOS PARA LÂMPADAS LED.....	49

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – DADOS DA LÂMPADA DE VAPOR DE SÓDIO .....	47
QUADRO 2 – DADOS DAS LÂMPADAS LED .....	49

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira de Regulamentação
UPP	Unidade Produtora de pintainhos
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## LISTA DE ABREVIações

cd	Candela
cm	Centímetros
K	Kelvin
kV	Quilo Volts
Lm	Lúmen
nm	Nanômetro
V	Volt
W	Watt

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>14</b>
2.1 CONCEITOS BÁSICOS DE LUMINOTÉCNICA	16
2.1.1 Luz	16
2.1.2 Fluxo Luminoso	16
2.1.3 Intensidade Luminosa	16
2.1.4 Eficiência Luminosa	17
2.1.5 Luminância	17
2.1.6 Refletância	18
2.1.7 Iluminância	18
2.1.8 Índice de Reprodução de Cor (IRC)	18
2.1.9 Temperatura de Cor	19
2.2 LÂMPADA VAPOR DE SÓDIO DE ALTA PRESSÃO	19
2.2.1 Reatores	20
2.2.2 Ignitores	21
2.3 LÂMPADA LED	21
2.4 NORMAS VIGENTES PARA PROJETOS LUMINOTÉCNICOS	23
2.4.1 Método para Medição de Iluminação Interior	23
2.4.1.1 Matriz de medição	24
2.4.1.2 Definição da altura de posicionamento do sensor fotômetro	25
2.4.1.3 Definição da difusidade da luz	25
2.5 MÉTODO DE LUMENS	25
2.6 CONCEITOS BÁSICOS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE OVOS FÉRTEIS	28
2.6.1 Matrizes Pesadas	28
2.6.2 Matriseiros	29
2.6.3 Recria	29
2.6.4 Produção	29
2.6.5 Tipos de ovos	29
2.6.6 Incubatório	30
2.7 FOTOPERÍODOS E PROGRAMAS DE LUZ	30
2.7.1 Ação da Luz nas Aves	32
2.7.2 Efeitos da Luz Sobre as Aves	33
2.7.3 Lotes de Estação	34
2.7.4 Lotes Fora de Estação	34
2.7.5 Os Tipos de Programas de Luz	35
2.7.6 Intensidade de luz sobre as aves	35
2.8 ENGENHARIA ECONÔMICA	36
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>39</b>
3.1 A EMPRESA	39
3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS DOS BARRACÕES	40
3.3 CÁLCULO LUMINOTÉCNICO	42
3.4 MEDIÇÃO LUMINOTÉCNICA	43
3.5 ENGENHARIA ECONÔMICA	45
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>46</b>
4.1 ANÁLISE DO BARRACÃO COM LÂMPADAS LED	49
4.2 PROJETO LUMINOTÉCNICO DE UM BARRACÃO COM LÂMPADAS LED	51

<b>5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>
<b>APÊNDICE A – PONTOS DE MEDIÇÃO E VALORES MEDIDOS PARA A LÂMPADA DE VAPOR DE SÓDIO .....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE B – PONTOS DE MEDIÇÃO E VALORES MEDIDOS PARA LÂMPADAS LED.....</b>	<b>60</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Para a realização das mais diversas tarefas é necessário que haja uma boa qualidade de iluminação, para isso é necessário um projeto de acordo com o local onde a atividade é realizada.

O presente trabalho trata-se de um estudo em que houve a substituição de lâmpadas vapor de sódio de 70 W por lâmpadas mais econômicas, de LED 12 W, em um núcleo de produção de ovos férteis. As lâmpadas foram simplesmente substituídas em igual quantidade.

O objetivo do trabalho é verificar se essa alternativa é viável, pois não foi realizado nenhum tipo de pesquisa na empresa para verificar se esse tipo de iluminação poderia afetar a produção ou fornecer uma quantidade inadequada de iluminação para o desenvolvimento reprodutivo das aves. A empresa optou, simplesmente, por uma alternativa mais econômica (lâmpadas LED).

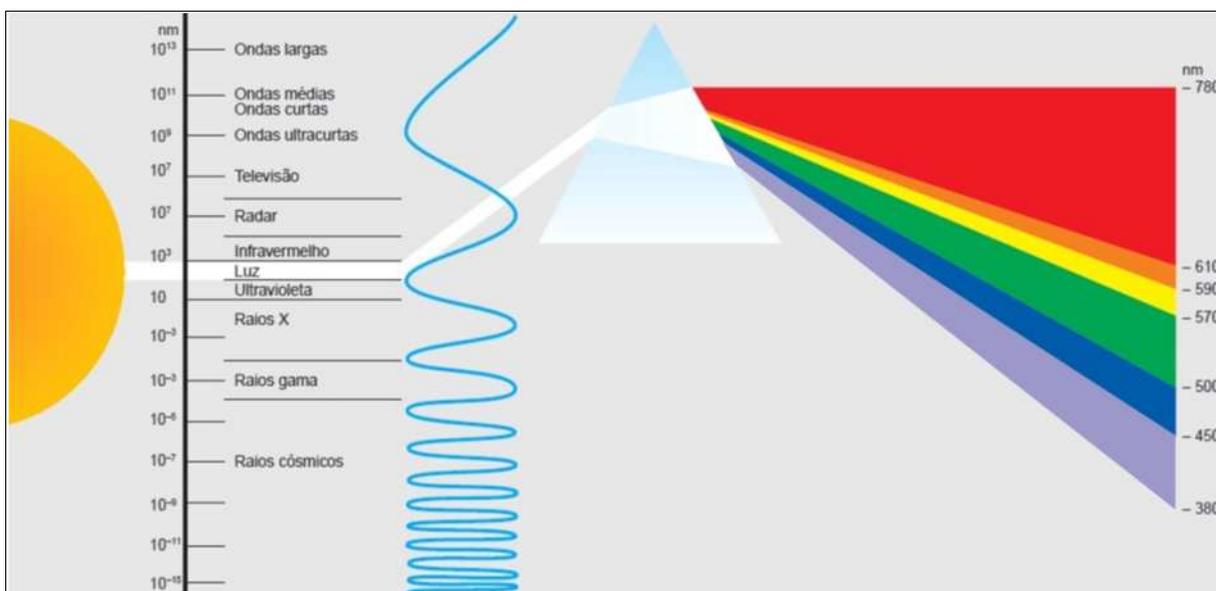
Através do projeto luminotécnico (que demonstrou qual é a quantidade ideal de lâmpadas) e através da engenharia econômica foi possível verificar se esse investimento trará lucros futuros para a empresa.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A iluminação é importante para transmitir mensagens e bem estar as pessoas. A influência da luz no afeto e humor dos indivíduos foi evidenciada por Lima e Martin (2009) que desenvolveram padrões e conceitos que comprovam que a qualidade lumínica pode contribuir para o conforto visual, para o humor, a saúde e as emoções.

Conforme Cotrim (2009), uma fonte de radiação emite ondas eletromagnéticas. Elas possuem diferentes comprimentos de onda, mas o olho humano é sensível a somente alguns (entre 380 nm a 780 nm). Luz é, portanto, a radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual. Segundo Cotrim (2009) o espectro visível pode ser dividido conforme o comprimento de onda, sendo que cada um deles causa no olho humano uma impressão de cor. São elas: Violeta, 380 a 436nm; Azul, 436 a 495nm; Verde, 495 a 566 nm; Amarelo, 566 a 589 nm; Laranja, 589 a 627nm; e Vermelho: 627 a 780nm.

Na Figura 1 observa-se o espectro eletromagnético que apresenta os comprimentos de onda de luz visível e também invisível ao olho humano



**Figura 1 – Espectro eletromagnético**  
**Fonte: Osram (2014)**

Existem radiações invisíveis para o ser humano, as infravermelhas e ultravioletas. As radiações infravermelhas possuem seu comprimento de onda entre

760 nm a 10.000 nm, e caracterizam-se por se forte efeito calorífico. As radiações ultravioletas caracterizam-se por sua elevada ação química e pela excitação da fluorescência de diversas substâncias, sendo dividida em três grupos: UV-A (próximo à luz negra, de 315 a 400 nm); UV-B (intermediário de 280 a 315 nm); e UV-C (remoto ou germicida de 100 a 280 nm).

O espectro eletromagnético é definido como sendo o intervalo que contém todas as ondas eletromagnéticas. As mesmas são formadas pela combinação dos campos elétricos e magnéticos, os quais se propagam perpendicularmente um em relação ao outro.

Com relação à radiação visível, verifica-se impressão luminosa e a impressão de cor. Essa sensação de cor está ligada aos comprimentos de ondas diferentes que produzem diversas sensações de luminosidade, o olho não é igualmente sensível a todas as cores (Luz, 2014).

A Figura 2 representa a curva de sensibilidade do olho humano às radiações visíveis e demonstra a forma com que o olho humano se comporta em relação aos diversos comprimentos de onda.

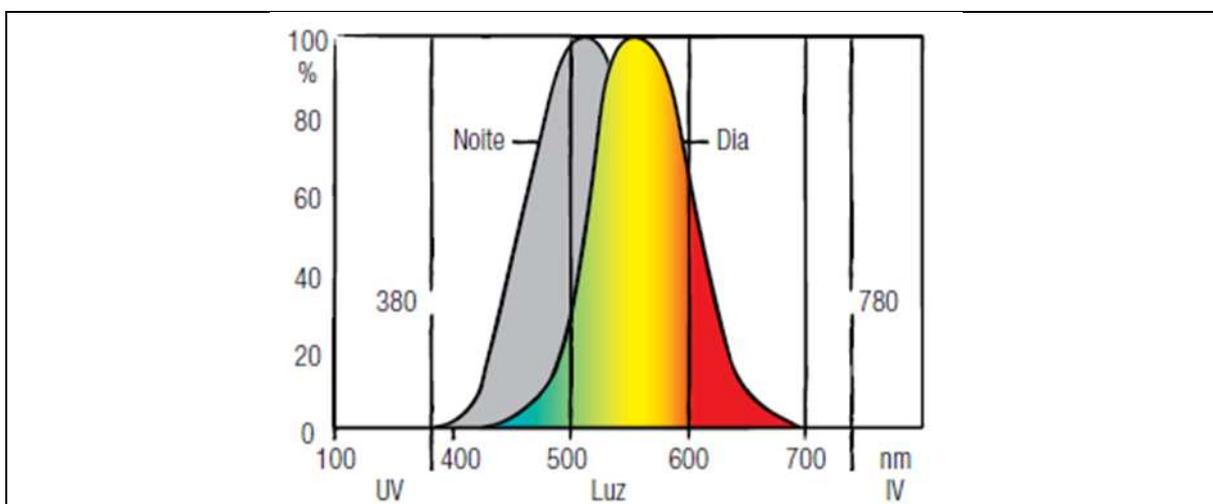


Figura 2 – Curva de sensibilidade do olho humano as radiações visíveis  
Fonte: Osram (2014).

Como pode ser observado na Figura 2, Algumas irradiações intensificam a sensação luminosa do olho humano quando o ambiente é iluminado com pouca luz, são radiações de menor comprimento de onda, como o violeta e o azul. As radiações de maior comprimento de onda minimizam a sensação luminosa do olho humano, é o caso das cores laranja e vermelho.

## 2.1 CONCEITOS BÁSICOS DE LUMINOTÉCNICA

Serão abordados, neste capítulo, conceitos e definições sobre luminotécnica que são extremamente necessários para o desenvolvimento de qualquer trabalho relacionado a esta área.

### 2.1.1 Luz

De acordo com Niskier e Macintyre (2000), a luz é uma modalidade da energia radiante que um observador verifica pela sensação visual de claridade determinada no estímulo da retina, sob ação da radiação, no processo de percepção sensorial visual. É uma fonte de irradiação que emite ondas eletromagnéticas em diferentes comprimentos, apenas algumas ondas de comprimento de onda definido são visíveis para o olho humano.

A luz se comporta como varias ondas geradas num campo eletromagnético, propagando-se em todas as direções a partir de uma fonte geradora.

### 2.1.2 Fluxo Luminoso

É a quantidade de luz emitida a cada segundo por uma fonte luminosa em todas as direções, sua unidade é o lúmen (lm). A medição de fluxo luminoso de fontes de luz artificial é realizada dentro de uma esfera branca totalmente difusa, chamada de esfera de Ulbricht. Esse equipamento mede a quantidade total de lumens emitida pela fonte de luz testada, em comparação a uma lâmpada calibrada.

### 2.1.3 Intensidade Luminosa

É a potência de radiação visível que uma fonte de luz emite numa direção

especificada, sua unidade é denominada candela (cd). Se uma determinada fonte luminosa localizada no centro de uma esfera de raio igual a 1m, emitir em todas as direções intensidade luminosa de 1cd, em cada metro quadrado da superfície da esfera possuirá fluxo luminoso de 1lm.

Normalmente uma fonte de luz não emite um fluxo luminoso uniformemente em todas as direções, o que significa que a intensidade luminosa varia de uma direção para outra.

#### 2.1.4 Eficiência Luminosa

É a relação entre o fluxo luminoso emitido por uma fonte luminosa e a potência em watts consumida por esta. Dada pela Expressão 1, onde  $\psi$  representa o fluxo luminoso emitido e  $P_c$  é a potência consumida.

$$n = \frac{\psi}{P_c} \text{ lumens/w} \quad (1)$$

#### 2.1.5 Luminância

A luminância, determinada pela Equação 2, corresponde ao fluxo luminoso emitido por uma unidade de área de uma superfície numa direção específica, sendo expressa em candela por metro quadrado ( $\text{cd/m}^2$ ).

Também pode ser entendida como uma forma que o cérebro avalia e mede a sensação de claridade provocada por uma fonte de luz.

$$L = \frac{I}{S \times \cos\alpha} \quad (2)$$

De acordo com a Equação 2,  $S$  representa a superfície iluminada,  $\alpha$  é o ângulo entre a superfície iluminada e a vertical (que é ortogonal à direção do fluxo luminoso) e  $I$  é a intensidade luminosa.

### 2.1.6 Refletância

É a relação entre o fluxo luminoso refletido por uma dada superfície e o fluxo luminoso incidente sobre a mesma. Um exemplo seria colocar dois objetos diferentes em num mesmo ambiente e com mesma luminosidade, é sabido que iriam originar luminâncias diferentes.

### 2.1.7 Iluminância

Segundo Mamede Filho (2012) Iluminância é o limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado para a área da superfície quando esta tende para zero. É expressa em lux que corresponde ao fluxo luminoso incidente em uma superfície por unidade de área, se 1m<sup>2</sup> for iluminado perpendicularmente por uma fonte de luz de fluxo luminoso 1 lúmen, apresenta a iluminância de 1 lux, como está representado na Expressão 3.

$$E = \frac{F}{S} (lux) \quad (3)$$

### 2.1.8 Índice de Reprodução de Cor (IRC)

É caracterizado como a forma que as cores do objeto são percebidas por aquele que os observa, também pode ser compreendido como a capacidade de a fonte luz manter ou não a fidelidade a cor real do objeto iluminado.

A luz do dia é o adequado para que o ser humano perceba as cores com fidelidade. Quando uma lâmpada apresenta IRC igual ou muito próximo a 100 % é totalmente fiel a reprodução de cores, e quando menor esse valor, menor será a fidelidade de cor do objeto.

Segundo Luz (2007), as lâmpadas incandescentes possuem um IRC de 100%, nas lâmpadas fluorescentes esse valor passa para 60%, lâmpadas vapor de

mercúrio possuem um IRC de 55%, já para as lâmpadas vapor de sódio de alta pressão esse valor é de apenas 30%. O índice de reprodução de cor de 60% é razoável, 80% é bom e acima de 90% são considerados excelentes.

### 2.1.9 Temperatura de Cor

A luz quente ou fria não se refere ao calor físico da lâmpada, mas ao tom de cor que ele dá ao ambiente. Essa temperatura é medida em Kelvin (K) e quanto maior for o número, mais fria é a cor da lâmpada.

As lâmpadas consideradas quentes vão até 3000 K e são empregadas em locais como residências e restaurantes. Já as de cores neutras que abrangem de 3000 K a 4000 K e são utilizadas em ambientes comerciais. As cores com temperaturas acima de 4000 K são consideradas cores frias, lâmpadas com essa característica podem ser empregadas em escritórios e recintos de fábrica.

Nas próximas seções, 2.2 e 2.3, será feita uma abordagem dos dois tipos de lâmpadas utilizadas no estudo: vapor de sódio de alta pressão e LED.

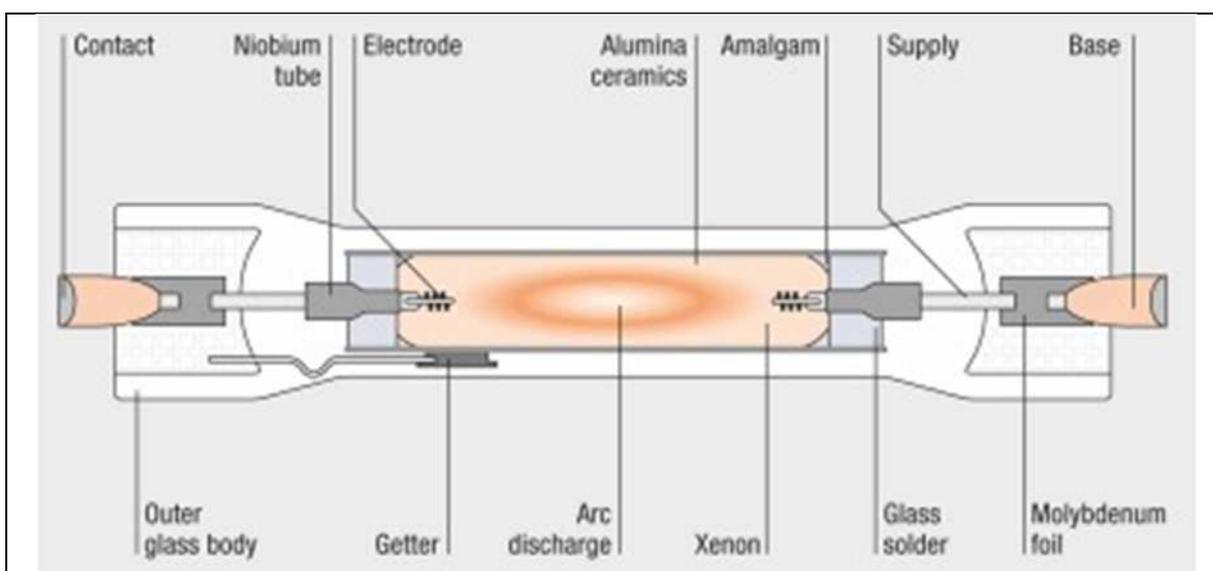
## 2.2 LÂMPADA VAPOR DE SÓDIO DE ALTA PRESSÃO

A denominação “alta pressão” tem sentido relativo em comparação com as lâmpadas a vapor de sódio de baixa pressão. Com o aumento da pressão tem-se um fluxo luminoso de espectro contínuo e cor dourada, permitindo seu uso na iluminação de exteriores e interiores (MOREIRA, 1999). Esse tipo de lâmpada pode ser utilizado no interior de instalações industriais onde as tarefas realizadas não demandem uma grande fidelidade de cor, também é comum seu uso em rodovias, avenidas, viadutos, estacionamentos, túneis, praças e monumentos.

Nestas lâmpadas a luz produzida ocorre pela passagem de corrente elétrica através do vapor de sódio. Os elétrons que recebem sua energia do campo elétrico existente entre os eletrodos excitam os átomos de sódio e os mesmos emitem luz amarela (ANDRÉ, 2004).

As lâmpadas de vapor de sódio são constituídas de um tubo de descarga de óxido de alumínio translúcido, sendo que em seu interior existem eletrodos de nióbio, xenônio, mercúrio e sódio metálico.

Na Figura 3 podem ser observados todos os componentes que compõem a lâmpada de vapor de sódio.



**Figura 3 – Lâmpada vapor de sódio**  
**Fonte: Osram (2014).**

O tubo de descarga está localizado dentro do bulbo externo, de vidro duro. O vácuo que existe entre os dois bulbos tem a função de diminuir a perda de calor para o exterior, consequentemente aumentando a eficiência luminosa da lâmpada. A vida média desse tipo de lâmpada é da ordem de 24.000 horas, sua eficiência pode ser de até 130 lm/W para lâmpadas de maior potência.

As lâmpadas de vapor de sódio necessitam de um reator que limite a intensidade de corrente no tubo de arco e que forneça as tensões de ignição (juntamente com o ignitor) da ordem de 2 a 5 kV (MOREIRA, 1999).

### 2.2.1 Reatores

São responsáveis pela estabilização da corrente a um nível adequado de projeto da lâmpada. Os reatores se apresentam como uma reatância série do circuito da lâmpada (MAMEDE FILHO, 2012).

O mesmo autor ressalta que em geral as lâmpadas de descarga funcionam conectadas com reatores, o fluxo luminoso emitido pela lâmpada depende diretamente do desempenho do reator, denominado fator de fluxo luminoso. Quando a tensão da rede é suficiente para dar a partida da lâmpada, é necessária somente a utilização de reator série, composto de uma simples bobina enrolada em um núcleo de ferro.

### 2.2.2 Ignitores

São dispositivos utilizados nas lâmpadas vapor de sódio e vapor metálico que tem a função de gerar pulsações de tensão elevada, da ordem de 1 a 5 kV, a fim de iniciar as descargas da lâmpada, sendo que, quando a lâmpada começa a acender o ignitor deixa automaticamente de emitir pulsos. Quando as lâmpadas são desligadas a pressão do gás diminui, assim quando a mesma for energizada novamente o ignitor inicia novamente os disparos até que a pressão do gás seja suficiente para o reacendimento.

As lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão costumam levar em torno de 1 minuto para reigitação e, devido à composição e a construção de seus tubos de descarga, necessitam para a sua partida uma tensão superior a da rede utilizada. Os reatores são os componentes responsáveis pela geração dessa tensão, como requer uma tensão muito elevada o ignitor auxilia para que se consiga o nível de tensão exigido.

## 2.3 LÂMPADA LED

Conforme Solelux (2014), LED é a sigla em inglês para *light emitting diode* ou diodo emissor de luz, recebeu este nome por se tratar de um diodo semicondutor (junção P-N), que quando polarizado diretamente emite luz visível.

O primeiro LED foi criado em 1962, desenvolvido por um engenheiro da General Electric (Nick Holoniak Jr) sendo produzido inicialmente na cor vermelha e mais tarde nas cores verde e amarelo.

No início, esses dispositivos eram usados em iluminação indicativa em painéis e equipamentos elétricos e eletrônicos, sua função era indicar o estado de ligado ou desligado.

Com mais pesquisas conseguiu-se criar o LED branco, que é uma combinação do LED azul com uma camada de fósforo. Hoje se tem inúmeras utilizações que vão desde a iluminação de casas até a utilização por indústrias automobilísticas.

As evoluções não param, e a cada momento surgem novas tecnologias cada vez mais eficientes que torna o produto ideal para empresas e lugares que buscam economia de energia. Além de ser uma iluminação sustentável que utiliza de forma racional os recursos energéticos, tem sua vida útil muito longa e resulta em grande economia de energia quando comparada com os outros tipos de lâmpadas disponíveis.

A Figura 4 mostra uma lâmpada LED, da marca Philips, que pode ser utilizada em residências para substituir as lâmpadas incandescentes ou as lâmpadas compactas.



**Figura 4 – Lâmpada LED**  
**Fonte: Philips (2014).**

As lâmpadas LED podem ser usadas em ambientes domésticos, industriais ou comerciais, esse tipo de lâmpada agrega economia e sustentabilidade, além de ser uma ótima fonte de luz, tem sua vida útil prolongada em relação à maioria dos tipos de lâmpadas.

## 2.4 NORMAS VIGENTES PARA PROJETOS LUMINOTÉCNICOS

Existem normas que são consultadas para a elaboração de projetos luminotécnicos. As mais utilizadas são a ABNT/NBR 5410/2008 (Instalações elétricas de baixa tensão) e a NBR ISO/CIE 8995-1/2013 (Iluminação de ambientes de trabalho, interior).

A norma brasileira ABNT/NBR 5410/2008 regulamenta os aspectos elétricos de instalações residenciais, comerciais e industriais, essa norma trás critérios que auxiliam o profissional que realiza projetos luminotécnicos a escolher uma luminária, levando em conta o local, as condições do ambiente, visando instalações de maneira segura, adequada e eficiente.

Essa norma estabelece condições para garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado e a conservação dos bens. Aplica-se principalmente a instalações elétricas de edificações de uso residencial, comercial, agropecuário, entre outras. As instalações elétricas devem ser inspecionadas e ensaiadas antes de entrar em funcionamento e também em cada reforma, assegurando que a instalação esteja de acordo com esta norma (ABNT, 2008).

### 2.4.1 Método para Medição de Iluminação Interior

A NBR ISO/CIE 8995-1 (Iluminação de ambientes de trabalho, parte 1: interior) especifica os requisitos em relação à forma de iluminação que deve se utilizar para locais de trabalhos internos, para que as pessoas desempenham as atividades com eficiência, conforto visual e segurança.

Conforme a NBR ISO/CIE 8995-1a iluminação pode ser natural, artificial ou uma combinação de ambas, uma boa iluminação exige a mesma atenção para a quantidade e qualidade, pois mesmo se a quantidade de luz ideal é fornecida, devem-se levar em conta as características da cor da fonte de luz e da superfície em conjunto com o nível de ofuscamento.

Uma boa iluminação propicia a visualização do ambiente, permitindo que as pessoas desempenhem tarefas visuais sem sentir fadiga visual e desconforto.

A mesma norma leva em consideração não apenas a iluminância, mas também o limite referente ao desconforto por ofuscamento e o índice de reprodução de cor mínimo da fonte para especificar os vários locais de trabalho e tipos de tarefas. Esses valores recomendados pela norma foram considerados de forma a respeitar os requisitos de segurança, saúde e um desempenho eficiente do trabalho.

São necessários também parâmetros ergonômicos visuais, o simples fato de ampliar a visualização da tarefa e o uso de equipamentos de auxílio à visão (óculos), se necessário, pode melhorar o desempenho na atividade exercida sem ser preciso aumentar os níveis de iluminância, outra solução é o uso de sistemas de iluminação especiais com capacidade de uma iluminação local direcional.

Para que o trabalhador realize suas tarefas visuais de forma rápida e precisa, mesmo sob circunstâncias difíceis e durante longos períodos, é requerido que seja dada atenção a todos os parâmetros que contribuem para a iluminação do ambiente. A seguir temos os procedimentos necessários para fazer as medições e saber se o sistema de iluminação está atendendo os níveis de iluminância necessários para realizar determinada tarefa.

#### 2.4.1.1 Matriz de medição

A malha para determinar as iluminâncias e uniformidades médias depende da forma e tamanho das superfícies da área onde serão realizadas as medições. Na construção da malha se utiliza a Equação 4, onde,  $p$  é o tamanho da malha (expresso em metros),  $d$  é a maior dimensão da superfície de referência (expressa em metros) e  $n$  é o número de pontos de medição considerados a malha  $p$ .

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

O número de pontos é então estabelecido pelo número inteiro mais próximo da relação  $d$  para  $p$ .

Superfícies retangulares são divididas utilizando os valores provenientes do cálculo, a medição deve ser feita no centro dos vários retângulos formados, a quantidade de pontos de medição deve ser valores inteiros, portanto se houver

sobra no comprimento ou largura, esse valor deve ser dividido por dois e descontado em ambos os lados.

#### 2.4.1.2 Definição da altura de posicionamento do sensor fotômetro

A altura a serem realizadas as medições foi definida usando o critério de como a luz atinge a ave, a forma de que a ave vai absorver a iluminância, portanto a altura escolhida foi de 50 cm do chão que é um pouco acima da altura de uma ave.

#### 2.4.1.3 Definição da difusidade da luz

A uniformidade da iluminância é a razão entre o valor mínimo e o valor médio. A área onde é realizada a tarefa deve ser iluminada o mais uniformemente possível. De acordo com as normas, a uniformidade da iluminância sobre a tarefa não deve ser menor que 0,7.

### 2.5 MÉTODO DE LUMENS

O método mais utilizado para dimensionamento de sistemas de iluminação é o método do fluxo luminoso ou lúmens que determina a quantidade de fluxo luminoso necessário para cada ambiente, baseado no tipo de atividade desenvolvida, cores da parede e teto e do tipo de lâmpada (LUZ, 2007).

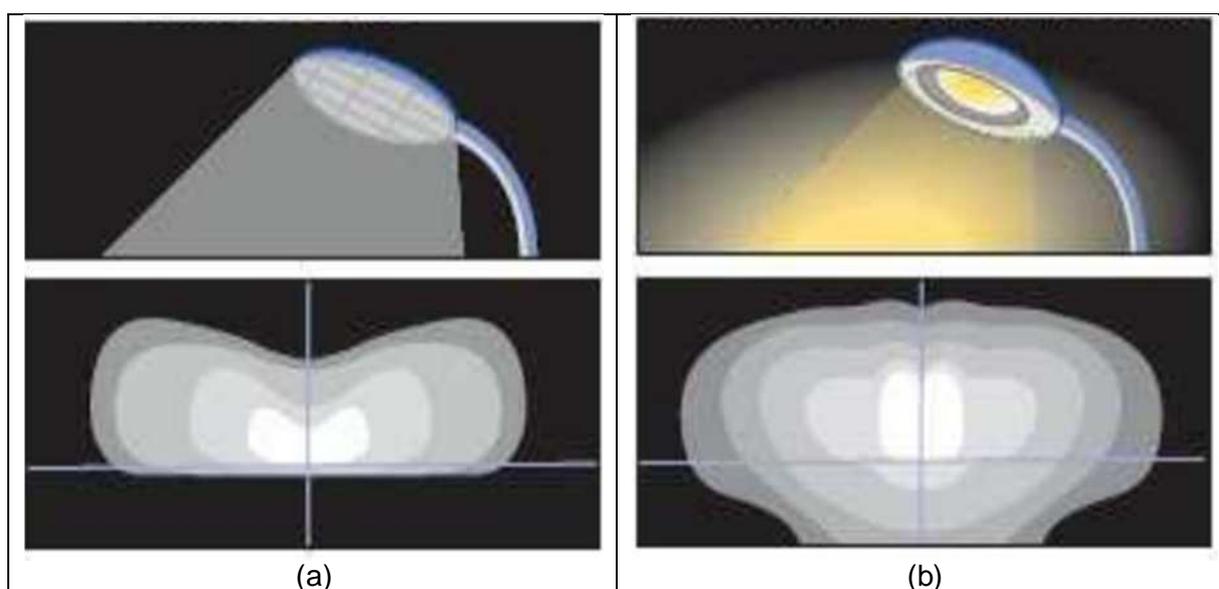
O método de lumens tem como base o fluxo luminoso necessário para um bom iluminamento médio em relação ao plano de trabalho, proporcionando boa visualização da tarefa a ser executada.

Nesse caso alguns valores não podem ser tabelados, já que a granja segue o guia de manejo da galinha de linhagem COOB, que propõe que entre 23 e 60 semanas a luz deve ser utilizada por 16 horas e que o fluxo luminoso deve ser de no mínimo 80 lux e no máximo 100 lux.

O fluxo luminoso total é determinado pela Equação 5, Onde  $\varphi_{total}$  é o fluxo total em lumens,  $\bar{E}_m$  é o iluminamento médio do ambiente em lux,  $s$  é a área em metros quadrados,  $F_{dl}$  é o fator de depreciação da luminária e  $F_u$  é o fator de utilização.

$$\varphi_{total} = \frac{\bar{E}_m \cdot S}{F_{dl} \cdot F_u} \quad (5)$$

O próximo passo deve ser a escolha das luminárias, as luminárias podem ser escolhidas por apresentar características de fácil instalação e manutenção, ou ainda por uma questão estética. As lâmpadas utilizadas nos aviários são instaladas apenas em bocal E 27. Na Figura 5 observa-se o diferente comportamento do fluxo luminoso das lâmpadas LED (a) e vapor de sódio (b).



**Figura 5 – Espalhamento da luminária LED (a) e vapor de sódio (b)**  
**Fonte: Gianelli (2009).**

Na Figura 5(a) é possível observar que o espalhamento da lâmpada LED é mais focado para o ambiente onde se é realizado determinada tarefa, enquanto a lâmpada vapor de sódio (b) tem um espalhamento para os lados e isso faz com que se perca parte desse fluxo luminoso, ou seja, ele não tem um total aproveitamento.

O terceiro passo do método de lumens é a determinação do índice local que relaciona as dimensões do recinto, comprimento, largura e altura de instalação da lâmpada em relação ao plano de trabalho.

Para a determinação desse índice deve ser utilizada a Equação 6, onde  $k$  é o índice local,  $c$  é o comprimento (em metros),  $l$  é a largura (em metros) e  $h_m$  é a altura de montagem da luminária (em metros).

$$k = \frac{c \times l}{h_m (c + l)} \quad (6)$$

Após determinar o índice do local é necessário determinar o coeficiente de utilização, que é a relação entre o fluxo luminoso útil recebido e o fluxo emitido pela luminária. Determinado pela Equação 7.

$$u = \frac{\varphi_{\text{útil}}}{\varphi_{\text{total}}} \quad (7)$$

Para encontrar o coeficiente de utilização é necessária a utilização da Tabela 1, com valores de refletâncias de teto, paredes e pisos. Por exemplo, em um ambiente onde o teto é branco, a parede ou cortina é branca e o piso é escuro a refletância é de 771.

**Tabela 1 – Determinação de refletâncias**

Índice	Refletância	Significado
1	10%	Superfície escura
3	30%	Superfície média
5	50%	Superfície clara
7	70%	Superfície branca

Fonte: Creder (2007).

O próximo passo é definir o fator de depreciação, também conhecido como fator de manutenção, relaciona o fluxo luminoso inicial e o fluxo luminoso emitido no fim do período de manutenção de determinada luminária, as condições do ambiente que definem esse fator. A Tabela 2 demonstra os tipos de ambientes e seus respectivos valores conforme os períodos de manutenção.

**Tabela 2 – Períodos de manutenção**

Tipo de ambiente	Período de manutenção (h)		
	2500	5000	7500
Limpo	0,95	0,91	0,88
Normal	0,91	0,85	0,80
Sujo	0,80	0,66	0,57

Fonte: Creder (2007).

Deve-se calcular também o fluxo luminoso total, em lúmens, dado pela Equação 8, onde  $\varphi_{total}$  representa o fluxo luminoso total produzido pelas lâmpadas,  $E$  representa a iluminância determinada pela norma,  $S$  representa a área do recinto (em metros quadrados),  $u$  é o fator de utilização, e  $d$  representa o fator de depreciação ou manutenção.

$$\varphi_{total} = \frac{E \times S}{u \times d} \quad (8)$$

Para descobrir o número ideal de luminárias para se atender a iluminância pretendida, deve ser utilizada a Equação 9, onde  $n$  representa o número de luminárias,  $\Phi$  representa o fluxo luminoso total (em lumens) e  $\varphi$  é o fluxo por luminárias (em lumens).

$$n = \frac{\Phi}{\varphi} \quad (9)$$

## 2.6 CONCEITOS BÁSICOS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE OVOS FÉRTEIS

Nos subitens a seguir serão apresentados alguns conceitos básicos e algumas definições de termos técnicos relacionados à criação de aves para produção de ovos férteis.

### 2.6.1 Matrizes Pesadas

As matrizes pesadas são responsáveis pela produção de aves de corte, e por se tratar animais que gerarão seres vivos e não produtos para consumo direto, exigem maior controle sanitário e cuidados zootécnicos.

Sua produtividade pode depender do conforto térmico, conforto visual, alimentação e de influências da administração de medicamentos para melhorar a qualidade dos ovos.

### 2.6.2 Matriseiros

São granjas compostas de galpões climatizados de recria e produção, localizadas dentro de uma área de reflorestamento, o acesso é controlado para garantir a biosseguridade e evitar contaminação por doenças. Os veículos que adentram o matriseiro passam por arco de desinfecção, enquanto as pessoas precisam passar por processo de higienização e usam roupas e toalhas limpas e devidamente acondicionadas entregues pela empresa.

### 2.6.3 Recria

A recria se caracteriza como o período que vai de um dia de vida até aproximadamente 23 semanas, nesse tempo as aves são separadas em machos e fêmeas, ficam em aviários escuros chamados de *Dark House*, recebem cuidados especiais para que primeiro tenham uma formação corporal completa e só depois tenha liberação de hormônios sexuais que favorecem a produção de ovos. Esses cuidados vão desde a alimentação para uniformidade do peso corporal das aves até programas de luz para controle da liberação de hormônios sexuais.

### 2.6.4 Produção

É um local destinado a produção de ovos, os machos e fêmeas são alojados com aproximadamente 23 semanas e ficam juntos nos aviários. Nesse local existem ninhos automáticos que facilitam a coleta dos ovos.

### 2.6.5 Tipos de ovos

Os ovos incubáveis são aqueles que possuem boas características, são ovos bons coletados no ninho automático que não apresentam anomalias. Além

desses existem ovos de risco que possuem índices baixos de eclosão e riscos de contaminação, são os ovos de piso ou ovos de cama. Esses tipos de ovos precisam de um processo de desinfecção rigoroso e são colocados separados nos carrinhos para transporte e dentro das incubadoras.

Ovos trincados, deformados, casca enrugada, ovos arredondados, ovos extras (duas gemas) ou muito pequenos geralmente passam por processo de desinfecção para posteriormente serem centrifugados, armazenados em câmaras frias dentro de recipientes vedados, para que posteriormente sejam comercializados para indústrias alimentícias. Deve-se considerar que esses ovos são classificados e alguns são descartados.

Ovos de descarte são aqueles que estão quebrados ou possuem casca muito fina, esses são descartados já na primeira seleção que ocorre na coleta feita por funcionários da produção.

#### 2.6.6 Incubatório

É o local onde são recebidos os ovos produzidos no matrizeiro, esses ovos são devidamente selecionados e encaminhados para incubadoras, nessas ficam por 19 dias. Passado esse tempo, os ovos vão para uma sala onde são vacinados, em seguida são encaminhados para os nascedouros e colocados em caixas especiais.

Nos nascedouros o pintainho começa a bicar o ovo para nascer, em aproximadamente dois dias no nascedouro, já nasceram todos os pintainhos. Esses vão para uma contagem, são colocados em caixas e posteriormente encaminhados para os produtores do frango de corte.

## 2.7 FOTOPERÍODOS E PROGRAMAS DE LUZ

Iluminar não significa apenas destinar uma quantidade de fluxo luminoso em determinada área, deve-se levar em conta a atividade em que é realizada seja desenvolvida pelo modo mais eficiente e confortável.

Estudos comprovam que a avicultura é uma atividade de alto consumo energético, e que precisa de técnicas que proporcionem uma melhor eficiência produtiva e redução com custos de produção (SANTOS; JÚNIOR, 2004).

A avicultura nos últimos anos teve um crescimento estrondoso que ocorre devido à necessidade de abastecer o mercado mundial, é importante que surjam novas ideias que tornem a produção da carne de frango mais lucrativa, deve-se inovar e diminuir custos na produção.

Os programas de controle da qualidade e desempenho das aves na produção de ovos seguem as orientações dos guias de manejo das linhagens, tendo em vista o objetivo da produção de ovos adequados para a incubação.

Segundo a Nft Alliance (2011), as aves são produtos da genética, da nutrição e do ambiente. Em relação à genética, a interação com a carga de genes depende de uma série de fatores ambientais, entre eles está à luz que tem grande relevância.

Em matrizes pesadas, a intensidade e a duração do fotoperíodo têm influência no desempenho reprodutivo das aves, pois proporciona melhor controle da maturidade e uniformidade do lote.

A Unidade Produtora de Pintainhos é dividida em recria e produção. As aves são alojadas na recria com um dia de vida e são criadas sob cuidados até aproximadamente 23 semanas.

Para que o lote esteja livre de intempéries que possa prejudicar a produção e impedir que as aves atinjam o pico de produção no tempo estimado, é necessário que os cuidados com as matrizes comecem na recria.

Desde o primeiro dia de vida ficam em aviários escuros ou semiescuro, também chamados de Dark House, onde o principal objetivo é não permitir a sobreposição do hormônio de crescimento com a liberação dos hormônios sexuais, assim não haverá liberação dos hormônios sexuais antes da completa formação corporal (BONI; PAES, 1999).

Com aproximadamente 23 semanas as aves são transferidas para a produção, onde machos e fêmeas são alojados juntos. Segundo Boni e Paes (1999) nesse período o aparelho reprodutivo das aves deve mudar em três semanas para um órgão ativo fisiologicamente, gerando melhor viabilidade, melhor aproveitamento dos ovos e maior número de pintos por ave alojada.

### 2.7.1 Ação da Luz nas Aves

A luz que incide sobre a retina e atinge áreas associadas do cérebro, representadas pela glândula pineal (regula funções sexuais e reprodutivos), pelo hipotálamo (regula funções comportamentais e emocionais do corpo) e pelos fotorreceptores. Apesar disso, em 1930 o francês Jacques Benoit constatou que a via mais importante no estímulo luminoso a reprodução e na percepção de luz é a via transcraniana. Dessa forma aves que venham a perder a de visão também sofrem influencia da luminosidade (CFMV, 2011).

Quando a iluminação é produzida por raios do final do espectro, como o roxo e o alaranjado, através da via craniana as aves respondem mais ao estímulo luminoso e produzem mais hormônios produtivos. A energia contida nos fótons presentes na luz é transformada em estímulos nervosos que regulam o ritmo circadiano, que representa o controle fisiológico das atividades metabólicas do indivíduo através da luz, coordenando os eventos que influenciam no desempenho das aves.

Conforme Sauveur (1996), estudos demonstram que é periódica a respostas aos estímulos da luz, e esse período é chamado de fase fotossensível. Quando a ave recebe o primeiro estímulo luminoso, é ativado o relógio circadiano e a sensibilidade fotoperiódica é máxima entre 10 e 15 horas, após esse período a ave se torna fotorefratária, isso afirma que em períodos curtos muitas vezes não se atinge a fase fotossensível, enquanto dias longos tem a capacidade de coordenar a postura.

As aves possuem capacidade de distinguir um dia curto de um dia longo, o dia mais curto do hemisfério sul, 21 de junho, é conhecido como solstício de inverno, e o mais longo, 21 de dezembro, por solstício de verão. Entre o solstício de inverno e o de verão os dias têm luminosidade crescente, enquanto a partir do solstício de verão o fotoperíodo diminui e os dias se tornam mais curtos, inibindo o ciclo reprodutivo da ave (FREITAS, 2003).

Segundo Macari (1994), a luz é percebida por fotorreceptores hipotalâmicos que transformam o sinal eletromagnético em uma mensagem hormonal, através de efeitos dos neurônios hipotalâmicos que secretam o hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH).

O GnRH atua na hipófise produzindo as gonadotrofinas: hormônios luteinizante (LH) e hormônio folículo estimulante (FSH). O LH e o FSH ligam-se aos seus receptores na teça e nas células granulosas do folículo ovariano, estimulando assim a produção de andrógenos e de estrógenos pelos folículos pequenos e a produção de progesterona pelos folículos pré-ovulatórios maiores.

Dias curtos não estimulam a secreção adequada de gonadotrofinas porque não iluminam toda a fase fotossensível. Enquanto que em dias mais longos, fazem a estimulação, e desse modo a produção de LH é iniciada. Esse mecanismo neuro-hormonal controla as funções reprodutivas, comportamentais e as características sexuais secundárias, a hierarquia folicular é a responsável direta pela intensidade e persistência da postura.

Segundo Boni e Paes (1999), nas fêmeas maduras a ovulação ocorre 20 a 30 minutos após a postura. A postura ocorre normalmente num prazo de 25 a 26 horas após a ovulação, sendo que a galinha põe um ovo diariamente, durante 3-7 dias consecutivos e depois cessa durante 1-2 dias. A frequência relativa dos dias de postura e descanso determina a intensidade individual da ave durante o período reprodutivo.

Com o passar do tempo ocorre um encurtamento das séries de ovulação e um aumento da duração dos períodos de descanso. As gonadotrofinas estimulam a produção na fêmea, no macho atua de forma a estimular a produção de espermatozoide e de vários andrógenos, incluindo testosterona.

### 2.7.2 Efeitos da Luz Sobre as Aves

O principal efeito da luz é alterar a idade em que as aves alcançam a maturidade sexual. Essa diferença é produzida pela duração do período da luz, que altera a idade da produção dos primeiros ovos, a intensidade da luz tem relação com a uniformidade de maturidade sexual e com o aumento da sensibilidade orgânica aos estímulos luminosos. Se diminuirmos a quantidade de luz das aves que estão no período final de crescimento, aumentará a idade necessária para alcançar a maturidade sexual, do contrário, se aumentar a duração da luz, diminui a idade para alcançar a maturidade sexual.

Alguns efeitos podem ser observados em aves criadas sem programa de luz adequado fora de estação: demora de três a quatro semanas na idade do início da produção; picos baixos de produção e atrasados; falta de persistência de produção; diferença de maturidade sexual entre machos e fêmeas e possíveis problemas de eclosão e sobrepeso das fêmeas (CFMV, 2011).

### 2.7.3 Lotes de Estação

Os lotes de estação são aqueles em que o nascimento das matrizes ocorreu nos meses de março, abril ou maio. Esses lotes atingem 10% da produção com 24,3 semanas, e o pico da produção ocorre com 30,1 semanas.

O atraso do início da produção de ovos deve ser feito através do controle da luz que também influencia em outros fatores da produção, como: melhor qualidade da casca do ovo, menor número de ovos extras e defeituosos, e ainda menores índices de mortalidade por prolapso.

O fato de se ter controle da luz durante a fase de crescimento aumenta a produção de ovos na primeira fase de produção, porém o aumento do número total de ovos não é significativo. O que melhora é o número de ovos incubáveis. Com a redução da luz do dia no período de crescimento, aumenta o tamanho dos primeiros ovos, e de todos os restantes produzidos.

### 2.7.4 Lotes Fora de Estação

Nos lotes fora de estação matrizes nascem em setembro ou outubro, atingem 10% da produção com 27,4 semanas e o pico de produção ocorre com 35,2 semanas. Esses lotes não atrasam a produção e respondem melhor à fotoestimulação, obtendo 5 % de produção com 25 semanas, atingindo melhor pico de produção que resulta em maior quantidade de ovos. Outra vantagem é que nesse tipo de lote ocorre uma redução do sobrepeso da ave, pois os incrementos de ração nessa fase são para manutenção e produção.

### 2.7.5 Os Tipos de Programas de Luz

Os programas de luz têm a finalidade de retardar a maturidade sexual das galinhas, depois de iniciada a postura o objetivo é estimular a produção de ovos e sincronizar a postura. A ave começa a se tornar sensível ao estímulo luminoso entre 10 e 12 semanas, porém entre 18 e 22 semanas de idade ela se torna altamente sensível a eles. Nessa fase começa a secreção de LH, assim, quanto menos estímulos de luz a ave receber, menor será a produção de LH, entre 18 e 20 semanas os estímulos começam ser crescentes até atingir 14 horas de fotofase (CAMPOS, 2000).

A classificação dos programas de luz se dá de acordo com o fotoperíodo, em hemerais e haemerais. Programas hemerais são compostos de períodos de 24 horas distribuídos em duas fases distintas, denominadas fotofase (fase clara) e escotofase (fase escura). Quando essas fases possuem a mesma duração chama-se simétrica, e quando a duração das fases é diferente denomina-se assimétrica.

Os haemerais são períodos que alteram o ritmo circadiano dos animais, é um programa bem simples que pode ser aplicado a qualquer tipo de instalação ser divididos em: contínuo (luz natural ou artificial aplicada de forma contínua) e intermitente, que é o resultado da combinação de luz e escuro, por exemplo, 20 minutos de luz, 20 minutos escuro intercalados durante 15 horas seguidas. Dessa forma possibilita inúmeras combinações.

Os programas haemerais exigem instalação em ambiente controlado, antes de iniciar qualquer programa de luz, os pintainhos devem receber no início da criação, pelo menos 23 a 24 horas de luz diariamente, por aproximadamente 3 dias, com objetivo de se adaptarem as condições de ambiente em geral.

### 2.7.6 Intensidade de luz sobre as aves

A luz natural sofre com problemas estacionais, não produzindo período de luz uniforme durante todo ano. A luz artificial se tornou importante na produção avícola por sua composição dos programas de luz. Campos (2000) fez uma

experiência onde estimulou poedeiras comerciais durante a fase de recria com variação de luz desde 1 lux até 500 lux de intensidade, verificando os seus efeitos sobre a idade do primeiro ovo, peso do ovário, peso total e número de folículos grandes amarelos (CFMV, 2011). Os valores estão dispostos na Tabela 3.

**Tabela 3 – Efeito da intensidade de luz sobre a idade da maturidade sexual e as características ovarianas nas poedeiras**

Intensidade de luz (lux)	Idade do primeiro ovo (dias)	Peso do ovário (g)	Peso total dos folículos amarelos (g)	Folículos amarelos (n)
1	152,7	26,9	23,5	5,50
5	153,6	31,9	28,3	6,56
50	149,4	36,1	32,2	7,31
500	149,6	37,4	33,4	7,50

Fonte: CFMV (2011).

Na Tabela 3 é possível observar que a poedeira não distingue um estímulo que varia de 1 para 5 lux e de 50 para 500 lux em relação ao aparecimento do primeiro ovo, porém os efeitos de aumento da intensidade podem ser notados no ovário, cujo peso é proporcional ao aumento da intensidade da luz.

Segundo a revista CFMV (2011), pode-se concluir que considerando a idade do aparecimento do primeiro ovo em semanas, a diferença entre 1 e 500 lux é mínima, mas nos ovários os efeitos podem ser considerados grandes, assim deve-se optar entre 50 e 500 lux, em termos econômicos, é melhor de 50 lux, já que os efeitos são semelhantes.

## 2.8 ENGENHARIA ECONÔMICA

A engenharia econômica visa uma análise de proposta e compara quanto ao custo e o tempo necessário para transformar o valor investido em benefícios. Os indicadores mais utilizados são o *Payback* (PB), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente Líquido (VPL).

O *payback* ou retorno do investimento é uma das técnicas de análise de investimentos muito utilizada, tem como meta a análise de propostas em função do prazo de recuperação de investimento, esse prazo deve ser menor que o tempo de vida útil do investimento para ser considerado viável.

Ao analisar as propostas é importante comparar o tempo percentual de investimento e de retorno, a proposta que apresentar um percentual de retorno maior será a proposta mais viável.

O Valor Presente Líquido (VPL) também analisa viabilidade de projetos de investimentos, esta função encontra a valor presente líquido, para isso é feito o somatório dos valores de fluxo de caixas estimados de uma aplicação, quando estes valores são trazidos para o presente, calculados a partir de seu período de duração (LUNELLI, 2013).

Dependendo da entrada e da saída de caixa, os fluxos podem ser positivos ou negativos, sendo que, somente para o resultado positivo o projeto deverá ser considerado viável.

A taxa fornecida pela equação do VPL representa o rendimento percentual esperado do projeto, essa taxa pode ser comparada a taxas de juros comerciais ou bancárias. A Equação 10 representa o cálculo do VPL.

$$VPL = I + \sum_{t=1}^n \left( \frac{Rt}{(1+K)^t} \right) + \frac{Q}{(1+K)^n} \quad (10)$$

Onde VPL é o valor presente líquido,  $I$  representa o investimento de capital,  $Rt$  é o retorno depois de descontado os juros,  $K$  é a taxa de juros decimal,  $Q$  é o valor residual e  $t$  é o tempo em anos

Se a análise VPL tomar como tempo a vida útil do sistema avaliado, o valor  $Q$  é considerado nulo. Assim, o cálculo sofre uma alteração, como o representado na Equação 11, sendo VPL o valor presente líquido,  $I$  representa o investimento de capital,  $t$  é o tempo,  $Rt$  representa o retorno depois de descontados os juros e  $K$  representa a taxa de juros decimal.

$$VPL = I + \sum_{t=1}^n \left( \frac{Rt}{(1+K)^t} \right) \quad (11)$$

A Taxa Interna de Retorno (TIR) representa a rentabilidade gerada por determinado investimento, ou seja, representa uma taxa de juros em que, se o capital investido tivesse sido investido com essa mesma taxa, se obteria a mesma rentabilidade final.

Conforme Lunelli (2013) a TIR trata os valores a juros compostos, o que considera a valorização do dinheiro no tempo ideal para analisar investimentos de longo prazo. Com a Equação 12 pode-se calcular o valor da TIR.

$$0 = VPL = I + \sum_{t=1}^n \left( \frac{Rt}{(1 + TIR)^t} \right) + \frac{Q}{(1 + TIR)^n} \quad (12)$$

Utilizando os três indicadores, Payback, VPL e TIR, é possível chegar à melhor proposta de investimento, visando o melhor custo benefício.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 A EMPRESA

A UPP (Unidade Produtora de Pintainhos) está situada às margens do lago de Itaipu, no distrito de Vila Celeste, no município de Santa Helena, Paraná, e ocupa uma área de 300 hectares. O complexo avícola é dividido em três setores básicos, sendo eles: recria, produção e incubatório.

A recria é composta por cinco núcleos com quatro aviários cada, três aviários são destinados a criação das fêmeas e um para criação dos machos. As aves são alojadas na recria com um dia de vida e são criadas sob cuidados, nessa fase de desenvolvimento é preciso muito cuidado com controle de peso, de luz e de doenças. Em aproximadamente 22 semanas são transferidas para um núcleo de produção onde tem infraestrutura suficiente para que elas coloquem os ovos.

A produção é composta de oito núcleos com quatro aviários cada, cada aviário possui 235 m de comprimento por 13 m de largura. As aves são alojadas com 22 semanas, aproximadamente com 24 semanas já estão produzindo ovos.

Na produção as aves precisam de outros cuidados, a ração das fêmeas e dos machos é diferente, a ração das fêmeas é pesada no dia anterior, e são distribuídas as 7:30 horas automaticamente através de máquinas de ração, já a ração dos machos é pesada e colocada em calhas.

As coletas geralmente começam entre 09:00 e 09:30, e são feitas através de uma esteira com um inversor de frequência para regular a velocidade, sendo os ovos colocados em bandejas. Algumas aves põem ovos no chão, que são recolhidos e separados. Os ovos são classificados com o objetivo de separar os ovos extra, comercial, trincado, micro trinca, defeituoso, ovo cama e ovo incubável.

Depois de classificados os ovos são lavados em uma máquina e também passam por um processo de desinfecção com um ácido chamado proxitane, os ovos são colocados em carrinhos e levados até uma sala climatizada chamada de sala de ovos, nesse lugar a temperatura é próxima a 20 °C, os ovos permanecem nesse lugar e todos os dias são recolhidos por um caminhão climatizado que os transporta até o incubatório.

No incubatório os ovos são recebidos e passam por outra classificação para posteriormente serem incubados, os pintainhos passam pelo processo de imunização das doenças de Gumboro, Marek e Bronquite e depois são encaminhados ao alojamento em granjas de 477 produtores associados integrados na Cooperativa Lar.

Nessas granjas permanecem em média 46 dias para engorda posteriormente são abatidos na Unidade Industrial de Aves, onde a carne de frango é industrializada e comercializada para o mercado interno e exportada para a Europa, Ásia e Países Árabes. (LAR, 2014). A Figura 6 apresenta a vista aérea dos núcleos de produção e recria.



**Figura 6 – Vista aérea da Unidade Produtora de pintainhos**  
Fonte: Lar (2014)

A cooperativa tem investido na avicultura e busca uma melhoria contínua em estrutura, manejo e equipamentos. Hoje em dia, possui aproximadamente 700 aviários que resultam em um abate diário de 275 mil aves, sendo que 208 aviários são certificados no padrão Global Gap para exportação (LAR, 2014).

### 3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS DOS BARRACÕES

Cada aviário de produção possui 235 metros de comprimento por 13 metros de largura, um aviário é dividido em dois lados, lado A e lado B, entre esses lados existe uma área de 5x13 m chamada de área de serviço, nesse local se realiza a coleta de ovos através das esteiras. Assim cada lado do aviário possui 115x13 m com uma área de 1495 m<sup>2</sup>.

O núcleo objeto do estudo, alojou no galpão 2 (com lâmpadas LED) um número de 13.215 fêmeas, enquanto que no galpão 3 (com lâmpadas de vapor de sódio) foram alojadas uma quantia de 13.231 fêmeas.

Os aviários de produção possuem paredes de concreto somente na entrada e nos fundos do barracão. A entrada possui duas portas que dão acesso ao interior do aviário, nos fundos é o local onde estão situados os oito exaustores, cada um possui persianas individuais, quando acionados os exaustores abrem essas persianas para retirada de gases e partículas suspensas no ar e permitem entrada de luz externa.

Nas laterais existem pilares de concreto para sustentação da estrutura e um portão para alojamento e carregamento das aves, uma cortina (lona) de cor branca é usada para fechar o aviário, quando há luz do sol, essa auxilia na iluminação, pois a cortina permite a passagem da luz, já que possui cor clara.

O piso é de concreto de cor cinza, sobre o piso é colocado maravalha, mas, com o passar do tempo o acúmulo de dejetos das aves dá ao piso tonalidade marrom escuro.

O teto é de cor branca, compõe-se de uma manta térmica composta de poliuretano revestido com lona branca, tem a função de auxiliar no combate a altas temperaturas dentro do aviário juntamente com os exaustores e placas evaporativas.

Os lotes são alojados na produção com aproximadamente 23 semanas e logo começam a produção dos ovos. Em algumas semanas atingem o pico de produção que volta a diminuir aos poucos e, aproximadamente, com 66 semanas as aves são descartadas.

O sistema de iluminação fica ligado das 06:00 horas até as 22:00, totalizando 16 horas de iluminância o que é suficiente para os estímulos que a ave precisa para desenvolver uma boa produtividade.

Cada barracão possui 96 lâmpadas instaladas em dois setores, sendo 48 para cada lado do barracão, aqui denominados como lado A e lado B. Assim, em um núcleo de produção (composto por quatro galpões) existem 384 lâmpadas.

As medições foram realizadas no lado B de dois galpões de um núcleo, instalados próximos um do outro, sendo no primeiro estão instaladas lâmpadas vapor de sódio (convencional para a maioria dos galpões) e no segundo foram instaladas as lâmpadas de LED. A Figura 7 demonstra as lâmpadas vapor de sódio e LED já instaladas.



Figura 7 – Lâmpadas vapor de sódio (a) e lâmpadas LED (b)  
Fonte: A autora.

A Figura 7 mostra a forma em que estão alocadas as lâmpadas no interior do aviário, sendo duas linhas com 22 lâmpadas cada. Estas linhas estão dispostas a 5 m de distância uma da outra em relação ao comprimento, e a distância da cortina até a lâmpada é de 3 m.

De uma fila de lâmpadas até a outra são 7 metros. A altura da instalação é de 3 m com relação ao piso, a medição foi realizada a 0,5 m do chão. As outras 4 lâmpadas que compõe o sistema de iluminação estão dispostas na lateral próximo as placas evaporativas.

### 3.3 CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

Para se determinar a quantidade ideal de lâmpadas foi usada a Equação 13, onde  $N$  é o número ideal de lâmpadas,  $S$  é a área do local a ser avaliado,  $E$  é a iluminância que deve alcançar as aves (conforme a tabela COOB),  $\mu$  é o fator de rendimento da lâmpada,  $D$  é o fator de depreciação e  $\varphi$  representa o fluxo luminoso da luminária.

$$N = \frac{S \cdot E}{\mu \cdot D} \cdot \varphi \quad (13)$$

Para determinar a iluminância esperada usou-se a Equação 14, onde  $I_E$  é iluminância esperada,  $NI$  é o numero de luminárias instaladas,  $\varphi$  é o fluxo luminoso,  $D$  é o fator de depreciação,  $\mu$  é o fator de rendimento e  $S$  é a área.

$$I_E = \frac{NI \times \varphi \times D \times \mu}{S} \quad (14)$$

### 3.4 MEDIÇÃO LUMINOTÉCNICA

Para definira matriz de medição da iluminância foi utilizada a Equação 15.

$$Pc = 0,2 \times 5^{\log(D)} \quad (15)$$

Utilizando o comprimento de 115 m como  $D$ , constatou-se que o tamanho da matriz, ao longo do comprimento do barracão, deve ser de 5,5 metros. Utilizando  $D$  com o valor de 13 m (largura), constatou-se que o tamanho da matriz, ao longo da largura do barracão, deve ser de 1,2 metros.

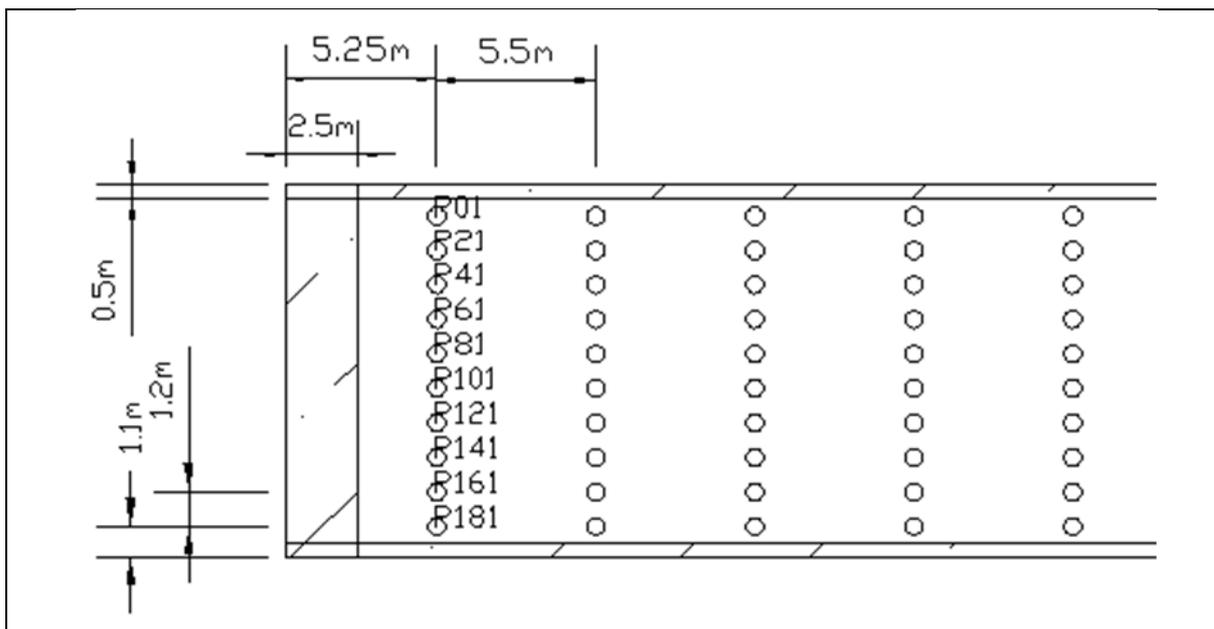
Para definir o primeiro ponto das medições foi realizado o cálculo com a utilização da Equação 16.

$$N = \frac{C}{Pi} \quad (16)$$

Onde  $N$  é o número de medições a ser efetuado,  $C$  é a distância (comprimento ou a largura do galpão) e  $Pi$  é o tamanho da malha, considerando  $i$  como comprimento ( $c$ ) ou como a Largura ( $l$ ).

Conforme a Equação 16 são necessárias 20 medições na direção longitudinal do barracão e 10 medições na direção transversal do barracão.

Para que a matriz ficasse centralizada no galpão, a primeira medida foi realizada na coordenada 5,25 m (na direção longitudinal) e 1,1 m (na direção transversal). As medidas seguintes variaram 5,5 m na direção longitudinal e 1,2 m na direção transversal. Tomando as medidas no centro da malha calculada, conforme a Figura 8.



**Figura 8 – Vista parcial dos pontos de medição**

Fonte: A autora.

Considerando o valor indicado nos cálculos chegou-se a uma quantidade de 200 pontos de medição. Na Figura 8 é possível observar uma vista parcial dos pontos de medição. A primeira medida longitudinal foi de 5,25 m e depois a marcação foi realizada a cada 5,5 m. No sentido transversal a primeira medida é a 1,1 m, as demais são a cada 1,2 m. Os valores desprezados foram de 0,5 m na largura e de 2,5 m no comprimento.

A medição foi realizada a 50 cm de altura que é um valor um pouco acima da altura das aves, desta forma, a medição captou a quantidade de luz que chega até as aves.

As medições foram realizadas no dia 31 de agosto de 2014, quando o lote estava com 52 semanas. Das 08:30 às 10:00 realizaram-se as medições no galpão 3 que possui as lâmpadas de vapor de sódio, neste momento o tempo estava chuvoso e sem a presença do sol.

As medições no galpão 2, com lâmpadas LED, foram realizadas no mesmo dia, das 10:10 às 11:50. Havia garoa, mas o sol estava presente, podendo ter influenciado nas medidas de iluminância do ambiente, uma vez que as cortinas do galpão são de cor branca e permitem a passagem de luz, conforme pôde ser visualizado na Figura 7. Nos dois ambientes existe a presença de poeira e partículas suspensas no ar. Uma medição de melhor precisão poderia ser realizada durante a noite, mas não houve liberação da empresa para que assim o fosse.

### 3.5 ENGENHARIA ECONÔMICA

Com os dados de consumo de energia e custos para instalação das lâmpadas, foi possível calcular a viabilidade econômica da instalação das lâmpadas LED nos aviários estudados. As equações utilizadas na definição do *Payback*, do TIR e do VPL estão no subcapítulo 2.6 deste trabalho.

Para definir o *Payback*, retorno do investimento, foi necessário analisar os investimentos para implantar as lâmpadas LED em relação ao custo de implantação das lâmpadas vapor de sódio. Com o cálculo luminotécnico foi possível chegar a um número ideal de lâmpadas, no sistema a vapor de sódio são necessárias 46 lâmpadas, enquanto para LED essa quantidade aumenta para 235 lâmpadas.

Nesse cálculo foram considerados os gastos com a compra das lâmpadas, gastos com mão de obra e também o retorno do valor investido no tempo se utilizando da diferença de gastos com energia elétrica.

As lâmpadas lâmpada utilizadas neste estudo foram escolhidas e adquiridas pela empresa, a lâmpada LED de 12 W é da marca LDU e tem um custo aproximado de R\$ 66,00. A lâmpada vapor de sódio de 70 W é da marca Osram e possui valor aproximado de R\$ 20,00, necessita de reator que tem um custo aproximado de R\$ 45,00. A simples troca da lâmpada ou reator é realizada por funcionários da empresa, enquanto que a instalação de novas luminárias é terceirizada e têm um custo de R\$ 10,00 por ponto. Considerando que para os cálculos de TIR, VPL e PB foram desprezados os valores de cablagem e suas inalações. Para esses cálculos foram utilizadas fórmulas disponíveis no Excel.

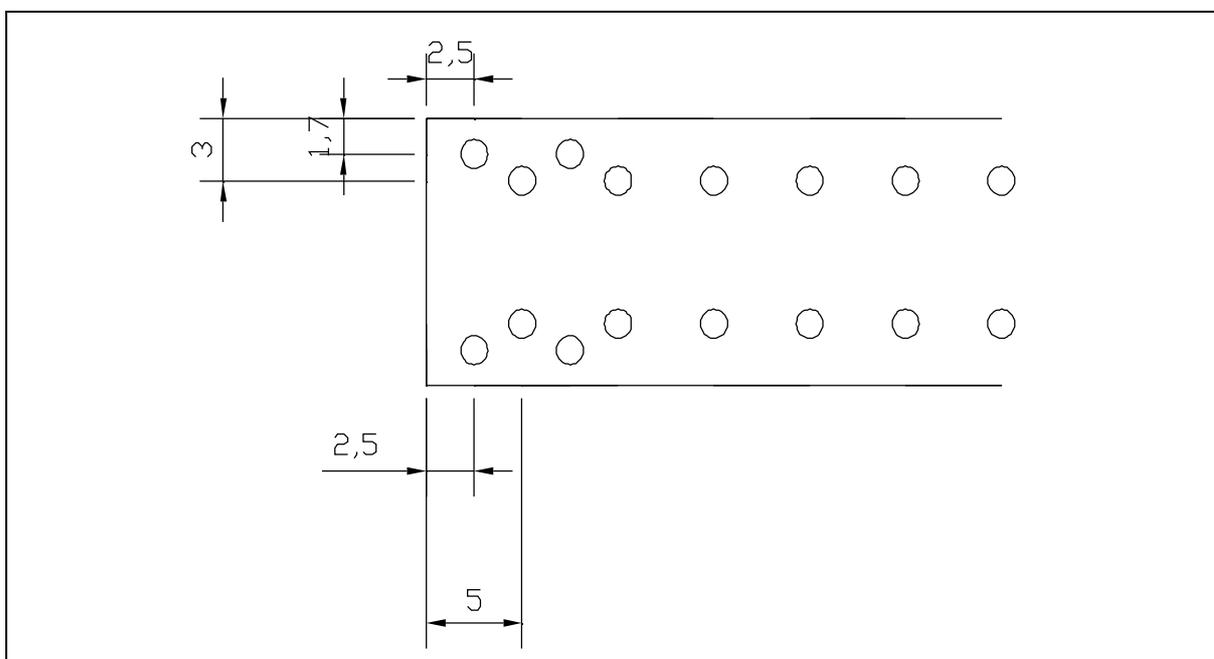
A UPP é uma unidade consumidora que se encaixa na tarifação horossazonal Verde, no horário de ponta o valor cobrado por KW é de R\$ 0,63. A Copel define esse período de três horas como um tempo onde o consumo de energia tende a ser maior. Essa diferença no valor é considerada somente de segunda a sexta (COPEL, 2014).

Nas vinte e uma horas do dia restantes, o horário é fora de ponta, o que significa que o valor do KW é menor, sendo que, para a unidade consumidora esse valor passa para R\$ 0,14.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Atualmente a Cooperativa Lar tem buscado formas de diminuir gastos e aumentar o rendimento. Na UPP, uma das formas de economia é reduzir os altos gastos com energia elétrica.

As lâmpadas utilizadas são vapor de sódio, com potência de 70 W que necessitam de um reator de 70 W para cada lâmpada. Cada um dos lados de um aviário possui 48 lâmpadas, dispostas em duas fileiras com 22 lâmpadas e duas lâmpadas em cada um dos dois box ao lado das placas evaporativas, conforme mostra a Figura 9.

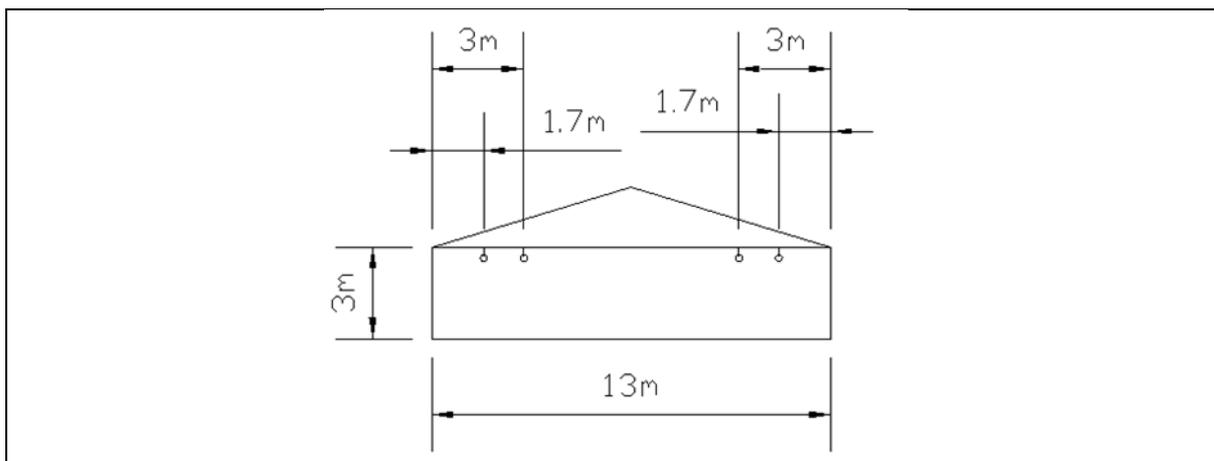


**Figura 9 – Mostra parcial da posição das lâmpadas**

Fonte: A autora.

A Figura 9 mostra como estão distribuídas as lâmpadas no interior do aviário, na entrada do galpão existem duas lâmpadas adicionais de cada lado, pelo fato de neste espaço ser acomodadas as placas evaporativas de cor escura na lateral. Lembrando que todas as medidas representadas na figura também valem para o galpão com as lâmpadas LED no sistema atual, já que as lâmpadas foram somente substituídas.

A Figura 10 demonstra uma vista lateral do galpão, indicando de como estão distribuídas as lâmpadas.



**Figura 10 – Vista lateral da distribuição das lâmpadas**

**Fonte: O autor**

Na Figura 10 pode-se observar que a distância da cortina até as duas filas de 22 lâmpadas é de 3 m onde existem lâmpadas adicionais perto das placas, a distância é de 1,7 m. A altura para todas as lâmpadas com relação ao piso é de 3 m. Vale observar que as lâmpadas LED do sistema atual estão localizadas da mesma maneira.

A lâmpada vapor de sódio tem alta durabilidade (24 mil horas) e permite que o intervalo entre a substituição das lâmpadas seja estendido, trazendo benefícios e economia para a empresa.

No Quadro 1 é possível observar alguns dados importantes da lâmpada vapor de sódio utilizada nesta instalação.

Potência nominal	70 W
Corrente da lâmpada	0,77 A
Potência de construção	70 W
Tensão de ignição	1.8 a 5.0 kVp
Eficiência luminosa	80 lm/W
Fluxo luminoso	5600 lm
Índice de reprodução de cor Ra	≤ 25
Temperatura de cor	2000 K
Vida mediana	24.000 horas
Base	E 27

**Quadro 1 – Dados da lâmpada de vapor de sódio**

**Fonte: Osram (2014).**

Desta forma, foi possível chegar a uma matriz de medição com 200 pontos, que serviu tanto para o galpão de lâmpadas vapor de sódio com para o galpão com as lâmpadas LED.

Seguindo essa matriz foi possível realizar a medição e chegar aos valores apresentados na Tabela 4. Esta tabela apresenta apenas os pontos de medição do P1 a o P10, e do P101 ao P110. A tabela completa com os 200 pontos pode ser observada no Apêndice A.

**Tabela 4 – Alguns pontos de medição e valores medidos para vapor de sódio**

PONTO	X (m)	Y (m)	LUX	PONTO	X (m)	Y (m)	LUX
P1	5,25	1,1	88	P101	5,25	7,1	52,6
P2	10,75	1,1	83	P102	10,75	7,1	67,4
P3	16,25	1,1	107	P103	16,25	7,1	69,9
P4	21,75	1,1	115,4	P104	21,75	7,1	68,7
P5	27,25	1,1	118,4	P105	27,25	7,1	70
P6	32,75	1,1	113,8	P106	32,75	7,1	75,4
P7	38,25	1,1	105,9	P107	38,25	7,1	80
P8	43,75	1,1	99,9	P108	43,75	7,1	77,6
P9	49,25	1,1	85,7	P109	49,25	7,1	84,4
P10	54,75	1,1	62	P110	54,75	7,1	69,5

Fonte: A autora.

Verificou-se que a média dos valores foi de 85,75 lux e o resultado para a uniformidade das lâmpadas foi analisado com relação à maior iluminância medida (149 lux). A relação foi de 0,58 – resultado que implica em não difusidade na distribuição de luz. A menor iluminância medida foi de 43,2 lux, cuja relação de iluminância média foi de 0,50, confirmando assim a não difusidade na distribuição da luz dentro do galpão.

Devido a não difusidade da luz, foi projetado o sistema de iluminação com lâmpadas à vapor de sódio. Que resultou em 46 lâmpadas distribuídos em uma matriz 23 x 2.

Ao comparar o sistema projetado com o sistema atual é possível perceber que a quantidade de lâmpadas instaladas é maior que a quantidade calculada, diminuiu de 48 para 46, o que significa que as lâmpadas podem ser mantidas da mesma forma, apesar não de haver uma uniformidade da distribuição de luz possui a quantidade de lux recomendada que seja de 80 a 100 lux. Sendo assim não teria gastos para ampliação do sistema de iluminação composto de lâmpadas vapor de sódio.

O gasto mensal de energia elétrica, no aviário com lâmpadas de vapor de sódio, é de R\$ 320,52, levando em consideração a quantidade de horas que as

lâmpadas permanecem ligadas, os valores para horário de ponta, horário fora de ponta e também horários para finais de semana.

#### 4.1 ANÁLISE DO BARRACÃO COM LÂMPADAS LED

No Quadro 2 é possível observar alguns dados importantes sobre a lâmpada LED que está sendo utilizada nos aviários.

Marca	LDU
Modelo	A 76
Potência	12 W
Fluxo Luminoso	630 lm
Vida mediana	20.000 horas
Tensão	127/220 V
Temperatura de cor	3.000 K

**Quadro 2 – Dados das lâmpadas LED**

Fonte: Idu (2014).

A Tabela 5 apresenta um exemplo das iluminâncias medidas no barracão que possui lâmpadas LED instaladas. Podem ser observados os pontos P1 ao P10, e P101 ao P110. A tabela completa encontra-se no Apêndice B.

**Tabela 5 – Alguns pontos de medição e valores medidos para lâmpadas LED**

PONTO	X (m)	Y (m)	LUX	PONTO	X (m)	Y (m)	LUX
P1	5,25	1,1	35	P101	5,25	7,1	14
P2	10,75	1,1	30	P102	10,75	7,1	19,3
P3	16,25	1,1	31,2	P103	16,25	7,1	20,8
P4	21,75	1,1	26	P104	21,75	7,1	20,7
P5	27,25	1,1	25,5	P105	27,25	7,1	19,1
P6	32,75	1,1	27,8	P106	32,75	7,1	19,7
P7	38,25	1,1	28,8	P107	38,25	7,1	20,4
P8	43,75	1,1	28,3	P108	43,75	7,1	20,6
P9	49,25	1,1	33,3	P109	49,25	7,1	19
P10	54,75	1,1	31	P110	54,75	7,1	16,9

Fonte: A autora.

Verificou-se que a média dos valores foi de 32,53lux e o resultado para a uniformidade das lâmpadas foi analisado com relação à maior iluminância medida (60,2 lux). A relação foi de 0,54 – resultado que implica na não difusidade na distribuição da luz.

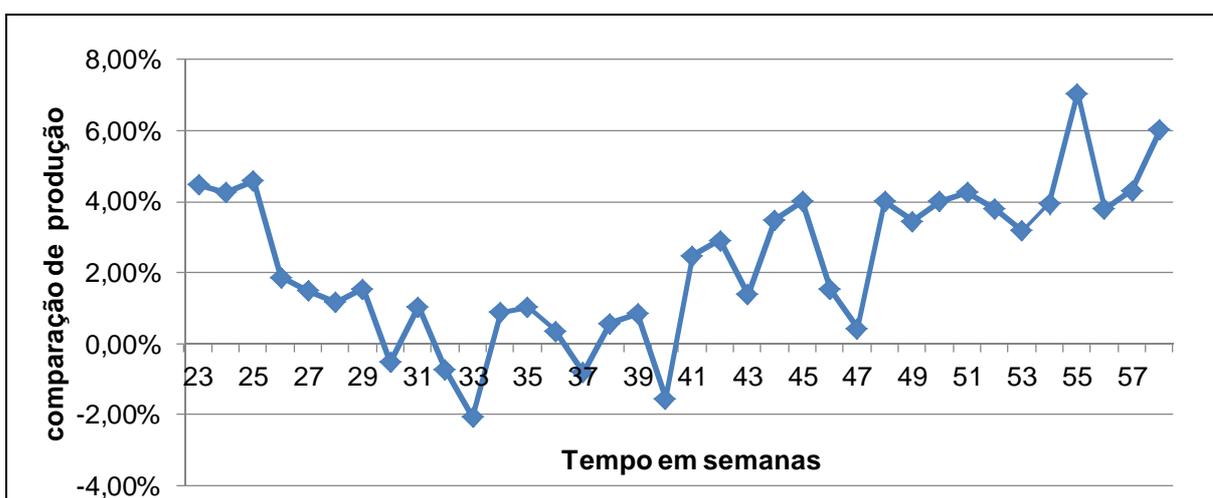
O menor valor de iluminância medido foi de 14 lux, cuja relação com a iluminância média foi de 0,43 confirmando a não difusidade na distribuição da luz no interior do galpão.

Considerado os valores medidos no aviário com as lâmpadas LED pode-se considerar que a simples troca de lâmpadas não é tecnicamente viável. Apesar disso, essa iluminação deficiente não apresentou variações negativas em relação à produtividade das aves.

Usando como valor comparativo uma taxa de juros de 1% ao mês, os valores obtidos do VPL, Payback e TIR foram, respectivamente, R\$ 11.298,63, 14 meses e 3,52%am.

Com a extrapolação destes valores para todo núcleo industrial, o VPL, Payback e TIR foram, respectivamente, de R\$ 361.556,12, 14 meses e 3,52% am. Ressaltando que esta opção é viável economicamente, mas apresenta falhas técnicas.

Foi constatado que a produção de ovos do lote não apresentou influência significativa após a instalação das lâmpadas LED, o gráfico da Figura 11 mostra os percentuais de produção no galpão com lâmpadas LED em relação ao galpão com lâmpadas vapor de sódio.



**Figura 11 – Gráfico de comparação de produção LED versus VAPOR DE SÓDIO**  
Fonte: A autora.

Depreende-se do gráfico que na semana 33 a produção onde há lâmpadas LED foi 2% menor do que no aviário com lâmpadas vapor de sódio, já na semana 55 a produção no aviário com lâmpadas LED foi aproximadamente 7% maior do que no aviário com lâmpadas vapor de sódio.

O gráfico mostra a variação média na produtividade de 2,31% por ave. Desta forma, foram produzidos, na média, 1771 ovos a mais no galpão cujo sistema de iluminação é o LED. O gráfico comparou a diferença dos valores de produção do galpão 2 e 3, o galpão 2 (lâmpadas LED) apresentou melhor desempenho. Para a construção do gráfico foram utilizadas tabelas que demonstram a produção e a mortalidade de fêmeas por semana.

Os possíveis fatores para esta variação foram a quantidade de ração que as aves consumiram, quantidade de água consumida, variações de temperatura e umidade, variação no comportamento das aves, pois essas quando estão estressadas ou agitadas possuem desempenho inferior, outro fator pode ser a iluminância que, apesar de ser menor que a recomendada pela linhagem COOB, pode ter uma influência.

#### 4.2 PROJETO LUMINOTÉCNICO DE UM BARRACÃO COM LÂMPADAS LED

Devido a não difusidade da luz e à inviabilidade técnica do sistema atualmente instalado, foi projetado o novo sistema de iluminação composto por lâmpadas LED, que resultou em 235 lâmpadas distribuídas em uma matriz 47 x 5.

Desta forma a iluminância média seria de 80 lux. A Figura 12 apresenta uma vista parcial deste projeto.

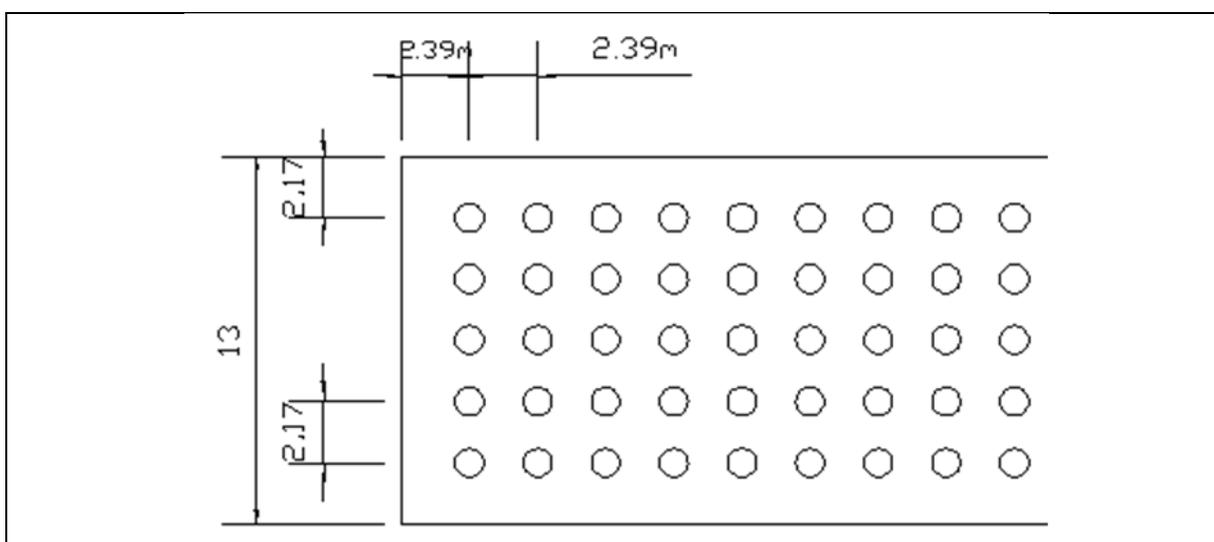


Figura 12 – Vista parcial do projeto com lâmpadas LED

Fonte: O autor

Ao comparar o sistema LED projetado com o sistema atual (vapor de sódio), pode-se perceber que a quantidade ideal de lâmpadas é de 235, que resultaria em um investimento de aquisição de R\$ 15.510,00, ainda somado ao preço da instalação (R\$ 2.350,00), resultando em um montante de R\$ 17.860,00.

A matriz de distribuição das lâmpadas possuirá comprimento de 2,39 metros e a sua largura seria de 2,17 metros. O consumo mensal de energia elétrica seria de R\$ 280,70.

A engenharia econômica apresentou inviabilidade para este projeto, uma vez que o TIR, payback e VPL deram valores negativos, mostrando que a economia mensal na fatura de energia elétrica não é suficiente para amortizar o investimento feito à taxa comparativa de juros de 1% ao mês.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A simples troca das lâmpadas de vapor de sódio por LED trouxe uma economia significativa na fatura mensal de energia elétrica, teve o tempo de pagamento menor que a vida útil da lâmpada e apresentou uma taxa de retorno maior que a taxa de investimento bancário. Desta forma, a substituição do sistema de iluminação se mostrou economicamente viável.

Porém, esta simples troca fez com que os níveis de iluminamento ficassem abaixo daqueles indicados pela linhagem COOB, que são de 80 a 100 lux, mostrando que o sistema atualmente instalado com lâmpadas LED não é tecnicamente correto. Ainda que os resultados da produtividade de ovos das aves tenham mostrado um cenário favorável.

Para que a iluminação apresente conformidade, à recomendada pela tabela da COOB, seria necessária a instalação de 235 lâmpadas LED que teriam um custo de R\$ 17.860,00 e não trariam retorno de investimento de capital, quando comparadas às lâmpadas de vapor de sódio, devido apresentar valores negativos de VPL, TIR e Payback. Isto mostra que a substituição do sistema atual por outro projetado com lâmpadas LED é economicamente inviável.

O estudo do uso de lâmpadas LED na avicultura pode ser expandido já que nesse momento dos 32 aviários da produção 9 já possuem lâmpadas LED, esse estudo não se expandiu para outros barracões pois não haveria tempo suficiente para acompanhar a produção de ovos por um grande período.

O aviário com lâmpadas LED estudado foi o primeiro da UPP a possuir esse tipo de iluminação, e a produção foi acompanhada desde as 23 semanas até as 59 semanas do lote de aves alojadas.

Novas pesquisas podem comprovar se o resultado favorável em relação à produção se repete a cada novo lote.

## REFERÊNCIAS

ABNT/NBR 5410/2008. **Instalações elétricas de baixa tensão.**

ANDRÉ, Anderson Soares. **Sistema eletrônico para lâmpadas vapor de sódio de alta pressão.** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

BONI, I.J.; PAES A.O.S. **Programas de luz para matrizes: machos e fêmeas.** Simpósio técnico sobre matrizes de frangos de corte. Chapecó, SC, Brasil, 1999.

CAMPOS, E.J. **Avicultura (razões, fatos e divergências).** Belo Horizonte, 2000.

CMFV. **Programas de luz na avicultura de postura.** Revista CFMV-Brasília/DF, Ano XVII, N°52, 2011.

COPEL. **Horário de ponta e horário fora de ponta.** Disponível em: <http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F0%2FC8C0FB31C7B9BD93032573F700549161#h>.

COTRIM, Ademaro. **Instalações Elétricas.** 5ª ed. São Paulo, Prentice Hall 2009.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas,** 2007, 15ª edição. Ed. LTC, Rio de Janeiro-RJ.

FREITAS, H. J. **Avaliação de programas de iluminação para poedeiras leves e semi-pesadas.** Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2003

LAR. **Unidade Produtora de Pintainhos - UPP.** Disponível em: <<http://www.lar.ind.br>>, acesso em 20 de outubro de 2014.

LIMA, Mariana Regina Coimbra de, SAN MARTIN, Ramon. **Percepção lumínica,** Revista Lume Arquitetura. De Maio Comunicação e Editora Ltda. São Paulo, n 36, p 52-57, 2009.

LUNELLI, R.L. **Análise de Investimentos.** Disponível em: [WWW.portaldecontabilidade.com.br](http://WWW.portaldecontabilidade.com.br). Visualizado em outubro de 2014.

LUZ, Jeanine Marchiori da. **Luminotécnica**. Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/luminotecnica.pdf>> Acesso em setembro de 2014.

MACARI, m. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**, FUNEP, 1994.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 7°ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

MOREIRA, Vinicius de Araujo. Iluminação elétrica, 1999, 1 edição. Ed. Edgard Blucher LTDA, São Paulo.

NBR ISO/CIE 8995-1/2013. **Iluminação de ambientes de trabalho**.

NFT ALLIANCE. **Aves têm melhor desempenho com iluminação adequada**. Disponível em: [WWW.nftalliance.com.br/artigos/aves/aves-tem-melhor-desempenho-com-iluminacao-adequada](http://WWW.nftalliance.com.br/artigos/aves/aves-tem-melhor-desempenho-com-iluminacao-adequada). Publicado em setembro de 2011.

NISKIER, Júlio; MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Elétricas**. 4°ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

OSRAM, **lâmpadas de sódio de alta pressão**. Disponível em: <[www.osram.com.br/](http://www.osram.com.br/)>

PHILIPS. **O que é distribuição espectral?** Disponível em: [WWW.lighting.philips.com.br/connect/support/faq-lampadas.wpd](http://WWW.lighting.philips.com.br/connect/support/faq-lampadas.wpd)

PHILIPS. **Lâmpadas led**. Disponível em: [WWW.lighting.philips.com.br/lightcommunity/trend/led/masterled.wpd](http://WWW.lighting.philips.com.br/lightcommunity/trend/led/masterled.wpd).

SANTOS, T. M. B., JÚNIOR, J. De L. **Balanco energético em galpão de frangos de corte**, Engenharia Agrícola de Jaboticabal, 2004.

SAUVEUR, B. **Photopériodisme ET reproduction dès oiseaux domestiques femelles**. Animal production, edinburgh, 1996.

SOLELUX. **História do LED**. Disponível em: <[www.solelux.com.br/tecnologia-led/historia-do-led/](http://www.solelux.com.br/tecnologia-led/historia-do-led/)>

**APÊNDICE A – PONTOS DE MEDIÇÃO E VALORES MEDIDOS PARA A  
LÂMPADA DE VAPOR DE SÓDIO**

PONTO	X (m)	Y (m)	LUX	PONTO	X (m)	Y (m)	LUX
							Continua
P1	5,25	1,1	88	P101	5,25	7,1	52,6
P2	10,75	1,1	83	P102	10,75	7,1	67,4
P3	16,25	1,1	107	P103	16,25	7,1	69,9
P4	21,75	1,1	115,4	P104	21,75	7,1	68,7
P5	27,25	1,1	118,4	P105	27,25	7,1	70
P6	32,75	1,1	113,8	P106	32,75	7,1	75,4
P7	38,25	1,1	105,9	P107	38,25	7,1	80
P8	43,75	1,1	99,9	P108	43,75	7,1	77,6
P9	49,25	1,1	85,7	P109	49,25	7,1	84,4
P10	54,75	1,1	62	P110	54,75	7,1	69,5
P11	60,25	1,1	83,3	P111	60,25	7,1	75,8
P12	65,75	1,1	94,7	P112	65,75	7,1	78,9
P13	71,25	1,1	92,8	P113	71,25	7,1	84,8
P14	76,75	1,1	86,8	P114	76,75	7,1	88,1
P15	82,25	1,1	81,3	P115	82,25	7,1	86,8
P16	87,75	1,1	87	P116	87,75	7,1	88,7
P17	93,25	1,1	87,4	P117	93,25	7,1	85,7
P18	98,75	1,1	85,4	P118	98,75	7,1	63,3
P19	104,25	1,1	80,2	P119	104,25	7,1	62,1
P20	109,75	1,1	60,4	P120	109,75	7,1	58,8
P21	5,25	2,3	103,8	P121	5,25	8,3	78
P22	10,75	2,3	75,5	P122	10,75	8,3	72,4
P23	16,25	2,3	87,2	P123	16,25	8,3	83,5
P24	21,75	2,3	87,1	P124	21,75	8,3	83,4
P25	27,25	2,3	90	P125	27,25	8,3	86,7
P26	32,75	2,3	83,6	P126	32,75	8,3	87,4
P27	38,25	2,3	80,9	P127	38,25	8,3	92,1
P28	43,75	2,3	82,5	P128	43,75	8,3	87,8
P29	49,25	2,3	83,2	P129	49,25	8,3	88,7
P30	54,75	2,3	72,5	P130	54,75	8,3	92
P31	60,25	2,3	73,8	P131	60,25	8,3	86,5
P32	65,75	2,3	72,5	P132	65,75	8,3	93
P33	71,25	2,3	70,8	P133	71,25	8,3	72,1
P34	76,75	2,3	73,4	P134	76,75	8,3	75,3
P35	82,25	2,3	63	P135	82,25	8,3	82,3
P36	87,75	2,3	64,1	P136	87,75	8,3	77,2

PONTO	X (m)	Y (m)	LUX	PONTO	X (m)	Y (m)	LUX
							Continua
P37	93,25	2,3	69,1	P137	93,25	8,3	84
P38	98,75	2,3	77,2	P138	98,75	8,3	77,6
P39	104,25	2,3	75,3	P139	104,25	8,3	81
P40	109,75	2,3	63	P140	109,75	8,3	64,2
P41	5,25	3,5	80	P141	5,25	9,5	90,3
P42	10,75	3,5	80,8	P142	10,75	9,5	81,1
P43	16,25	3,5	80,3	P143	16,25	9,5	98,2
P44	21,75	3,5	81,2	P144	21,75	9,5	106,9
P45	27,25	3,5	82,7	P145	27,25	9,5	103,4
P46	32,75	3,5	84,9	P146	32,75	9,5	98,4
P47	38,25	3,5	79,9	P147	38,25	9,5	97,6
P48	43,75	3,5	78,7	P148	43,75	9,5	94
P49	49,25	3,5	88,6	P149	49,25	9,5	107,1
P50	54,75	3,5	82,7	P150	54,75	9,5	103,9
P51	60,25	3,5	77,7	P151	60,25	9,5	102,8
P52	65,75	3,5	85,6	P152	65,75	9,5	102,7
P53	71,25	3,5	85,8	P153	71,25	9,5	98,9
P54	76,75	3,5	74,9	P154	76,75	9,5	94
P55	82,25	3,5	74,5	P155	82,25	9,5	101
P56	87,75	3,5	66,8	P156	87,75	9,5	96,1
P57	93,25	3,5	64,3	P157	93,25	9,5	97,9
P58	98,75	3,5	68,4	P158	98,75	9,5	99,8
P59	104,25	3,5	60,1	P159	104,25	9,5	102,9
P60	109,75	3,5	53,9	P160	109,75	9,5	101,4
P61	5,25	4,7	65,5	P161	5,25	10,7	95,7
P62	10,75	4,7	53,8	P162	10,75	10,7	80,8
P63	16,25	4,7	60,6	P163	16,25	10,7	114,5
P64	21,75	4,7	55,5	P164	21,75	10,7	136,4
P65	27,25	4,7	65,2	P165	27,25	10,7	132,1
P66	32,75	4,7	68,4	P166	32,75	10,7	118,5
P67	38,25	4,7	55,4	P167	38,25	10,7	129
P68	43,75	4,7	70,1	P168	43,75	10,7	125,3
P69	49,25	4,7	67,8	P169	49,25	10,7	117,5
P70	54,75	4,7	64,9	P170	54,75	10,7	113
P71	60,25	4,7	58,3	P171	60,25	10,7	112,4
P72	65,75	4,7	54,2	P172	65,75	10,7	111,4
P73	71,25	4,7	57,6	P173	71,25	10,7	114
P74	76,75	4,7	51,6	P174	76,75	10,7	110,7
P75	82,25	4,7	54,7	P175	82,25	10,7	99,6
P76	87,75	4,7	43,2	P176	87,75	10,7	104,7
P77	93,25	4,7	52,3	P177	93,25	10,7	102,6
P78	98,75	4,7	57,7	P178	98,75	10,7	101,9
P79	104,25	4,7	59,8	P179	104,25	10,7	107,2
P80	109,75	4,7	49	P180	109,75	10,7	93,2

PONTO	X (m)	Y (m)	LUX	PONTO	X (m)	Y (m)	LUX
							Conclusão
P81	5,25	5,9	56,6	P181	5,25	11,9	99,3
P82	10,75	5,9	59,8	P182	10,75	11,9	68,5
P83	16,25	5,9	69,5	P183	16,25	11,9	142,4
P84	21,75	5,9	66,6	P184	21,75	11,9	149
P85	27,25	5,9	78,4	P185	27,25	11,9	140,4
P86	32,75	5,9	77,1	P186	32,75	11,9	145,6
P87	38,25	5,9	65,4	P187	38,25	11,9	143,1
P88	43,75	5,9	64,4	P188	43,75	11,9	134,5
P89	49,25	5,9	74,4	P189	49,25	11,9	119,9
P90	54,75	5,9	66,7	P190	54,75	11,9	125,8
P91	60,25	5,9	58,4	P191	60,25	11,9	122,2
P92	65,75	5,9	65,6	P192	65,75	11,9	111,6
P93	71,25	5,9	58,8	P193	71,25	11,9	124,7
P94	76,75	5,9	64,9	P194	76,75	11,9	124,7
P95	82,25	5,9	68,9	P195	82,25	11,9	113,1
P96	87,75	5,9	57,4	P196	87,75	11,9	122
P97	93,25	5,9	66,3	P197	93,25	11,9	121,3
P98	98,75	5,9	69,1	P198	98,75	11,9	110
P99	104,25	5,9	62,5	P199	104,25	11,9	120
P100	109,75	5,9	48,8	P200	109,75	11,9	115,7

**APÊNDICE B – PONTOS DE MEDIÇÃO E VALORES MEDIDOS PARA  
LÂMPADAS LED**

PONTO	X (m)	Y (m)	LUX	PONTO	X (m)	Y (m)	LUX
							Continua
P1	5,25	1,1	35	P101	5,25	7,1	14
P2	10,75	1,1	30	P102	10,75	7,1	19,3
P3	16,25	1,1	31,2	P103	16,25	7,1	20,8
P4	21,75	1,1	26	P104	21,75	7,1	20,7
P5	27,25	1,1	25,5	P105	27,25	7,1	19,1
P6	32,75	1,1	27,8	P106	32,75	7,1	19,7
P7	38,25	1,1	28,8	P107	38,25	7,1	20,4
P8	43,75	1,1	28,3	P108	43,75	7,1	20,6
P9	49,25	1,1	33,3	P109	49,25	7,1	19
P10	54,75	1,1	31	P110	54,75	7,1	16,9
P11	60,25	1,1	24,3	P111	60,25	7,1	19,1
P12	65,75	1,1	29,7	P112	65,75	7,1	19,2
P13	71,25	1,1	27	P113	71,25	7,1	18,7
P14	76,75	1,1	26,4	P114	76,75	7,1	18,5
P15	82,25	1,1	25,1	P115	82,25	7,1	18,5
P16	87,75	1,1	26,3	P116	87,75	7,1	18,1
P17	93,25	1,1	27,1	P117	93,25	7,1	18,6
P18	98,75	1,1	28,2	P118	98,75	7,1	17,5
P19	104,25	1,1	29,9	P119	104,25	7,1	16,7
P20	109,75	1,1	22,3	P120	109,75	7,1	14,8
P21	5,25	2,3	47,8	P121	5,25	8,3	21,2
P22	10,75	2,3	29,6	P122	10,75	8,3	24,4
P23	16,25	2,3	32,3	P123	16,25	8,3	27,8
P24	21,75	2,3	30	P124	21,75	8,3	23,4
P25	27,25	2,3	27,2	P125	27,25	8,3	24,9
P26	32,75	2,3	28,1	P126	32,75	8,3	26,7
P27	38,25	2,3	29,7	P127	38,25	8,3	25
P28	43,75	2,3	35,7	P128	43,75	8,3	30
P29	49,25	2,3	41,3	P129	49,25	8,3	33,4
P30	54,75	2,3	41	P130	54,75	8,3	33
P31	60,25	2,3	30,3	P131	60,25	8,3	28,7
P32	65,75	2,3	32,4	P132	65,75	8,3	30
P33	71,25	2,3	29	P133	71,25	8,3	28,6
P34	76,75	2,3	26,6	P134	76,75	8,3	23,4
P35	82,25	2,3	24,4	P135	82,25	8,3	22,3
P36	87,75	2,3	27,1	P136	87,75	8,3	22,5
P37	93,25	2,3	34,1	P137	93,25	8,3	24,6
P38	98,75	2,3	37	P138	98,75	8,3	28,5
P39	104,25	2,3	38,2	P139	104,25	8,3	26,1
P40	109,75	2,3	33,5	P140	109,75	8,3	21,1
P41	5,25	3,5	48,5	P141	5,25	9,5	49,3
P42	10,75	3,5	48,6	P142	10,75	9,5	42,4
P43	16,25	3,5	36,5	P143	16,25	9,5	51,7
P44	21,75	3,5	29,7	P144	21,75	9,5	44,9

PONTO	X (m)	Y (m)	LUX	PONTO	X (m)	Y (m)	LUX
							Continua
P45	27,25	3,5	28,6	P145	27,25	9,5	40,2
P46	32,75	3,5	29,8	P146	32,75	9,5	39,6
P47	38,25	3,5	33	P147	38,25	9,5	42,4
P48	43,75	3,5	40,2	P148	43,75	9,5	43,5
P49	49,25	3,5	45,3	P149	49,25	9,5	51,3
P50	54,75	3,5	49,2	P150	54,75	9,5	52
P51	60,25	3,5	40,5	P151	60,25	9,5	45,2
P52	65,75	3,5	37,7	P152	65,75	9,5	46,4
P53	71,25	3,5	29,2	P153	71,25	9,5	42,4
P54	76,75	3,5	28	P154	76,75	9,5	32,7
P55	82,25	3,5	26,5	P155	82,25	9,5	31,3
P56	87,75	3,5	29,4	P156	87,75	9,5	33,1
P57	93,25	3,5	35	P157	93,25	9,5	34,9
P58	98,75	3,5	44,7	P158	98,75	9,5	42,6
P59	104,25	3,5	41,4	P159	104,25	9,5	47,4
P60	109,75	3,5	32,9	P160	109,75	9,5	39,3
P61	5,25	4,7	28,9	P161	5,25	10,7	37,4
P62	10,75	4,7	23,3	P162	10,75	10,7	34,2
P63	16,25	4,7	26,9	P163	16,25	10,7	53,1
P64	21,75	4,7	22,4	P164	21,75	10,7	44,6
P65	27,25	4,7	21,9	P165	27,25	10,7	42
P66	32,75	4,7	22,5	P166	32,75	10,7	45,2
P67	38,25	4,7	23,1	P167	38,25	10,7	52
P68	43,75	4,7	24,3	P168	43,75	10,7	53,7
P69	49,25	4,7	25,9	P169	49,25	10,7	56
P70	54,75	4,7	26,7	P170	54,75	10,7	54,4
P71	60,25	4,7	22,3	P171	60,25	10,7	50,6
P72	65,75	4,7	18,9	P172	65,75	10,7	51,3
P73	71,25	4,7	20,4	P173	71,25	10,7	51,2
P74	76,75	4,7	18,7	P174	76,75	10,7	49,7
P75	82,25	4,7	19,4	P175	82,25	10,7	46,3
P76	87,75	4,7	20,8	P176	87,75	10,7	40,7
P77	93,25	4,7	23,2	P177	93,25	10,7	40
P78	98,75	4,7	25,7	P178	98,75	10,7	41,4
P79	104,25	4,7	26,1	P179	104,25	10,7	44,3
P80	109,75	4,7	24,9	P180	109,75	10,7	41,8
P81	5,25	5,9	15,3	P181	5,25	11,9	39,4
P82	10,75	5,9	15,3	P182	10,75	11,9	33,9
P83	16,25	5,9	20	P183	16,25	11,9	56,8
P84	21,75	5,9	20,1	P184	21,75	11,9	56,9
P85	27,25	5,9	20,2	P185	27,25	11,9	54
P86	32,75	5,9	19,7	P186	32,75	11,9	51,1
P87	38,25	5,9	20,4	P187	38,25	11,9	53
P88	43,75	5,9	19,8	P188	43,75	11,9	54,5

PONTO	X (m)	Y (m)	LUX	PONTO	X (m)	Y (m)	LUX
							Continua
P89	49,25	5,9	20,2	P189	49,25	11,9	58
P90	54,75	5,9	18,4	P190	54,75	11,9	60,2
P91	60,25	5,9	17,1	P191	60,25	11,9	52
P92	65,75	5,9	18	P192	65,75	11,9	55
P93	71,25	5,9	17,8	P193	71,25	11,9	55,4
P94	76,75	5,9	18,9	P194	76,75	11,9	50,1
P95	82,25	5,9	18,7	P195	82,25	11,9	51,4
P96	87,75	5,9	17,5	P196	87,75	11,9	53,1
P97	93,25	5,9	16,6	P197	93,25	11,9	52,5
P98	98,75	5,9	17,4	P198	98,75	11,9	54
P99	104,25	5,9	17,1	P199	104,25	11,9	56,1
P100	109,75	5,9	18	P200	109,75	11,9	44,9