

## UTILIZAÇÃO DO DIODO EMISSOR DE LUZ (LED) NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

Fabício Eugênio Araújo<sup>1</sup>, Rodrigo Garófallo Garcia<sup>2</sup>, Irenilza de Alencar Nääs<sup>2</sup>, Carolina Obregão da Rosa<sup>3</sup>, Rodrigo Borille<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mestrando, Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS, Brasil, (araujo.f.e@hotmail.com)

<sup>2</sup>Professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Dourados, Brasil

<sup>3</sup>Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronegócios pela Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Dourados, Brasil

<sup>4</sup>Doutorando em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Rio Grande do Sul, Brasil

Recebido em: 30/09/2013 – Aprovado em: 08/11/2013 – Publicado em: 01/12/2013

### RESUMO

A utilização do Diodo Emissor de Luz (LED) na avicultura, vem surgindo como uma alternativa tecnológica muito eficiente e que vem trazendo muitos benefícios para a produção de frangos de corte. Torna-se fundamental o seu uso, pois o LED tem menor gasto com energia e elevada vida útil. O LED possui uma eficácia luminosa superior as demais, e emite raios ultravioletas que proporcionam um ambiente mais próximo do natural, onde as aves expressam melhor seu comportamento e posteriormente garante as aves um melhor desempenho diante de um ambiente fechado. Além disso, o LED possui uma variação de cores dentre elas o amarelo, azul, verde, vermelho, branco, laranja, etc. Diante destas características atribuídas ao LED com relação a produção de frangos de corte, é necessário o estudo da utilização do LED e como ele contribui em cada fase de criação das aves, garantindo uma produção rentável e lucrativa.

**PALAVRA-CHAVE:** Iluminação, ambiente, programa de luz, percepção da luz.

### USING LIGHT EMISSION DIODE (LED) IN BROILER PRODUCTION

#### ABSTRACT

The use of light emission of diode (LED) in poultry production has been emerging as an alternative technology very efficient, and it has brought many benefits to the production of broilers. Its use is fundamental because the LED has lower spending on energy and high useful life. The LED has a luminous efficacy higher than the others, and it emits an ultraviolet ray that provides an environment closer to nature, where birds express better their behavior, and subsequently, it ensures the birds to perform better when facing a closed environment. In addition, the LED has a color variation amongst them, yellow, blue, green, red, white and orange. Before this characteristics attributed to the LED with respect to production of broilers, it is

necessary to research the use of LED and how it may contribute in each phase of broilers, ensuring a cost effective and profitable production.

**KEYWORDS:** Illumination, environment, lighting program, perception of light.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de carne de frango e é responsável junto com os Estados Unidos e China por 54,5% da produção mundial. A avicultura industrial é bem estruturada no Brasil, responde por 1,5% do PIB, gera cerca de quatro milhões de empregos diretos e indiretos e contribui de forma significativa à balança comercial, rendendo ao Brasil cerca de 3,5 bilhões de dólares em exportações (FLORES, 2013).

Para garantir essa produção otimizada é necessário, além de aves geneticamente desenvolvidas para produzir carne, o desenvolvimento de tecnologias que possam prover as reais necessidades ambientais das aves e que possam ser utilizadas para acionamento de controles de sistemas de climatização e alimentação, garantindo maior eficácia na produção (PEREIRA, 2005). Diante desse desafio o sucesso na produção avícola está relacionado a inúmeros fatores, dentre os quais alguns são essenciais nas funções biológicas das aves, como o fator luz, reconhecido inicialmente em 1944, como elemento indispensável à produção das aves (GABRIEL, 2003).

A iluminação para frangos de corte tem a finalidade de permitir melhor ingestão de ração e água, crescimento e adaptação nos primeiros dias de vida. Sendo que a qualidade, intensidade, fotoperíodo e cor da luz interferem no comportamento e desenvolvimento das aves (MENDES et al., 2010). Um programa de luz pode ser elaborado de acordo com as alterações que ocorrem no metabolismo das aves em diferentes idades e variam conforme a meta de peso final exigido pelo mercado. Onde o programa de luz ideal seria aquele que objetivasse maximizar a produção e reduzir o consumo de ração e gasto de energia elétrica (FREITAS et al., 2005).

Com o intuito de maximizar a produção e reduzir os gastos de energia o Diodo Emissor de Luz (LED) é uma alternativa tecnológica eficaz que vem ganhando espaço na avicultura. O LED possui eficácia estimada em 100 lm/W, sendo superior às lâmpadas incandescentes (15 lm/W) e fluorescentes (80 lm/W) (OSRAM, 2013). Entretanto, ainda são necessários estudos que comprovem sua eficiência no setor avícola, viabilizando a competitividade da produção.

## A LUZ E SUA INFLUÊNCIA NA AVICULTURA IMPORTÂNCIA DA LUZ NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

Os aviários modernos são cuidadosamente iluminados visando à redução de canibalismo, de movimentação das aves e os custos em energia elétrica. A luz, em tese, é uma gama de comprimentos de onda, do espectro eletromagnético, formado por diferentes fontes de luz (BONA, 2010), dessa forma necessita conhecer melhor o espectro luminoso e sua relação com o seu efeito sobre as fases de criação das aves e diminuir os gastos com a produção.

Na busca da tecnificação na avicultura, a iluminação foi um dos fatores que mais evoluiu, onde os princípios que envolvem a importância da luz são: fonte de luz, e comprimento de luz, intensidade de luz e duração e distribuição do

fotoperíodo, podendo assim afetar o desempenho e o bem-estar do lote (MENDES et al., 2004). O posicionamento adequado das fontes de luz e sua distribuição estimulam as aves a procurar alimento, água e calor durante a fase de recria. Durante a fase de crescimento, a iluminação pode ser útil para moderar o ganho de peso e aperfeiçoar a eficiência da produção e a saúde do lote (PAIXÃO et al., 2011a).

A intensidade de luz deve ser de 20 lux nos primeiros dias de vida e entre 5,0 e 10,0 lux posteriormente. Nos primeiros três a quatro dias, os pintos devem receber iluminação contínua com apenas uma hora de escuro para se acostumarem à escuridão, caso haja falta de energia. A partir daí, a definição do programa de luz deve ser um processo criterioso (BONA, 2010).

Percebe-se que o manejo de luz é uma técnica muito útil e de baixo custo de produção (MENDES et al., 2010). No passado, frangos de corte viviam em um ambiente natural, em que a iluminação foi alterada substancialmente quando comparada às instalações avícolas comerciais atuais (MENDES et al., 2013). Essa iluminação é um fator amplamente utilizado para manipular o comportamento e produção das aves, portanto, o planejamento do programa de iluminação deve obedecer a critérios de produção e legislação, de forma a não provocar situações que afetem o bem-estar animal. Durante muito tempo programas com 23 a 24 horas de luz foram utilizados, a fim de proporcionar o maior consumo de ração e ganhos no resultado econômico (MARTRENCAR et al., 1999). Entretanto, foi encontrado que o uso de fotoperíodos moderados reduziria o estresse e melhoraria o desempenho do bem estar das aves. Porém percebe-se que o manejo de luz vem sendo pouco utilizado ou utilizado de forma inadequada (MENDES et al., 2010).

O uso de um programa de luz é ideal para garantir o bom desenvolvimento dos frangos de corte principalmente na fase de cria. Os programas de luz podem ser classificados em luz constante, intermitente e crescente. No programa de luz constante, utiliza-se um fotoperíodo de mesmo comprimento, durante todo o ciclo de crescimento, possibilitando acesso uniforme aos comedouros durante todo o dia. Baseia-se no princípio de que as aves consomem pequenas quantidades em intervalos regulares (RUTZ & BERMUDEZ, 2004).

Já o programa de iluminação intermitente caracteriza-se por apresentar ciclos repetidos de luz e escuro dentro de um período de 24 horas. Estudos indicam que a luz intermitente sincronizava melhora no consumo alimentar com a passagem do alimento pelo trato digestivo dos frangos. Aparentemente, o programa de luz mais indicado é o de uma hora de luz e três de escuro. Este melhora a conversão alimentar e reduz a gordura abdominal. Também, reduz a produção de calor, diminui a taxa metabólica logo o consumo de oxigênio e ameniza assim, a ascite (LIEN et al., 2008).

E o programa de luz crescente, que fornece uma série de fotoesquemas, nos quais o fotoperíodo é aumentado conforme o frango avança a idade (MENDES et al., 2004). O fotoperíodo inicial curto visa propiciar a redução no consumo de ração e na taxa de ganho de peso, sem afetar o desenvolvimento esquelético. Dessa forma, o esqueleto é capaz de suportar a velocidade do desenvolvimento da massa muscular. Além disso, frangos expostos a fotoperíodos crescentes apresentam maior produção de androgênios, os quais seriam responsáveis pelo ganho compensatório na fase final do período de criação (RUTZ & BERMUDEZ, 2004).

Segundo KAWAUCHI et al. (2009), aves criadas no programa de luz contínua apresentaram maiores valores para ganho de peso e consumo de ração em relação àquelas submetidas ao programa de luz crescente. PAIXÃO et al., (2011b)

comparando o Diodo Emissor de Luz (LED) branco e fluorescente, constataram que não houve diferença no desempenho das aves, mas houve diferença entre os sexos para consumo de ração e conversão alimentar, sendo que os machos se sobressaíram em relação as fêmeas. AMARAL et al., (2011) avaliaram o desempenho produtivo e respostas fisiológicas de frangos de corte machos e fêmeas, sob o efeito do ambiente de um galpão comercial com sistema de ventilação convencional e sistema de nebulização. O galpão foi dividido em três alas, ala macho (M), ala fêmea (F) e ala refugos (R).O ambiente de criação foi avaliado por meio do índice de temperatura do globo negro e umidade, da intensidade de ruído e do nível de iluminância. Os machos apresentaram desempenho produtivo superior às fêmeas. A massa corporal média dos machos foi 214,6 g maior que a das fêmeas aos 35 dias de vida, a qual se igualou à massa corporal dos machos somente aos 38,47 dias de vida. As respostas fisiológicas não se relacionaram com o ambiente.

O programa de luz relacionado com as fases de criação das aves pode trazer grandes benefícios para a produção de frango de corte. KAWAUCHI et al. (2009) afirmam que um programa de restrição de luz bem elaborado com a cor da luz ideal no início do crescimento, geralmente, melhora a conversão alimentar e a sobrevivência, diminuindo, ao mesmo tempo, patologias como ascite e problemas locomotores, como aparecimento de valgus e varus.

## **PERCEPÇÃO DE LUZ PELAS AVES**

Visto que as principais propriedades do ambiente visual são a iluminância e sua variação espacial, a temperatura das cores e as oscilações das lâmpadas, a percepção destas propriedades depende da sensibilidade espectral das aves, que é distinta da sensibilidade e percepção humana. Só depois que estas lacunas sobre as respostas das aves à luz ambiente forem entendidas será possível explorar significativamente a relação entre iluminação nos aviários e desempenho e bem-estar animal (TECHNORTE, 2013).

A luz é uma modalidade da energia radiante que um observador pode verificar pela sensação visual de claridade determinada no estímulo da retina, sob a ação da radiação, no processo de percepção sensorial visual. Nas aves a luz é percebida por fotorreceptores que transformam a energia contida nos fótons em sinais biológicos. A energia dos fótons, no globo ocular, é transformada pelos pigmentos fotossensíveis contidos nos cones e bastonetes e transmitida pelos neurônios até o cérebro, onde o sinal é integrado a uma imagem (JÁCOME, 2009).

De igual importância é o efeito da luz ambiente, especialmente a iluminância e o fotoperíodo, sobre o desenvolvimento funcional do olho e, conseqüentemente, da visão. A sensibilidade relativa espectral é conhecida pelas aves e humanos. Para as aves, pode-se determinar a percepção dos níveis de iluminação para as diferentes fontes de luz na unidade "clux", unidade oposta ao lux (uma unidade fotométrica calculada pelo espectro de uma fonte de luz e pela sensibilidade do olho humano), percebida pelos humanos. Pode-se confirmar também a gama de comprimentos de ondas que as aves podem "ver", que inclui os raios UVA (ultravioleta) (MENDES et al., 2010).

Segundo MOBARKEY et al., (2010), nas aves os fotorreceptores estão localizados em três regiões principais: nos olhos (retina), na glândula pineal e nos tecidos cerebrais da parte posterior do hipotálamo. Contudo, a regulação sazonal quanto ao tempo dos ciclos de reprodução são detectados pelos fotorreceptores extra-retinais, pois, cobrindo-se a cabeça das aves com tinta preta (nanquim), de

modo que a luz não penetre no crânio, eliminam-se as respostas fotoperiódicas. A resposta neuroendócrina à fotoestimulação é desencadeada pela liberação do hormônio GnRH-I seguido da liberação de gonadotrofinas hipofisárias, resultando no desenvolvimento gonadal. A glândula pineal aviária está particularmente envolvida no controle dos ritmos circadianos e da atividade sexual (CANEPPELE et al., 2013). O ritmo circadiano coordena uma programação temporal de eventos bioquímicos, fisiológicos, imunológicos e comportamentais que irão determinar o desempenho produtivo (consumo de ração, atividade motora, temperatura corporal, entre outros) e sanitário do lote (ABREU & ABREU, 2011).

A ave é um animal foto responsivo, onde o estímulo luminoso a partir da 10ª semana de vida age positivamente sobre a fisiologia do aparelho reprodutivo, liberando os hormônios luteinizante (LH) e folículo estimulante (FSH) (VERCELLINO, 2012). Com isso a luz é percebida pelos fotorreceptores hipotalâmicos que convertem o sinal eletromagnético em uma mensagem hormonal através de seus efeitos nos neurônios hipotalâmicos que secretam o hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH). O GnRH atua na hipófise produzindo as gonadotrofinas: hormônio luteinizante (LH) e hormônio folículo estimulante (FSH). O LH e o FSH ligam-se aos seus receptores na teca e células granulosas do folículo ovariano, estimulando a produção de andrógenos e estrógenos pelos folículos pequenos e produção de progesterona pelos folículos pré-ovulatórios maiores. Dias curtos não estimulam a secreção adequada de gonadotrofinas porque não iluminam toda a fase fotossensível. Dias mais longos, entretanto, fazem a estimulação, e deste modo a produção de LH é iniciada. Este mecanismo neuro-hormonal controla as funções reprodutivas, comportamentais e as características sexuais secundárias das aves (ROCHA, 2008).

Quando há um excesso ou escassez de luz os frangos de corte por apresentar desvios de comportamento, comprometem seu bem-estar e, conseqüentemente, sua produtividade (CANEPPELE et al., 2013). As implicações da sensibilidade espectral das aves se encontram em três estágios. Primeiro, a unidade com a qual estamos tradicionalmente mensurando a iluminância em aviários, o lux, está incorreta, pois o fluxo luminoso percebido pelos animais é a soma das respostas das células cone (PRESCOTT & WATHES, 2001). Em segundo lugar, a gama disponível de comprimentos de onda emitidas a partir das lâmpadas talvez tenha restringido o fluxo de cores como informações. E, em terceiro lugar, lâmpadas produzem pouca, ou nenhuma, radiação UVA, que é biologicamente relevante para as aves, através do qual inseridas na iluminação artificial, as aves podem expressar seu comportamento mais natural (CANEPPELE et al., 2013).

## **CORES DE LUZ E SEUS EFEITOS NA AVICULTURA**

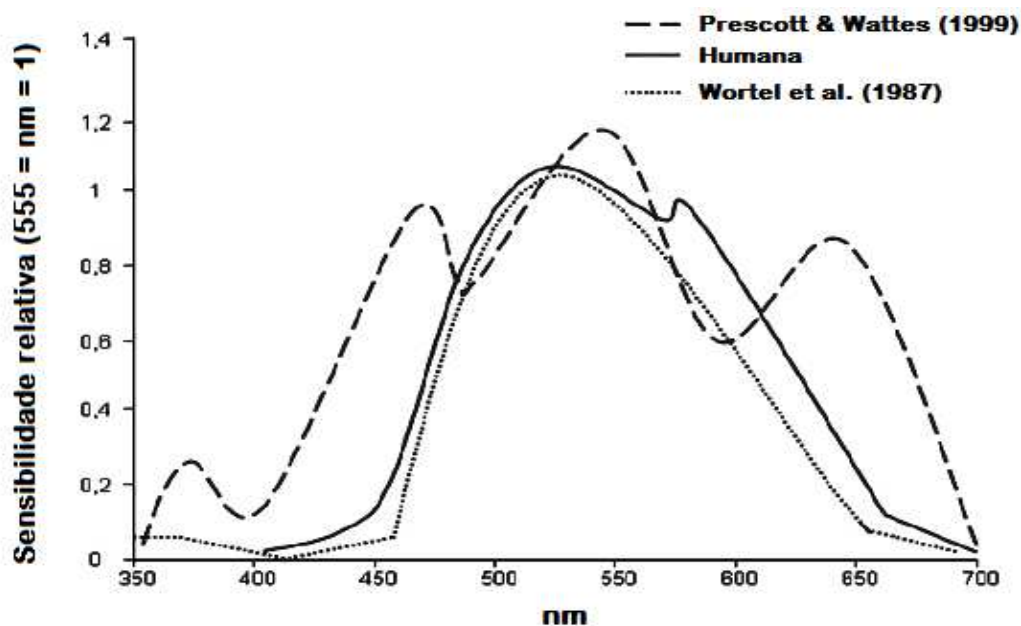
O desempenho reprodutivo das aves domésticas é dependente do controle da luz adequado, envolvendo tanto a quantidade (duração e intensidade) e cor da luz (ou comprimento de onda), como a frequência espectral (GONGRUTTANANUN & GUNTAPA, 2012). O fotoperíodo, por ser uma alteração na intensidade luminosa, é esperado que a cor, que é essencialmente uma alteração na intensidade em certos comprimentos de onda, afete o crescimento e o comportamento das aves (MENDES et al., 2010). Estes autores ressaltam que existe uma diferença dos olhos das aves para os dos humanos que são o tamanho do olho e as células fotoreceptoras na retina do olho, sendo elas, bastonetes, que são mais numerosos, altamente sensíveis e possibilitam enxergar em ambientes com pouca luz, e cones,

que são responsáveis pelas condições de visão normais durante o dia. A imagem produzida pelos bastonetes é pouco definida, pois há muitas imagens ligadas a uma única fibra nervosa. Entretanto, um somatório de estímulos fornece aos bastonetes uma alta sensibilidade, no máximo de 507nm (luz azul-verde). E o menor número de cones, cada um ligado a uma única fibra nervosa, é responsável por fornecer níveis muito mais significativos de intensidade luminosa (iniciando de 4 até 44 cd/m<sup>2</sup>), produzindo imagens em alta definição e permitindo a percepção das cores.

Há três tipos de cone que, com picos de sensibilidade, permite aos humanos perceber as cores primárias, violeta/azul (450nm), verde (550nm) e vermelho (700nm). Quando todas são estimuladas simultaneamente o cérebro registra a luz como branca. Os olhos das aves têm um tipo adicional de cone na retina com um pico de sensibilidade por volta de 415nm (GOVARDOVSKII & ZUEVA, 1977) e este cone permite a percepção de radiações abaixo de 400nm (PRESCOTT & WATHES, 1999).

Como a sensibilidade para comprimentos de onda difere entre frangos e humanos (PRESCOTT & WATHES, 1999), as fontes de iluminação podem ser percebidas com cores diferentes. A faixa de radiações das ondas eletromagnéticas detectadas pelo olho humano, segundo NISKIER & MACINTYRE (2000), se situa entre 380 e 780 nanômetros (nm), correspondendo o menor valor ao limite dos raios ultravioleta, e o maior, ao dos raios infravermelhos. E segundo MOBARKEY et al. (2010) a resposta das aves a radiação visível, captada pela retina do olho, possui um pico de sensibilidade relativo nas bandas verde-amarelo do espectro de luz (545-575 nm). De acordo com KRISTENSEN et al., (2007) aves expostas a comprimentos de onda curtos apresentam melhor ganho de peso e eficiência alimentar. MENDES et al., (2010) comenta que, durante os primeiros dias da criação de frangos, a luz tipo onda curta estimula o crescimento, enquanto que, a maturidade sexual é acelerada pela luz de onda longa.

PRAYITNO et al., (1997) comprovam que a luz vermelha aumentou a movimentação, alimentação e o comportamento de alongar de aves, sendo que a maior parte destes comportamentos foi afetada pelas interações entre o comprimento de onda (azul contra vermelho) e a intensidade (baixa, média e alta). De acordo com DAVIS et al., (1999) frangos criados sob luz branca, vermelha ou azul (30 lx) durante 7 a 28 dias de vida preferiram luz azul, após a primeira semana de exposição, enquanto as aves criadas em luz azul preferiram luz verde após a primeira semana de exposição. As curvas da sensibilidade espectral das aves domésticas (Figura 1) foram traçadas por PRESCOTT & WATHES (1999), utilizando um teste comportamental e por WORTEL et al., (1987), utilizando um teste eletrofisiológico. A partir destes estudos foi possível observar que as curvas de sensibilidade espectral das aves diferem das humanas. Nas aves a resposta é relativamente mais ampla o que confere maior abrangência de percepção visual das cores por estes animais (PRESCOTT & WATHES, 2001).



**FIGURA 1.** Espectro de sensibilidade relativo das aves e humanos. (Fonte: PRESCOTT & WHATES, 1999).

### TIPOS DE FONTES DE ILUMINAÇÃO

Várias são as fontes de luz que são utilizadas em galpões comerciais. Os tipos mais comuns de iluminação em aviários brasileiros são as lâmpadas incandescentes e as fluorescentes; porém, há uma nova lâmpada já testada e de grande utilidade e economia no setor avícola, que são as lâmpadas de vapor de sódio. Lâmpadas incandescentes são muito utilizadas na produção de aves de corte, entretanto as lâmpadas fluorescentes possuem várias vantagens, como, por exemplo, vida útil 20 vezes mais longa e quatro vezes mais eficiência energética que as lâmpadas incandescentes, com a aparente percepção mais "brilhante e clara", o que torna mais fácil a inspeção e manejo do lote em comparação com lâmpadas incandescentes de mesma intensidade (MENDES et al., 2010).

A instalação das lâmpadas incandescentes é barata e estas fornecem uma faixa de iluminação uniforme; porém, os custos operacionais são altos. Além disso, esta lâmpada gera muito calor, indesejável nos dias quentes. As lâmpadas fluorescentes apresentam maior custo inicial, realmente produzem mais luz por energia usada, porém a intensidade diminui com o tempo e as lâmpadas necessitam ser substituídas. Já as lâmpadas de vapor de sódio apresentam maior custo inicial, porém menor manutenção e maior vida útil (MENDES et al., 2008).

Segundo ETCHES (1996), não importa o tipo de lâmpada utilizada (fluorescente, incandescente, vapor de sódio, etc.), no entanto, sabe-se que cada lâmpada oferece um espectro luminoso diferente, e este fator pode causar influência sobre a produção de frangos de corte. Aviários, normalmente equipados com grande número de lâmpadas incandescentes, já vem sendo utilizadas há algum tempo (CEMIG, 1996) e, também são indicada para tema de projeto de efficientização energética (ANEEL, 1999). As lâmpadas incandescentes, usualmente empregadas, apresentam baixa taxa de conversão  $\text{lm W}^{-1}$ , da ordem de  $15 \text{ lm W}^{-1}$ , além de pequena durabilidade (vida média de 1000 h), fato que aumenta os gastos com reposição. Um galpão de 100 x 12 m emprega 100 a 120 lâmpadas incandescentes

de  $100 \text{ lm W}^{-1}$ , chegando o sistema a permanecer em funcionamento durante 17 horas diárias (JORDAN & TAVAREZ, 2005).

Embora grupos de aves criados em ambientes com luz incandescente e natural tenham demonstrado uma preferência pelos ambientes equipados com luz incandescente, não foi possível determinar quais características das lâmpadas (intensidade, comprimento de onda ou oscilação) foram as mais importantes para a preferência das aves (GUNNARSSON et al., 2008). Um estudo realizado na região Sudoeste do Paraná, monitorando a intensidade luminosa (lx) em 30 aviários de frango de corte e em 15 pontos para cada aviário, visando um comparativo entre lâmpadas fluorescentes e incandescentes (MENDES et al., 2008), indicou que, em média, os aviários equipados com lâmpadas fluorescentes apresentaram maior intensidade luminosa ao nível das aves ( $27,8 \text{ lx}$ ) enquanto que as lâmpadas incandescentes apresentaram apenas  $13,6 \text{ lx}$ .

A substituição de lâmpadas incandescentes por outras lâmpadas de alta eficiência como as fluorescentes compactas causaria economia de cerca de 70% de energia elétrica nos aviários, enquanto outros procedimentos causariam redução ainda mais significativa (COTTA, 2002). Alguns destes procedimentos podem ser exemplificados como os tipos de programas de luz adotados para a produção de frangos de corte, ou até mesmo o emprego de novas tecnologias de iluminação existentes na atualidade, como é o caso do LED (Diodo Emissor de Luz).

## A LUZ DE LED

A busca por novas tecnologias de iluminação, associado à grande vida útil deste componente eletrônico, estimulou o desenvolvimento de sistemas de iluminação a LED, cujas primeiras aplicações deram-se na substituição das lâmpadas dicróicas e de halogênio, na iluminação localizada (BONA, 2010). Essa luz de LED possui uma capacidade de controle de composição espectral e saída de luz alta com pouco calor radiante tornando esta tecnologia potencialmente um dos avanços mais significativos em iluminação (MORROW, 2008).

LED é a sigla em inglês para diodo emissor de luz, material semicondutor com o qual se fabricam tais lâmpadas. Quando uma corrente elétrica percorre o diodo, ele é capaz de emitir luz. A vantagem dessas lâmpadas em relação às demais é que consomem menos energia e duram mais tempo (SCRIBD, 2013). O LED surgiu na década de 60 e, hoje é conhecido mundialmente pela sua alta eficiência luminosa e elevada vida útil. Esta eficácia luminosa atinge  $100 \text{ lm W}^{-1}$ , sendo superior às lâmpadas incandescentes ( $15 \text{ lm W}^{-1}$ ) e fluorescentes ( $80 \text{ lm W}^{-1}$ ) (OSRAM, 2013). Já a empresa Cree, fabricante de dispositivos semicondutores divulgou eficácia luminosa de  $131 \text{ lm W}^{-1}$  em seu produto (CREE, 2006; LEDs MAGAZINE, 2006). Outra fabricante de LEDs, a Nichia Corporation, afirma ter alcançado  $138 \text{ lm W}^{-1}$  de eficiência luminosa (NARUKAWA, 2006).

Destaca-se a importância de conhecer seu funcionamento e entender como ela contribui em todo o processo de produção de frangos de corte. Um LED é composto por um chip de material semicondutor tratada para criar uma estrutura chamada P-N (positivo-negativo) de junção. Quando conectado a uma fonte de energia, a corrente flui do lado p ânodo para o lado n, ou catodo, mas não no sentido inverso. Quando um elétron encontra um buraco, ela cai em um nível mais baixo de energia, e libera energia na forma de um fóton (luz) (TECHNORTE, 2013). Outra característica também considerada importante, não só para iluminação pública, como para qualquer sistema de iluminação é o tempo de uso da lâmpada ou fonte

luminosa. A vida útil de um LED pode atingir até 50.000 horas (LUXEON, 2008). Este valor é muito superior se comparado ao das lâmpadas incandescentes e fluorescentes compactas, que alcançam 1.000 horas e 8.000 horas de uso, respectivamente (OSRAM, 2013).

Já existem LEDs disponíveis comercialmente, capazes de emitir luz na faixa do ultravioleta, mas até um comprimento de onda de 365 nanômetros, ou seja, ainda na faixa do quase-infravermelho (ROSA & ARAÚJO, 2010). Isso pode proporcionar um ambiente mais próximo do natural para as aves, garantindo que elas expressem melhor o seu comportamento. Vale destacar a variação de cores que são atribuídas ao LED, sendo elas: infravermelho, vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, violeta, roxa, ultravioleta e branco. Todas essas cores possuem comprimento de onda (nm) e material semicondutor diferente que precisam ser mais bem estudados para conhecer a sua importância dentro da produção avícola.

## **PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE COM A UTILIZAÇÃO DE LED NA ILUMINAÇÃO**

A produção de frangos é uma atividade fundamental para o desenvolvimento econômico do Brasil e das regiões onde está inserida. Por ser uma cadeia complexa, devido às relações e inter-relações com outras atividades (milho, farelo de soja, vitaminas, minerais, sanidade animal, transporte, máquinas e equipamentos, genética avançada, etc.), a avicultura de corte apresenta um grande efeito multiplicador da renda e do Produto Interno Bruto brasileiro (OLIVEIRA et al., 2012). Também pode-se relacionar as novas tecnologias que vem ganhando importância no mercado e se integrando em todo o sistema de produção, principalmente no fator iluminação, que é fundamental no processo de vida das aves.

Os programas de luz utilizados na criação de frangos de corte têm como finalidade regular o consumo de alimento, maior ganho de peso, melhor conversão alimentar, qualidade de carcaça superior e livre de alterações metabólicas (MENDES et al., 2004). Na busca de melhorar as etapas de criação e utilizar novas tecnologias o LED vem surgindo como uma alternativa favorável na produção dos frangos, e esta sendo cada vez mais utilizado, garantindo melhor desempenho das aves.

XIE et al., (2008) avaliando os efeitos da luz monocromática (LEDs) nas cores vermelho, verde, azul e branco, sobre a resposta imune de frangos de corte, concluíram que houve aumento de 80,8% na proliferação de linfócitos T no sangue dos frangos que foram submetidos ao LED de cor verde quando comparados ao LED vermelho, e de 54,8% de aumento na proliferação quando comparado ao LED de cor azul. Em ambas as comparações a idade das aves foi de 21 dias.

XIE et al., (2011) investigando o efeito da luz monocromática (vermelho, verde, azul claro e branco) sob as barreiras mecânicas e imunológicas da mucosa do intestino delgado de 120 frangos de corte, machos da linhagem *Arbor Acre*, no dia pós-eclosão expostos por 49 dias, observaram que frangos expostos a luz branca em relação com os expostos a luz verde aos 7 e 21 dias de idade, apresentaram aumento da altura das vilosidades do intestino delgado em 19,5% e de 38,8%, a profundidade das criptas do intestino delgado diminuiu de 15,1% e de 10,1%, e a relação de altura das vilosidades intestinais para a profundidade das criptas foram aumentados de 39,3% e 52,5%, respectivamente.

Visando melhorar o crescimento e o desenvolvimento de frangos de corte CAO et al., (2012), usando 512 frangos criados sob o LED de cor branca, vermelha, verde e azul, concluíram que frangos criados em ambiente com combinação de luz branca com verde, vermelha e azul, verde e azul e azul e verde atingem mais peso do que aquelas criadas em ambientes só com luz branca, vermelha, verde e azul. DEEP et al., (2010) estudando a intensidade da luz (1, 10, 20 e 40 lux) sobre os parâmetros de produção dos frangos de corte, verificaram que o ganho de peso e consumo de ração de aves dos 7 aos 14 dias de idade não foram afetadas pela intensidade de luz, e as aves expostas a 1 lux tiveram menor conversão alimentar que os outros tratamentos. E dos 0 aos 35 dias o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar não foram afetados pelos níveis de intensidade de luz. Já LIEN et al., (2008) demonstraram aumento do ganho de peso e consumo de ração dos frangos criados em níveis de intensidade de luz de 1 lux em comparação a 150 lx. Esse fato pode ser explicado pelo aumento no consumo de ração pela baixa intensidade de luz.

ZHANG et al., (2012) estudaram o efeito dos estímulos da luz monocromática durante a embriogênese sob o crescimento muscular do peito, composição química e qualidade da carne de 1320 ovos férteis de frangos de corte da linhagem *Arbor Acres*. Ovos férteis foram alojados em três grupos em uma incubadora comercial: 1) grupo controle (condição de escuro), 2) grupo de luz monocromática verde e 3) grupo de luz monocromática azul. Constataram que o peso do músculo do peito e porcentagens de músculo de peito em aves incubadas sob luz verde eram significativamente elevados por 50,39 g (0,76%) e 54,07 g (1,20%) do que aqueles no grupo de condições de escuro ou azul em 42 dias de idade respectivamente. No grupo de luz verde, a ingestão de alimentos durante 42 dias foi maior do que nos outros dois grupos de tratamento, a taxa de conversão de ração durante 42 dias foram mais baixos do que no estado escuro.

## **EFEITO DAS CORES DE LED SOBRE A EFICIÊNCIA FISIOLÓGICA OU O CRESCIMENTO**

A cor da luz é um parâmetro fundamental exógeno que afeta o desempenho das aves e é ditada pelo comprimento de onda (ROZENBOIM et al., 1999). Em produção de frangos de corte moderno, as luzes azul, verde e vermelho estão sendo usadas para melhorar o desempenho do crescimento.

Em estudos realizados por KIM et al., (2013), investigaram o efeito de diferentes luzes monocromáticas (branco, azul claro, vermelha, verde, amarelo claro) em comparação com as lâmpadas incandescentes sobre o desempenho produtivo e resposta hematológica de crescimento de 360 frangos de corte. Constataram que o ganho de peso dos frangos de corte de uma a cinco semanas foi afetado pelas fontes de luz, onde as aves criadas sob luz incandescente tiveram menor ganho de peso. E o ganho de peso vivo diferiu na segunda semana com maior valor quando criados em luz amarela.

LIU et al., (2010) investigando os efeitos de várias luzes monocromáticas no início das mudanças pós-nascimento em atividade mitótica das células satélites do músculo peitoral, um total de 416 frangos recém-nascidos foram expostos à luz azul, verde, vermelha e branca por diodo emissor de luz durante três semanas, respectivamente. A luz verde promoveu significativamente as células satélites dos frangos de corte a proliferar antes dos três dias pós-eclosão e diferenciar depois de três dias pós-eclosão.

Testando o desempenho produtivo de frangos de corte submetidos a dois tipos de iluminação (lâmpada fluorescente compacta e LED branca), PAIXÃO et al., (2011b), observaram que a lâmpada de LED branca apresentou o mesmo efeito da lâmpada fluorescente no desempenho produtivo das aves (consumo de ração, peso vivo, conversão alimentar e mortalidade), concluindo que a substituição seria viável. Os mesmos autores, testando a preferência de frangos de corte entre os LEDs de cores branco e amarelo, observaram que, apesar de a distribuição das aves ser homogênea entre os dois ambientes, aos 21 dias de idade os frangos se alimentavam mais no ambiente iluminado por LED de cor branca.

KE et al., (2011) utilizaram 288 frangos de corte expostos a luz azul, verde, vermelha e branca por um diodo emissor de luz (LED) até os 49 dias de idade. Verificaram que frangos de corte criados em luz azul aumentam significativamente o ganho de peso e rendimento de carcaça, em comparação com a luz vermelha, branca, e verde, mas não foi encontrada diferença estatística entre a luz verde e azul sobre o peso de músculo da coxa e rendimento de carcaça.

Estudando o desempenho de frangos de ambos os sexos expostos a LED de cor branca e a lâmpadas fluorescente compactas (CFL) dos sete aos 40 dias de idade, MENDES et al., (2013), observaram que as aves criadas sob exposição a CFL, do sexo masculino apresentavam significativamente pesos mais elevados do que os frangos vivos do sexo feminino aos sete e 14 dias de idade. No entanto, o peso vivo não é significativamente diferente entre os sexos para o restante das idades e de aves criadas sob as lâmpadas LED de cor branca. Sendo que o LED branco resultou em melhor conversão alimentar dos 21 aos 28 dias de idade para as fêmeas em comparação com a CFL.

BORILLE et al., (2013) utilizando 360 aves Isa Brown com idade de 56 semanas sobre o efeito das cores de LED: azul, amarelo, verde, vermelho, branco e luz incandescente de 40W, constataram que a produção de ovos (%) foi significativamente diferente entre os tratamentos, com os melhores resultados obtidos com LED vermelho, LED branco, e fontes de luz incandescentes. O peso do ovo, ingestão alimentar, e qualidade interna dos ovos (altura do albúmen, gravidade específica, e unidades Haugh) não foram influenciados por fonte de luz.

JÁCOME et al., (2012) avaliando os efeitos do uso da tecnologia de LED na iluminação artificial de codornas japonesas, utilizando 176 aves com 35 dias de idade, com quatro tratamentos (lâmpadas incandescentes 15W, leds: azuis, laranjas e brancos) e quatro repetições de 11 aves cada, mostrou que não houve diferenças significativas entre os tratamentos para produção de ovos, para peso médio do ovo, consumo de ração, peso da casca, espessura de casca e Unidade Haugh.

Sobre o desempenho produtivo e o desenvolvimento de fibras musculares com a estimulação e liberação da testosterona em 276 frangos de corte mantidos sob iluminação artificial a partir de LEDs nas cores: vermelho, verde, azul e branco, CHEN et al., (2008) observaram que, na fase inicial, os frangos mantidos sob a luz monocromática verde apresentaram melhor desempenho. Já na fase seguinte, os frangos se desenvolveram melhor sob a luz monocromática azul. Estes autores comprovaram neste experimento, que as cores azul e verde promoveram um melhor crescimento de fibras musculares devido à estimulação mais eficaz da secreção de testosterona.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A luz na produção avícola, é fundamental em todo o processo de criação dos frangos de corte, por isso se faz necessário adequar o seu uso em determinadas regiões do país, podendo obter um animal com melhor desempenho e garantir o bem estar das aves. Sem falar que o uso adequado da luz pode reduzir e muito nos gastos com energia em um aviário, podendo assim aperfeiçoar a produção e ter um maior lucro.

Para que se tenha uma boa eficiência em sua utilização, devemos adequar o melhor programa de luz e se atentar ao espectro luminoso que a luz emite. Isso garante que a ave se movimente mais e vá em busca de alimento e água, possibilitando um melhor ganho de peso e uma melhor conversão alimentar, e também evita possíveis problemas locomotores que acometem uma boa parte dos frangos de corte prejudicando assim o seu desempenho.

E para melhorar ainda mais a produção, o uso de novas tecnologias estão surgindo como é o caso das diferentes lâmpadas que já estão sendo pesquisadas. Além das lâmpadas incandescentes, fluorescente, entre outros, o Diodo Emissor de Luz (LED) vem se destacando como uma ótima alternativa que preconiza uma melhor produção com menores gastos de energia. Sem falar nas diferentes cores de luz que já vem sendo pesquisadas e estão dando bons resultados diante de todo processo de criação. Por fim é necessário adequar toda essa tecnologia, buscando meio que possibilitem uma melhor utilização com melhoras na eficiência produtiva dos frangos de corte.

## REFERÊNCIAS

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. de. **Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil**. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa - MG, v. 40, n. 1, p.1-14, 2011.

AMARAL, A.G.; YANAGI JUNIOR, T., LIMA, R.R.; TEIXEIRA, V.H.; SCHIASSI, L. **Efeito do ambiente de produção sobre frangos de corte sexados criados em galpão comercial**. Arq. bras. med. vet. Zootec. Belo Horizonte, v. 63, n. 3, p. 649-658, 2011.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Manual para elaboração do programa anual ao desperdício de energia elétrica: ciclo 1999/2000**. Brasília: Agência Nacional de Energia, 1999.138p.

BONA, J de. **Estudo de diferentes tecnologias, métodos e processos para eficientização energética de sistemas de iluminação de aviários**. 2010. 88 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia) – Instituto de Engenharia do Paraná – IEP, Paraná – Campus de Curitiba.

BORILLE, R.; GARCIA, R.G.; ROYER, A.F.; SANTANA, M.R.; COLET, S.; NAAS, I.A.; CALDARA, F.R.; ALMEIDA PAZ, I.C.L.; ROSA, E.S.; CASTILHO, V.A.R. **The use of light-emitting diodes (LED) in commercial layer production**. Revista Brasileira de Ciência Avícola, Campinas – SP, v. 15, n. 2, p. 135-140, 2013.

CAO, J.; WANG, Z.; DONG, Y.; ZHANG, Z.; LI, J.; LI, F.; CHEN, Y. **Effect of combinations of monochromatic lights on growth and productive performance of broilers**. Poultry science, College Station, v. 91, n. 12, p. 3013-3018, 2012.

CANEPPELE, F de.L.; MARQUESINI, I.A.; GABRIEL FILHO, L.R.A.; SERAPHIM, O.J. **A sensibilidade espectral do olho das aves e a importância da composição espectral das fontes de luz artificial**. In... III Simpósio de Sustentabilidade e Ciência Animal. 2013. Disponível em: <[http://sisca.com.br/resumos/SISCA\\_2013\\_064.pdf](http://sisca.com.br/resumos/SISCA_2013_064.pdf)>. Acessado em 14 de setembro de 2013.

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. **Estudo de otimização energética no setor avícola**. Belo Horizonte: Departamento de Utilização de Energia, 1996. 26p.

COTTA, J.T.B. **Galinha: produção de ovos**. 2002. Viçosa: Aprenda Fácil. 260p.

CHEN, Y.; CAO, J.; LIU, W.; WANG, Z.; XIE, D.; JIA, L. **Green and blue monochromatic lights promote growth and development of broilers via stimulating testosterone secretion and myofiber growth**. Journal of Applied Poultry Research. Gainesville, v17, n. 2, p. 211-218, 2008.

CREE. **Cree demonstrates 131 lumens per watt White LED** [online], 21 jun. 2006. Disponível em: <[http://www.cre.com/press/press\\_detail.asp?i=1150834953712](http://www.cre.com/press/press_detail.asp?i=1150834953712)>. Acesso em: 16 de setembro de 2013.

DAVIS, N.J.; PRESCOTT, N.B.; SAVORY, C.J.; WATHES, C.M. **Preferences of growing fowls for different light intensities. In: relation to age, strain and behaviour**. Animal Welfare. Hertfordshire, v.8, p.193-203, 1999.

DEEP, A.; SCHWEAN-LARDNER, K.; CROWE, T. G. e.; FANCHER, B.I.; CLASSEN, H.L. **Effect of light intensity on broiler production, processing characteristics, and welfare**. Poultry science, College Station, v. 89, n. 11, p. 2326-2333, 2010.

ETCHES R.J. **Reproducción aviar**. Zaragoza: Acribia, p.339, 1996.

FLORES, F. **Variação térmica durante a incubação de ovos e avaliação dos componentes imunológicos do embrião após eclosão**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) -. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

FREITAS, H.J.; BARROS COTTA, J. T de.; OLIVEIRA, A. I. G de.; GEWHER, C.E. **Avaliação de programas de iluminação sobre o desempenho zootécnico de poedeiras leves**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 29, n. 2, p. 424-428, mar./abr., 2005. Lavras – MG.

GABRIEL, J.E.F. **Eficiência energética de sistemas de iluminação em galpões de aves poedeiras através de avaliações estatísticas e econômicas**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade estadual paulista, Botucatu, São Paulo.

GONGRUTTANANUN N & GUNTAPA P. **Effects of Red Light Illumination on Productivity, Fertility, Hatchability and Energy Efficiency of Thai Indigenous Hens**. Kasetsart Journal: Natural Science. Bangkok, v. 46, p. 51 – 63, 2012.

GOVARDOVSKII, V.I.; ZUEVA, L.V. **Visual pigments of chicken and pigeon**. Vision research. Oxford, v.17, n. 4, p.537-543, 1977.

GUNNARSSON, S.; HEIKKILÄ, M.; VALROS, A. **A note on light preference in layer pullets reared in incandescent or natural light**. Applied Animal Behaviour Science. Amsterdam, v. 112, p. 395–399, 2008.

JÁCOME, I.M.D.T.; BORILLE, R.; ROSSI, L.A.; RIZZOTTO, D.W.; BECKER, J.A; SAMPAIO, C. **Desempenho produtivo de codornas alojadas em diferentes sistemas de iluminação artificial**. Archivos de zootecnia, Córdoba, v. 61, n. 235, p. 449-456, 2012.

JÁCOME, I.M.D.T. **A. Diferentes sistemas de iluminação artificial usados no alojamento de poedeiras leves**. Campinas - SP, 2009. 120 f. Tese (Doutorado)-Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

JORDAN, R.A & TAVARES, M.H.F. **Análise de diferentes sistemas de iluminação para aviários de produção de ovos férteis**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 420-423, 2005.

KAWAUCHI, I.; SAKOMURA, N.; BARBOSA, N.; AGUILAR, C.; MARCATO, C.; BONATO, M.; FERNANDES, J. **Efeito de programas de luz sobre o desempenho e rendimento de carcaça, cortes comerciais e vísceras comestíveis de frangos de corte**. Ars Veterinaria. Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 59-65, 2009.

KE, Y. Y.; LIU, W.J.; WANG, Z.X.; CHEN, Y.X. **Effects of monochromatic light on quality properties and antioxidation of meat in broilers**. Poultry Science, College Station, v. 90, n. 11, p. 2632-2637, 2011.

KIM, M. J.; PARVIN, R.; MUSHTAQ, M.M.H.; HWANGBO, J.; KIM, J.H.; NA, J.C.; CHOI, H.C. **Growth performance and hematological traits of broiler chickens reared under assorted monochromatic light sources**. Poultry science. College Station, v. 92, n. 6, p. 1461-1466, 2013.

KRISTENSE, H.H.; PRESCOTT, N.B.; PERRY, G.C.; LADEWIG, J.; ERSBOLL, A.K.; OVERVAD, K.C.; WATHES, C.M. **The behavior of broiler chickens in different light sources and illuminances**. Applied Animal Behaviour Science. Amsterdam, v.103, n. 1, p.75-89, 2007.

LEDS MAGAZINE. **Cree reports 232 lm/W from prototype White LED at 20 mA**. 21 de junho de 2006. Disponível em: < <http://www.ledsmagazine.com/news/3/6/19> >. Acesso em: 16 de setembro de 2013.

LIEN, R. J.; HESS, J.B.; MCKEE, S.R.; BILGILI, S.F. **Effect of light intensity on live performance and processing characteristics of broilers**. Poultry Science. College Station, v, 87, n. 5, p. 853–857, 2008.

LIU, W.; WANG, Z.; CHEN, Y. **Effects of monochromatic light on developmental changes in satellite cell population of pectoral muscle in broilers during early posthatch period.** The Anatomical Record, Washington, v. 293, n. 8, p. 1315-1324, 2010.

LUXEON. **Power light source Luxeon K2, Datasheet DS51.** Folha de Especificação Técnica. 2008. Disponível em: <<http://www.lumileds.com/pdfs/DS51.pdf>>. Acessado em: 16 de setembro de 2013.

MARTRENCAR, A.; HUONNIC, D.; COTTE, J.P.; BOILLETOT, E.; MORISSE, J.P. **The influence of stocking density on different behavioural, health, and productivity traits of turkey broilers kept in large flocks.** British Poultry Science. Edinburgh, v.40, n. 3, p.323–331, 1999.

MENDES, A.A.; NÄÄS, I de.A.; MACARI, M. **Produção de frangos de corte.** FACTA, p. 356, 2004.

MENDES, A.S.; REFATTI, R.; POSSENTI, J.C. **A iluminação na avicultura.** Avicultura Industrial, Campinas, p.34 - 40, 01 out. 2008.

MENDES, A.S.; REFFATI, R.; RESTELATTO, R.; PAIXÃO, S.J. **Visão e iluminação na avicultura moderna.** R. Bras. Agrobiologia, Pelotas, v.16, n.1-4, p.05-13, jan-dez, 2010.

MENDES, A. S.; PAIXÃO, S.J.; RESTELATTO, R. MORELLO, G.M.; de MOURA, D.J.; POSSENTI, J.C. **Performance and preference of broiler chickens exposed to different lighting sources.** The Journal of Applied Poultry Research. Gainesville, v.22, n. 1, p. 62-70, 2013.

MOBARKEY, N.; AVITAL, N., HEIBLUM, R.; ROZENBOIM, I. **The role of retinal and extra-retinal photostimulation in reproductive activity in broiler breeder hens.** Domestic Animal Endocrinology. Auburn, v. 38, n. 4, p. 235–243, 2010.

MORROW, R.C. **LED lighting in horticulture.** HortScience, Duke Street, v. 43, n. 7, p. 1947-1950, 2008.

NARUKAWA Y.; NARITA, J.; SAKAMOTO, T., DEGUCHI, K.; YAMADA, T.; MUKAI, T. **Ultra-high efficiency white light emittin diodes.** Japanese Journal of Applied Physics. Tokyo, v. 45, p. 1084-1086, 2006.

NISKIER, J.; MACINTYRE AJ. **Instalações Elétricas.** 4ª ed., Rio de Janeiro: LTD, p. 241-306, 2000.

OLIVEIRA, P.A.V de.; SANTOS FILHO, J.I dos.; BELLAYER, P.; SCHEUERMANN, G.N.; CARON, L. **Estimativa da emissão de gases de efeito estufa na produção de frangos de corte nos sistemas convencional e dark house.** Comunicado Técnico, EMBRAPA,. Concórdia – SC. 2012.

OSRAM. **Osram do Brasil**, Website. Disponível em: <<http://www.osram.com.br>> Acesso em: 16 de setembro de 2013.

PAIXÃO, S.J.; MENDES, A.S.; RESELATTO, R.; MAROSTEGA, J.; de SOUZA, C.; POSSENTI, J.C. **Preferência de frangos de corte criados sob distintos tipos de lâmpadas**. In: Congresso de Ciência e Tecnologia da UTFPR Campus Dois Vizinhos - Paraná, p. 343-346, 2011a.

PAIXÃO, S.J.; MENDES, A.S.; RESELATTO, R.; MAROSTEGA, J.; de SOUZA, C.; POSSENTI, J.C. **Desempenho produtivo de frangos de corte criados com dois tipos de lâmpadas**. In: Congresso de Ciência e Tecnologia da UTFPR Campus Dois Vizinhos - Paraná, p. 339-342, 2011b.

PEREIRA, D.F.; NÄÄS, I de.A.; ROMANINI, C.E.; SALGADO, D.D.; PEREIRA, G.O. **Welfare pointers in function of behavior reactions of broiler breeders**. Engenharia Agrícola. Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 308-314, 2005.

PRAYITNO, D.S.; PHILLIPS, C.J.C.; STOKES, D.K. **The effects of color and intensity of light on behavior and leg disorders in broiler chickens**. Poultry Science. College Station, v.76, n. 12, p.1674–1681, 1997.

PRESCOTT, N.B.; WATHES, C.M. Light, poultry and vision. In: 6th International Symposium in Livestock Environment, Louisville, Proceedings. **Anais...** ASAE Publication Number 701P0201, 2001.

PRESCOTT, N. B.; WATHES, C. M. **Spectral sensitivity of the domestic fowl (*Gallus g. domesticus*)**. British poultry science. Edinburgh, v. 40, n. 3, p. 332-339, 1999.

ROCHA, D.C.C. **Características comportamentais de emas em cativeiro submetidas a diferentes fotoperíodos e diferentes relações macho:fêmea**. 2008. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa – Viçosa MG.

ROSA, E.C de.A.; ARAUJO, G.F. **Diodo Emissor de Luz**. 2010. Disponível em: <http://www.demar.eel.usp.br/eletronica/2010/LED.pdf>>. Acessado em 16 de setembro de 2013.

ROZENBOIM, I.; BIRAN, I.S.S.A.K.; UNI, Z.E.H.A.V.A.; UNI, Z.E.H.A.V.A.; ROBINZON, B.O.A.Z.; HALEVY, O.R.N.A. **The effect of monochromatic light on broiler growth and development**. Poultry science. College Station, v. 78, n. 1, p. 135-138, 1999.

RUTZ, F.; BERMUDEZ, V. L. Fundamentos de um programa de luz para frangos de corte. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. A., MACARI, M. (Ed.). Produção de frangos de corte. **Anais...** Campinas: FACTA, 2004. p.157- 168.

SCRIBD. **Lâmpada Led X Lâmpada Fluorescente x Lâmpada Incandescente**. Disponível em: < <http://pt.scribd.com/doc/52671729/Lampada-Led-X-Lampada-Fluorescente-x-Lampada-Incandescente>>. Acessado em: 16 de setembro de 2013.

TECHNORTE. **Os aviários modernos.** 2013. Disponível em: <<http://www.technorte.net/news/os-aviarios-modernos/>> . Acessado em: 16 de setembro de 2013.

VERCELLINO, R. do A. **Efeito de diferentes sistemas de vedação de aviários no comportamento e bem estar de frangos de corte.** 2012. 137 f. Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP.

XIE, D.; WANG, Z.X.; DONG, Y.L.; CAO, J.; WANG, J.F.; CHEN, J.L.; CHEN, Y.X. **Effects of monochromatic light on immune response of broilers.** Poultry science. College Station, v. 87, n. 8, p. 1535-1539, 2008.

XIE, D.; LI, J., WANG, Z. X.; CAO, J.; LI, T.T.; CHEN, J.L.; CHEN, Y.X. **Effects of monochromatic light on mucosal mechanical and immunological barriers in the small intestine of broilers.** Poultry science. College Station, v. 90, n. 12, p. 2697-2704, 2011.

ZHANG, L.; ZHANG, H.J.; QIAO, X.; YUE, H.Y.; WU, S.G.; YAO.; J.H.; QI, G.H. **Effect of monochromatic light stimuli during embryogenesis on muscular growth, chemical composition, and meat quality of breast muscle in male broilers.** Poultry Science. College Station, v. 91, n. 4, p. 1026-1031, 2012.

WORTEL, J.F.; RUGENBRINK, H.; NUBOER, J.F.W. **The photopic spectral sensitivity of the dorsal and ventral retinae of the chicken.** Journal of Comparative Physiology. Berlin, v. 160, n. 2, p. 151-154, 1987.