

ANÁLISE ECONÔMICA DE DIFERENTES SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO EM AVIÁRIOS *DARK HOUSE*

Economic Analysis of Different Lighting Systems in Dark House Avian

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar diferentes sistemas de iluminação (Lâmpadas fluorescentes – FLUO e lâmpadas de diodo emissor de luz - LED) em aviários comerciais tipo *dark house*. A análise econômica do Valor Presente Líquido (VPL) foi utilizada nos benefícios de fluxos de caixa gerados e do período de *Payback*. A avaliação econômica dos dois sistemas de iluminação foi realizada utilizando-se as especificações dos diferentes tipos de lâmpadas e o consumo de energia registrado em três granjas comerciais. O fluxo de caixa foi avaliado comparando-se as informações dos sistemas de iluminação com lâmpada fluorescente (FLUO) e diodo emissor de luz (LED). A substituição das lâmpadas fluorescentes pelas lâmpadas LED pode gerar economia considerável de energia elétrica durante o ciclo de produção dos frangos de corte, além de apresentar condições adequadas para o ambiente de criação dentro dos aviários. No entanto, com o atual custo das lâmpadas LED, o sistema revelou-se inviável dentro do ciclo de vida das lâmpadas.

Carolina Obregão da Rosa
Universidade Federal da Grande Dourados
CarolinaRosa@ufgd.edu.br

Rodrigo Garófalo Garcia
Universidade Federal da Grande Dourados
RodrigoGarcia@ufgd.br

Irenilza de Alencar Nääs
Universidade Federal da Grande Dourados
irenilza@gmail.com

Nilsa Duarte da Silva Lima
Universidade de Campinas
nilsa.lima@feagri.unicamp.br

Jaqueline Severino da Costa
Universidade Federal da Grande Dourados
JaquelineCosta@ufgd.edu.br

Recebido em: 04/04/2016. Aprovado em: 13/02/2017.
Avaliado pelo sistema *double blind review*
Avaliador científico: Luiz Eduardo Gaio
DOI: 10.21714/2238-68902017v19n1p023

ABSTRACT

The present study aimed at evaluating different lighting systems (Fluorescent lamps - FLUO and LED light bulbs) in a commercial broiler house, Dark house. The economic analysis of the Net Present Value (NPV) was used in the benefits of the generated cash flows, and in the Payback period. The economic evaluation of the two lighting systems was carried out using the specifications of the different types of lamps, and the energy consumption was recorded in three commercial broiler farms. The cash flow was evaluated comparing the information of the fluorescent lamp (FLUO) and light emitting diode (LED) systems. The replacement of fluorescent lamps by LED lamps can generate considerable savings of electricity during the production cycle of the broilers, besides presenting suitable conditions for the rearing environment inside the houses. However, with the current cost of LED bulbs, the system has proven to be unsuitable within the lamp life cycle.

Palavras-chave: Avicultura Industrial, Retorno do Investimento, Diodo Emissor de Luz.

Keywords: Industrial Poultry, Return on Investment, Light Emitting Diode.

1 INTRODUÇÃO

A avicultura moderna apresentou muitas mudanças tecnológicas e de processos nos últimos 50 anos (MENDES, 2014). Neste contexto, a intensificação da produção por meio do confinamento das aves resultou em investimentos em tecnologias de automação na produção, climatização e programas de iluminação (MENDES, 2014;

OLANREWAJU et al., 2006; RUTZ; SILVA; NUNES, 2014). Benson et al. (2013). Aviários de paredes laterais sólidas (*dark house*) são cada vez mais comuns e isto exige que a iluminação tenha a duração, a intensidade e a qualidade adequadas ao desenvolvimento das aves. Na fase de crescimento do frango, a iluminação do ambiente é considerada uma ferramenta de gestão, pois é um dos principais fatores que influenciam no seu desenvolvimento.

A intensidade da luz, a disposição e cor das lâmpadas, além da duração do fotoperíodo afetam o bem-estar e o desempenho de frangos alojados (MENDES et al., 2010; BENSON et al., 2013; SANTANA et al., 2014). Embora a avicultura moderna tenha elevada eficiência produtiva, ainda há desperdício de energia elétrica em seus vários processos, principalmente na iluminação que representa em torno de 40% do custo de produção (JORDAN, TAVARES, 2005). Portanto, melhoria na iluminação, além de representar benefícios para as aves, infere em diminuição de custos de produção (WATKINS, 2011).

Uma nova tecnologia em iluminação artificial com lâmpadas de diodo emissor de luz (LED) vem sendo empregada nos sistemas de produção de frangos de corte do Brasil, em substituição às lâmpadas fluorescentes compactas (RUTZ; SILVA; NUNES, 2014). A lâmpada de LED apresenta alta eficiência luminosa e energética e elevada vida útil, destacando-se quando comparada com outras fontes de luz (BOURGET, 2008; SANTANA et al., 2014; UDDIN; SHAREEF; MOHAMED, 2013). O custo das lâmpadas de LED ainda é elevado em comparação às lâmpadas fluorescentes e a substituição pode implicar em maiores custos para o produtor de frangos de corte. Neste sentido, o objetivo da pesquisa foi avaliar alternativas de investimentos para substituição da iluminação de lâmpadas fluorescentes compactas (LFC) por lâmpadas de diodo emissor de luz (LED) em aviários comerciais, no sistema *dark house*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Os Sistemas de Iluminação em Aviários

A iluminação dos aviários pode corresponder a cerca de 40% da energia consumida na etapa de criação (WATKINS, 2011). O sistema de iluminação dos aviários era composto por lâmpadas incandescentes, que foram proibidas desde 2014, pois não atendiam aos níveis mínimos de eficiência energética e apresentavam alto índice de desperdício de energia elétrica (BRASIL, 2010). Gradativamente, o sistema de iluminação por lâmpadas incandescentes passou a ser substituído por lâmpadas fluorescentes por serem mais eficientes (JORDAN, TAVARES, 2005). Com o avanço das pesquisas na ciência avícola, o uso de lâmpadas de lâmpada LED revelou maior eficiência energética e durabilidade em relação às lâmpadas anteriormente utilizadas.

A tecnologia de lâmpadas de LED, desenvolvida em 1961, somente se tornou em 1990 (BOURGET, 2008). Hoje as lâmpadas de LED possuem uma eficácia estimada em 100 lm/W, sendo superior às lâmpadas incandescentes (15 lm/W) e fluorescentes (80 lm/W) (LIU, WANG, CHEN, 2010; UDDIN; SHAREEF; MOHAMED, 2013). As lâmpadas de LED emitem luz através de um processo do semicondutor em vez de usar um elemento sobreaquecido ou gás como em fontes de luz tradicionais (BOURGET, 2008). O comprimento de onda da luz emitida pelo LED é determinado pelos materiais utilizados para formar a junção de semicondutor. Assim, as lâmpadas de LED são dispositivos em estado sólido, mais resistente que as lâmpadas usuais e não contêm materiais perigosos à saúde humana como as lâmpadas fluorescentes. Além disso, podem ser regulados de acordo com a cor, intensidade e distribuição desejada. Para isso, pode ser utilizado um *dimmer* que controla a quantidade de energia enviada à lâmpada, com intuito de controlar a luminosidade do ambiente (BENSON et al., 2013; BOURGET, 2008).

Um aspecto negativo das lâmpadas fluorescentes é que estas apresentam oscilações luminosas, perceptíveis pelas aves, o que pode prejudicar o seu bem-estar e desempenho (KE et al., 2011; PRESCOTT; WATHES, 1999). A luz de fonte incandescente seria mais apropriada para as aves, pois produzem uma taxa constante de iluminância e comprimento de onda mais longa que a lâmpada fluorescente, possibilitando mais conforto e visão mais precisa das aves (MENDES et al., 2010). Entretanto, a lâmpada LED possui esta mesma característica da lâmpada incandescente, além de ser mais eficiente e durável (BENSON et al., 2013).

Com intuito de reduzir os custos de produção, principalmente com energia elétrica, e os impactos ambientais sem prejudicar os índices de desempenho no sistema de produção de frangos houve a necessidade da busca de novas alternativas para os sistemas de iluminação tradicionalmente utilizados. A redução dos gastos com energia elétrica nos aviários está ligada à melhoria dos sistemas de iluminação, já que o sistema usual era composto por lâmpadas incandescentes de grande potência, baixa eficiência e vida útil curta (JORDAN, TAVARES, 2005). Benson et al. (2013) avaliaram as variáveis: falha, degradação de iluminação e o consumo de energia utilizando lâmpadas incandescentes, fluorescentes compactas (LFC) e diodo emissor de luz (LED) em condições de aviários comerciais. Os resultados mostraram que as lâmpadas incandescentes e fluorescentes apresentaram falhas luminosas, são pouco eficientes e

apresentam consumo de energia significativamente maior quando comparadas às lâmpadas de LED.

2.2 Importância da Iluminação na Produção de Frangos de Corte

Os programas de iluminação utilizados para a produção dos frangos de corte, são baseados em três fatores: o comprimento de onda, a intensidade e a duração da luz (fotoperíodo) (OLANREWAJU et al., 2006). O equilíbrio entre esses três fatores da iluminação é importante para que as aves possam apresentar sua plena capacidade de desenvolvimento em cada fase de criação (LEWI; MORRIS, 2000; DEEP et al., 2010). O comprimento de onda é percebido pelas aves de forma diferente de humanos (PRESCOTT; WATHES, 1999). A intensidade da luz influencia o comportamento de frangos, uma iluminação mais intensa promove o aumento da atividade, enquanto que uma iluminação mais amena pode ser eficaz na redução de comportamentos agressivos em frangos (OLANREWAJU et al., 2006). Deste modo, a intensidade da iluminação nos ambientes de criação de aves pode ser controlada utilizando como medida o lux (lx).

Os programas de luz podem ser classificados em constante, intermitente e crescente, de acordo com a duração e distribuição do fotoperíodo (RUTZ; SILVA; NUNES, 2014). Programas de iluminação modernos iniciam com uma intensidade contínua em torno de 20 lx na primeira semana de vida dos pintinhos, reduzindo em torno de 5 a 14 lx até os 21 dias do lote. É comum a diminuição da intensidade da luz para 5 lx na fase final de criação (OLANREWAJU et al., 2006). Caso haja pouca iluminação no período inicial de desenvolvimento da ave e muita no período de crescimento, o desempenho e os lucros serão afetados negativamente. Falhas no sistema de iluminação podem acarretar no baixo consumo de ração e desuniforme do lote e consequentemente, será menor a produção de carne de frango (kg/m² de aviário), reduzindo assim a lucratividade do produtor (MENDES et al., 2010; WATKINS, 2011).

Os programas de iluminação também visam também à redução de canibalismo, de atividade excessiva, além de promover o bem-estar animal (DEEP et al., 2010; MENDES et al., 2010). O uso da iluminação artificial é mais oneroso no sistema *dark house* onde se utilizam galpões totalmente fechados, o que pode elevar o custo com energia elétrica. No Brasil, embora a grande maioria dos sistemas de criação ainda consiste em galpões abertos, reduzindo a necessidade da iluminação artificial durante o dia (GEWEHR; FREITAS, 2007), há uma tendência de

introdução das instalações *dark house*. Essas instalações mais tecnificadas apresentam melhor isolamento térmico e requerem iluminação artificial durante todo o período de criação das aves (MENDES, 2014).

O crescimento de frangos de corte é influenciado por diferentes espectros de luz. Espectros de luz verde aceleram o crescimento muscular e estimulam o crescimento de aves jovens, enquanto que a luz azulada estimula o crescimento em animais adultos (KE et al., 2011; ROZENBOIM; ROBINZON; ROSENSTRAUCH, 1999). Assim, frangos de corte criados sob a influência de luz azul ou verde podem apresentar melhor desempenho do que aqueles submetidos à luz vermelha ou branca (CAO et al., 2012; KE et al., 2011; ROZENBOIM et al., 2004). Mendes et al. (2010) esclarecem que a luz de onda longa apresenta um espectro de luz vermelha, como ocorre com as lâmpadas incandescentes enquanto que na luz de onda curta, o espectro varia entre as cores verde e azul. Chen et al., (2008) observaram que frangos de corte em ambientes que usaram LED de cor verde na fase inicial apresentaram melhor desempenho. Na fase final de criação, as aves mantidas em luz azul tiveram melhor desempenho, comprovando que as cores azul e verde promovem melhor crescimento e desenvolvimento de fibras musculares. Borille et al. (2013), ao avaliarem cinco cores de lâmpadas de LED e lâmpadas incandescentes na criação de galinhas poedeiras, obtiveram resultados de desempenho superiores nas aves submetidas às LED de cores vermelha e branca, e à luz incandescente, quando comparadas às lâmpadas de LED de cores verde, amarelo e azul. Tal fato pode estar relacionado, segundo Lewis e Morris (2000), com a entrada da radiação de comprimento de onda vermelha no hipotálamo, que estimula sexualmente a ave mais do que o comprimentos de onda verde ou azul (ROZEMBOIM et al., 1999; 2004).

Deep et al., (2010) observaram aumento da incidência de lesões ulcerativas com o aumento de intensidade luminosa, o que consequentemente prejudica o bem-estar e a qualidade da carcaça dos frangos de corte. No entanto, com a utilização de programas de luz intermitente, foram observadas reduções na incidência de lesões relacionadas a bicadas (SHERWIN et al. 1999). Estudos sobre como o bem-estar das aves pode ser afetado pela iluminação ainda são escassos pois, medidas de bem-estar são, em sua maioria, de complexa compreensão (MENDES et al., 2013; OLANREWAJU et al., 2006). No entanto, Olanrewaju et al. (2006) sugerem que o entendimento de como as aves percebem seu ambiente, passa pela quantificação da luz ambiente (iluminância) e

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No cálculo do prazo de retorno foi considerada apenas a questão da substituição de uma tecnologia pela outra. Não foram calculados os custos de instalação elétrica e adaptações, uma vez que o sistema de distribuição de fiação elétrica já se encontrada disponível nos aviários. Foi calculado o prazo de retorno do investimento da substituição por uma nova tecnologia de iluminação. Desta forma, desconsiderou-se o valor residual para as lâmpadas substituídas, que foram utilizadas em outras instalações da propriedade rural.

As características dos sistemas de iluminação com lâmpadas fluorescentes e lâmpadas LED e seus respectivos custos estão descritos na Tabela 3.

A vida útil estimada para o sistema de iluminação com lâmpadas LED foi de cinco anos. Considerando o total de horas que as lâmpadas ficaram ligadas foi de aproximadamente 6.000 horas ao ano. A partir do término da garantia das lâmpadas, os custos com a substituição pelas lâmpadas de LED foram deduzidos dos benefícios de caixa, que aqui foram determinados pelos valores que o produtor deixará de pagar com custo de energia

elétrica e com as substituições de lâmpadas LFC que falharam. Assim, no caso do sistema de iluminação com lâmpadas LED do tipo 2, provisionou-se que pelo menos 24 lâmpadas de LED falhariam nos últimos dois anos e este valor foi rateado pelos 60 meses de vida útil estimada.

O consumo eficiente de energia pode ajudar a reduzir os custos de produção (WATKINS, 2011). No entanto, o elevado custo das lâmpadas LED fez que houvesse um longo prazo para retorno do investimento (Tabela 4).

O investimento torna-se viável no momento em que o VPL chega a zero. Porém, o resultado do VPL do fluxo de caixa dos benefícios esperados com a substituição de tecnologia, conforme sugerido, é negativo e muito distante de zero. Os valores encontrados indicam que o investimento, em termos financeiros, é inviável, pois quanto maior o período de *Payback*, menor a liquidez do investimento. Apesar do prazo de retorno do investimento ultrapassar o período desejável de *Payback*, a economia gerada pelos sistemas que usam a lâmpada LED, em relação aos demais sistemas avaliados, foi em proporções muito significativas. Os sistemas usando a tecnologia LED, em relação à lâmpada fluorescente dimerizável, economizaram 59% kWh mensais. Quando comparado

TABELA 3 – Características dos sistemas de iluminação com lâmpadas fluorescentes e lâmpadas LED

CARACTERÍSTICAS	Ciclo 30 dias + 15 dias de intervalo - Aviário 150x16m			
	LED 1	LED 2	FLUO DIMER	LFC
Potencia - Watts	5	6	25	25
Dimerizável	Sim	Sim	Parcial	Não
Produção de Calor	1%	1%	5%	5%
Vida Útil - Horas	40.000	30.000	6.000	6.000
Consumo - Watts	5	6	20	20
Custo Unitário das Lâmpadas - R\$	45,54	54,30	31,20	8,20
Quantidade de Lâmpadas	150	150	110	110
Custo total das Lâmpadas	6.831,00	8.145,00	3.432,00	902,00
Custo do <i>Dimmer</i> para Controle	1.950,00	1.300,00	650,00	0
Custo Diferença de Instalação Elétrica	2.200,00	3.000,00	0	0
Custo Total de Implantação	10.981,00	12.445,00	4.082,00	902,00
Preço do kW/h - R\$	0,38			
Consumo de Energia Média Mensal - kW	265	265	640	1.750
Custo Total de Energia Mensal	100,70	94,08	243,20	472,50
Custo Lâmpadas Substituídas	31,88	21,72	304,00	131,20
Custo Total Mensal por ciclo (Manutenção + Energia)	132,58	115,80	547,20	603,70

FLUO DIMER: lâmpada fluorescente dimerizável; LFC: lâmpada fluorescente compacta; LED: diodo emissor de luz

TABELA 4 – Fluxo de Caixa e análise de investimento para os sistemas de iluminação com lâmpadas LFC e lâmpadas LED em aviário *dark house* (R\$)

Opção de substituição		Entradas Saídas de Caixa	ANO I	ANO II	ANO III	ANO IV	ANO V	VPL
		Investimento	-10.981,00					
LED 1	FLUO DIMER	Benefício anual (economia de energia e de substituição de lâmpadas)	414,62	441,57	470,27	500,84	533,39	-9.258,76
		SALDO	-10.566,38	-10124,81	-9654,54	-9153,70	-8620,30	
		Investimento	-10.981,00					
LED 1	LFC	Benefício anual (economia de energia e de substituição de lâmpadas)	471,12	501,74	534,36	569,09	606,08	-9.024,07
		SALDO	-10.509,88	-10.008,14	-9473,78	-8904,69	-8298,61	
		Investimento	-12.445,00					
LED 2	FLUO DIMER	Benefício anual (economia de energia e de substituição de lâmpadas)	431,40	459,44	489,30	521,11	554,98	-10.653,06
		SALDO	-12.013,60	-11.554,16	-11.064,85	-10.543,74	-9.988,76	
		Investimento	-12.445,00					
LED 2	LFC	Benefício anual (economia de energia e de substituição de lâmpadas)	487,90	519,61	553,39	589,36	627,67	-10.418,37
		SALDO	-11.957,10	-11437,49	-10884,10	-10294,74	-9667,07	

FLUO DIMER: lâmpada fluorescente dimerizável; LFC: lâmpada fluorescente compacta; LED: diodo emissor de luz
 Fonte: elaborado pelos autores

ao sistema LFC, com potência de 25 W, a economia chega a 85%. As diferenças obtidas foram superiores as encontradas por Benson et al., (2013), que compararam o consumo de lâmpadas LED em relação às incandescentes, apresentando uma economia de 33% de energia com a utilização de LED.

A economia do LED ocorre pelo fato do *dimmer* permitir a passagem apenas da energia necessária para a iluminação prevista no programa luz, além da característica de maior eficiência energética própria desta lâmpada. Além disso, a iluminação pode ser controlada remotamente fazendo parte da dinâmica do controle da ambiência (BANG et al., 2014). A utilização das lâmpadas LED se intensificou após a crise energética de 2011, pois esta tecnologia apresenta-se como uma excelente alternativa de redução de consumo de energia.

As lâmpadas LED utilizadas nos aviários avaliados são projetadas especialmente para atender às condições das granjas, tais como resistência à umidade, quedas e vibrações; não emitem calor; permitem o controle de iluminação (dimerizável de 0 a 100%); disponíveis em diferentes comprimentos de onda; diminuem o manejo de lâmpadas; não produzem poluição eletromagnética; além de terem uma vida útil cerca de cinco vezes maior que as LFC (MENDES et al., 2013; WATKINS, 2011).

Considerando que foi avaliada a substituição do sistema de iluminação nos aviários comerciais modelo *dark house*, verificou-se a importância dessa substituição quanto à eficiência energética das lâmpadas LED em relação às LFC. No entanto, devido ao elevado preço atual desta tecnologia, o investimento não se paga dentro do período de vida útil das lâmpadas.

5 CONCLUSÕES

A utilização de lâmpadas LED pode gerar uma economia considerável de energia elétrica durante o ciclo de produção dos frangos de corte, além de permitir condições adequadas para o ambiente de criação nos aviários. No entanto, com o atual custo de investimento para a implantação do sistema de iluminação com lâmpadas LED, o sistema não demonstrou ser viável.

6 REFERÊNCIAS

BANCO CENTRAL DO BRASIL – BCB. **Metas para inflação**. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/pec/relinf/normativos.asp>>. Acesso em: agosto de 2014.

BANG, J., LEE, I., NOH, M., LIM, J., OH, H. Design and Implementation of a Smart Control System for Poultry Breeding's Optimal LED Environment. **International Journal of Control and Automation**, v. 7, n. 2, p. 99-108, 2014.

BENSON, E. R., HOUGENTOGLER, D. P., MCGURK, J., HERRMAN, E., ALPHIN, R. L. Durability of incandescent, compact fluorescent and light emitting diode lamps in poultry conditions. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 29, n. 1, p. 103-111, 2013.

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. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 15 n. 2, p. 135-140, 2013.

BOURGET, C. M. An introduction to light-emitting diodes. **Hort Science**, v. 43, n. 7, p. 1944-1946, 2008.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Portaria Interministerial N° 1.007**, de 31 de dezembro de 2010. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/legislacao/portaria_interministerial/Portaria_MME-MCT-MDIC_n_1.007-2010.pdf>. Acesso em: 03 agosto 2014.

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**, v. 91, n. 12, p. 3013-3018, 2012.

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 6 testosterone secretion and myofiber growth. **Journal of Applied Poultry Research**, Gainesville, v. 17, n.2, p. 211-218, 2008.

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

GEWEHR, C. E., de FREITAS, H. J. Iluminação intermitente para poedeiras criadas em galpões abertos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 6, n.1, p. 54-62, 2007.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. 12 ed. São Paulo: Pearson Education – Br, 2010.

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

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**, v. 90, n. 11, p. 2632-2637, 2011.

LEWIS, P. D; MORRIS, T. R. Poultry and coloured light. **World's Poultry Science Journal**, v. 56, p.189-207, 2000.

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

MENDES, A. A. A cadeia avícola brasileira. In: MACARI, M; MENDES, A. A.; MENTEN, J. F.; NÄÄS, I. A. (Orgs.). **Anais... Produção de Frangos de Corte**. Campinas: FACTA, 2. ed. p. 1-12, 2014.

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**, v. 22, n. 1, p. 62-70, 2013.

- MENDES, A. S., REFFATI, R., RESTELATTO, R., PAIXÃO, S. J. Vision and illumination in the modern poultry production. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 16, n. 1/4, p. 5-13, 2010.
- NEWNAN, D. G. LAVELLE, J. P. **Fundamentos de Engenharia Econômica**. Rio de Janeiro: LTC, 2000.
- OLANREWAJU, H. A., THAXTON, J. P., DOZIER, W. A., PURSWELL, J., ROUSH, W. B., BRANTON, S. L. A review of lighting programs for broiler production. **International Journal of Poultry Science**, v. 5, 4, p. 301-308, 2006.
- PRESCOTT, N. B.; WATHES, C. M. Spectral sensitivity of the domestic fowl (*Gallus g. domesticus*). **British Poultry Science**, v. 40, n. 3, p. 332-339, 1999.
- PUCCINI, A. L. **Matemática Financeira**. 9. ed. São Paulo: Elsevier, 2011.
- ROZENBOIM, I.; ROBINZON, B.; ROSENSTRAUCH, A. Effect of light source and regimen on growing broilers. **British Poultry Science**, v. 40, n. 4, p. 452-457, 1999.
- ROZENBOIM, I., BIRAN, I., CHAISEHA, Y., YAHAV, S., ROSENSTRAUCH, A., SKLAN, D., HALEVY, O. The effect of a green and blue monochromatic light combination on broiler growth and development. **Poultry Science**, v. 83, n. 5, p. 842-845, 2004.
- RUTZ, F.; SILVA, F. H. A.; NUNES, J. K. Fundamentos de um programa de luz para frangos de corte. In: MACARI, M; MENDES, A.A.; MENTEN, J. F.; NÄÄS, I. A. (Orgs.). **Anais... Produção de Frangos de Corte**. Campinas: Facta, 2. ed. p. 225-250, 2014.
- SANTANA, M. R. de, GARCIA, R. G., NÄÄS, I. A., Paz, IBIARA C. de L. A., CALDARA, F. R., BARRETO, B. Light emitting diode (LED) use in artificial lighting for broiler chicken production. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 3, p. 422-427, 2014.
- SHERWIN, C. M.; LEWIS, P. D.; PERRY, G. C. The effects of environmental enrichment and intermittent lighting on the behaviour and welfare of male domestic turkeys. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 62, n. 4, p. 319-333, 1999.
- UDDIN, S.; SHAREEF, H.; MOHAMED, A. Power quality performance of energy-efficient low-wattage LED lamps. **Measurement**, v. 46, n. 10, p. 3783-3795, 2013.
- WATKINS, S. **Poultry Lighting: LED Bulbs Provide Energy Savings and Durability**. Division of Agriculture, Research & Extension, University of Arkansas System, 2011. Disponível em: < <http://poultryscience.uark.edu/4474.php>>. Acesso em: nov. 2013.