



Impacto da iluminação artificial no comportamento de frangos de corte

The impact of artificial lighting on the behavior of broiler chickens

Karla Andrea Oliveira de Lima¹, Rodrigo Garófallo Garcia¹, Irenilza de Alencar Nääs¹, Fabiana Ribeiro Caldara¹, Mayara Rodrigues de Santana¹, Ana Flávia Basso Royer¹, Bruna Barreto¹, Vivian Aparecida Rios de Castilho¹

¹Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), Rod. Dourados-Itahum, km 12, CEP: 79804-970, Dourados, MS. E-mail: rodrigogarcia@ufgd.edu.br

Recebido em: 08/07/2013

Aceito em: 09/12/2013

Resumo. A utilização de iluminação adequada em aviários para frangos de corte pode levar à melhoria da eficiência do ambiente de alojamento. O objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos de diferentes tipos de lâmpadas utilizadas para programas de luz em aviários considerando a frequência de atividades das aves durante o período alojamento. O experimento foi realizado em uma granja comercial localizada no município de Dourados, estado do Mato Grosso do Sul. Foram utilizados três aviários, sendo cada galpão equipado com um tipo distinto de fonte de iluminação (G1 – incandescente, G2 – lâmpada mista de vapor de sódio e G3 – lâmpada fluorescente), distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, em fatorial 2x3x5, sendo 2 lotes consecutivos de machos da linhagem Cobb®, 3 fontes de iluminação (G1, G2 e G3) e 5 idades (14, 21, 28, 35 e 42 dias). Foi observado o comportamento das aves, classificados em “atividade”, “ócio” e “comportamento agonístico”. A frequência de atividade dos frangos de corte não foi alterada pela diferenciação da iluminação, entretanto, no aviário com lâmpadas incandescentes a presença do “comportamento agonístico” foi maior do que nos demais aviários testados.

Palavras-chave: avicultura, bem estar animal, iluminância

Abstract. The use of proper lighting in broilers' aviary can lead to improved efficiency of the housing environment. The aim of this research was to evaluate the effects of different types of lamps used for lighting programs in aviaries considering the frequency of activities of the birds during the rearing period. The experiment was conducted on a commercial farm located in the Dourados city, state of Mato Grosso do Sul. Three aviaries were used, in which each one was equipped with a different type of light source (G1 - Incandescent, G2 - mixed sodium vapor lamp and, G3 - fluorescent lamp), distributed in a completely randomized design in a factorial of 2x3x5, with 2 consecutive batches of male Cobb® breeder strains, 3 light sources (G1, G2 and G3) and 5 ages (14, 21, 28, 35 and 42 days). The behavior of birds, classified as "activity", "leisure" and "agonistic behavior" were observed. The frequency of activity of broilers was not affected by the lighting differentiation, however, the aviary with incandescent lamps the presence of "agonistic behavior" was higher than the other tested aviaries.

Keywords: poultry, animal welfare, illuminance

Introdução

Na avicultura industrial diversos esquemas de luz em diferentes intensidades têm sido propostos, com o objetivo de propiciar condições ambientais satisfatórias com a fim de se obter animais com maior ganho de peso, melhor conversão alimentar, qualidade de carcaça superior e livre de alterações metabólicas (Mendes et al., 2013; Owada et al., 2007). O fotoperíodo está relacionado ao número de horas de iluminação (natural e/ou artificial),

enquanto a intensidade luminosa está relacionada à sensibilidade de percepção da luz pelas aves, medida normalmente em lux (lx) (Mendes et al., 2010).

Assim como outras práticas de manejo dentro da produção avícola de corte, pesquisas associando programas de iluminação a problemas de pernas, mortalidade devido a desordens metabólicas e bem-estar (sistema imune, estresse calórico, condição corporal) deram novos rumos aos programas de luz artificiais, os quais atualmente são

mais moderados, tanto em termos de fotoperíodo, quanto à intensidade luminosa (Owada et al., 2007). A criação de aves em ambiente controlado sob sistema de restrição e/ou disposição de luz durante todo período de vida não é nova. Porém, responsivas aos anos de criação e avanços genéticos visando aves cada vez mais pesadas, houve alterações quanto ao comportamento produtivo das aves (Rutz et al., 2000).

O comportamento natural dos frangos de corte vem sofrendo alterações com o processo de domesticação, mas alguns tipos específicos de comportamentos foram mantidos, principalmente aqueles relacionados à vocalização, dominância e agressividade (Nääs et al., 2008). Vários autores estudaram o comportamento de aves e utilizaram algumas respostas comportamentais tais como, nível de agressão e de frustração, para estimar o bem estar destes animais (Duncan, 2002; María et al., 2004; Pereira et al., 2006). A resposta comportamental da ave está relacionada com a condição de alojamento, exposição a determinado tipo de estresse e, ainda ao manejo adotado durante seu crescimento (Dawkins, 2003). A frequência de manifestação de comportamentos pode ser influenciada pelas características e condições de alojamento, dentre elas os estímulos luminosos, tais como, a intensidade luminosa, cor e programa de luz (Corr et al., 2003; Lewis, 2010). Entretanto, o estudo da influência das diferentes fontes de luz no comportamento de frangos ainda é insuficiente.

O objetivo da pesquisa foi avaliar o comportamento de frangos de corte indicadores de bem estar sob efeito de iluminação artificial oriunda de diferentes tipos de lâmpadas (incandescente, fluorescente e vapor de sódio).

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada em uma granja comercial localizada na cidade de Dourados, estado do Mato Grosso do Sul, região centro-oeste do

Brasil. Foram utilizados três aviários (G1, G2 e G3, sendo que as aves foram alojadas no mesmo dia) com ventilação mecânica positiva (ventiladores), e avaliados durante 2 lotes consecutivos. Os galpões possuíam dimensões de 12m de largura por 100m de comprimento, altura do pé-direito 2,7m, e altura de muretas de 0,35m, com laterais longitudinais teladas, sendo também utilizado o manejo de cortinas para controle da ventilação natural. O sistema de alimentação (comedouros e bebedouros) era automático e nos galpões haviam 18 ventiladores distribuídos em três linhas e espaçados a cada 15m, perfazendo assim, todo o comprimento dos galpões (Figura 1 e 2). As linhas de nebulização eram compostas por 28 bicos de média pressão (200 psi), distribuídas longitudinalmente. O sistema de cobertura era composto por estruturas metálicas e telhas de fibrocimento e possuía forro e cortina lateral de polipropileno. O acionamento dos equipamentos era realizado quando a temperatura atingia valores em torno de 28°C e de forma manual, na fase final de crescimento.

Foram avaliados dois lotes consecutivos de machos da linhagem Cobb®, criados sobre cama reutilizada de casca de arroz, com densidade de 12 aves/m² e cada galpão foi equipado com uma fonte de iluminação diferenciada. Para o cálculo do número de lâmpadas necessárias em cada galpão teste (G2 e G3), foi mensurada a quantidade total de lúmens que o galpão controle (G1 - com lâmpadas incandescentes) fornecia às aves. Desta forma, o regime de luz em todos os galpões avaliados foi semelhante ao que, usualmente, era empregado pela granja, alterando-se apenas, o tipo de iluminação artificial. Sendo assim, os tratamentos empregados foram: lâmpadas incandescentes para o galpão controle - G1, vapor de sódio (mista) para o galpão - G2 e fluorescente para o galpão G3 (Tabela 1). Utilizou-se um programa de luz crescente, com 6 horas de luz, aumentando gradativamente até 21 dias.



Figuras 1 e 2. Galpões de criação em preparação para o recebimento dos pintos.



Tabela 1. Descrição das fontes luminosas utilizadas em cada um dos tratamentos.

Tipo de lâmpada	Tratamentos		
	G1	G2	G3
	Incandescente	Lâmpada mista de vapor de sódio	Lâmpada fluorescente
Número de lâmpadas	22	6	10
(Potência em Watts - W)	(100W)	(250W)	(48W)
Fluxo luminoso (lúmens)	1320	5500	2970
Iluminância (lux)	24,7	24,7	24,7

A iluminância adotada seguiu a recomendação do uso de pelo menos 20 lx, medido à altura da ave, para estimular o ganho de peso precoce, devendo ser reduzida a intensidade da luz gradativamente para 5-10 lx até o final do alojamento (Cobb-Vantress, 2008).

O comportamento das aves foi avaliado a partir do 14º dia de vida, onde as variáveis coletadas foram classificadas em “atividade” (comer, beber, bicar não agressivamente, explorar penas, ciscar e correr), em “ócio” (deitar, espreguiçar e dormir) e “comportamento agonístico” (respirar ofegante, dificuldade ao levantar, bicar de forma agressiva)

(Tabela 2). A classificação dessas variáveis foi baseada na manifestação de comportamentos distintos. Todas as observações foram realizadas uma vez por semana, pelo mesmo observador em cada um dos quadrantes (Figura 3) de cada galpão permitindo o monitoramento das aves no período da manhã e da noite, verificando-se a frequência de cada comportamento. O método de amostragem foi o instantâneo, com o registro do estado comportamental de uma ave durante intervalos de 5 min (María et al., 2004) para cada quadrante. A frequência de cada comportamento observado foi dividida pela frequência do comportamento total.

Tabela 2. Etograma desenvolvido para avaliação do comportamento das aves a partir dos seus estados de atividade, ócio e movimento agonístico.

Comportamento	Descrição
Ativo	
Comer	Ação ingestiva de alimento
Beber	Ação ingestiva de água
Bicar não agressivamente	Ato de bicar de forma curiosa ou semelhante ao ato de explorar penas em outra ave.
Explorar penas	Ato em que a ave arruma as penas com o bico, induzindo a liberação de óleos nas glândulas encontradas na base das penas
Ciscar	Movimento de arrastar a cama para trás com as patas e “fuçar” a cama com o bico
Correr	Movimentação da ave entre dois pontos distantes em velocidade maior do que a observada normalmente
Ócio	
Deitar	Ato da ave de ficar sentada ou deitada sobre a cama
Espreguiçar	Ato em que a ave estica uma asa e uma perna, do mesmo hemisfério do corpo
Dormir	Ato da ave de ficar sentada ou deitada sobre a cama e fechar os olhos.
Movimento agonístico	
Respirar ofegante	Respiração de forma acelerada
Dificuldade ao levantar	Ato em que a ave tenta levantar ou caminhar, mas a ação é dificultada
Bicar de forma agressiva	Ação de bicar outra ave anterior ao movimento em que a ave bate as duas asas e infla o peito.

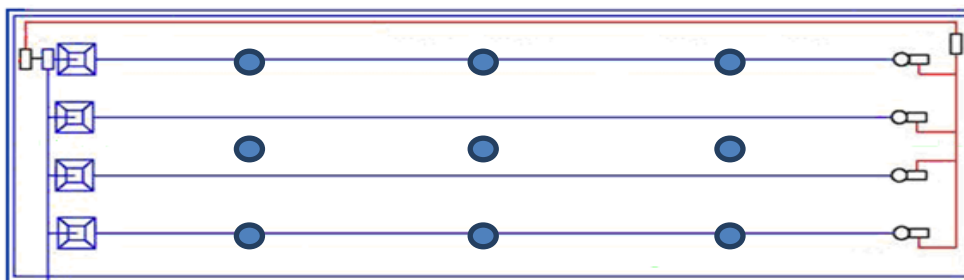


Figura 3. Divisão de cada um dos galpões em quadrantes para coleta de dados.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x3x5, sendo 2 lotes, 3 fontes de iluminação (G1, G2 e G3) e 5 idades (14, 21, 28, 35 e 42 dias). A análise estatística dos resultados foi realizada através da análise de variância e os resultados obtidos foram submetidos ao teste de comparação de médias de Tukey, a 5% de probabilidade com o *Software R* (2012).

Resultados e Discussão

Não foram observadas as interações entre os três fatores, período do dia, idade da ave e tratamentos ($p > 0,05$) para as variáveis comportamentais, atividade, ócio. Entretanto houve significância dentre os fatores de formas distintas quanto à idade dos frangos (Tabela 3), em que o fator idade foi significativo sobre as aves quanto ao estado de atividade ou ócio, o que pode estar relacionado a inatividade natural dos frangos de corte quando próximos a idade de abate, quando podem passar até 80% do seu tempo em repouso (Newberry & Hall, 1990; Weeks et al., 2000). Essa inatividade deve-se principalmente à seleção genética em benefícios do rápido crescimento das aves, quando o rápido crescimento dos músculos do

peito muda o centro de gravidade das aves causando dificuldade na sua locomoção, alterando seu padrão locomotor, tornando o simples caminhar uma atividade de significativo dispêndio energético, cansativa e dolorosa (Corr et al., 2003). Não foi observada influência dos tipos de iluminação testados sobre o grau de atividade e repouso das aves ($p > 0,05$), mas a intensidade da luz tem sido apontada como preponderante na expressão do comportamento das aves, em que a preferência por maiores intensidades de luz é percebida nos frangos quando desenvolvem atividades comportamentais e ambientes com baixa intensidade quando estão em inatividade, geralmente após a 4 semana de idade (Newberry et al., 1988). Segundo Alvino et al. (2009) a sincronia do comportamento e grau de inatividade de frangos de corte quando em grupo são significativamente afetados pela intensidade da luz. As aves que vivenciam maior contraste em período de claro e de escuro tendem a expressar seus comportamentos de forma sincronizada e por isso apresentam menor frequência de inatividade, passando, no entanto, de forma ininterrupta, mais tempo em repouso quando no período escuro.

Tabela 3. Valores médios da frequência relativa (%) dos comportamentos ao longo das semanas.

Comportamento	Idade (dias)				
	14	21	28	35	42
1º lote					
Ócio	37,4b	35,2b	38b	51,5ab	53,9a
Atividade	55,8a	58,5a	53,6a	40,7b	37,7b
2º lote					
Ócio	35,2ab	33,3b	45,6ab	50,3a	49,1a
Atividade	56,5ab	60,2a	48,07ab	41,3b	43,7ab

Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$).

Quanto à frequência dos comportamentos classificados em “atividade”, “ócio” e ocorrência de “movimento agonístico” encontrados nos tratamentos G1, G2 e G3 observou-se diferença apenas para a incidência de “movimento agonístico” entre as fontes de iluminação utilizadas ($p < 0,05$) (Figura 4), com maior frequência dessa condição obtida no galpão com lâmpadas incandescentes (G1) e no segundo lote de criação. A agressividade e dificuldades locomotoras consideradas atividades indicadoras para a classificação em “comportamentos agonísticos” não foram observados nas avaliações, mas foi percebido maior número de aves que permaneciam com o bico continuamente aberto, demonstrando uma possível dificuldade respiratória, que está vinculado ao estresse térmico. Manifestação que pode associar-se a outro comportamento comumente visualizado em

condições de alojamento quando as aves estão sob condições de temperaturas elevadas, na tentativa de dissipar este calor, a ave aumenta a sua superfície corporal, mantendo as asas abertas, afastadas do corpo, eriçando as penas e intensificando a circulação periférica (Restelatto et al., 2008). Portanto, essa maior frequência de movimentos agonístico no galpão com lâmpadas incandescentes pode estar ligada a temperatura ambiente influenciada pela temperatura da cama e superficial das aves que apresentaram-se superiores no G1 com lâmpadas incandescentes durante maior parte das semanas de alojamento ($p < 0,05$) (Tabela 4). Resultados também obtidos por Jácome (2009) quando comparando o ambiente térmico de galpões de poedeiras com diferentes fonte de luz, obteve temperaturas superficiais superiores das aves quando utilizadas lâmpadas incandescentes.

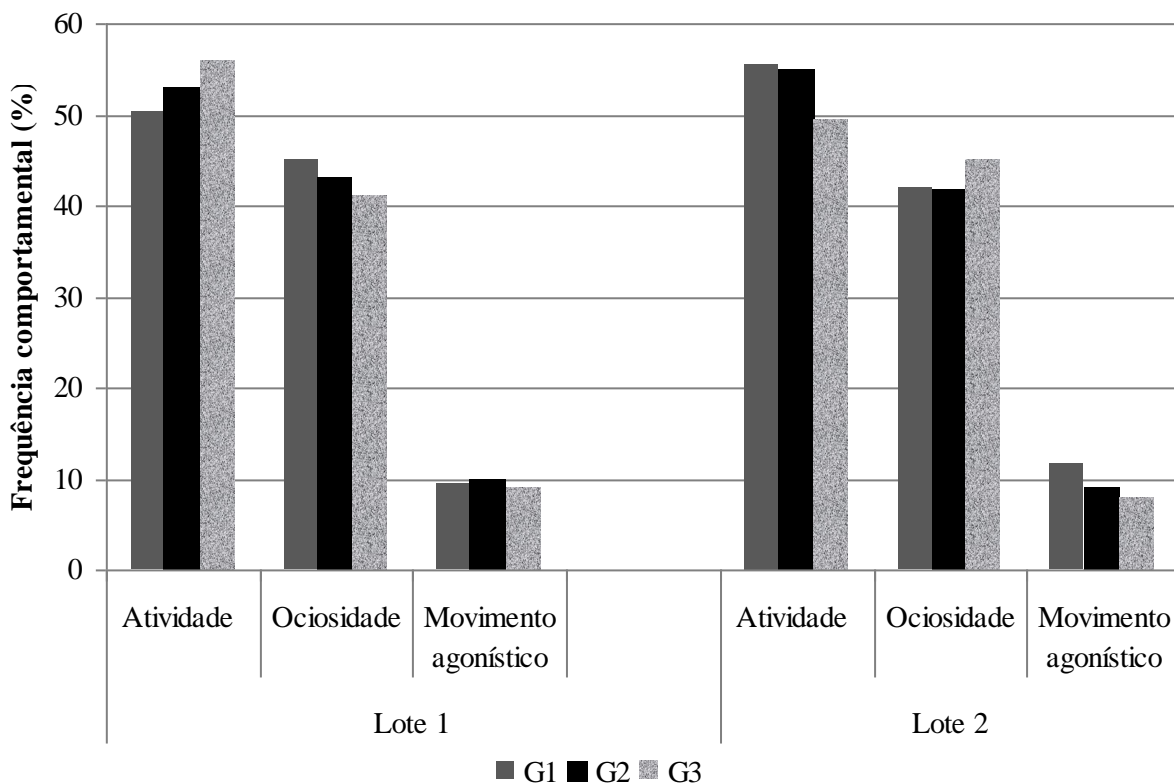


Figura 4. Frequência dos estados comportamentais dos frangos de corte criados em galpões com diferentes fontes de luz.

Os valores médios para temperatura de cama no presente estudo aproximam-se dos valores encontrados por Miragliotta (2000) apresentando temperaturas superficiais de cama de 25,33°C a 27,78 °C em diferentes galpões para alojamento de frangos de corte. Já para temperatura superficial das

aves os valores encontrados são similares aos encontrados Nääs et al. (2010) com médias de temperatura entre 31,3°C a 34,7°C. Essas mudanças na temperatura superficial das aves podem associar-se à temperatura ambiente ou então relacionar-se à energia das rações oferecidas a frangos de corte



(Ferreira et al., 2011), assim como associadas com a sua perda de calor, que sofre mudanças fisiológicas quando os balanços térmicos e metabólicos são afetados (Yahav et al., 2004).

Tabela 4. Valores médios da temperatura superficial das aves e da cama comparados nos galpões com diferentes fontes de iluminação ao longo das semanas de alojamento.

Tratamentos	Idades				
	14 dias	21 dias	28 dias	35 dias	42 dias
Temperatura da cama					
G1	23,7a	27,8a	23,6a	26,5c	27,3a
G2	23,8a	26,4b	23,0b	27,5a	26,8b
G3	23,0b	26,7c	21,5c	27,0b	26,5c
Temperatura da ave					
G1	33,1a	34,7a	32,3a	30,7a	31,3
G2	33,0a	33,4b	32,6a	32,3c	31,5
G3	32,3b	33,7b	31,9b	31,5b	31,0

*Letras diferentes na mesma coluna dentro de cada tipo de temperatura são estatisticamente significativas ($p < 0,05$)

Segundo Phillips (1992) as lâmpadas incandescentes são consideradas lâmpadas de cátodo quente, por produzirem 10% de luz e 90% de calor, fornecendo ao ambiente mais calor que as demais lâmpadas, o que pode ter ocasionado uma maior perda de calor sensível pelas aves. Entretanto a relação fonte de luz, concentração de gases e comportamento agonístico é complexa, merecendo por isso mais pesquisas.

Quanto aos comportamentos descritos como indicadores de animal “ativo” observou-se maior incidência do comportamento de comer para as aves submetidas a criação com lâmpadas fluorescentes (G3) ($p < 0,05$) (Figura 5). Esse resultado pode estar ligado à interpretação errônea do ato de comer como apontado por Howie et al. (2011), que encontraram baixa correlação entre ingestão de alimentos e duração do comportamento alimentar. Os autores afirmam que, visitas ou a simples presença das aves na área de comedouro, não necessariamente induzem a ingestão de alimentos. No entanto, estas visitas tem sido utilizadas para a quantificação do comportamento alimentar em diversos estudos (Yeates et al., 2001; Howie et al., 2009). Esta

interpretação ocorre porque o consumo de alimentos geralmente dá-se em intervalos mais curtos, principalmente associados às visitas aos comedouros, que acabam caracterizando o comportamento alimentar das aves como um todo. No entanto, de acordo com Tolkamp et al. (2000) a ingestão de alimentos como variável comportamental, é considerada biologicamente mais relevante do que um simples comportamento alimentar quando considerando apenas as visitas. Shields et al. (2005) afirmam que as atividades de comer e beber geralmente ocorrem de forma conjunta, esperando-se então que houvesse diferença significativa no comportamento de beber, o qual não foi encontrado aqui nesse estudo. Segundo Howie et al. (2009) a seleção genética a que foram submetidos as atuais linhagens de frangos de corte resultaram não somente no aumento do seu apetite, mas também levou a alterações no seu comportamento alimentar, apresentando-se assim, constantemente famintas (Bokkers et al., 2004). Considerando-se essas suposições, isto deveria ser levado em conta nas questões sobre o bem-estar (Farm Animal Welfare Council, 1992).

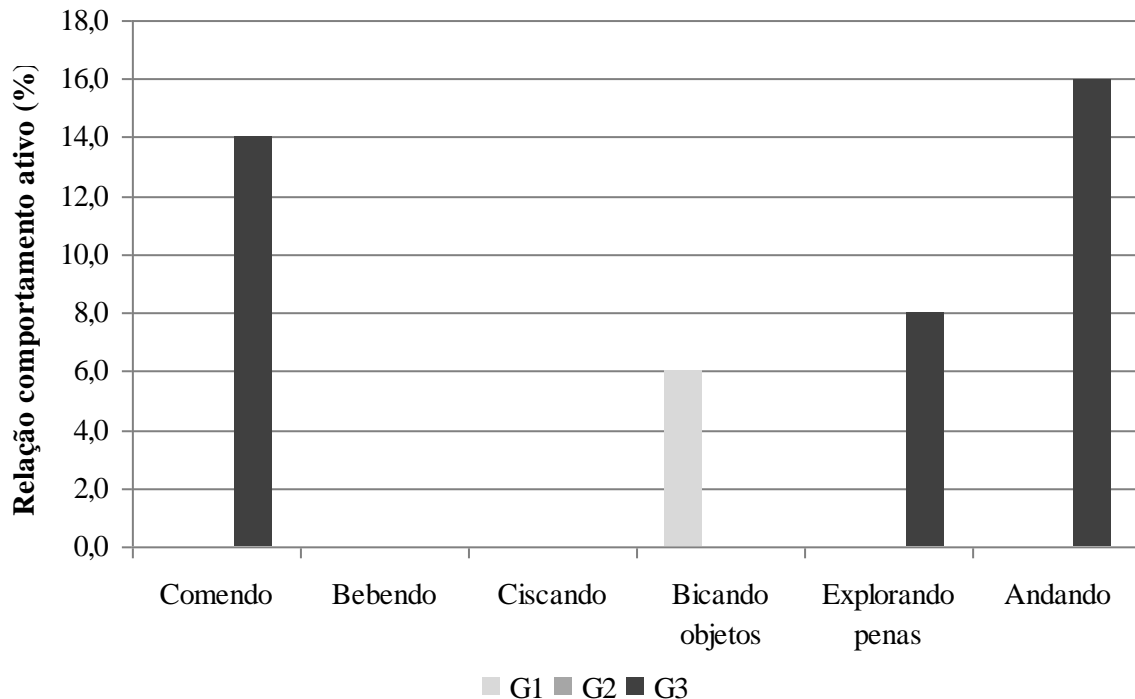


Figura 5. Distribuição dos comportamentos usados na caracterização da variável comportamento ativo nos galpões com diferentes fontes de iluminação.

Conclusão

Os resultados obtidos no trabalho não definem a melhor fonte de iluminação artificial a ser utilizada na criação comercial de frangos de corte, mas apresentou resultados indicadores quanto a relação existente entre piores condições de bem estar para as lâmpadas incandescentes.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES, Programa PRODOC, pelo financiamento da pesquisa.

Referências

ALVINO, G.M.; BLATCHFORD, R.A.; ARCHER, G.S.; MENCH, J.A. Light intensity during rearing affects the behavioural synchrony and resting patterns of broiler chickens. **British Poultry Science**, v.50, n.3, p. 275-283. May, 2009.

BOKKERS, E.A.M.; KOENE, P.; RODENBURG, T.B.; ZIMMERMAN, P.H.; SPRUIJT, B.M. Working for food under conditions of varying motivation in broilers. **Animal Behavior**, v.68, n.1, p.105-113, 2004.

COBB-VANTRESS. Manual de Manejo de Frangos de Corte COBB. Cobb-Vantress Brasil – Guapiaçu, SP. 65p. Abril de 2008.

CORR, S.A.; GENTLE, M.J.; MCCORQUODALE, C.C.; BENNETT, D. The effect of morphology on walking ability in the modern broiler: A gait analysis study. **Animal Welfare**, v.12, p.159-171, 2003.

DAWKINS, M.S. Behaviour as a tool in the assessment of animal welfare. **Zoology**, v.106, p.383-387, 2003.

DUNCAN, I.J.H. Poultry welfare: science or subjectivity? **British Poultry Science**, v. 43, p. 643-652, 2002.

FARM ANIMAL WELFARE COUNCIL. **The five freedoms**. Farm Animal Welfare Council Press Notice 9217:7, 1992.

FERREIRA, V.M.O.S.; FRANCISCO, N.S.; BELLONI, M.; AGUIRRE, G.M.Z.; CALDARA, F.R.; NÄÄS, I.A.; GARCIA, R.G.; ALMEIDA PAZ, I.C.L.; POLYCARPO, G.V. Infrared Thermography Applied to the Evaluation of Metabolic Heat Loss of Chicks Fed with Different



- Energy Densities. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.13, n.2, p. 113-118, 2011.
- HOWIE, J. A.; AVENDANO, S.; TOLKAMP, B. J.; KYRIAZAKIS, I. Genetic parameters of feeding behavior traits and their relationship with live performance traits in modern broiler lines. **Poultry Science**, v. 90, p.1197–1205, 2011.
- HOWIE, J. A.; TOLKAMP, B.J.; AVENDAÑO, S.; KYRIAZAKIS, I. A novel flexible method to split feeding behavior into bouts. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 116, p. 101-109, 2009.
- JACOME, I. **Diferentes sistemas de iluminação artificial usados no alojamento de poedeiras leves**. 2009. 144 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
- LEWIS, P.D. Lighting, ventilation and temperature. **British Poultry Science**, v. 51, p. 35-43, 2010.
- MARÍA, G.A.; ESCÓS, J.; ALADOS, C.L. Complexity of behavioural sequences and their relation to stress conditions in chickens (*Gallus gallus domesticus*): a non-invasive technique to evaluate animal welfare. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 86, p.93-104, 2004.
- MENDES, A.S.; PAIXÃO, S.J.; RESTELATTO, R.; MORELLO, G.M.; MOURA, D.J.; POSSENTI, J.C. Performance and preference of broiler chickens exposed to different lighting sources. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, n.1, p. 62-70, 2013.
- MENDES, A.S.; REFFATI, R.; RESTELATTO, R. PAIXÃO, S. J. Visão e iluminação na avicultura moderna. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.16, n.1-4, p.05-13, jan-dez, 2010.
- MIRAGLIOTTA, M.Y. Avaliação dos níveis de amônia em dois sistemas de produção de frangos de corte com ventilação e densidade diferenciados. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, 2000. 122 p. (Dissertação, Mestrado em Construções Rurais e Ambiente).
- NÄÄS I.A, PEREIRA D.F, MOURA D.J, SILVA R.B.T.R. Princípios de bem-estar animal e sua aplicação na cadeia avícola. **Anais... Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas**, Santos, p.12-25, 2008.
- NÄÄS, I.A.; ROMANINI, C.E.B.; NEVES, D.P.; NASCIMENTO, G.R.; VERCELINO, R.A. Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. **Scientia Agricola**, v.67, n.5, p.497-670, 2010.
- NEWBERRY, R. C.; J. W. HALL. Use of pen space by broiler chickens, effects of age and pen size. **Applied Animal Behavior Science**, v.25, n.1,p.125–136, 1990.
- NEWBERRY, R.C.; HUNT, J.R.; GARDINER, E.E. Influence of light intensity on behavior and performance of broiler chickens. **Poultry Science**, v.67, n.7, p. 1020–1025, 1988.
- OWADA A.N.; NÄÄS, I.A.; MOURA, D.J.; BARACHO, M.S. Estimativa de bem-estar de frango de corte em função da concentração de amônia e grau de luminosidade no galpão de produção. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.611-618, set./dez. 2007.
- PEREIRA D.F.; NÄÄS, I.A.; ROMANINI, C.E.B.; SALGADO, D.D.; PEREIRA, G.O.T. Broiler breeder behavior and egg production as function of environmental temperature. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.9, n.1, p. 9-16, 2006.
- PHILLIPS, C.J.C. Environmental factors influencing the production and welfare of farm animals: Photoperiod. In: PHILLIPS, C. J. C; PIGGINS, D. **Farm Animals and the Environment**. UK: CAB International, p. 49-65, 1992.
- R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>. 2012.
- RESTELATTO, R.; MENDES, A.S.; POSSENTI, M.A.; PAIXÃO, S.J. Aplicação dos conceitos de calorimetria na produção de frangos de corte. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v.2, n.2, p. 099-108, jan/abr., 2008.
- RUTZ, F.; ROLL, V.F.B.; XAVIER, E.G. Manejo de luz para frangos e reprodutoras. **Anais Conferência Apinco 2000**. Campinas-SP, v. 1, p. 213-240, 2000.



SHIELDS, S.; GARNER, J.P.; MENCH, J.A. Effect of Sand and Wood-Shavings Bedding on the Behavior of Broiler Chickens. **Poultry Science**, v.84, n.12, p.1816–1824, 2005.

TOLKAMP, B. J.; SCHWEITZER, D. P. N.; KYRIAZAKIS, I. The biologically relevant unit for the analysis of short-term feeding behavior of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.9, p.2057–2068, 2000.

WEEKS, C.A.; DANBURY, T.D.; DAVIES, H.C.; HUNT, P.; KESTIN, S.C. The behaviour of broiler chickens and its modification by lameness. **Applied Animal Behaviour Science**, v.67, n.1-2, p.111-125, 2000.

YAHAV, S.; STRASCHNOW, A.; LUGER, D.; SHINDER, D.; TANNY, J.; COHEN, S. Ventilation, sensible heat loss, broiler energy, and water balance under harsh environmental conditions. **Poultry Science**, v.83, n.2, p.253-258, 2004.

YEATES, M. P.; TOLKAMP, B.J.; ALLCROFT, D. J. and KYRIAZAKIS, I. The use of mixed distribution models to determine bout criteria for analysis of animal behavior. **Journal Theoretical Biology**. v. 213, p.413–425, 2001.