

Tecnologia atual da ambiência térmica na avicultura de corte

Ribeiro, B.P.V.B.^{1@} e Yanagi Junior, T.²

¹Program in Agricultural Engineering– Federal University of Lavras, Lavras, Brazil.

²Professor, Federal University of Lavras, Lavras, Brazil

PALAVRAS-CHAVE ADICIONAIS

Aviário para frangos de corte.
Conforto térmico.
Projeto.
Materiais de construção.
Tecnologias.

ADDITIONAL KEYWORDS

Broiler house.
Thermal comfort.
Design.
Construction materials.
Technologies.

INFORMATION

Cronología del artículo.
Recibido/Received: 11.04.2019
Aceptado/Accepted: 10.04.2022
On-line: 15.04.2022
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:
brunapontara07@gmail.com

RESUMO

As oscilações da temperatura ambiente causam desconforto térmico para frangos de corte, especialmente em países com clima predominantemente tropical. Assim, o objetivo desta revisão foi caracterizar o estado atual da arte relacionado ao ambiente térmico de aviários para criação de frangos de corte. Os fatores construtivos de aviários são determinantes para a manutenção do ambiente térmico em condições de conforto, juntamente com os materiais utilizados, os quais estão diretamente relacionados com o calor produzido pelas aves dentro dos aviários. Para obter maior controle das variáveis térmicas dentro dos aviários, sistemas de automação têm sido instalados para maior controle do microclima interno. Os sistemas de produção em conjunto com as tecnologias utilizadas nas instalações avícolas para produção de frangos de corte possibilitam a obtenção de um ambiente termicamente confortável, permitindo à ave expressar todo o seu potencial genético para a produção.

Current thermal environment technology in the broiler production

SUMMARY

The oscillations of ambient temperature cause thermal discomfort for broilers, especially in predominantly tropical climate countries. Thus, the goal of this review was to characterize the current state of the art related to the thermal environment of broiler aviaries. The constructive factors of aviaries are determinant for the maintenance of the thermal environment in comfort conditions, together with the materials used, which are directly related to the heat produced by the birds inside the aviaries. To the greater control of the climatic variables inside the aviaries, the aviaries, automation systems have been installed for greater control of the internal microclimate. Production systems in conjunction with the technologies used in broiler facilities make it possible to obtain a thermally comfortable environment, allowing the bird to express its full genetic potential for production.

INTRODUÇÃO

A criação de frangos de corte em larga escala no Brasil fez com que a atividade passasse a ser considerada um complexo industrial que deve ser abordado e analisado sob uma visão sistêmica do setor, apresentando características que contribuem para aumentar a geração de emprego e renda no campo (Rodrigues et al., 2014). Em regiões tropicais e subtropicais, como o Brasil, as condições ambientais podem causar problemas à produção de frangos de corte, devido, por

exemplo, à intensidade de extremos climáticos, como ondas de calor ou frio. Estes extremos climáticos podem causar estresse térmico às aves, além de impactar negativamente na produção de grãos utilizados na fabricação de ração para os frangos, na disponibilidade de água, dentre outros.

Os limites de temperatura do ar situados na zona de termoneutralidade ao longo da vida produtiva de um frango de corte, são de 32 a 34°C, 28 a 32°C e de 26 a 28°C nas primeira, segunda e terceira semanas

de vida, respectivamente e 24°C na quarta semana de vida ao abate (Cony, Zocche, 2004; Oliveira et al., 2006; Schiassi et al., 2015; Ferraz et al., 2017). A umidade relativa do ar na primeira semana de vida das aves deve ser mantida em torno de 70%; posteriormente, para as demais semanas de vida deve-se mantê-la entre 50 e 60% (Jácome et al., 2007). Bakker (2005), Cobb Vantress Inc. (2008) preconizam que a máxima velocidade do ar suportada por frangos de corte do 1º ao 7º dia é de 0,076 a 0,2 m s⁻¹; do 8º ao 14º dia é de 0,152 a 0,3 m s⁻¹ e do 15º ao 21º dia é 0,508 m s⁻¹. Para frangos adultos Medeiros et al. (2005) a velocidade do ar recomendada é de 1,5 m s⁻¹, sendo que, velocidades do ar de até 3,0 m s⁻¹ podem aumentar significativamente o ganho de massa corporal a conversão alimentar, melhorando assim o desempenho de produção de frangos de corte (Simmons et al., 2003; Dozier et al., 2006; Constantino et al., 2018).

O pintainho, nos primeiros dias após a eclosão, pode ser comparado a um animal pecilotérmico, ou seja, sua temperatura corporal sofre variações de acordo com a temperatura ambiente. Isto ocorre em virtude dessas aves ainda não terem seu sistema termorregulador plenamente desenvolvido, nem reserva energética suficiente para serem capazes de se adaptar às condições adversas do ambiente (Teixeira et al., 2009). Após a primeira semana de vida, as aves caracterizam-se como animais homeotérmicos (Tinôco, 2001) e para manter a temperatura corporal aproximadamente constante em condições de estresse térmico, as mesmas utilizam energia, que é desviada da produção para a manutenção. Neste cenário, no qual se tem variações de temperatura do ar em intervalos pequenos de tempo, a utilização de técnicas e equipamentos que sejam capazes de adequar o ambiente térmico no interior da instalação às exigências das aves são imprescindíveis, afim de se obter melhores eficiências produtivas e menores índices de mortalidade.

O cenário que desafia a produção animal consiste em desenvolver tecnologias de baixo custo que proporcionem aos animais condições térmicas favoráveis. O uso de materiais alternativos na construção de instalações para frangos de corte é uma opção para mitigar os custos de produção, crescimento da produtividade e colabora para a sustentabilidade ambiental (Cardoso et al., 2011). Dentro deste contexto, vários estudos foram desenvolvidos procurando avaliar diferentes materiais de cobertura e sistemas de acondicionamento térmico (Tinôco, 2001; Nääs et al., 2001; Silva, Sevegnani, 2001; Huynh et al., 2006; Jacomé et al., 2007; Tangjuank, Kumfu, 2011; Almeida, Passini, 2013; Nazareno et al., 2015; Castro et al., 2017).

Desta forma, objetiva-se com esta revisão, caracterizar a evolução tecnológica para a oferta de conforto térmico às aves por meio de modificações e adaptações no projeto dos aviários.

CENÁRIO TECNOLÓGICO E PRODUTIVO DE FRANGOS DE CORTE

CONCEPÇÃO ARQUITETÔNICA DOS AVIÁRIOS INDUSTRIAIS

As variações do microclima externo ao longo do dia e do ano afetam o ambiente térmico no interior dos aviários comerciais para criação de frangos de corte,

que por sua vez, tem como função a mitigação desta variação. A ocorrência de extremos climáticos, como ondas de calor ou frio podem intensificar os danos causados às aves. Neste contexto, o estudo minucioso da concepção arquitetônica de aviários pode propiciar condições térmicas mais adequadas para produção das aves.

Dentre os fatores construtivos de aviários que afetam o ambiente térmico no seu interior destacam-se a orientação do aviário, dimensões (largura, comprimento e pé-direito), a inclinação e simetria dos planos do telhado, as dimensões dos beirais e a adoção de lanternim e forro.

A orientação do eixo longitudinal do aviário no sentido Leste-Oeste tem sido amplamente recomendada (Tinôco, 2001; Santos et al., 2005; Owada et al., 2007; Nazareno et al., 2009; Rodrigues et al., 2011; Vitorasso, Pereira, 2009; Nascimento et al., 2014; Coelho et al., 2015; Rosa et al., 2017), tendo como base, o deslocamento do sol ao longo do dia e do ano devido aos movimentos de rotação e translação da Terra. Por sua vez, para os aviários orientados no sentido Norte-Sul recomenda-se o plantio de renques de vegetação nas faces leste e oeste para evitar a entrada dos raios solares através das laterais da instalação e promoção sombreamento das águas do telhado (Alves, Rodrigues, 2004; Souza, Milani, 2015).

Os galpões convencionais e dark house (galpões climatizados), possuem o mesmo projeto de construção, são aviários com dimensões de até 150 a 155 m de comprimento e com até 30 a 32 m de largura. Em ambos os sistemas, tem se dado maior atenção ao dimensionamento de equipamentos, principalmente os ventiladores (Abreu e Abreu, 2011).

A maior parte da carga térmica incidente no interior do aviário advém da radiação térmica incidente sobre o telhado. O ângulo de incidência dos raios solares nos planos do telhado é alterado pela sua inclinação e conseqüentemente, a quantidade de radiação solar refletida e absorvida pela telha também se altera (Santos et al., 2005). Ademais, a inclinação do telhado afeta o coeficiente de forma correspondente às trocas de calor por radiação térmica entre o animal e a superfície interna do telhado, além da diferença de altura entre as entradas e saída de ar do lanternim, quando existente. Segundo Tinôco (2001), inclinações entre 20 e 30° têm sido consideradas adequadas, atendendo condicionantes estruturais e térmicos ambientais. Santos et al. (2005) verificaram que inclinações da ordem de 30° podem reduzir o Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU) em 1,2 unidades em relação a um aviário equipado com cobertura com 15° de inclinação do telhado.

Em regiões de clima quente, as projeções dos beirais devem ser de forma a evitar a penetração de chuvas, ventos e raios solares, devendo ter de 1,2 a 2,5 m, em ambas as faces, norte e sul, do telhado (Tinôco, 2001). Dessa forma, o beiral quando bem projetado atuará como barreira contra a incidência direta de radiação solar no interior do aviário, tendo duas fachadas, uma permanentemente quente e outra permanentemente

fria, propiciando, dessa forma, a ventilação natural (Damasceno et al., 2010).

Para mitigar as interferências da variação climática externa sobre o ambiente térmico interno de aviários, tem-se usado o forro, que funciona como barreira física à radiação solar incidida e a térmica emitida pela cobertura no interior do aviário. Ademais, a formação da camada de ar junto à cobertura contribui para a redução da transferência de calor para as aves (Abreu et al., 2007). Ressalta-se ainda, a preocupação com o maior isolamento térmico da face oeste do aviário em relação a da face leste, por receber radiação solar em um horário em que a temperatura do ar do ambiente externo é maior.

Dentre as estratégias que podem ser utilizadas para a redução da carga térmica de radiação (CTR) no interior de aviários, pode-se citar o uso de diferentes materiais de cobertura (Castro et al., 2017), inclinações de telhado (Yanagi Junior et al., 2001), pinturas de telhado (Tinôco, 2001) e uso de forros (Abreu et al., 2007). Podem-se usar, ainda, a aspersão sobre o telhado (Furtado et al., 2003), com maior restrição devido aos recorrentes déficits hídricos que tem ocorrido em diversas regiões do planeta e, os telhados natural ou artificialmente ventilados (Zappavigna, Liberati, 1997; Liberati, Zappavigna, 2001; Santos et al., 2005), dentre outras possibilidades.

MATERIAIS UTILIZADOS NAS INSTALAÇÕES AVÍCOLAS

O conforto térmico no interior das instalações avícolas está diretamente relacionado com o calor produzido pelos animais, o calor que é absorvido por meio da radiação solar, o calor transferido pelos materiais de cobertura, paredes, piso e ou cama e às trocas térmicas provocadas pela ventilação, natural ou artificial (Albright, 1990; Castro, 2012). Para um estudo detalhado sobre possíveis problemas e soluções relacionadas a aviários climatizados, é necessário conhecer o comportamento do ambiente térmico ao longo da aviário, bem como sua influência sobre respostas fisiológicas e desempenho produtivo de frangos de corte (Carvalho et al., 2009).

Neste contexto, os materiais usados na construção dos aviários para criação de frangos de corte afetam o microclima interior uma vez que interferem nas transferências de calor e massa. Na escolha dos materiais construtivos de aviários para produção de frangos de corte dever-se-á considerar as propriedades térmicas dos materiais, como a absorvância, a refletância, a resistência térmica, a capacidade de amortecimento e o retardo térmico. Os principais elementos que influenciam nestas transferências de calor são a cobertura, os fechamentos laterais e das extremidades do aviário e o piso.

A cobertura de aviários é o elemento construtivo mais importante na interceptação de radiação solar incidente, especialmente em países com predominância de clima tropical (Rodrigues e Araujo, 1996), sendo que a escolha do material tem grande importância no conforto térmico das aves (Pereira, 2007; Damasceno, 2008; Conceição et al., 2008).

Estudos relacionados à avaliação de coberturas envolvendo a escolha do material das telhas, da inclinação dos planos de telhados simétricos e assimétricos, do uso de forros e subcoberturas, do uso de telhados natural ou artificialmente ventilados podem ser realizados via modelos físicos construídos em escala reduzida que se baseiam na teoria da similitude (Santos et al., 2005; Ferreira Júnior et al., 2008; Ferreira Júnior et al., 2009; Camerini et al., 2011; Cardoso et al., 2011; Sampaio et al., 2011; Almeida; Passini, 2013) e modelagem matemática (Yanagi Junior et al., 2001). O uso de modelos físicos construídos em escala reduzida apresenta certas vantagens, como o baixo custo de material e de mão de obra, além de permitir testar diferentes configurações construtivas (Jentsch et al., 2013).

Dentre os materiais mais usados em telhados destacam-se o alumínio, chapa zincada ou aço galvanizado, fibrocimento, cerâmica (barro), poliestireno entre chapas de alumínio ou chapas zincadas (telhas sandwich), entretanto, outros materiais podem ser empregados, como as telhas ecológicas. Telhas fabricadas com novos materiais têm sido desenvolvidas, tais como vidro, concreto, metal e policloreto de vinila (PVC) (ex.: ecológicas de PVC, recicladas, colonial ecológica, onduline ecológica, ecológica tetra pak).

A aplicação de embalagens ecológicas tetra pak como subcoberturas ou como forros em telhados, são tecnologias inovadoras que contribuem para a redução do fluxo de calor para o interior das instalações (Silva et al., 2015). O uso de subcoberturas tem como objetivo isolar termicamente o ambiente, dificultando a passagem do calor por radiação, sendo isolantes térmicos reflexivos que reduzem a transferência do calor por radiação. O alumínio é um exemplo de material comumente utilizado como subcoberturas. Este tipo de isolante térmico é formado por um material de alta refletividade e baixa emissividade, o qual reduz a emissão da radiação em onda longa; assim, as perdas de calor no inverno e os ganhos térmicos no verão, são reduzidos (Silva et al., 2015). O forro tem neste caso, a função de atuar como uma segunda barreira física que permite a formação de uma camada de ar móvel junto à cobertura (bolsão de ar), contribuindo na redução da transferência de calor para o interior da construção (Tinôco, 2001; Santos et al., 2002).

Outro material utilizado como potencial isolante térmico e no fechamento de aviários de corte, são os isopainéis, compostos por chapas metálicas pré-fabricadas com material de isolamento. Os isopainéis apresentam isolamento térmico superior quando comparados às cortinas usualmente empregadas em galpões convencionais. A utilização de materiais isolantes e com maior capacidade de vedação possibilita alcançar melhor dispersão térmica, maior controle da ventilação e do armazenamento térmico e, conseqüentemente, do bem-estar animal, podendo contribuir de maneira significativa para a melhoria do desempenho físico do aviário e maior eficiência energética.

Outro material que tem se destacado para compor os fechamentos laterais de aviários são as paredes de alvenaria (Ferreira, 2017). Essa técnica aumenta a resistência térmica dos fechamentos laterais e cabeceiras,

reduzindo a transferência de calor do ambiente externo para o interior o aviário.

AUTOMAÇÃO E CONTROLE TÉRMICO DE AVIÁRIOS

Os avanços tecnológicos na área de ambiência avícola têm aumentado e, quando adotados, permitem reduzir o impacto das altas temperaturas proporcionando às aves condições adequadas de conforto térmico. A preocupação com o conforto térmico dos frangos de corte está relacionada diretamente ao aumento de bem-estar das aves e da produtividade.

A climatização por meios artificiais, pode se resumir em ventilação forçada, com o objetivo de aumentar a dissipação de calor por convecção, evaporação e, em resfriamento evaporativo associado à ventilação, objetivando reduzir a temperatura interna do ar ambiente, favorecendo as trocas sensíveis de calor (Costa et al., 2012). O uso de ventiladores e nebulizadores de alta tecnologia são realidade na produção avícola, como também a boa aceitação de túnel de ventilação conjugado ao sistema de resfriamento evaporativo (placas porosas umedecidas e ou nebulização), que propiciam o aumento de produtividade das aves (Abreu; Abreu, 2002).

As limitações de manutenção do conforto térmico das aves dentro das instalações, podem ser visualizadas pela dificuldade de manter um ambiente adequado e uniforme em grandes instalações para frangos de corte (Seo et al., 2006), principalmente pela ocorrência de mortalidade e baixo desempenho produtivo. Para Andonov et al. (2003) e Mutaf et al. (2004), existe conexão entre taxas eficazes de ventilação e o design do sistema, comprovada em experimentos com frangos de corte. Entretanto, outros autores relatam que a eficácia da ventilação é afetada primeiramente pelo sistema de ventilação e, posteriormente, pela programação da taxa de ventilação (Zhang et al., 2001).

Para o controle e supervisão do ambiente térmico no interior das instalações aliado às mudanças no perfil do gestor, a automação tem gerado grandes avanços nos sistemas agroindustriais, pois, por meio de sensores remotos, é possível o acesso às condições climáticas em tempo real e, portanto, a tomada rápida de decisões para proporcionar o conforto térmico aos animais (Seo et al., 2009).

Os sistemas de automação e controle geralmente são construídos por microcontroladores programáveis, que se caracterizam por incorporar no mesmo chip um microprocessador, memória de programa e dados, interface de entrada/saída de dados e vários periféricos (Erdem, 2010; Ibrahim, 2010; Zerger et al., 2010). Essas tecnologias são aplicadas principalmente no controle e supervisão do conforto térmico animal.

Os sistemas de automação de baixo custo aplicados aos aviários tecnificados oferecem o livre acesso a todo arquivo fonte de hardware e software, os quais estão embarcados em microcontrolador, para controle e supervisão do ambiente térmico (Alecrim et al., 2013; Ferreira et al., 2010; Lopes et al., 2014). Esses sistemas poderão propiciar um avanço significativo da ambiên-

cia avícola, especialmente para os produtores com menor capacidade de investimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas produtivos utilizados em conjunto com as tecnologias empregadas nas instalações avícolas para criação de frangos de corte devem propiciar um ambiente termicamente confortável, permitindo às aves expressar todo o seu potencial genético para produção, motivo pelo qual novas metodologias e tecnologias estão sendo aplicadas para mensurar, classificar e controlar o microambiente térmico de criação de frangos de corte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, PG, Abreu, VMN, Coldebella, A, Jaenisch, FRF, Paiva, DP, 2007, "Condições térmicas ambientais e desempenho das aves criadas em aviários com e sem o uso de forro", *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.59, p.1014-1020.
- Abreu, V., Abreu, P. 2011, "Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil", *Revista Brasileira de Zootecnia*, Santa Catarina, v.40, p.1-14.
- Albright, LD, 1990, "Environment Control for Animals and Plants", St. Joseph: ASAE.
- Alecrim, PD de, Campos, AT, Yanagi Júnior, T, 2013, "Sistema automatizado embarcado em microcontrolador para controle e supervisão do ambiente térmico para aviários", *Científica, Jaboticabal*, v.41, n.1, p.33-45.
- Almeida, EA de, Passini, R, 2013, "Thermal comfort in reduced models of broilers' houses, under different types of roofing materials", *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v.33, n.1, p. 19-27.
- Almeida, EA, Passini, R, 2013, "Thermal comfort in reduced models of broilers' houses, under different types of roofing materials", *Engenharia Agrícola*, v.33, n.1, p. 19-27.
- Alves, SP, Rodrigues, EHV, 2004, "Sombreamento arbóreo e orientação de instalações avícolas", *Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v.24, n.2, p.241-245.
- Andonov, K, Daskalov, P, Martev, K, 2003, "A new approach to controlled natural ventilation of livestock buildings", *Biosystems Engineering*, London, v.84, n.1, p.91-100.
- Barnwell, R, Rossi, A, 2003, "Maximização da performance em períodos quentes", *Avicultura Industrial*, v.11, p.72-80.
- Bakker, W, 2005, "Minimum ventilation to maximize broiler farm performance", In: Caribbean Poultry Association Poultry e Egg School, St. Augustine.
- Camerini, NL, Mendes, LB, Mota, JKM, Nascimento, JWB, Furtado, DA, 2011, "Avaliação de instrumentos agrometeorológicos alternativos para o monitoramento da ambiência em galpões avícolas", *Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG*, v. 19, n. 2, p. 125-131.
- Cardoso, AS, Baêta, F da C, Tinôco, I de FF, Cardoso, VA da S, 2011, "Coberturas com materiais alternativos de instalações de produção animal com vistas ao conforto térmico" *Engenharia na Agricultura*, v.19, p.404-421.
- Carvalho, VF, Júnior, TY, Ferreira, L, Damasceno, FA, Silva, MP, 2009, "Mapping of potential use of evaporative cooling systems in Southeastern Brazil", *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande*, v.13, p.358-366.
- Castro, AC de, Silva, IJO da, Nazareno, AC, Nunes, MLA, Piedade, SM de S, 2017, "Thermal efficiency of different coverage materials in reduced models of animal husbandry facilities: A Case Study", *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v.37, n.3, p.403-413, maio/jun.
- Castro, AC, 2012, "Avaliação da eficiência térmica de materiais utilizados como sistemas de cobertura em instalações avícolas", Dissertação, Esalq, Piracicaba - SP.

- Cobb Vantress Inc, 2008, "Broiler management guide", Arkansas, 65p.
- Coeelho, DJ de R, Tinôco, I de FF, Vieira, M de FA, Mendes, MA dos SA, Sousa, FC de; França, LGF, 2015, "Mapeamento do ambiente térmico de aviários de postura abertos em sistema vertical de criação", *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.10, p.996-1004.
- Conceição, MN, Alves, SP, Telatin Júnior, A, Silva, IJO, Piedade, SMS, Savastano Júnior, H, Tonoli, G, 2008, "Desempenho de telhas de escória de alto forno e fibras vegetais em protótipos de galpões", *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, p.536-539.
- Constantino, A, Fabrizio, E, Ghiggini, A, Bariani, M, 2018, "Climate control in broiler houses: a thermal model for the calculation of the energy use and indoor environmental conditions", *Energy & Buildings*, v. 162, p.1-45.
- Cony, AV, Zocche, AT, 2004, "Equipamentos para fornecimento de ração e água", In: MENDES, AA, NÄÄS, IA, MACARI, M, Eds., *Produção de frangos de corte*. Campinas: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, p.97-106.
- Costa, EMS, Dourado, LRB, Merval, RR, 2012, "Medidas para avaliar o conforto térmico em aves", *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.6.
- Damasceno, FA, 2008, "Avaliação de Telhas Ecológicas e sua Influência no Ambiente Térmico de Modelos Físicos de Galpões Avícolas", Monografia (*Especialista em Gestão e Manejo Ambiental na Agroindústria - Pós-Graduação Lato Sensu*), Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG.
- Damasceno, FA, Junior, TY, Lima, RR, Gomes, RCC, Moraes, SRP, 2010, "Avaliação do bem-estar de frangos de corte em dois Galpões comerciais climatizados", *Ciência Agrotecnologia*, vol.34, n.º.4, Lavras - MG.
- Dozier, WA, Purswell, JL, Branton, SL, 2006, "Growth responses of male broilers subjected to high air velocity for either twelve or twenty-four hours from thirty-seven to fifty-one days of age", *Journal Applied Poultry Research*, v.15, p.362-366.
- Erdem, H, 2010, "Implementation of software-based sensor linearization algorithms on low-cost microcontrollers", *ISA Transactions*, Pittsburgh, v. 49, n. 4, p. 552-558.
- Ferraz, PA et al., 2017, "The effect of the intensity of estrus expression on the follicular diameter and fertility of nellore cows managed under a ftai program", *Ciência Animal Brasileira*, v.18, p.1518-2797.
- Ferreira, JC, 2017, "Ambiência e consumo de energia em galpões dark house para criação de frangos de corte: Uso de diferentes tipologias e materiais de fechamento lateral", Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Lavras, MG.
- Ferreira Junior, LG, Yanagi Junior, T, Damasceno, F, Silva, E, Silva, GCA, 2009, "Ambiente térmico no interior de modelos físicos de galpões avícolas equipados com câmaras de ventilação natural e artificial", *Engenharia na Agricultura*, Viçosa MG, v. 27, n. 3, p. 166-178.
- Ferreira Júnior, PD, Rosa, MF, Lorenzo, M, Monteiro, MF, Azevedo Junior, R.R., 2008, "Influência dos sedimentos na reprodução de Caretta caretta na praia da Guanabara, Anchieta, Espírito Santo, Brasil", *Iheringia, Série Zoologia*, 98(4): 447-453.
- Ferreira, L, Yanagi Junior, T, Lopes, AZ, Lacerda, WS, 2010, "Desenvolvimento de uma rede neuro-fuzzy para predição de temperatura retal de frangos de corte. RITA, v.17, n.2.
- Ferreira, L, Yanagi Junior, T, Lopes, AZ, Lacerda, WS, 2010, "Desenvolvimento de uma rede neuro-fuzzy para predição de temperatura retal de frangos de corte. RITA, v.17, n.2.
- Furtado, DA, Azevedo, PV, Tinôco, IFF, 2003, "Análise do conforto térmico em galpões avícolas com diferentes sistemas de acondicionamento", *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 559-564.
- Huynh, TTT, Aarnink, AJA, Truong, CT, Kemp, B, Verstegen, MWA, 2006, "Effects of tropical climate and water cooling methods on growing pigs' responses", *Livestock Science*, v.104, p.278-291.
- Ibrahim, D, 2010, "PIC18F Microcontroller Series", *SD Card Projects Using the PIC Microcontroller*. Boston: Newnes, p.41-105.
- Jácome, IMTD, Furtado, DA, Leal, AF, Silva, JHV, Moura, JFP, 2007, "Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no Nordeste do Brasil", *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, p.527-531.
- Jentzsch, R, Baêta, FC, Tinôco, IFF, Damasceno, FA, Saraz, JAO, 2013, "Parâmetros arquitetônico-ambientais para construção e testes em modelos reduzidos, representativos de galpões avícolas, com base em similitude", *Engenharia na Agricultura*, Jaboticabal, v.21, n.2, p.19-30.
- Liberati, PE, Zapparigna, P, 2001, "Ventilated roofs as a tool for improving the thermal environment of animal houses in hot summer climates", In: VI LIVESTOCK ENVIRONMENT - INTERNATIONAL SYMPOSIUM: ASAE, Louisville. p.490-498.
- Lopes, AZ, Yanagi Junior, T, Lacerda, WS, Rabelo, G, 2014, "Predicting Rectal Temperature of Broiler Chickens with Artificial Neural Network", *International Journal of Engineering e Technology*, v.14, n.5, p.29-33.
- Medeiros, CM, Baêta, FC, Oliveira, RFM, Tinôco, IFF, Albino, LFT, 2005, "Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte", *Engenharia Agrícola*, v.1, p.277-286.
- Mutaf, S, Alkan, S, Seber, N, 2004, "The effects of natural ventilation air exchange on psychrometric results in poultry houses in hot environment and design characteristics", *CIGR Journal of Scientific Research and Development*, manuscript BC 03 023.
- Nääs, IA, Sevegnani, KB, Marcheto, FG, Espelho, JCC, Menegassi, V, Silva, IJO, 2001, "Avaliação térmica de telhas de composição de celulose e betumem, pintadas de branco, em modelos de aviários com escala reduzida", *Engenharia Agrícola*, v.21, p.121-126.
- Nascimento, GR, Nääs, IA, Baracho, MS, Pereira, DF, Neves, DP, 2014, "Termografia infravermelho na estimativa de conforto térmico de frangos de corte", *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18, 658-663.
- Nazareno, AC, Pandolfi, H, Almeida, GLP, Giongo, PR, Pedrosa, EMR, Guiselini, C, 2009, "Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado", *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n. 6, p. 802-808.
- Nazareno, AC, Silva, IJO, Vieira, FMC, Santos, RFS, 2015, "One day-old chicks transport: Assessment of thermal profile in a tropical region", *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19:663-667.
- Oliveira, GA, Oliveira, RFM, Donzele, JL, Cecon, PR, Vaz, RGMV, Orlando, UAD., 2006, "Efeitos da temperatura ambiente sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte dos 22 aos 42 dias", *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.4, p. 1398-1405.
- Owada, AN, Nääs, IA, Moura, DJ, Baracho, MS, 2007, "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.
- Pereira, CL, 2007, "Avaliação do conforto térmico e do desempenho de frangos de corte confinados em galpão avícola com diferentes tipos de coberturas", *Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (USP)*, Pirassununga, São Paulo.
- Rodrigues, EHV, Araujo, RCL, 1996, "Influência da inclinação e do beiral do telhado sobre o conforto térmico em instalações para de frangos de corte", In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 1996, Bauru-SP, Anais... Bauru-SP, SBEA, p. 116.
- Rodrigues, VC, Silva, IJ, Vieira, FM, Nascimento, ST, 2011, "A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock", *International Journal Biometeorology*, 55, n. 3, p. 455-459.
- Rodrigues, WOP, Garcia, R. G, Nääs, I. A, Rosa, CO, Caldarelli, CE, 2014, "Evolução da avicultura de corte no Brasil", *Universidade Federal da Grande Dourados*, Dourados, Mato Grosso do Sul.
- Rosa, CO da, Garcia, RG, Costa, JS da, Nääs, I de A, Lima, ND da S, 2017, "Análise econômica da implantação de um sistema de iluminação LED em aviário dark house: um estudo de caso", *Custos e @ gronegocio*, online, v. 13.
- Sampaio, CAP, Cardoso, CO, Souza, GP, 2011, "Temperaturas superficiais de telhas e sua relação com ambiente térmico", *Revista Engenharia Agrícola*, v.31, p.230-236.

- Santos, PA dos, Yanagi Junior, T, Teixeira, VH et al, 2005, "Ambiente térmico no interior de modelos de galpões avícolas em escala reduzida com ventilação natural e artificial dos telhados" *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.3, p.575-584.
- Santos, RC, Tinoco, IFF, Paulo, MO de, Cordeiro, MB, Silva, JN, 2002, "Análise de coberturas com telhas de barro e alumínio, utilizadas em instalações animais para duas distintas alturas de pé-direito", *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, p.142-146.
- Schiassi, L, Yanagi Junior, T, Reis, GM, Abreu, LHP, Campos, AT, Castro, JO, 2015, "Modelagem fuzzy aplicada na avaliação do desempenho de frangos de corte", *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, online, Campina Grande, v. 19, p. 140-146.
- Seo, HI, Lee, IB, Chang, PW, Hwang, HS, Hong, SW, Lee, SY, 2006, "Study on ventilation system of naturally ventilated broiler house by aerodynamic approach", In: ASABE MEETING PRESENTATION, Oregon. Proceedings... Paper 06401.
- Seo, IH, Lee, IB, Moo, OK, Kim, HT, Hwang, HS, Hong, SW, Bitog, JP, Yoo, JI, Kwon, KS, Kim, YH, Han, JW, 2009, "Improvement of the ventilation system of a naturally ventilated broiler house in the cold season using computational simulations", *Biosystems Engineering*, Republic of Korea, p.106-117.
- Silva, IJO, Sevegnani, KB, 2001, "Ambiência na produção de aves de postura", In: Silva, I. J. O. *Ambiência na produção de aves em clima tropical*. Piracicaba: FUNEP, p.150- 214.
- Silva, MG da, Martin, S, Oliveira, CEG, Moscon, ES, Damasceno, FA, 2015, "Desempenho térmico de tipos de coberturas no interior de modelos reduzidos de galpões avícolas", *Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 30, n.3, p.269-275.
- Simmons, JD, Lott, BD, Milles, DM, 2003, "The effects of high-air velocity on broiler performance", *Poultry Science*, v.82, p.232-234.
- Souza, FA, Milani, AP, 2015, "Natural shading and productivity index of broiler chickens", *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.35, n.3, p.601-605, maio/jun.
- Tangjank, S, Kumfu, S, 2011, "Particle boards from papyrus fibers as thermal insulation", *Journal of Applied Sciences*, v.11, n.14, p.2640-2645.
- Teixeira, ENM, Silva, JHV, Costa, FGP, Martins, TDD, Givisiez, PEN, Furtado, DA, 2009, "Efeito do tempo de jejum pós-eclosão, valores energéticos e inclusão do ovo desidratado em dietas pré-iniciais e iniciais de pintos de corte", *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 314-322.
- Tinôco, I de FF, 2001, "Ambiência e instalações na produção de matrizes avícolas", In: Silva, IJO, *Ambiência na produção de aves em clima tropical*. v.2. Piracicaba: ESALQ, p.150-214.
- Vitorasso, G, Pereira, DF, 2009, "Análise comparativa do ambiente de aviários de postura com diferentes sistemas de condicionamento", *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.788-794.
- Yanagi Junior, T, Damasceno, GS, Teixeira, VH, Xin, H, 2001, "Prediction of black globe humidity index in poultry buildings", In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 6., 2001, Louisville. *Proceedings...* Louisville: ASAE, p.482-9.
- Zappavigna, P, Liberati, P, 1997, "Towards a more comprehensive approach to the environmental control in hot climate", In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM LIVESTOCK ENVIRONMENT, 5... Bloomington. *Proceedings...* Bloomington: ASAE, 1997. p. 686-93.
- Zerger, A, Viscarra Rossel, RA, Swain, DL, Wark, T, Handcock, RN, Doerr, VAJ, Bishop-Hurley, G J, Doerr, ED, Gibbons, PG, Lobsey, C, 2010, "Environmental sensor networks for vegetation, animal and soil sciences", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Enschede, v.12, n.5, p.303-316.
- Zhang, Y, Wang, X, Riskowski, GL, Christianson, LL, 2001, "Quantifying ventilation effectiveness for air quality control", *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.44, n.2, p.385-390.