



Medidas morfológicas em função do peso e da idade da ave, por meio de imagens

Paulo G. de Abreu¹, Valéria M. N. Abreu¹, Arlei Coldebella¹,
Marla J. Hassemer² & Inaiara L. Tomazelli³

RESUMO

Neste estudo objetivou-se quantificar a distribuição da temperatura superficial do corpo da ave, determinar a relação de proporção da taxa de perda de calor (TPC) e de resfriamento (TR) em função do peso e da idade da ave, além de realizar avaliações morfológicas por meio de análise de imagens. Os pintos de um dia ROSS 508 foram acompanhados semanalmente, durante 42 dias de idade e distribuídos em dois grupos de 10 animais. Em período igual cada ave foi pesada, fotografada e coletada a temperatura de cada parte do corpo. Os dados da temperatura das partes do corpo da ave foram avaliados através do PROC MIXED do SAS. Em ambas as medidas da temperatura das partes da ave ocorreu variabilidade não apresentando, no entanto, um comportamento definido com a idade. A taxa de perda de calor (TPC) aumentou com a idade e com o peso da ave. Apesar disto, a taxa de resfriamento (TR) foi inversamente proporcional ao peso da ave. A utilização de imagens digitais para estimar a área, o peso e as medidas morfológicas em função da idade das aves, é viável e pode ser utilizada no cálculo de transferência de calor e de massa para dimensionar sistemas de climatização dos aviários e também para o desenvolvimento de equipamentos utilizando-se visão computacional.

Palavras-chave: área ave, modelo empírico, perda de calor, resfriamento

Morphologic measures as a function of the weight and broiler age by means of images

ABSTRACT

The study was carried out with the objectives to quantify the distribution of the superficial temperature of the body of the broiler, to determine the relationship of proportion of the rate of heat loss (HLR) and of cooling (CR) in function of the weight and broiler age and to accomplish morphologic evaluations by means of image analysis. The ROSS 508 broilers of one day were weekly accompanied during 42 days of age, distributed in two groups of 10 animals. Weekly, each broiler was weighed, photographed and the temperature of each body part was observed. The data of the temperature of broiler's body parts were appraised using PROC MIXED of the SAS. Both temperature measurements of the broiler parts showed variability though not presenting a defined behavior with age. The rate of heat loss (HLR) increased with age and broiler weight. However, cooling rate (CR) was inversely proportional to the broiler weight. The use of digital images to estimate the area, the weight and the morphologic measures in function of the broiler age is viable and can be used in calculation of heat and mass transfer for climatization systems of poultry house and also for the development of equipments using vision computational.

Key words: area chickens, empiric model, loss heat, cooling

¹ Embrapa Suínos e Aves, BR 153, KM 110, Vila Tamanduá, CEP 89700-000, Concórdia, SC. E-mail: pabreu@cnpsa.embrapa.br; valeria@cnpsa.embrapa.br, arlei@cnpsa.embrapa.br,

² Universidade do Oeste de Santa Catarina, Rua Getúlio Vargas 2125, CEP 89600-000, Joaçaba, SC. E-mail: marlajuliane@yahoo.com.br

³ Universidade do Contestado, Rua Vítor Sopelsa 3000, CEP 89700-000, Concórdia, SC. E-mail: ina_lt@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O conforto térmico é de grande importância para as aves preservarem a temperatura corporal durante, o crescimento e as mudanças térmicas ambientais.

As diversas regiões corporais das aves podem contribuir, de maneira distinta, no balanço de calor corporal podendo, ainda, ser feita a classificação de regiões consideradas vasoregulatórias conservadoras como, por exemplo, as regiões cobertas por penas (Shinder et al., 2007) e as regiões desprovidas de penas, que têm maior contribuição nas trocas entre a superfície corpórea e o ambiente circundante.

Tessier et al. (2003) acompanharam a variação da temperatura da pele da ave durante o dia e em função da idade. A temperatura da pele de uma ave empenada variou mais do que 5 °C quando exposta a temperaturas ambientes de 20 a 40 °C; entretanto, a temperatura superficial de determinadas partes do corpo, como crista, canela e pé, variou até 20 °C e apresentou grandes variações em condições ambientais constantes.

O conhecimento mais preciso de como as aves perdem calor ou, ainda, aqueles relacionados à distribuição das temperaturas superficiais para a manutenção da termoneutralidade, pode ser impactante para o dimensionamento dos sistemas de climatização para frangos de corte (Cangar et al., 2008).

Fisiologicamente, o controle sobre a taxa de transferência de calor das aves é influenciado pelo fluxo sanguíneo superficial que ocorre na epiderme, logo abaixo da camada de plumagem.

Existem vários métodos de determinação da área corporal da ave, como o escalpelamento e o uso de moldes à base de gases, aderidos à superfície do animal. Esses métodos são invasivos, tornando-se necessário o sacrifício da ave.

Com o objetivo de evitar o sacrifício da ave, Mitchell (1930) desenvolveu modelo empírico para o cálculo da área superficial de frangos e frangas da linhagem White Leghorn.

Nas últimas décadas houve um progresso significativo na seleção genética de frangos de corte para crescimento rápido. Entretanto, este crescimento rápido coincidiu com o desenvolvimento inferior dos sistemas de vísceras e órgãos cardiovasculares dificultando o controle do estresse calórico.

São esperadas temperaturas globais elevadas nos próximos anos e os sistemas de climatização do ambiente são onerosos. Esta situação, com a qual a taxa de crescimento e a produção de calor aumentam anualmente, demanda meios mais eficientes para melhorar a aquisição de termotolerância, economicamente viáveis para aves em climas quentes (Yahav et al., 2005).

Segundo Silva et al. (2009) com o desenvolvimento do melhoramento genético das aves as equações ajustadas perdem a eficiência, surgindo a necessidade de se ajustar novas equações para as linhagens existentes ou até mesmo propor novas metodologias para que se possa melhorar a precisão na determinação da área superficial das aves. Neste contexto, a determinação da área superficial de frangos de corte é de extrema importância para o cálculo das transferências de calor e de massa entre as aves e o ambiente ao seu redor permitindo, assim, o dimensionamento de sistemas de ventilação e o resfriamento evaporativo, tal como inferir sobre o manejo das aves por meio da predição, por exemplo, da quantidade de

calor e/ou umidade produzida pelas aves (Yanagi Júnior, 2002; Aerts et al., 2003) e da predição do aumento da temperatura corporal desses animais (Yanagi Júnior et al., 2001).

Diversos métodos de análise de imagens podem ser utilizados para determinação da área superficial de animais, com a vantagem de não serem invasivos.

Objetivou-se, então, quantificar a distribuição da temperatura superficial do corpo da ave, determinar a relação de proporção da taxa de perda de calor (TPC) e de resfriamento (TR) em função do peso e da idade da ave e realizar avaliações morfológicas por meio de análise de imagens.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Embrapa Suínos e Aves na Unidade Experimental em Ambiência. Os pintos ROSS 508, machos, foram acompanhados semanalmente, durante 42 dias de idade, distribuídos em dois grupos de 10 animais. As aves foram alojadas com um dia de idade e separadas por peso, da seguinte forma: grupo 1 – aves leves, com 37-38 g e grupo 2 – aves pesadas, com 50-51 g. O sistema de aquecimento por campânula infravermelha foi utilizado até os 21 dias de idade da ave, conforme Abreu et al. (2000) e Zanatta et al. (2008).

As aves foram alimentadas à vontade, com a mesma ração. Semanalmente, cada ave foi pesada e colocada em uma mesa fotográfica preparada para não estressar os animais. Esta mesa possuía fundo e lateral pretos quadriculados de branco, a cada 2 cm. Na mesa foram acopladas duas lâmpadas azuis para não estressar as aves. As aves foram fotografadas tridimensionalmente, vistas de lado, de cima e por trás.

Utilizaram-se três câmeras digitais: uma fixada no suporte da mesa para a produção da imagem superior e duas em tripés para as imagens, lateral e de detrás das aves (Figura 1).



Figura 1. Montagem experimental da mesa fotográfica para a coleta das imagens

Após a seção de fotos de cada ave foi coletada a temperatura da superfície corporal, por meio de termômetro infravermelho com mira a laser, da marca RAYTEK®, em sete pontos (peito, perna, asa, cabeça, crista, dorso e cloaca), conforme Figura 2;

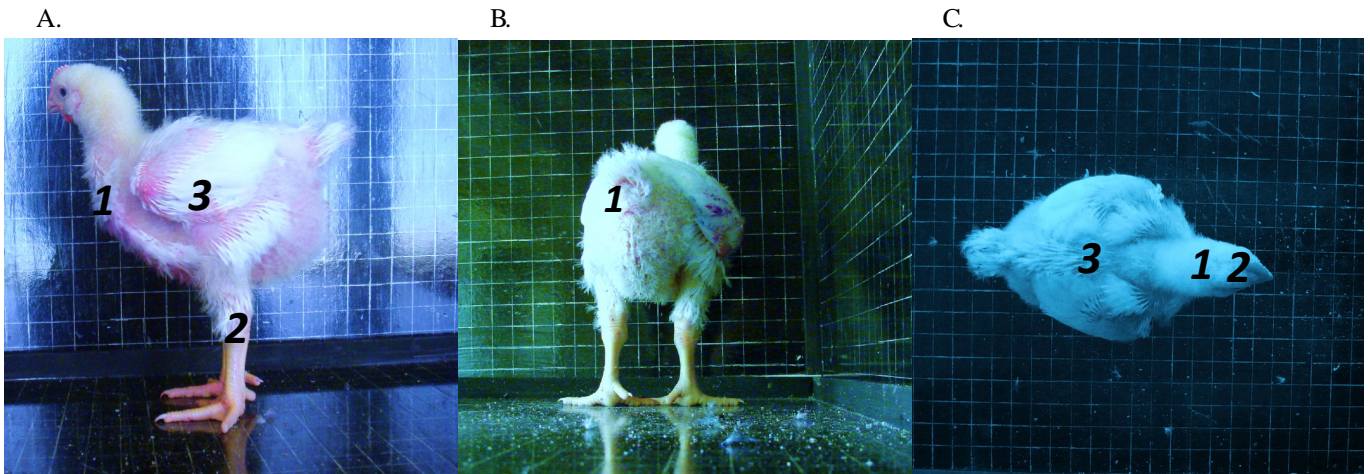


Figura 2. Pontos de coleta da temperatura corporal das aves: Vista lateral - 1. peito, 2. perna e 3. Asa (A); Vista de trás – 1. Cloaca (B); Vista superior – 1. cabeça, 2. crista e 3. Dorso (C)

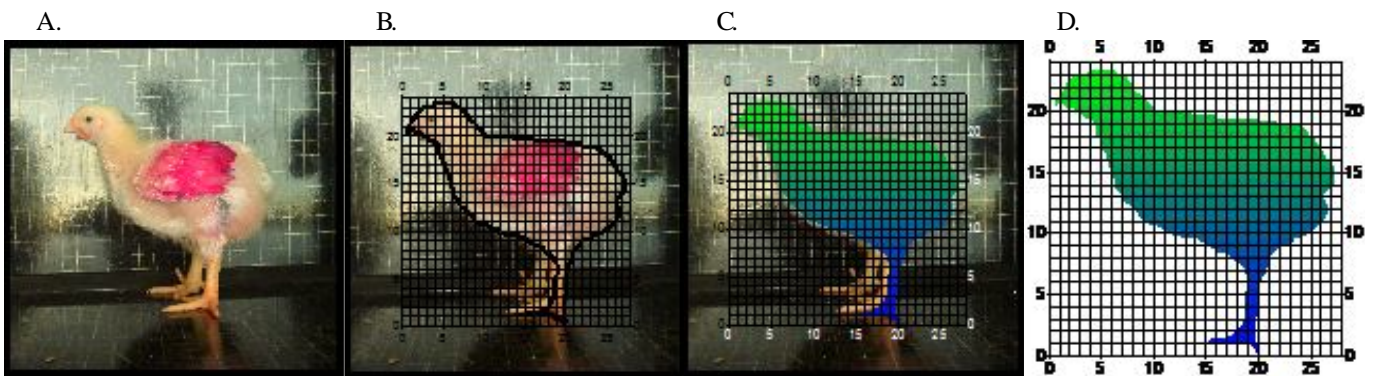


Figura 3. Sequência de processamento da imagem para o cálculo da área plana: Imagem real (A); Confeção da malha e do mapa de contorno (B); Digitalização e cálculo da área (C); Imagem finalizada com a área calculada (D)

para a temperatura da cloaca foi considerada a superfície externa. A temperatura ambiente foi registrada por meio de termômetro multifuncional Testo® 410, durante todo o ensaio.

A imagem digital, lateral de cada ave, foi processada no software Surfer para o cálculo da área plana. A partir da imagem real com o quadriculado, foi confeccionada uma malha proporcional às dimensões reais no Surfer e traçado o mapa de contorno do perfil lateral de cada ave; em seguida e a partir dos mapas de contorno, a seção interna da ave foi digitalizada e calculada a área utilizando-se as ferramentas “overlay maps”, “digitalize”, “blank” e “volume” do software Surfer (Figura 3).

Após o cálculo da área plana foram determinadas as medidas morfológicas das aves utilizando-se o Surfer (Figura 4).

Com base nos dados de temperatura de cada ponto de coleta da ave foi calculou-se a temperatura média da pele (TMP) de acordo com a equação proposta por Richards (1971):

$$TMP = (0,03 TC + 0,70 TD + 0,12 TA + 0,06 TCA + 0,09 TP) \quad (1)$$

em que:

- TMP - temperatura média da pele, °C
- TC - temperatura de crista, °C
- TD - temperatura do dorso, °C
- TA - temperatura da asa, °C
- TCA - temperatura da cabeça, °C

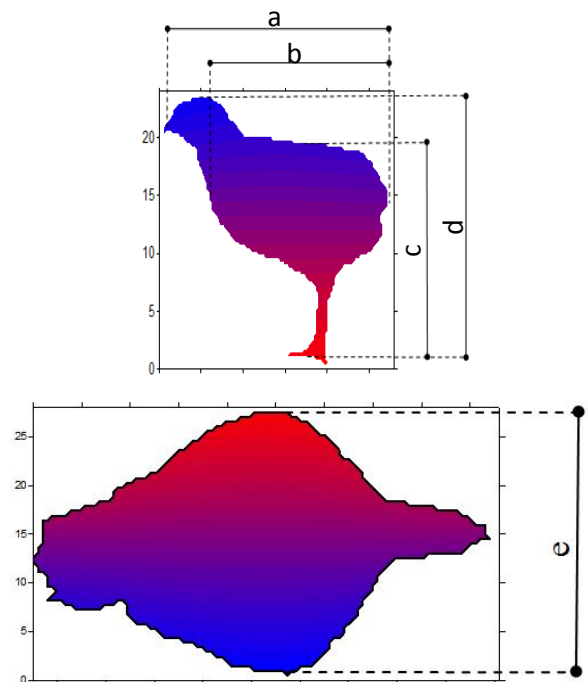


Figura 4. Local de determinação das medidas morfológicas das aves: Bico ao traseiro (a) – Peito ao traseiro (b); Dorso ao pé (c); Cabeça ao pé (d); Largura (e)

TP - temperatura da pata, °C

A taxa de perda de calor de cada ave foi calculada de acordo com Curtis (1983):

$$TPC = W^{2/3} \quad (2)$$

em que:

W - peso da ave, kg

A taxa de resfriamento de cada ave foi calculada segundo Curtis (1983):

$$TR = W^{-1/3} \quad (3)$$

em que:

W - peso da ave, kg

A área corporal plana calculada no software Surfer foi comparada com a área obtida pela equação proposta por Mitchell (1930):

$$A = 8,19 W^{0,705} \quad (4)$$

em que:

A - área corporal da ave, cm²

W - peso da ave, g

Os dados da temperatura das várias partes do corpo da ave foram avaliados por meio da análise de modelos mistos para medidas repetidas, considerando-se os efeitos de peso inicial (na parcela), de idade (na subparcela) e de parte do corpo (na sub-subparcela), e 3 tipos de estrutura de matriz de variâncias e covariâncias, usando-se o PROC MIXED do SAS (2003), sendo que a estrutura a ser utilizada na análise foi escolhida com base no menor valor do Critério de Informação de Akaike (AIC).

O método de estimação utilizado foi o de máxima verossimilhança restrita. Para avaliar a relação entre o peso da ave e sua área, foi ajustada a equação do modelo de Gompertz, proposta por Freitas (2005) para avaliar o peso corporal em função da idade, sendo que:

$$y = \alpha e^{-\beta e^{-\gamma x}} + \varepsilon \quad (5)$$

em que:

y - peso da ave, g

x - área, cm²

α , β e γ - parâmetros desconhecidos a serem estimados

ε - o erro aleatório, pressuposto normal, independente e identicamente distribuído

O ajuste do modelo foi realizado por meio do método de mínimos quadrados ordinários, segundo procedimento NLIN do SAS (2003); ao final, foi calculado o erro de predição individual considerando-se os grupos de aves leves e pesadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 observa-se efeito significativo ($p < 0,05$) para todos os fatores avaliados, exceto para o peso inicial das aves.

Tabela 1. Níveis descritivos de probabilidade do teste F para a análise de modelos mistos da temperatura das partes do corpo da ave

Causas de variação	GL da causa de variação	GL do resíduo	F	Pr > F
Peso inicial	1	18	0,14	0,7102
Idade	6	108	149,12	< 0,0001
Parte do corpo	6	114	47,27	< 0,0001
Parte do corpo x idade	36	648	1 6,96	< 0,0001

Segundo Cangar et al. (2008), as regiões mais quentes da ave são a face e a pata em virtude desses locais não terem penas como isolamento do calor e, conseqüentemente, o fluxo de calor é maior, as áreas mais frias são a asa e o peito devido, sem dúvida, ao maior empenamento. No presente estudo até os 21 dias de idade da ave a pata se apresentou com os valores mais baixos de temperatura em relação às demais partes do corpo sinalizando que o sistema de aquecimento exerce interferência na temperatura superficial da ave; no entanto, este comportamento não se verificou a partir dessa idade (Figura 5). As temperaturas das superfícies corporais (Figura 5) oscilaram e apresentaram comportamento semelhante ao da temperatura ambiente (Figura 6). Aos 35 dias de idade das aves as temperaturas das superfícies corporais atingiram o valor máximo e decaíram até os 42 dias de idade cujas razões para este fato, segundo Cangar et al. (2008), são: 1) fisiológicas: como resultado da muda das penas ou 2) práticas de manejo: medidas adotadas pela granja, como forma de diminuir a temperatura ambiente em função da idade das aves.

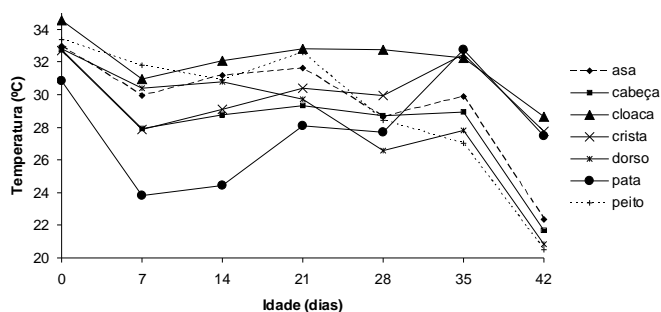


Figura 5. Valores médios de temperatura de cada parte da ave em função da idade

É pela cloaca que grande parte do calor metabólico é perdido via fezes e urina. De acordo com Marchini et al. (2007), a temperatura corporal aumenta com a idade do frango, independentemente da temperatura ambiente e a frequência respiratória reduz com a idade para as aves em termoneutralidade. No entanto, a temperatura da superfície da cloaca está susceptível às variações da temperatura ambiente e apresenta comportamento diferente da temperatura cloacal ou retal, a qual é obtida após ser inserido o termômetro, a 3 cm da cloaca.

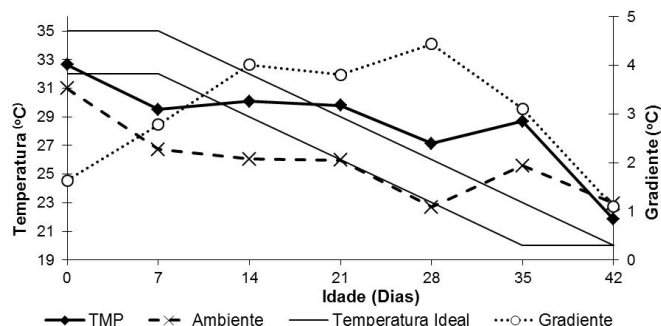


Figura 6. Valores médios, de temperatura da pele (TMP), ambiente, temperatura ideal e gradiente de temperatura em função da idade

Franos de corte submetidos a temperatura ambiente cíclica elevada, apresentam aumento na frequência respiratória e na temperatura cloacal (Marchini et al., 2007; Altan et al., 2003). Como a crista da ave ainda não está desenvolvida, a perda de calor na primeira semana é proporcional à da cabeça. Há variação de transferência de calor entre a ave e o ambiente sendo que esta é dependente do gradiente térmico (Marchini et al., 2007).

Nazareno et al. (2009) encontraram valores de temperatura cloacal em torno de 41 e 42 °C em aves criadas em sistemas de piquete e confinadas; no entanto, as aves criadas no sistema confinado apresentaram maior valor médio de temperatura cloacal, comparado com os demais sistemas (piquete e semiconfinado), devido ao fato das aves estarem mais adensadas.

A maior perda de calor das aves ocorre na cloaca, seguido da pata e crista (Hasselmer et al., 2009). Em ambas as medidas da temperatura das partes da ave houve variabilidade não ocorrendo, porém, comportamento definido com a idade.

A temperatura média da pele (TMP) teve o mesmo comportamento cíclico da temperatura ambiental até os 35 dias de idade das aves e apresentou valor menor que a temperatura ambiente aos 42 dias (Figura 6).

As aves são animais homeotérmicos e a temperatura interna é aproximadamente constante, porém a temperatura média da pele (TMP) da ave variou, conforme a idade.

Como, ao nascer, a ave não tem o sistema termorregulador desenvolvido, é necessário que a temperatura ambiente esteja dentro da faixa de conforto de 32 a 35 °C na primeira semana, com redução de 3 °C por semana, até a sexta semana.

Verifica-se, na Figura 6, que o maior valor de gradiente térmico obtido pela diferença entre a temperatura ambiente e a temperatura média da pele (TMP) ocorreu aos 28 dias de vida das aves e o menor valor aos 42 dias, apresentando o mesmo comportamento cíclico obtido por Cangar et al. (2008).

As penas têm capacidade de isolamento térmico para as aves que também não possuem glândulas sudoríparas mas dificultam a perda de calor corporal, sobremaneira aos 42 dias de idade.

Aves jovens apresentam melhor capacidade de perda de calor através da superfície corporal em relação às aves mais velhas (Tessier et al., 2003) o que acarreta em maior suscetibilidade das mesmas frente às condições de estresse por frio. No presente estudo a temperatura ambiente apresentou-se com valor abaixo

da temperatura ideal até os 21 dias de idade das aves e acima da temperatura ideal de 35 a 42 dias de idade porém, a temperatura da superfície da pele da ave foi de 1 a 4 °C maior que a temperatura ambiente.

Verifica-se, na Figura 7, que a taxa de perda de calor (TPC) aumentou com a idade e com o peso da ave; apesar disto, a taxa de resfriamento (TR) foi inversamente proporcional ao peso da ave mostrando que as aves mais jovens têm maior facilidade de perder calor que as aves adultas. Em condições de estresse por temperaturas elevadas as aves adultas têm dificuldade de perder calor e as aves jovens, quando em condições de estresse por frio, perdem calor facilmente, situações essas indesejáveis.

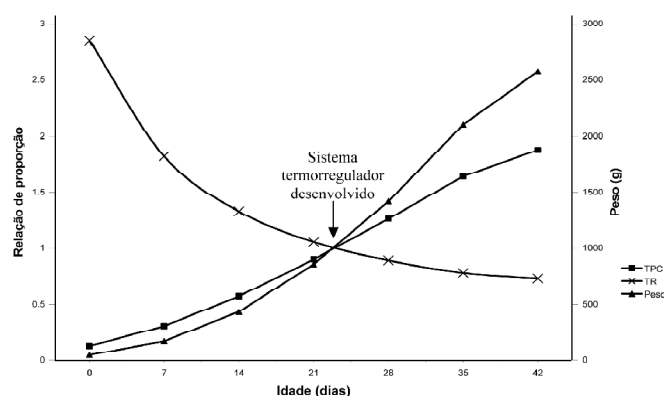


Figura 7. Valores médios da relação de proporção da taxa de perda de calor (TPC) e taxa de resfriamento (TR) e do peso, em função da idade

As formas mais eficientes de troca de calor das aves com o ambiente nas primeiras semanas de vida, correspondem às formas sensíveis (radiação, condução e convecção) necessitando que o ambiente esteja aquecido e, quando adultas, as formas sensíveis de transferência de calor deixam de ser eficientes tornando a forma de transferência de calor latente (evaporação) mais eficiente (Yahav et al., 2004). Lin et al. (2005), sugerem que a diminuição do gradiente entre a temperatura da superfície corporal e o ambiente deve ser parcialmente responsável pelo aumento da temperatura corporal em ambientes quentes (35 °C). Por outro lado, a perda de calor por evaporação aumenta com o aumento da temperatura ambiente.

O ponto de desenvolvimento do sistema termorregulador corresponde ao ponto de inserção entre a taxa de perda de calor (TPC) e a taxa de resfriamento (TR) (Figura 7). O desenvolvimento do sistema termorregulador das aves ocorreu próximo dos 21 dias coincidindo com o término do período de aquecimento e com o empenamento das aves. Macari & Mendes (2005) aconselham não retirar as campânulas antes dos 21 dias de idade da ave, mesmo no verão, em virtude do risco de frentes frias e amplitudes térmicas nem sempre previstas.

A temperatura corporal do pinto de um dia é inferior à da ave adulta, ocorrendo aumento progressivo, atingindo a temperatura do adulto aproximadamente aos 21 dias de idade.

Para Leeson & Walsh (2004), o período de empenamento de maior importância para a avicultura moderna ocorre próximo de 28 dias de idade das aves. Mesmo neste período ainda haverá

penas primárias abaixo da região da cabeça e, talvez, em torno do abdômen.

Na Figura 8 verifica-se que a determinação da área superficial da ave tem alto coeficiente de determinação com a área calculada pela equação de Mitchell ($R^2 = 0,8979$). Assim, é possível o uso de imagem digital para estimar a área da ave, ou seja, o cálculo da área superficial da ave pelo software Surfer.

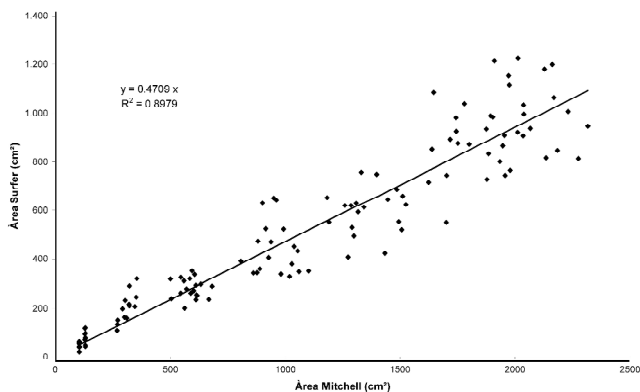


Figura 8. Valores da área superficial determinada pelo Surfer em relação à área calculada pela equação de Mitchell

Com a comprovação de que a área corporal da ave pode ser realizada pelo software Surfer determinou-se a correlação dessa área com o peso da ave. Assim, utilizando a equação de Gompertz encontrou-se, novamente, coeficiente de determinação elevado entre a área e o peso da ave, $R^2 = 0,906$ (Figura 9).

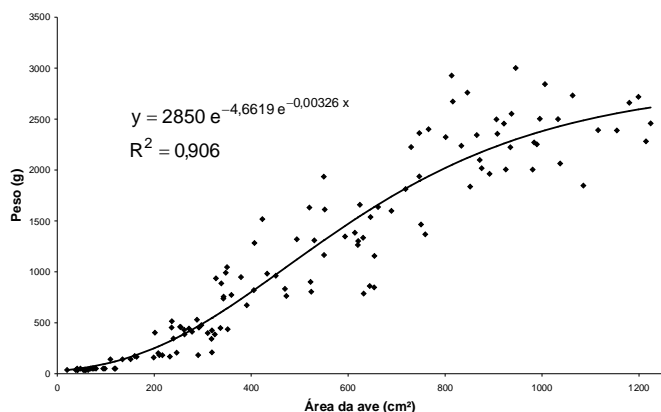


Figura 9. Valores dos pesos das aves em relação à área calculada pelo Surfer

Entretanto, o erro de predição individual médio foi de 197 g (28,95%) o que é um valor elevado dependendo do uso que se quer dar a esta medida (Tabela 2).

Quando se considera avaliação grupal, o erro de predição médio reduz para 84,56 g (17,47%), o que é esperado, pois avaliações de médias de grupos de animais são menos variáveis do que avaliações individuais. Em geral, o erro de predição relativo (%) reduz com o aumento da idade e do peso das aves enquanto o erro de predição absoluto (g) aumenta com a idade das aves.

Tabela 2. Erros de predição individual e por grupo em função da idade das aves

Idade (dias)	n	Erro de predição individual		Erro de predição do grupo	
		g	%	g	%
0	20	24,04	53,19	23,69	52,37
7	13	103,31	55,59	71,48	38,70
14	19	95,91	22,59	12,93	3,10
21	19	300,42	35,11	93,52	11,05
28	19	264,13	19,06	39,29	2,82
35	19	249,09	12,11	70,87	3,37
42	19	322,16	12,14	280,11	10,90
Média	128	197,08	28,95	84,56	17,47

Aertz et al. (2003), verificaram que das equações empíricas existentes a proposta por Gompertz é a que melhor descreve o crescimento da ave. Equações empíricas correspondem a uma série de resultados observados sem, no entanto, a necessidade de explicação de quais os processos naturais/físicos envolvidos nem por que funcionam, sendo esses resultados sintetizados por uma expressão matemática por meio de regressões, correlações ou outro meio numérico.

Desta forma, as análises de dados de medidas repetidas são de fundamental importância na produção animal visto que incluem as situações em que as unidades experimentais ou indivíduos, de diferentes subpopulações ou tratamentos (sexo, raça, entre outros), são analisados ao longo de diversas condições de avaliação (tempo, doses etc). Entre essas análises se destacam as curvas de crescimento na produção animal, que relacionam os pesos (y) e as idades (t) dos animais, por meio de modelos não-lineares (Freitas, 2005).

Assim, adotando-se o modelo de Gompertz para avaliar a relação entre o peso da ave e a sua área, pode-se afirmar que a estimativa do peso corporal da ave pode ser realizada por meio de imagem digital, adotando-se a equação da Figura 9, com coeficiente de determinação elevado entre a área e o peso da ave ($R^2 = 0,906$).

Como esperado, as medidas morfológicas aumentaram com a idade da ave (Figura 10). Esses valores poderão auxiliar no dimensionamento e nas práticas de regulação da altura dos equipamentos de arraçoamento e água.

O design e o dimensionamento dos equipamentos de distribuição de ração são determinados pelas empresas fornecedoras de equipamentos, em função do número de aves,

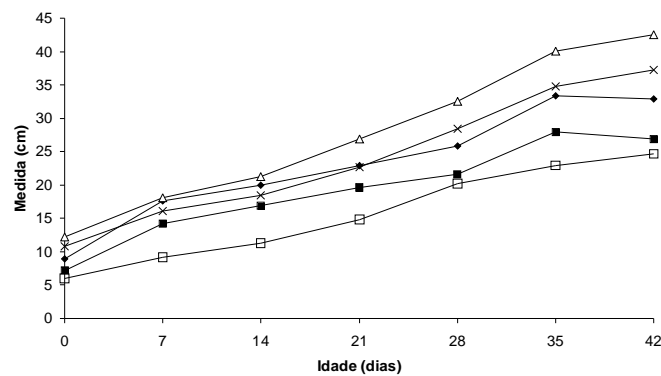


Figura 10. Valores médios das medidas morfológicas das aves em função da idade

idade e ergonomia em que as mesmas terão acesso ao equipamento a um só tempo. A partir dessa determinação é que se recomenda o número de equipamentos que serão utilizados em um aviário.

Dentre os responsáveis pela desuniformidade das aves no lote se encontram a regulação inadequada e a distribuição incorreta de bebedouros e comedouros no aviário. Este problema ocorre sobretudo em aviários que utilizam sistemas convencionais de criação, com bebedouros pendulares e comedouros tubulares.

Os manuais dos equipamentos recomendam que a altura correta dos nipples, à exceção do primeiro dia, é aquela em que as aves, com os pés firmemente assentados no chão, devem esforçar-se um pouquinho para alcançar o nipple, formando um ângulo de 45°, tomando facilmente a água que sai do nipple. A altura é muito importante para que as aves possam aproveitar o máximo de água que sai do nipple e a cama não seja molhada.

CONCLUSÕES

1. A utilização de imagens digitais para estimar a área, o peso e as medidas morfológicas em função da idade das aves, é possível e pode ser utilizada no cálculo de transferência de calor e de massa para dimensionar sistemas de climatização dos aviários e também para o desenvolvimento de equipamentos utilizando-se visão computacional.

2. Aprimoramentos dos métodos de avaliação de imagens devem ser buscados visando reduzir o erro de predição.

LITERATURA CITADA

- Abreu, P. G.; Baêta, F. C.; Abreu, V. M. N.; Soares, P. R.; Perdomo, C. C.; Silva, M. A. Desempenho produtivo e bioeconômico de frangos de corte criados em diferentes sistemas de aquecimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, p.159-167, 2000.
- Aerts, M.; Wathes, C. M.; Berckmans, D. Dynamic data-based modelling of heat. *Biosystems Engineering*, v.84, p.257-266, 2003.
- Altan, O.; Pabuçcuoglu, A.; Altan, A.; Konyalioglu, S.; Bayraktar, H. Effect of heat stress on oxidative stress, lipid peroxidation and some stress parameters in broilers. *British Poultry Science*, v.44, p.545-550, 2003.
- Cangar, Ö.; Aerts, J. M.; Buyse, J.; Berckmans, D. Quantification of the spatial distribution of surface temperatures of broilers. *Poultry Science*, v.87, p.2493-2499, 2008.
- Curtis, S. E. *Environmental management in animal agriculture*. Ames: Iowa State University Press, 1983. 409p.
- Freitas, A. R. Curvas de crescimento na produção animal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.786-795, 2005.
- Hassemer, M. J.; Abreu, P. G.; Abreu, V. M. N.; Tomazelli, I. L.; Cestonaro, T.; Dalla Costa, C. A. Comportamento da temperatura corporal de pintos de um dia, por meio de análise de imagem. In: Conferência Facta de Ciência e Tecnologia Avícolas, 27. 2009, Porto Alegre. Anais... Campinas: FACTA, 2009. CD-Rom
- Leeson, S.; Walsh, T. Feathering in commercial poultry I. Feather growth and composition. *World's Poultry Science Journal*, v.60, p.42-51, 2004.
- Lin, H.; Zhang, H. F.; Du R.; Gu, X. H.; Zhang, Z. Y.; Buyse, J.; Decuypere, E. Thermoregulation responses of broiler chickens to humidity at different ambient temperatures. II. Four weeks of age. *Poultry Science*, v.84, p.1173-1178, 2005.
- Macari, M.; Mendes, A. A. *Manejo de matrizes de corte*. Campinas: FACTA, 2005. 421p.
- Marchini, C. F. P.; Silva, P. L.; Nascimento, M. R. B. M.; Tavares, M. Frequência respiratória e temperatura cloacal em frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada. *Archives of Veterinary Science*, v.12, p.41-46, 2007.
- Mitchell, H.H. The surface area of single comb white leghorn chickens. *Journal of Nutrition*, v.2, p.443-449, 1930.
- Nazareno, A. C.; Pandorfi, H.; Almeida, G. L. P.; Giongo, P. R.; Pedrosa, E. M. R.; Guiselini, C. Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.802-808, 2009.
- Richards, S. A. The significance of changes in the temperature of the skin and body core of the chicken in the regulation of heat loss. *Journal of Physiology*, v.216, p.1-10, 1971.
- SAS Institute Inc. *System for Microsoft Windows*, Release 9.1, Cary, 2003. 2003. CD-Rom
- Shinder, D.; Rusal, M.; Tanny, J.; Druyan, S.; Yahav, S. Thermoregulatory responses of chicks (*Gallus domesticus*) to low ambient temperatures at an early Aae. *Poultry Science*, v.86, p.2200-2209, 2007.
- Silva, E.; Yanagi Júnior, T.; Braga Júnior, R. A.; Lopes, M. A.; Damasceno, F. A.; Silva G. C. A. Desenvolvimento e validação de um modelo matemático para o cálculo da área superficial de frangos de corte. *Engenharia Agrícola*, v.29, p.1-7, 2009.
- Tessier, M.; Du Tremblay, D.; Klopfenstein, C.; Beauchamp, G.; Boulianne, M. Abdominal skin temperature variation in healthy broiler chickens as determined by thermography. *Poultry Science*, v.82, p.846-849, 2003.
- Yahav, S.; Shinder, D.; Tanny, J.; Cohen, S. Sensible heat loss: The broiler's paradox. *World's Poultry Science Journal*, v.61, p.419-434, 2005.
- 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, p.253-258, 2004.
- Yanagi Júnior, T. *Partial surface wetting to relieve acute thermal stress of laying hens*. Viçosa: UFV, 2002. 93p. Tese Doutorado
- Yanagi Júnior, T.; Xin, H.; Gates, R.S. Thermal discomfort index for laying hens. St. Joseph: ASAE 2001. 13p.
- Zanatta, F. L.; Silva, J. N.; Tinôco, I. de F. F.; Oliveira Filho, D.; Martin, S. Avaliação do conforto térmico em aviário aquecido com gaseificador de biomassa. *Engenharia na Agricultura*, v.16, p.270-270, 2008.