

## Assimetria flutuante como indicador de estresse ambiental em galinhas caipiras brasileiras

Figueiredo, N.E.M.<sup>1@</sup>; Carneiro, P.L.S.<sup>2</sup>; Nunes, L.A.<sup>3</sup>; Almeida, E.C.J.<sup>4</sup>; Farias Filho, R.V.<sup>5</sup>; Leite, P.A.G.<sup>1</sup>; Abreu Junior, P.B.<sup>6</sup>; Araujo, A.C.<sup>5</sup>; Araujo, J.I.M.<sup>5</sup> e Wenceslau, A.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus. Bahia. Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Jequié. Bahia. Brasil.

<sup>3</sup> Faculdade de Tecnologia e Ciências. Jequié. Bahia. Brasil.

<sup>4</sup> Faculdade Anísio Teixeira. Feira de Santana. Bahia. Brasil.

<sup>5</sup> Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga. Bahia. Brasil.

<sup>6</sup> Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. Minas Gerais. Brasil.

### PALAVRAS CHAVE

Avicultura.

Galinhas nativas.

Formato.

Humi Tamanho do centroide.

### RESUMO

A assimetria flutuante (AF) é uma técnica que, a partir da medição de características discretas ou contínuas em ambos os lados do indivíduo, tem o intuito de avaliar se o desenvolvimento ontogenético tem sido afetado por fatores estressantes externos. O estresse em frangos pode desencadear diversos problemas, desde o canibalismo até o término prematuro da postura, afetando o bem-estar animal e sua produtividade. Desse modo, objetivou-se investigar a existência de AF na forma e tamanho da cabeça das aves nativas dos grupos genéticos Peloco, Caneludo do Catolé e Canela Preta e linhagem comercial CBC, bem como identificar se o ambiente e o sistema de criação podem ser considerados fatores estressores para as aves. As aves dos três grupos genéticos nativos, bem como as aves da linhagem comercial CBC apresentaram AF na forma e tamanho da cabeça, provavelmente relacionado ao ambiente, especialmente ao estresse térmico crônico, dado as altas temperaturas do ambiente de criação. Quanto às aves do grupo genético Peloco, verificou-se uma maior sensibilidade ao estresse quando mantidas em confinamento, visto que os machos desse grupo criados em sistema intensivo apresentaram comportamentos sociais indesejados, tais como o canibalismo.

### Effect of conservation times at room temperature, on coturnix coturnix japonica, egg quality in the ecuadorian amazon

### SUMMARY

Fluctuating asymmetry (FA) is a technique that, based on the measurement of discrete or continuous characteristics on both sides of the individual, aims to assess whether ontogenetic development has been affected by external stressors. Stress in chickens can trigger several problems, from cannibalism to premature termination of laying, affecting animal welfare and productivity. Thus, the objective was to investigate the existence of FA in the shape and size of the head of native birds of the Peloco, Caneludo do Catolé and Canela Preta genetic groups and commercial lineage CBC, as well as to identify whether the environment and the rearing system can be considered stressors for birds. Birds from the three native genetic groups, as well as birds from the commercial lineage CBC showed FA in head shape and size, probably related to the environment, especially to chronic heat stress, given the high temperatures of the rearing environment. As for the birds of the Peloco genetic group, there was a greater sensitivity to stress when kept in confinement, as the males of this group raised in an intensive system showed undesirable social behavior, such as cannibalism.

### ADDITIONAL KEYWORDS

Poultry.

Native chickens.

Shape.

Centroid size.

### INFORMATION

Cronología del artículo.

Recibido/Received: 29.07.2020

Aceptado/Accepted: 15.07.2022

On-line: 15.07.2022

Correspondencia a los autores/Contact e-mail:

nathannaemanuely@hotmail.com

### INTRODUÇÃO

A assimetria flutuante (AF) via características morfológicas descreve a magnitude dos desvios aleatórios da simetria perfeita e serve como uma medida para avaliar a instabilidade no desenvolvimento de um

órgão ou de um organismo bilateral (Palmer, 1994; Palmer, 1996). A técnica pode ser utilizada a partir dos princípios básicos da morfometria geométrica para medição de características discretas ou contínuas em ambos os lados do indivíduo, a fim de avaliar se o seu

esenvolvimento ontogenético está sendo afetado por um fator estressante externo (Silva *et al.* 2007).

As flutuações assimétricas são mais prováveis de ocorrer em organismos cujo desenvolvimento se deu sob condições de estresse, pois estes teriam uma maior dificuldade em regular seu desenvolvimento. Uma vez que essas condições estressantes no ambiente agem localmente e afetam apenas parte do corpo, seus efeitos se acumulam no lado esquerdo e direito separadamente, ocasionando em fenótipos assimétricos. Desse modo, a AF é uma ferramenta para mensurar o estresse de um indivíduo em seu ambiente e auxiliar a entender a capacidade dos organismos em responder às mudanças ambientais (Lempa *et al.* 2000; Dongen, 2006).

Nos últimos anos, a preocupação com o bem-estar animal aumentou, assim como estudos sobre as consequências do estresse na produção animal (Quinteiro-Filho *et al.* 2010). Em frangos, o estresse pode acarretar em problemas diversos, desde o canibalismo até o término prematuro da postura (Villagelín & Lyte, 2017), afetando o bem-estar animal e sua produtividade. O estresse térmico é relatado como um dos fatores estressores, com consequências sobre os índices produtivos (diminuição do consumo de ração, conversão alimentar e ganho de peso corporal) e sistema imune dos animais (redução da atividade de macrófagos, diminuição do número de linfócitos e produção de anticorpos) (Bartlett & Smith, 2003; Khajavi *et al.* 2003; Borges *et al.* 2004; Mashaly *et al.* 2004).

Além disso, a exposição crônica de frangos de corte ao calor também diminui a deposição de proteína muscular, principalmente devido à redução da síntese proteica (Temim *et al.* 2000). Em espécies sociais, como galinhas, interações agonísticas recorrentes ou prolongadas podem acarretar em estresse crônico (Moberg & Mench, 2000). O estresse social pode ter um impacto sobre a ocorrência de doenças, juntamente com outros fatores (Proudfoot & Habing, 2015), uma vez que pode afetar a imunidade, alterando, por exemplo, a citotoxicidade das células natural killer (NK) (Sutherland *et al.* 2006), as concentrações e a proliferação de linfócitos (Hessing *et al.* 1994; Tuchscherer *et al.* 2009), bem como a resposta à vacinação (De Groot *et al.* 2001).

As aves nativas possuem várias características desejáveis, tais como rusticidade, resistência a doenças e parasitas e adaptabilidade ao clima tropical, ausentes em linhagens exóticas e comerciais (Padhi, 2016; Hirwa *et al.* 2019). Apesar de menos produtivas que as aves de linhagens comerciais, os grupos genéticos de galinhas nativas do Nordeste Brasileiro apresentam grande rusticidade, que as permite sobreviver e se reproduzir em ambientes adversos. As aves nativas do grupo genético Canela Preta são encontradas no estado do Piauí, onde são criadas de forma extensiva, com pouco investimento tecnológico e controle zootécnico e sob altas temperaturas (Carvalho *et al.* 2017). As aves nativas dos grupos genéticos Caneludo do Catolé e Peloco são criadas em condições semelhantes em pequenas fazendas no interior da Bahia e se mostraram muito resistentes às altas temperaturas quando comparadas à linhagem comercial Cobb 500 (Almeida *et al.* 2013; Cedraz *et al.* 2017). Desse modo, objetivou-se investigar

a existência de AF na forma e tamanho da cabeça das aves nativas dos grupos genéticos Canela Preta, Caneludo do Catolé e Peloco e linhagem comercial CBC, bem como identificar se o sistema de criação pode ser considerado um fator estressor para as aves, com base na mensuração da AF.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório Experimental de Avicultura da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) durante o período de novembro de 2017 a abril de 2018 e foi realizado com a aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais – CEUA/UESB, Protocolo 166/2017.

Aos trinta dias de vida, as aves foram divididas em dois sistemas: intensivo e semi-intensivo. Os animais mantidos em sistema intensivo foram criados em galpão semi-aberto dividido em unidades experimentais com área interna de 1m<sup>2</sup>, forradas com maravalha e lotação máxima de 12 animais/unidade. A temperatura média do galpão foi de 27,9 °C (temperatura máxima registrada de 38,0 °C e mínima de 14,0 °C) e as aves tiveram acesso à água e ração *ad libitum* e iluminação por 23 horas, com uma hora de descanso.

As aves mantidas em sistema semi-intensivo foram criadas em piquetes de 16 m<sup>2</sup> de dimensão total, compostos por uma área coberta, com piso de maravalha e com livre acesso à área com cobertura vegetal (gramínea Tifton 85). Os animais nesse sistema foram submetidos às variações naturais de luminosidade, com temperatura média de 28,0 °C (temperatura máxima registrada de 40,0 °C e mínima de 14,0 °C) e contaram com água, forragem e ração *ad libitum*.

Foi realizada uma análise de variância (ANOVA) a partir das temperaturas máximas e mínimas medidas no sistema intensivo e semi-intensivo a fim de identificar se houve diferença entre as temperaturas registradas em ambos os sistemas de criação, bem como verificar se houve influência da temperatura sobre a AF da forma e tamanho da cabeça das aves. O modelo estatístico adotado pode ser definido matricialmente como sendo o vetor de observações da variável dependente (temperatura), o vetor dos efeitos fixos (mês e sistema), a matriz de incidência, e o vetor de efeitos residuais. Para verificar a existência de mudanças nos planos de simetria dos indivíduos criados em sistema intensivo e semi-extensivo foi utilizado um total de 263 aves, sendo 46 do grupo genético Peloco (24 machos e 22 fêmeas), 68 do grupo genético Caneludo do Catolé (32 machos e 36 fêmeas), 51 da raça Canela Preta (28 machos e 23 fêmeas) e 98 da linhagem comercial CBC (53 machos e 45 fêmeas). As rações utilizadas nas fases de criação foram à base de milho e farelo de soja e a composição nutricional obedeceu às exigências de cada fase (Rostagno *et al.* 2011).

As fotografias foram feitas nas respectivas idades de abate: 85 dias para as aves da linhagem CBC e 150 dias para as aves dos grupos genéticos Peloco, Caneludo do Catolé e Canela Preta. Nas duas ocasiões, foram capturadas imagens da cabeça das aves utilizando-se uma câmera fotográfica (Canon SX60HS

65 x Zoom), com auxílio de um tripé. Para obtenção das imagens, cada ave teve os perfis direito e esquerdo fotografados frontalmente, utilizando-se papel milimetrado ao fundo da superfície para obtenção da escala. A partir das imagens obtidas foi gerado um arquivo com a extensão *tps* utilizando o software tpsUtil (Rohlf, 2013).

Para a plotagem dos marcos e semimarcos foi utilizada a versão 2.31 do software tpsDig2 (Rohlf, 2017). Foram usados 13 marcos anatômicos, sendo cinco na estrutura do bico (considerando a extensão do bico desde sua inserção na crista e contorno), seis nos olhos e dois na narina (Almeida, 2016). As marcações foram realizadas duas vezes em cada lado da cabeça das aves, com intervalo de três dias entre as medições e pelo mesmo mensurador, no intuito de minimizar o erro de marcação. Os dados obtidos a partir das duas medições de cada um dos lados da cabeça de cada ave foram analisados considerando a existência de um desvio bilateral normal mais a diferença encontrada pelo efeito a ser analisado (Palmer, 1994). Uma análise de variáveis canônicas seguida de função discriminante foi realizada para verificar a separação das aves em grupos genéticos, bem como a existência de dimorfismo sexual.

A sobreposição de Procrustes foi feita no intuito de normalizar todas as configurações a um único tamanho do centróide, sobrepor todos os centróides em uma origem comum e ajustar a rotação de todas as configurações a partir da seleção um ângulo de referência, de modo que os efeitos de escala, rotação e translação foram eliminados (Aymone, 2009).

Posteriormente, foi realizada a Procrustes ANOVA com o objetivo de verificar a existência de assimetria flutuante quanto à forma e ao tamanho da cabeça nas aves de cada grupo genético submetidas a diferentes sistemas (sistema intensivo e semi-intensivo), utilizando o programa MorphoJ (Klingenberg, 2011). O modelo estatístico adotado definido matricialmente como com sendo o vetor de observações da variável dependente (centróide), o vetor dos efeitos fixos (lado da cabeça), o vetor de efeitos aleatórios (indivíduo), as matrizes de incidência, e o vetor de efeitos residuais. Para ambas as análises de AF (quanto à forma e tamanho), cada lado da cabeça foi considerado efeito fixo e os indivíduos efeitos aleatórios, de modo que o efeito do indivíduo consiste na variação individual da forma e o efeito do lado corresponde à assimetria direcional. A interação entre lado X indivíduo corresponde à assimetria flutuante (a variação na diferença entre o lado esquerdo e direito dos indivíduos) e o resíduo, que corresponde à variação entre as réplicas, foi tratado como a medida do erro (Klingenberg & McIntyre, 1998). Em seguida, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) para comparar o efeito da AF das aves de cada grupo genético subdivididas por sexo e sistema de criação quanto à forma e ao tamanho, utilizando o programa PAST versão 2.03 (Hamer *et al.* 2001). Para a ANOVA referente à AF da forma, foram utilizados os dados dos *scores* de assimetria flutuante da forma e a ANOVA correspondente à AF do tamanho foi performada com base nos dados de assimetria do tamanho do centróide. Para

estas análises o modelo estatístico adotado foi definido como com sendo o vetor de observações da variável dependente (tamanho do centróide/score de AF), o vetor dos efeitos fixos (sexo, grupo genético e sistema de criação), a matriz de incidência, e o vetor de efeitos residuais.

## RESULTADOS

A partir da análise de função discriminante foi possível identificar a existência de dimorfismo sexual sobre a forma da cabeça das aves ( $P < 0,01$ ), de modo que para realização das análises subsequentes, as aves foram separadas de acordo com o sexo.

A Procrustes ANOVA demonstrou efeito significativo ( $P < 0,05$ ) para a AF em todos os subgrupos quanto à forma (**Tabela I**). Também foi possível identificar a presença de assimetria direcional para as fêmeas do grupo genético Canela Preta criadas em sistema semi-intensivo ( $P < 0,05$ ), para fêmeas e machos Caneludo do Catolé criadas em sistema semi-intensivo ( $P < 0,01$ ), para fêmeas CBC criadas em sistema semi-intensivo ( $P < 0,01$ ), para machos CBC criados em sistema intensivo e semi-intensivo ( $P < 0,01$ ), para fêmeas Peloco criadas no sistema semi-intensivo ( $P < 0,01$ ) e machos Peloco criados em sistema intensivo ( $P < 0,01$ ) e semi-intensivo ( $P < 0,05$ ).

A ANOVA performada a partir dos scores da AF da forma identificou a existência de diferenças significativas entre os grupos genéticos. As comparações de médias feitas por meio do teste de Tukey entre os subgrupos (formados pelas aves de cada grupo genético, sexo e sistema) demonstraram que houve diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) entre os subgrupos: machos Canela Preta intensivo e fêmeas CBC intensivo; aves CBC (ambos os sexos e sistemas de criação) e machos Canela Preta intensivo; machos Peloco criados no sistema semi-intensivo e machos Canela Preta intensivo. Também houve efeito significativo quanto à AD para as fêmeas do grupo genético Canela Preta criadas em sistema semi-intensivo ( $P < 0,05$ ), fêmeas ( $P < 0,01$ ) e machos ( $P < 0,01$ ) Caneludo do Catolé criados em sistema semi-intensivo, fêmeas CBC criadas em sistema semi-intensivo ( $P < 0,01$ ), machos CBC criados em sistema intensivo e semi-intensivo ( $P < 0,01$ ), fêmeas Peloco criadas em sistema semi-intensivo ( $P < 0,01$ ) e machos Peloco criados em sistema intensivo ( $P < 0,01$ ) e semi-intensivo ( $P < 0,05$ ).

Para o tamanho, a Procrustes ANOVA mostrou a existência de AF ( $P < 0,05$ ) para as aves de todos os grupos genéticos, de ambos os sexos e criadas nos dois sistemas (**Tabela II**).

Para a ANOVA feita com base na assimetria do tamanho do centróide, verificou-se diferença significativa entre os subgrupos quanto aos níveis de AF para o tamanho. As comparações de médias feitas por meio do teste de Tukey entre os subgrupos (formados pelas aves de cada grupo genético, sexo e sistema) demonstraram que há diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) entre: os machos Peloco criados em sistema intensivo e os machos Caneludo do Catolé criados em sistema semi-intensivo, entre os machos Peloco criados em

**Tabela I. ANOVA Procrustes para a forma da cabeça de aves nativas dos grupos genéticos Peloco, Canelado do Catolé e Canela Preta e linhagem comercial cbc criadas em sistema intensivo e semi-intensivo (ANOVA Procrustes for the head shape of native birds of the Peloco, Canelado do Catole and Canela Preta genetic groups and commercial CBC strain raised in an intensive and semi-intensive system).**

Grupos genéticos	Indivíduo				lado				indivíduo * lado				erro					
	SS	MS	df	F	P	SS	MS	df	F	P	SS	MS	df	F	P	SS	MS	df
CPF INT	0,056	0,000235	242	2,29	<0,001	0,002431	0,000110	22	1,08	0,3678	0,024791	0,000102	242	2,49	<0,001	0,021689	0,0000410	528
CPF SEMI	0,057	0,000261	220	3,04	<0,001	0,003371	0,000153	22	1,78	0,0201	0,018940	0,0000860	220	1,99	<0,001	0,020990	0,0000433	484
CPM INT	0,141	0,000644	220	4,08	<0,001	0,002435	0,000110	22	0,70	0,8362	0,034724	0,000157	220	5,11	<0,001	0,014944	0,0000308	484
CPM SEMI	0,135	0,000384	352	3,75	<0,001	0,003495	0,000158	22	1,55	0,0566	0,036165	0,000102	352	2,77	<0,001	0,027700	0,0000370	748
CANF INT	0,057	0,000185	308	2,13	<0,001	0,002937	0,000133	22	1,53	0,0621	0,026862	0,0000872	308	2,30	<0,001	0,024997	0,0000378	660
CANF SEMI	0,073	0,000175	418	1,78	<0,001	0,006493	0,000295	22	2,99	<0,001	0,041274	0,0000987	418	2,54	<0,001	0,034213	0,0000388	880
CANM INT	0,120	0,000322	374	3,23	<0,001	0,002371	0,000107	22	1,08	0,3674	0,037368	0,0000999	374	2,23	<0,001	0,035432	0,0000447	792
CANM SEMI	0,081	0,000283	286	3,25	<0,001	0,005541	0,000251	22	1,08	<0,001	0,024963	0,0000872	286	2,79	<0,001	0,019252	0,0000312	616
CBCF INT	0,061	0,000146	418	2,39	<0,001	0,002090	0,0000950	22	1,56	0,0528	0,025516	0,0000610	418	1,61	<0,001	0,033345	0,0000378	880
CBCF SEMI	0,080	0,000152	528	2,28	<0,001	0,007781	0,000353	22	5,28	<0,001	0,035373	0,0000669	528	1,86	<0,001	0,039678	0,0000360	1100
CBCM INT	0,109	0,000190	572	3,44	<0,001	0,003746	0,000170	22	3,07	<0,001	0,031753	0,0000555	572	2,61	<0,001	0,025222	0,0000212	1188
CBCM SEMI	0,087	0,000166	528	2,74	<0,001	0,011856	0,000538	22	8,90	<0,001	0,031977	0,0000605	528	2,23	<0,001	0,029816	0,0000271	1100
PELF INT	0,036	0,000209	176	1,75	0,0001	0,002420	0,000110	22	0,92	0,5727	0,021117	0,000119	176	2,00	<0,001	0,023774	0,0000600	396
PELF SEMI	0,035	0,000136	264	1,96	<0,001	0,003699	0,000168	22	2,42	0,0005	0,018368	0,0000695	264	2,08	<0,001	0,019160	0,0000334	572
PELM INT	0,097	0,0003169	308	3,64	<0,001	0,006541	0,000297	22	3,42	<0,001	0,026801	0,0000870	308	2,65	<0,001	0,021686	0,0000328	660
PELM SEMI	0,049	0,000280	176	4,98	<0,001	0,002083	0,000094	22	1,68	0,0350	0,009915	0,0000563	176	1,28	0,0240	0,017413	0,0000439	396

CPF INT= Fêmeas Canela Preta criadas em sistema intensivo, CPF SEMI= Fêmeas Canela Preta criadas em sistema semi-intensivo, CPM INT= Machos Canela Preta criados em sistema intensivo, CPM SEMI= Machos Canela Preta criados em sistema semi-intensivo, CANF INT= Fêmeas Canelado do Catolé criadas em sistema intensivo, CANF SEMI= Fêmeas Canelado do Catolé criadas em sistema semi-intensivo, CANM INT= Machos Canelado do Catolé criados em sistema intensivo, CANM SEMI= Machos Canelado do Catolé criados em sistema semi-intensivo, CBCF INT= Fêmeas CBC criadas em sistema intensivo, CBCF SEMI= Fêmeas CBC criadas em sistema intensivo, CBCM INT= Machos CBC criados em sistema intensivo, CBCM SEMI= Machos CBC criados em sistema semi-intensivo, PELF INT= Fêmeas Peloco criadas em sistema intensivo, PELF SEMI= Fêmeas Peloco criadas em sistema semi-intensivo, PELM INT= Machos Peloco criados em sistema intensivo, PELM SEMI= Machos Peloco criados em sistema semi-intensivo.  
SS= Soma dos quadrados, MS= Quadrado médio.

**Tabela II. ANOVA Procrustes para o tamanho da cabeça de aves nativas dos grupos genéticos Peloco, Caneludo do Catolé e Canela Preta e Linhagem comercial CBC criadas em sistema intensivo e semi-intensivo (ANOVA Procrustes for the head size of native birds of the Peloco, Caneludo do Catolé and Canela Preta genetic groups and CBC commercial strain raised in an intensive and semi-intensive system).**

Grupos genéticos	Indivíduo					lado					indivíduo * lado					erro								
	SS	MS	df	F	P	SS	MS	df	F	P	SS	MS	df	F	P	SS	MS	df	F	P	SS	MS	df	
CPF INT	14,554	1,323	11	6,76	0,0018	0,0709	0,0709	1	0,36	0,559	2,1515	0,1955	11	22,65	<.0001	0,2072	0,0086	24						
CPF SEMI	16,359	1,635	10	28,22	<.0001	0,0824	0,0824	1	1,42	0,260	0,5797	0,0579	10	9,10	<.0001	0,1401	0,0063	22						
CPM INT	9,684	0,968	10	14,02	0,0001	0,0206	0,0206	1	0,30	0,597	0,6909	0,0690	10	7,48	<.0001	0,2032	0,0092	22						
CPM SEMI	11,436	0,714	16	5,59	0,0007	0,0915	0,0915	1	0,72	0,409	2,0444	0,1277	16	12,22	<.0001	0,3556	0,0104	34						
CANF INT	6,149	0,439	14	2,09	0,0900	0,0548	0,0548	1	0,26	0,617	2,9417	0,2101	14	26,46	<.0001	0,2382	0,0079	30						
CANF SEMI	5,807	0,290	20	2,01	0,0639	1,2702	1,2702	1	8,78	0,007	2,8941	0,1447	20	16,33	<.0001	0,3721	0,0088	42						
CANM INT	17,407	1,024	17	7,52	<.0001	0,1541	0,1541	1	1,13	0,302	2,3152	0,1361	17	7,25	<.0001	0,6758	0,0187	36						
CANM SEMI	17,787	1,368	13	5,69	0,0018	0,1881	0,1881	1	0,78	0,392	3,1285	0,2406	13	29,38	<.0001	0,2293	0,0081	28						
CBCF INT	4,379	0,231	19	1,65	0,1434	0,4368	0,4368	1	3,12	0,093	2,6619	0,1401	19	11,79	<.0001	0,4751	0,0118	40						
CBCF SEMI	6,360	0,265	24	4,66	0,0002	0,2909	0,2909	1	5,11	0,033	1,3661	0,0569	24	4,41	<.0001	0,6451	0,0129	50						
CBCM INT	9,083	0,349	26	3,65	0,0008	0,3129	0,3129	1	3,27	0,082	2,4897	0,0957	26	15,71	<.0001	0,3292	0,0060	54						
CBCM SEMI	13,300	0,532	25	7,25	<.0001	1,9439	1,9439	1	26,50	<.0001	1,8337	0,0733	25	4,13	<.0001	0,9238	0,0177	52						
PELF INT	1,595	0,199	8	4,33	0,0268	0,3140	0,3140	1	6,82	0,0311	0,3685	0,0460	8	9,06	<.0001	0,0915	0,0050	18						
PELF SEMI	3,679	0,306	12	4,88	0,0051	0,1857	0,1857	1	2,96	0,111	0,7543	0,0628	12	9,35	<.0001	0,1748	0,0067	26						
PELM INT	6,257	0,446	14	3,07	0,0221	1,3006	1,3006	1	8,93	0,009	2,0384	0,1456	14	9,41	<.0001	0,4642	0,0154	30						
PELM SEMI	8,091	1,011	8	18,48	0,0002	0,4808	0,4808	1	8,79	0,018	0,4378	0,0547	8	4,11	0,0061	0,2397	0,0133	18						

CPF INT= Fêmeas Canela Preta criadas em sistema intensivo, CPF SEMI= Fêmeas Canela Preta criadas em sistema semi-intensivo, CPM INT= Machos Canela Preta criados em sistema intensivo, CPM SEMI= Machos Canela Preta criados em sistema semi-intensivo, CANF INT= Fêmeas Caneludo do Catolé criadas em sistema intensivo, CANF SEMI= Fêmeas Caneludo do Catolé criadas em sistema semi-intensivo, CANM INT= Machos Caneludo do Catolé criados em sistema intensivo, CANM SEMI= Machos Caneludo do Catolé criados em sistema semi-intensivo, CBCF INT= Fêmeas CBC criadas em sistema intensivo, CBCF SEMI= Fêmeas CBC criadas em sistema intensivo, CBCM INT= Machos CBC criados em sistema intensivo, CBCM SEMI= Machos CBC criados em sistema semi-intensivo, PELF INT= Fêmeas Peloco criadas em sistema intensivo, PELF SEMI= Fêmeas Peloco criadas em sistema semi-intensivo, PELM INT= Machos Peloco criados em sistema intensivo, PELM SEMI= Machos Peloco criados em sistema semi-intensivo. SS= Soma dos quadrados, MS= Quadrado médio.

sistema intensivo e semi-intensivo, machos CBC e machos Peloco criados em sistema intensivo e entre os machos CBC criados em sistema semi-intensivo e os machos Peloco criados em sistema intensivo. Desse modo, foi verificada uma diferença significativa na AF do tamanho da cabeça entre os machos do grupo genético Peloco criados em diferentes sistemas. Também foi possível identificar a ocorrência de AD para as fêmeas Caneludo do Catolé criadas em sistema semi-intensivo ( $P < 0,01$ ), para as fêmeas ( $P < 0,05$ ) e machos ( $P < 0,01$ ) do grupo genético CBC criados em sistema semi-intensivo, para as fêmeas ( $P < 0,05$ ) e machos ( $P < 0,01$ ) do grupo genético Peloco criados em sistema intensivo e machos do grupo genético Peloco criados em sistema semi-intensivo ( $P < 0,05$ ).

Embora a ANOVA realizada a partir das temperaturas máximas e mínimas medidas em ambos os sistemas, tenha demonstrado que para o mês de janeiro houve diferença significativa ( $P < 0,01$ ) nas médias de temperaturas máximas, com  $33,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  para o sistema intensivo e  $35,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  para o sistema semi-intensivo, não houve diferenças significativas nos níveis de AF para as aves de mesmo grupo genético e sexo criadas em sistemas diferentes.

## DISCUSSÃO

A AF diz respeito à diferença entre os lados direito e esquerdo de características que sob condições ideais deveriam apresentar simetria bilateral, porém, são afetadas pelo estresse epigenético durante o desenvolvimento do indivíduo (Anciães & Marini, 2000). Acredita-se que a AF reflita a incapacidade dos organismos de minimizar o efeito de perturbações aleatórias sobre o seu desenvolvimento e, conseqüentemente, o nível de estresse a que são submetidos (Polak, 2003). Dessa forma, a existência de AF em todos os grupos genéticos para aves de ambos os sexos e sistemas intensivo e semi-intensivo demonstrou que esses animais foram submetidos a estresse durante o desenvolvimento, fato que pode afetar a produtividade. A ANOVA, seguida pelo teste de médias, mostrou que não houve diferenças significativas na AF da forma quanto ao sistema de criação para as aves de mesmo grupo genético e sexo criadas em sistemas diferentes. Desse modo, pode-se afirmar que o sistema de criação não influenciou no nível de estresse desses animais (mensurado pelo nível de AF da forma da cabeça) e que nesse caso, o estresse ocorreu devido a fatores presentes em ambos os sistemas de criação. Muitos fatores que podem estar presentes na cadeia produtiva são considerados estressores abióticos para os animais de produção, tais como: interações sociais, manuseio brusco, alimentação inadequada, práticas de manejo, aglomeração e exposição a condições climáticas adversas (Kumar *et al.* 2012).

As aves de ambos os sistemas de criação receberam ração ad libitum, com composição nutricional adequada às exigências de cada fase (Rostagno *et al.* 2011), de modo que a AF na forma da cabeça observada para as aves de todos os grupos genéticos muito provavelmente, não foi ocasionada por estresse devido à alimentação inadequada. Em contrapartida, as aves

foram submetidas a condições climáticas adversas, visto que durante todo o período do experimento foram registradas altas temperaturas, com máxima de  $38,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  no sistema intensivo e  $40,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  no sistema semi-intensivo. Embora as temperaturas máximas registradas para o sistema semi-intensivo durante o mês de janeiro tenham sido as mais elevadas, o calor durante todo o período do experimento pode ser considerado um estressor para as aves em ambos os sistemas de criação. Em frangos de corte, temperaturas acima de  $30,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  diminuem a ingestão de ração, o peso vivo e o peso de carcaça, além de ocasionarem o aumento da mortalidade (De Basilio & Picard, 2002). Em aves de postura, o estresse térmico também reduz a produção e peso dos ovos, além de comprometer o peso e a espessura da casca. O estresse térmico também causa danos ao sistema imune das aves, com redução do número de glóbulos brancos, produção de anticorpos e da atividade de macrófagos (Bartlett & Smith, 2003; Mashaly *et al.* 2004).

A ANOVA performada a partir dos dados da assimetria do tamanho do centróide seguida pelo teste de Tukey permitiram identificar que existe diferença significativa quanto às médias de AF de machos do grupo genético Peloco criados em sistema intensivo e semi-intensivo. Para esse grupo genético, os machos criados em sistema intensivo apresentaram um maior estresse com AF média de  $0,29 (\pm 0,38)$ , quando comparados aos criados em sistema semi-intensivo, com média de AF de  $-0,23 (\pm 0,23)$ . Esses resultados indicam que além de fatores estressores presentes em ambos os sistemas de criação (tal como as temperaturas elevadas), para os machos do grupo genético Peloco houve também outros fatores estressores exclusivos ao sistema intensivo. Um provável fator estressor é o estresse social, que ocorre devido às interações com outros animais (Proudfoot & Habing, 2015), uma vez que devido às práticas de manejo, os animais de produção de modo geral são comumente mantidos em grupos artificiais, o que pode acarretar um comportamento social positivo ou ocasionar em agressão, lesão e medo crônico (Fraser *et al.* 2013). Durante o período do experimento, houve episódios de canibalismo entre machos do grupo genético Peloco mantidos nas unidades experimentais em galpão (sistema intensivo). As galinhas mantêm uma organização social hierárquica e embora comum, esse comportamento de hierarquia, em que alguns animais são dominantes enquanto outros são subordinados, é potencialmente prejudicial em frangos e amplifica o estresse social a partir de interações que podem causar danos nas aves, como é o caso do canibalismo (Mcbride *et al.* 1969; Villagelín & Lyte, 2017).

Apesar de não haver aglomeração e superlotação nas unidades experimentais mantidas em galpão (sistema intensivo) e nos piquetes (sistema semi-intensivo), observou-se efeitos estressores nas aves do experimento. Isso está relacionado ao fato de que as aves do grupo genético Peloco são comumente criadas soltas em pequenas fazendas e criações de quintal do estado da Bahia e se mostram bastante rústicas, uma vez que são criadas com pouco investimento tecnológico e controle sanitário (Almeida *et al.* 2013). As aves Peloco não

estão adaptadas a qualquer sistema de criação mais sofisticado, de modo que o confinamento em galpão pode ter sido um fator estressante, sobretudo para os machos criados em sistema intensivo, uma vez que as aves desse grupo genético estão adaptadas à criação em sistema exclusivamente extensivo. Essa adaptação pode ser considerada uma vantagem para a criação dessas aves em pequenas propriedades, onde se dispõe de menos recursos, uma vez são pouco exigentes quanto às instalações e investimento tecnológico.

A assimetria direcional (AD) pode ser definida como uma tendência média de assimetria em uma direção, ou seja, um viés em uma característica que resulta em um maior desenvolvimento em um lado do corpo que de outro (Palmer & Strobeck, 1986). Embora o presente estudo tenha demonstrado a existência de AD para a forma e tamanho da cabeça em alguns subgrupos de aves avaliados, acredita-se que esse tipo de assimetria tenha uma base genética, de modo que a simetria dos organismos não seria influenciada pela instabilidade no desenvolvimento decorrente de perturbações ambientais, mas por mudanças nas frequências dos genes (Palmer & Strobeck, 1992; Palmer *et al.* 1993).

As aves dos três grupos genéticos nativos Peloco, Caneludo do Catolé e Canela Preta, bem como as aves da linhagem comercial CBC apresentaram AF na forma e tamanho da cabeça, principalmente relacionado ao estresse térmico crônico, visto que as menores médias de temperatura registradas foram de 27,9 °C. É importante identificar a existência de fatores estressores para que medidas de mitigação desses fatores possam ser adotadas na tentativa de melhorar o bem-estar dos animais. Quanto às aves do grupo genético Peloco, verificou-se uma maior sensibilidade ao estresse quando mantidas em confinamento, visto que os machos desse grupo genético criados em sistema intensivo apresentaram comportamentos sociais indesejados, tais como o canibalismo. Desse modo, recomenda-se a criação dessas aves em sistema semi-intensivo.

## CONCLUSÃO

Não houve influência do sistema de criação sobre a AF da forma da cabeça e, conseqüentemente, sobre o estresse das aves dos grupos genéticos nativos Peloco, Caneludo do Catolé e Canela Preta e linhagem comercial CBC. Em contrapartida, as temperaturas elevadas registradas durante os meses de experimento foram fatores estressores para as aves de todos os grupos genéticos criadas em ambos os sistemas. Também foi verificada a existência de AF quanto à forma da cabeça para os machos e fêmeas dos quatro grupos genéticos criados em ambos os sistemas, o que provavelmente também está relacionado às altas temperaturas registradas nesses sistemas de criação. Além disso, houve diferença significativa quanto ao nível de AF entre os machos Peloco criados em sistema intensivo e semi-intensivo. Esses resultados demonstram que para os machos desse grupo genético, o sistema intensivo acarretou um maior estresse, o que pode ter sido ocasionado pelo estresse social, sobretudo para as aves criadas em confinamento. Tendo em vista a

conservação desses grupos genéticos, esses achados são importantes, pois confirmam que as aves nativas Peloco, Caneludo do Catolé e Canela Preta são bastante rústicas e sugerem que o uso de sistemas alternativos é a melhor estratégia para a criação dessas aves, uma vez que permitem maior bem-estar dos animais, além de serem compatíveis à realidade das pequenas criações familiares brasileiras.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa, ao CNPq pelo financiamento do projeto, ao professor Ronaldo Vasconcelos Farias Filho e funcionários do setor de avicultura da UESB pela concessão do espaço físico e todo o suporte para a realização do experimento, à UESC e ao Programa de Pós Graduação em Ciência Animal pela oportunidade.

## BIBLIOGRAFIA

- Almeida, E.C.J 2016, Caracterização Fenotípica e Produtiva de Galinhas Patos no Estado da Bahia. 2016. 88 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Bahia, Bahia.
- Almeida, E.C.D.J, Carneiro, P.L.S, Wenceslau, A.A, Farias Filho, R.V, & Malhado C.H.M 2013, 'Características de carcaça de galinha naturalizada Peloco comparada a linhagens de frango caipira', *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 48, no. 11, pp. 1517-1523.
- Anciães, M, & Marini, M.Â 2000, 'The effects of fragmentation on fluctuating asymmetry in passerine birds of Brazilian tropical forests', *Journal of Applied Ecology*, vol. 37, no. 6, pp. 1013-1028.
- Aymone, A.C.B 2009, Restrições ontogenéticas e filogenéticas na evolução da forma da cápsula cefálica em oito espécies de Heliconíneos (Lepidoptera: Nymphalidae). 2009. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul.
- Bartlett, J.R, & Smith, M.O 2003, 'Effects of different levels of zinc on the performance and immunocompetence of broilers under heat stress', *Poultry Science*, vol. 82, pp.1580-1588.
- Borges, S.A, Fischer, S.A.V, Majorca, A, Hooge, D.M, & Cummings, K.R 2004, 'Physiological responses of broiler chickens to heat stress and dietary electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalents per kilogram)', *Poultry Science*, vol. 83, pp. 1551-1558.
- Carvalho, D.A, Bonafé, C.M, Almeida, M.J.O, Rodriguez-Rodriguez, M.P, Sarmento, J.L.R, Silva, M.A, Oliveira, M.B, Sousa, P.R, & Carvalho, A.A 2017, 'Padrão racial fenotípico de galinhas brasileiras da raça Canela-Preta', *Archivos de Zootecnia*, vol. 66, no. 254, pp. 195-202.
- Cedraz, H, Gromboni, J.G.G, Garcia Junior, A.A.P, Farias Filho, R.V, Souza, T.M, Oliveira, E.R, Oliveira, E.B, Nascimento, C.S, Meneghetti, C, & Wenceslau, A.A 2017, 'Heat stress induces expression of HSP genes in genetically divergent chickens', *PLoS One*, vol. 12, no. 10, pp. 1-15.
- De Basilio, V, & Picard, M 2002, 'La capacité de survie des poulets à un coup de chaleur est augmentée par une exposition précoce à une température élevée', *Inra Production Animales*, vol. 15, no. 4, pp. 235-245.
- De Groot, J, Ruis, M, Scholten, J, Koolhaas, J, & Boersma, W 2001, 'Long-term effects of social stress on antiviral immunity in pigs', *Physiology & Behavior*, vol. 73, no. 1-2, pp. 145-158.
- Dongen, S.V 2006, 'Fluctuating asymmetry and developmental instability in evolutionary biology: past, present and future', *Journal of Evolutionary Biology*, vol. 19, no. 6, pp. 1727-1743.
- Fraser, D, Duncan, I.J.H, Edwards, S.A, Grandin, T, Gregory, N, Guyonnet, V, Hemsworth, P.H, Huertas, S.M, Huzzey, J.M, Mellor, D.J, Mench, J.A, Špinková, M, & Whay, R 2013, 'General Principles for

- the welfare of animals in production systems: the underlying science and its application', *Veterinary Journal*, vol. 198, pp. 19-27.
- Hamer, O, & Harper, D.A.T, 2001, 'PAST – Paleontological Estatistics, version 1.81'. Disponível em: <http://folk.uio.no/ohammer/past/>. Acesso em: 23 Jan. 2019.
- Hessing, M.J.C, Scheepens, C.J.M, Schouten, W.G.P, Tielen, M.J.M, & Wiepkema, P.R 1994, 'Social rank and disease susceptibility in pigs', *Veterinary Immunology and Immunopathology*, vol. 43, no. 4, pp. 373-387.
- Hirwa, C.D.A, Kugonza, D.R, Kayitesi, A, Murekezi, T, Semahoro, F, Uwimana, G, & Habimana, R 2019, 'Phenotypes, production systems and reproductive performance of indigenous chickens in contemporary Rwanda', *International Journal of Livestock Production*, vol. 10, pp. 213-231.
- Khajavi, M, Rahimi, S, Hassan, Z.M, Kamali, M.A, & Mousavi, T 2003, 'Effect of feed restriction early in life on humoral and cellular immunity of two commercial broiler strains under heat stress conditions', *British Poultry Science*, vol. 44, pp. 490-497.
- Klingenberg, C.P 2011, 'MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics', *Molecular Ecology Resources*, vol. 11, pp. 353-357.
- Klingenberg, C.P, & McIntyre, G.S 1998, 'Geometric morphometrics of developmental instability: analyzing patterns of fluctuating asymmetry with Procrustes methods', *Evolution*, vol. 52, no. 5, pp. 1363-1375.
- Kumar, B, Manuja, A, & Aich, P 2012, 'Stress and its impact on farm animals', *Frontiers in Bioscience*, vol. 4, pp. 1759-1767.
- Lempa, K, Martel, J, Horicheva, J, Haukioja, E, Ossipov, V, Ossipova, S, Pihlaja, K 2000, 'Covariation on fluctuating asymmetry, herbivory and chemistry during birch leaf expansion', *Oecologia*, vol. 122, pp. 354-360.
- Mashaly, M.M, Hendricks, G.L, Kalama, M.A, Agehad, A.E, Abbas, A.O, & Patterson, P.H 2004, 'Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens', *Poultry Science*, vol. 83, pp. 889-894.
- Mcbride, G, Parer, I.P, & Foerander, F 1969, 'The social organization and behavior of the feral domestic fowl', *Animal Behaviour Monographs*, vol. 2, pp. 125-181.
- Moberg, G.P, & Mench, J.A 2000, 'The Biology of Animal Stress: Basic Principles and Implications for Animal Welfare', CAB International, Wallingford, pp. 1-21.
- Padhi, M.K 2016, 'Importance of Indigenous Breeds of Chicken for Rural Economy and Their Improvements for Higher Production Performance', *Hindawi Publishing Corporation Scientifica*, vol. 2016, pp. 1-9.
- Palmer, A.R 1994, *Fluctuating asymmetry analyses: A primer*. In: *Developmental Instability: Its Origins and Evolutionary Implications*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, pp. 335-364.
- Palmer, A.R 1996, 'Waltzing with asymmetry', *BioScience*, vol. 46, pp. 518-532.
- Palmer, A.R, & Strobeck, C 1986, 'Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns', *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, vol. 17, pp. 391-421, 1986.
- Palmer, A.R, & Strobeck, C 1992, 'Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: implications of non-normal distributions and power of tests', *Acta Zool Fennica*, vol. 191, pp. 57-72.
- Palmer, A.R, Strobeck, C, & Chippindale, A.K 1993, 'Bilateral variation and the evolutionary origin of macroscopic asymmetries', *Genetica*, vol. 89, pp. 201-218.
- Polak, M 2003, 'Developmental instability: causes and consequences'. Oxford: Oxford University Press.
- Proudfoot, K, & Habing, G 2015, 'Social stress as a cause of diseases in farm animals: current knowledge and future directions', *The Veterinary Journal*, vol. 2015, pp. 1-29.
- Quinteiro-Filho, W.M, Ribeiro, A, Ferraz-De-Paula, V., Pinheiro, M.L, Sakai, M, Sa, L.R.M, & Palermo-Neto, J 2010, 'Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens', *Poultry Science*, vol. 89, no. 9, pp. 1905-1914.
- Rohlf, F.J 2017, 'tpsDig2, digitize landmarks and outlines, version 2.10'. Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook, New York.
- Rohlf, F.J. 2013, 'tps Utility program, version 1.60'. Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook.
- Rostagno, H.S 2011, 'Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais', 3 (ed), Viçosa - UFV, pp. 252.
- Silva, D.P, Vital, M.V.C, & Marco, P. Jr 2007, 'Assimetria flutuante como ferramenta de bioindicadção: os efeitos da cidade de Manaus (AM) sobre *Erythemis peruviana* (RAMBUR, 1842) (Insecta: Odonata) junto à bacia do Rio Amazonas', in: *Anais C.E.B, Caxambu-MG*, Vol. 118 pp. 1-2.
- Sutherland, M.A, Niekamp, S.R, Rodriguez-Zas, S.L, & Salak-Johnson, J.L 2006, 'Impacts of chronic stress and social status on various physiological and performance measures in pigs of different breeds', *Journal of Animal Science*, vol. 84, no. 3, pp. 588-596.
- Temim, S, Chagneau, M, Peresson, R, & Tesseraud, S 2000, 'Chronic heat exposure alters protein turnover of three different skeletal muscles in finishing broiler chickens fed 20 or 25% protein diets', *The Journal of Nutrition*, vol. 130, pp. 813-819.
- Tuchscherer, M, Kaniitz, E, Puppe, B, Tuchscherer, A, & Viergutz, T 2009, 'Changes in endocrine and immune responses of neonatal pigs exposed to a psychosocial stressor', *Research in Veterinary Science*, vol. 87, no. 3, pp. 380-388.
- Villagelíu, D.N, & Lyte, M 2017, 'Microbial endocrinology: Why the intersection of microbiology and neurobiology matters to poultry health', *Poultry Science*, vol. 96, pp. 1-8.