

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS JABOTICABAL

**PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS DE
CARÇA E DE QUALIDADE DA CARNE DE AVES
ORIUNDAS DE CRUZAMENTO RECÍPROCO**

Adriane Molardi Bainy

Médica Veterinária

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Julho de 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

**PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS DE
CARÇA E DE QUALIDADE DA CARNE DE AVES
ORIUNDAS DE CRUZAMENTO RECÍPROCO**

Adriane Molardi Bainy

Orientador: Prof. Dr. Danísio Prado Munari

Co-orientadora: Pesq. Dra. Mônica Corrêa Ledur
(EMBRAPA Suínos e Aves)

Dissertação de Mestrado apresentado a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento Animal.

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Julho de 2011

B162p Bainy, Adriane Molardi
Parâmetros genéticos de características de carcaça e de
qualidade da carne de aves oriundas de cruzamento recíproco /
Adriane Molardi Bainy. -- Jaboticabal, 2011
xiii, 63 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011
Orientador: Danísio Prado Munari
Banca examinadora: João Ademir de Oliveira, Marcelo Henrique
de Faria
Bibliografia

1. Frangos de corte. 2. Qualidade da carne. 3. Correlação
genética. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 636.5:636.082

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ADRIANE MOLARDI BAINY– nascida em 25 de fevereiro de 1986 na cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul, filha de Armando Salles Bainy e Margarete Molardi Bainy. cursou Medicina Veterinária na Universidade Federal do Paraná, de fevereiro de 2004 a fevereiro de 2009. Em agosto de 2009, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento Animal na Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias – UNESP - Campus Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Danísio Prado Munari e co-orientação da Pesq. Dra. Mônica Corrêa Ledur. Foi bolsista CNPq no período de agosto de 2009 a fevereiro de 2011.

Nunca deixe que lhe digam que não vale a pena

Acreditar no sonho que se tem

Ou que seus planos nunca vão dar certo

Ou que você nunca vai ser alguém

Tem gente que machuca os outros

Tem gente que não sabe amar

Mas eu sei que um dia a gente aprende

Se você quiser alguém em quem confiar

Confie em si mesmo

Quem acredita sempre alcança!

(Renato Russo)

DEDICO...

A todos que, segundo os ensinamentos sobre Deus, respeitam a vida, considerando também o respeito à vida dos animais.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Danísio, pela oportunidade, confiança e apoio na conclusão desse trabalho.

Aos componentes da banca que se dispuseram a avaliar o presente trabalho.

A Pesq. Mônica, pela co-orientação e sugestões fundamentais.

A EMBRAPA Suínos e Aves pelos dados gentilmente cedidos a mim.

Ao **Programa Pós-Graduação** em Genética e Melhoramento Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias “Julio de Mesquita Filho” – UNESP, e ao **CNPq** pela concessão de bolsa de estudos.

Aos meus pais, Armando e Margarete, pelo esforço, dedicação e compreensão, em todos os momentos desta e de outras caminhadas.

Obrigado aos meus amigos do Departamento de Ciências Exatas Rodrigo Savegnago, Salvador Boccaletti Ramos, Guilherme Costa Venturini, Marcos Eli Buzanskas, Beatriz do Nascimento Nunes, Tatiane Chud, Natalia Vinhal Grupioni, Sabrina Luzia Caetano, Roberta Godoy Zuin, Diego Guidolin, Daniela do Amaral Grossi e Diércles pela amizade e ajuda na conclusão deste trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE ABREVIATURAS.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	lii
RESUMO.....	v
SUMMARY.....	vii
CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	07
1 Introdução.....	07
2 Revisão de Literatura.....	09
2.1 Qualidade da carne.....	09
2.2 Características de qualidade da carne.....	10
2.3 Carne PSE	11
2.4 Parâmetros Genéticos das Características de Qualidade da carne.....	14
2.4.1 Estimativas de herdabilidade das características de qualidade da carne.....	14
2.4.2 Estimativas de herdabilidade para peso vivo e características de carcaça.....	15
2.4.3 Estimativas de correlações genéticas entre características de qualidade e de composição de carcaça.....	17
2.4.3.1 pH e características de carcaça.....	18
2.4.3.2 Luminosidade e características de carcaça.....	18
2.4.3.2 Teor de vermelho e amarelo e características de carcaça.....	19
2.4.3.3 Luminosidade e pH.....	20
2.4.3.4 Teores de vermelho e amarelo da carne e pH.....	20
2.4.3.5 pH inicial e final da carne.....	21
2.4.3.6 Medidas de cor.....	21
2.5. Marcadores moleculares de qualidade da carne	22
3 Referências.....	23
CAPÍTULO 2: PARÂMETROS GENÉTICOS DE DESEMPENHO CORPORAL E DE QUALIDADE DA CARNE DE AVES ORIUNDAS DE CRUZAMENTO RECÍPROCO.....	29
1 Introdução.....	31
2 Material E Métodos.....	32
3 Resultados e Discussão.....	37
4 Conclusão.....	48
5 Implicações.....	49
6 Referências.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS

a*	Intensidade da cor vermelha da carne
a*(t)	Intensidade da cor vermelha carne transformada
b*	Intensidade da cor amarela da carne
HM	Hipertermia Maligna
L*	Teor de luminosidade da carne
PH15	pH 15 minutos <i>post mortem</i>
PH24	pH 24 horas <i>post mortem</i>
PSE	Carne pálida, mole e exsudativa
PSS	Síndrome do Estresse Suíno

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

Figura		Página
1	Curvas típicas de declínio do pH <i>post mortem</i> em intervalos de tempo para carne considerada normal e “PSE”. Adaptado de SCHNEIDER(2004).....	11

CAPÍTULO 2- PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS À QUALIDADE DA CARNE DE AVES

Figura		Página
1	Dendograma dos valores genéticos dos animais para as características de desempenho corporal e de qualidade da carne da população base. A reta contínua indica a definição de quatro grupos.....	45
2	Médias padronizadas dos valores genéticos dos animais para as características consideradas para os quatro grupos formados pelo método de k-médias.....	46

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

Tabela		Página
1	Resumo das estimativas de herdabilidade (h^2) e seus respectivos erros-padrão (EP) encontrados na literatura para características de qualidade da carne de aves.....	15

CAPÍTULO 2- PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO CORPORAL E DE QUALIDADE DA CARNE DE AVES ORIUNDAS DE CRUZAMENTO RECÍPROCO

Tabela		Página
1	Número de indivíduos utilizados na medição de cada característica (N), média, desvio-padrão (DP), coeficiente de variação (CV), valor mínimo e máximo das características estudadas.....	38
2	Estimativas de variância genética aditiva (σ_a^2) e variância residual (σ_e^2) das características estudadas.....	39
3	Estimativas de herdabilidade ² (diagonal), correlações genéticas (acima da diagonal) e ambientais (abaixo da diagonal) entre as características estudadas de aves oriundas de cruzamento recíproco.....	39

4	Correlações fenotípicas entre as características estudadas de aves oriundas de cruzamento recíproco.....	40
5	Distância euclidiana entre grupos abaixo da diagonal e o Quadrado da distância acima da diagonal.....	45
6	Autovalores e percentuais de variância explicadas por fator.....	47
7	Cargas fatoriais dos valores genéticos atribuídas aos fatores das variáveis de desempenho corporal e de qualidade da carne de aves oriundas de cruzamento recíproco.....	48

PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E DE QUALIDADE DA CARNE DE AVES ORIUNDAS DE CRUZAMENTO RECÍPROCO

RESUMO: A mais recente preocupação quanto à qualidade da carne de frango está associada a características musculares similares a carne pálida, mole e exsudativa (PSE) verificada em suínos. Carne de frango com características indicativas de PSE pode ser detectada pela combinação dos valores de pH (abaixo de 5,8) e cor (valor L^* acima de 52,0) medidos 24 horas *post mortem*. Neste trabalho, o objetivo foi estimar herdabilidades, correlações genéticas e valores genéticos para características de desempenho corporal; pH aferido 15 minutos (PH15) e 24 horas (PH24) após o abate, medida da luminosidade da carne (L^*), da cor vermelha (a^*) e da cor amarela da carne (b^*) de aves pertencentes à terceira geração do cruzamento recíproco entre uma linhagem de corte e uma de postura, desenvolvidas na Embrapa Suínos e Aves, em Concórdia, SC. Com o intuito de caracterizar a variabilidade dos valores genéticos dos animais para as características estudadas, estes foram submetidos à análise exploratória, utilizando técnicas estatísticas multivariadas de agrupamento hierárquico e não hierárquico (*k-means*) e análise de fatores. Os parâmetros genéticos foram estimados pelo método de máxima verossimilhança restrita. As estimativas de herdabilidade para as medidas de cor (L^* , a^* e b^*) e pH indicaram que grande parte da variância fenotípica destas características pode ser atribuída aos efeitos não aditivos dos genes e ao ambiente, e, conseqüentemente, que a seleção para estas características não seria eficiente. O PH15 e L^* apresentaram associação genética moderada com peso corporal, dessa forma, animais selecionados para peso corporal podem apresentar fenótipo de carne PSE, devido à redução do pH e ao aumento da palidez da carne. Não foi observada associação genética entre L^* e as medidas a^* e b^* . Pela análise de agrupamento hierárquico pôde-se perceber a formação de quatro grupos distintos na população de estudo em relação aos valores genéticos. A análise de fatores levou em consideração quatro fatores. O primeiro fator englobou as características de desempenho corporal, sendo responsável por 51,26% da variação total dos valores

genéticos. As informações obtidas no presente trabalho poderão contribuir para uma seleção mais eficiente para a qualidade da carne.

Palavras-chave: frangos de corte, qualidade da carne, pH, cor, correlação genética.

GENETIC PARAMETERS OF CARCASS TRAITS AND POULTRY MEAT QUALITY OF CHICKEN FROM A RECIPROCAL CROSS

SUMMARY - The most recent concern about the quality of chicken meat is associated with characteristics similar to pale, soft and exudative meat (PSE) found in pigs. Chicken meat with PSE's characteristics can be detected by the combination of pH values (below 5.8) and color (L^* value greater than 52.0) measured 24 hours *post mortem*. The objective of this research was to estimate heritabilities, genetic correlations and breeding values for body weight (WT), carcass traits, pH measured at 15 minutes (PH15) and at 24 hours (PH24) after slaughter, measurements of brightness (L^*), red color (a^*) and yellow color (b^*) of the poultry meat belonging to the third generation of a reciprocal cross between a meat and a posture line developed at Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC. In order to evaluate the breeding values variability of traits, these estimates were submitted to exploratory analysis, using multivariate statistical techniques of clustering, k-means and factor analysis. The estimation of the genetic parameters was performed using restricted maximum likelihood method. The heritability estimates for measures of color (L^* , a^* and b^*) and pH indicated that much of the phenotypic variance of these traits can be attributed to non-additive effects of genes and environment. Therefore the selection for these traits would not be considered efficient. The PH15 and L^* were moderate genetic correlated with body weight. Consequently animals selected for body weight may have phenotype of PSE meat due to reduced pH and paler meat. No genetic association was found between L^* and a^* and b^* measures. The cluster analysis showed the formation of four distinct groups in the studied population in relation to the breeding values. In factor analysis, four factors were taken into account. The first factor included the performance body traits, which is responsible for 51.26% of the total variation of breeding values. The results obtained in this study will contribute to a more efficient meat quality selection.

Key-words: poultry, meat quality, pH, color, genetic correlation

CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

Os trabalhos de melhoramento genético trouxeram impactos expressivos na dinâmica da produção de carne de frango, por meio do aperfeiçoamento de características como ganho de peso, conversão alimentar e rendimento da carcaça, permitindo a criação de variedades de aves altamente eficientes na conversão de alimento em peso corporal. No panorama atual, entretanto, torna-se necessário elevar a eficiência da criação de frango de corte, visando um menor custo de produção aliado ao bem-estar dos animais e a melhora da qualidade físico-química da carne (BOARETTO, 2009). De acordo com PARK *et al.* (2002), as características relacionadas à qualidade do produto final (carne) vêm tendo crescente importância tanto para a indústria processadora como para os consumidores. Infelizmente, a intensa seleção a favor de maiores taxas de crescimento levou a consequências indesejáveis relacionadas à qualidade da carne destes animais (DRANSFIELD e SOSNICKI, 1999), além de um aumento na deposição de gordura nos frangos (KESSLER *et al.*, 2000; GAYA *et al.*, 2005).

A mais recente preocupação quanto à qualidade da carne de frango está associada a características musculares similares a carne pálida, mole e exsudativa (PSE), também verificada em suínos. Em contraste às pesquisas com suínos, a herança genética da qualidade da carne de frangos foi pouco estudada. Na espécie suína, a herdabilidade de várias características da carne é conhecida, assim como o forte impacto do gene de sensibilidade ao halotano, responsável pela determinação do fenótipo PSE (LE BIHAN DUVAL *et al.*, 2003).

Estimativas demonstram que 60% dos consumidores de carne, no momento da aquisição, baseiam-se na aparência do produto (LEE e CHOI, 1999). Para os processadores, a carne PSE é inadequada não somente por causa da cor pálida, mas também devido à redução do rendimento devido ao excesso de gotejamento, aumento das perdas por cozimento e reduzida suculência (TAKAHASHI, 2009). O problema de PSE em frangos provavelmente não é novo, no entanto, o mercado

competitivo e o aumento da demanda de produtos processados levaram à maior atenção da indústria aos aspectos do processamento e à qualidade da matéria-prima (BARBUT, 1998). YANG e JIANG (2005) destacaram a importância que os programas de melhoramento genético de frangos de corte têm dado às características de qualidade de carcaça como sabor e cor da carne, deposição de gordura e composição das fibras musculares.

Os conhecimentos da genética quantitativa, aliados ao uso de técnicas computacionais e estatísticas, têm assegurado um progresso genético contínuo de todas as características de produção. O ganho genético obtido nas características quantitativas de importância econômica tem sido decorrente da seleção baseada no fenótipo do animal ou na estimativa do valor genético derivado do fenótipo. Essa seleção é realizada sem o conhecimento do número de genes que atuam na característica de interesse e do efeito de cada gene. Apesar disto, as taxas de ganho genético, que foram e ainda estão sendo obtidas em programas de melhoramento, demonstram claramente o poder do uso da genética quantitativa na seleção (DEKKERS, 1999).

Populações formadas a partir do acasalamento de linhagens para diferentes fins são importantes para o estudo da variabilidade genética. A quantificação da variação genética aditiva das características pela herdabilidade e das associações genéticas entre as diferentes características, indicadas pelas correlações genéticas, permitem estabelecer estratégias de melhoramento animal e o monitoramento da variabilidade genética dos indivíduos das linhagens (CAMPOS e PEREIRA, 1999).

O estudo dos parâmetros genéticos das características relacionadas à condição PSE pode favorecer a obtenção de produtos de melhor qualidade sensorial e de maior rentabilidade (GAYA, 2003), fazendo-se necessário um monitoramento dos atributos de qualidade da carne e até mesmo sua inclusão nos índices de seleção em um programa de melhoramento genético.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Qualidade da carne

A conquista de mercados consumidores, que se mostram cada vez mais exigentes, somente será possível por meio da obtenção de produtos de qualidade. Os principais atributos avaliados na carne para determinar sua qualidade são cor, capacidade de retenção de água e textura (GAYA e FERRAZ, 2006).

A qualidade da carne de peito depende das características herdadas pelo animal e dos fatores ambientais. As alterações nos parâmetros de qualidade de carne, entre animais do mesmo lote, idade e sexo, são atribuídas ao estresse pré-abate o qual desencadeia transtornos fisiológicos que podem causar alterações bioquímicas anômalas durante a transformação do músculo em carne (FLETCHER, 1991).

Demonstrou-se que tanto a duração do transporte quanto o jejum prolongado e o estresse calórico podem alterar o metabolismo do músculo *post mortem* dos frangos, principalmente aumentando a taxa de glicólise. A rápida glicólise *post mortem* resulta em decréscimo do pH e na intensidade da cor da carne afetando, desta forma, a sua qualidade.

Segundo DEBUT et al. (2003), a qualidade da carne de músculos mais rígidos seria mais afetada pelo transporte e pelo estresse calórico do que a carne de peito, por isso mais estudos devem ser realizados para reportar os efeitos do estresse pré-abate na qualidade de ambas as carnes de peito e dos músculos rígidos. Além disso, frangos de corte de linhagem de crescimento lento parecem ter a qualidade da carne mais afetada do que os de linhagem de crescimento rápido (BERRI et al., 2005). Estes autores enfatizaram a grande importância da adaptação das condições de pré-abate para cada linhagem de frango de corte. Além disso, mostraram que é necessário determinar, para cada genótipo, o impacto das condições de produção e pré-abate sobre o conteúdo de glicogênio muscular no momento da morte, a fim de controlar melhor a variabilidade do pH muscular, um dos principais fatores determinantes da qualidade de processamento da carne de frango.

2.2 Características de qualidade da carne

A aparência dos produtos avícolas é uma das mais fortes influências na aceitação pelos consumidores. Estes frequentemente questionam a variação na aparência normal da carne crua, pois é uma característica que influencia tanto a escolha inicial do produto pelo consumidor como a aceitação no momento do consumo (FLETCHER, 1999). O principal agente envolvido na intensidade da cor vermelha da carne é o teor de mioglobina. A cor observada na superfície das carnes é o resultado da absorção seletiva da luz pela mioglobina e por outros importantes componentes, como as fibras musculares e suas proteínas, sendo também influenciada pela quantidade de líquido livre presente na carne (OLIVO et al., 2001).

As medidas utilizadas na avaliação da cor da carne baseiam-se no sistema colorimétrico denominado CIELab, sigla composta pelas iniciais da comissão que estabeleceu o sistema (*The Commission Internationale de L'Eclairage*, em 1976) e suas escalas de cor, as quais são luminosidade, representada por L^* , teor de vermelho, representado por a^* e teor de amarelo, representado por b^* (GAYA e FERRAZ, 2006).

Segundo PRAXEDES (2007), a medida de cor L^* tem sido utilizada para classificar as carnes de frango em pálida ($L^* > 53$), escura ($L^* < 44$) e normal ($44 \leq L^* \leq 53$), enquanto a^* define a transição da cor verde (-a) para cor vermelha (+a), e b^* representa a transição da cor azul (-b) para cor amarela (+b). Essas medidas podem ser usadas para avaliar variações na cor da carne, que dependem da concentração e do estado químico dos pigmentos da carne e das características físicas.

A palidez da carne está diretamente relacionada com a desnaturação protéica causada pelo baixo pH. O pH é outro fator envolvido na qualidade da carne, sendo extremamente afetado pelas reações glicolíticas *post-mortem*. No momento do sacrifício da ave, o pH fisiológico, cujo valor no animal vivo é de aproximadamente 7, inicia a sua queda devido à produção de ácido láctico pela glicólise anaeróbica (LAWRIE, 1998). A velocidade de instalação do *rigor mortis* e o pH final da carne dependerão diretamente da quantidade de glicogênio presente no músculo no momento da morte do animal. A carne normal de frango apresenta valor de pH,

aferido 15 minutos após o abate, variando de 6,2 a 6,6 (DRANSFIELD e SOSNICKI, 1999) e o pH final da carne variando de 5,80 a 5,90. A queda do pH para valores abaixo de 5,70 tem como consequência a formação de carnes com propriedades funcionais inadequadas para o processamento. Se esta queda de pH ocorrer num período inferior a 15 minutos, trata-se tipicamente de uma carne PSE (*Pale, Soft e Exsudative*) que se caracteriza por apresentar cor pálida, baixa capacidade de retenção de água e aspecto flácido (SOUZA, 2006).

2.3 Carne PSE

O termo carne PSE tem sua origem nas palavras inglesas *pale, soft e exsudative* e refere-se a uma carne pálida, mole e exsudativa. A condição PSE pode ser detectada em suínos quando o pH atinge valor menor do que 5,8 a 5,7 num período inferior a 45 minutos *post mortem*, quando a carcaça ainda se encontra quente com temperatura de cerca de 35°C, favorecendo, desta forma, a desnaturação das proteínas (SWATLAND, 1995, BRESSAN, 1998, PRAXEDES, 2007). OLIVO et al. (2001) e KIJOWSKI e TOMASZ (2003) sugeriram que o pH indicativo de carne “PSE” em frangos seria de 5,7 no tempo de 15 minutos *post mortem*. As curvas de declínio do pH *post mortem* da carne normal e PSE são apresentadas na Figura 1.

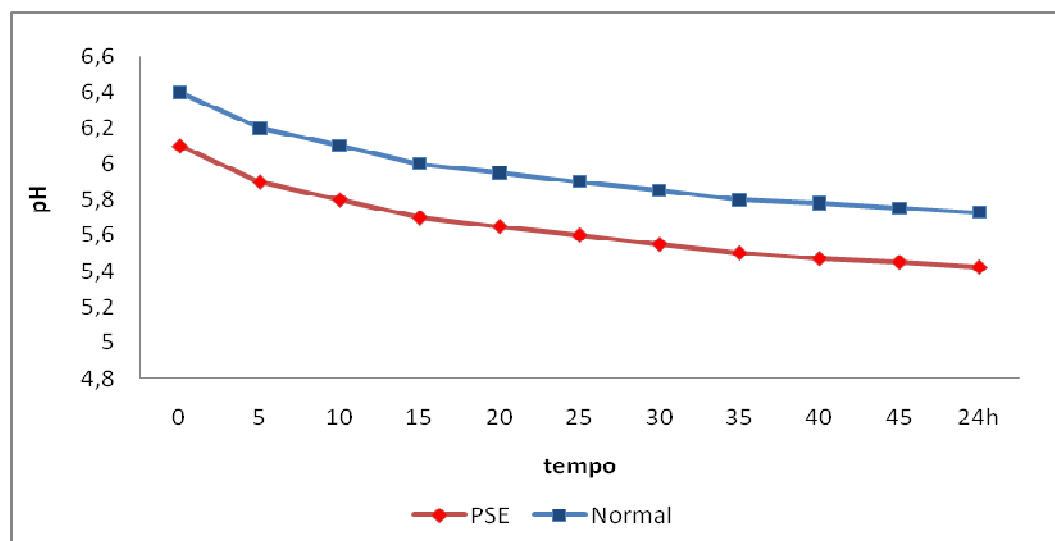


Figura 1. Curvas típicas de declínio do pH *post mortem* em intervalos de tempo para carne considerada normal e pálida, mole e exsudativa (PSE). Adaptado de SCHNEIDER (2004).

A síndrome PSE foi bem esclarecida em suínos, mas é ainda pouco estudada em aves. Em suínos, a condição PSE é hereditária e associada a um único gene autossômico recessivo. Este gene é comumente referido como o gene halotano, porque o diagnóstico da mutação pode ser feito pela exposição do animal ao anestésico halotano. O teste de exposição ao anestésico Halotano permite identificar homozigotos normais (NN) e os homozigotos recessivos (nn), pois estes últimos irão desenvolver a Síndrome do Estresse Suíno (“Porcine Stress Syndrome”, PSS), que está relacionada com a susceptibilidade ao estresse, mortalidade precoce e à menor qualidade da carne (GEERS et al., 1994, FUJI et al, 2001).

Suínos heterozigotos (Nn) apresentam características intermediárias, muitas vezes semelhantes fenotipicamente aos homozigotos dominantes (LARA et al., 2003). Com o advento de tecnologias para identificar casos de PSE em suínos, houve uma grande redução da incidência de carne PSE nos frigoríficos. Entretanto, produtos com baixa capacidade de retenção de água e problemas na coloração ainda são observados nos abatedouros (BARBUT et al., 2008). No experimento de CAVITT et al. (2004), a sensibilidade do teste halotano em detectar frangos de corte de linhagens comerciais variou de 13,2 a 22,9%, dependendo da linhagem comercial. No estudo de OWENS et al. (2000), 10% dos perus foram sensíveis ao halotano, demonstrando sinais de rigidez muscular das pernas. Em suínos, a frequência de halotano-positivo varia de 0 a 88% .

Fenômeno semelhante ao PSS foi relatado posteriormente em humanos, sendo denominado de Hipertermia Maligna (HM). A Hipertermia Maligna é uma disfunção do músculo esquelético, potencialmente letal, de caráter hereditário, geralmente autossômico dominante, e de penetrância incompleta. Esta se manifesta em indivíduos saudáveis, mas geneticamente susceptíveis que respondem à administração de agentes desencadeantes, como a inalação de anestésicos halogenados, manifestando rigidez muscular e aumento na temperatura corpórea (HORS e GARICOHEA, 1999).

Estudos realizados em humanos e suínos sugeriram uma relação do PSS e do HM a uma mutação no ácido aminado 615 (Arg615Cys) da proteína RYR1 do canal de cálcio do retículo sarcoplasmático (BARBUT et al., 2008). Nos mamíferos

são conhecidos três tipos de proteínas RYR: RYR1, no músculo esquelético, RYR2 no tecido cardíaco e RYR3 no tecido cerebral, codificadas pelos seguintes genes *ryr1*, *ryr2* e *ryr3*, respectivamente (SUTKO e AIREY, 1996).

A Síndrome do Stress Suíno foi associada à mutação do gene da *ryr1*, sendo que esta desordem leva à excessiva liberação de cálcio (Ca^{2+}) do retículo sarcoplásmático. O Ca^{2+} é liberado a uma taxa que é equivalente ao dobro do normal, além disso, há menor absorção de Ca^{2+} no músculo *postmortem* em suínos com esta susceptibilidade ao estresse. Este fenômeno é responsável por ativar o metabolismo muscular e acelerar a produção de lactato e, conseqüentemente, levar ao acúmulo deste no músculo *postmortem*, o que poderia iniciar uma cascata de eventos que levam a uma rápida queda de pH e à desnaturação protéica.

O controle do fluxo de cálcio e a conseqüente ocorrência de PSE em frangos diferem do PSE clássico encontrado em suínos que é decorrente apenas da mutação encontrada em *ryr1*. Este fato pode contribuir para a compreensão da incapacidade do teste do halotano em diferenciar aves susceptíveis a produzirem carne PSE das normais (LARA et al., 2003). Em aves, além do gene *ryr1*, o gene *ryr3* também se mostra responsável pelo controle do fluxo de cálcio nas fibras musculares (PRAXEDES, 2007). Ao avaliarem diferenças entre grupos que deram origem a carne "PSE" e normal, LARA et al. (2003) observaram mutações no gene *ryr3*, no entanto, as mutações não alteraram a função da proteína. Novos estudos devem ser realizados para se verificar associação entre as mutações de *ryr3* e o fenômeno PSE.

Parece haver vários fatores ambientais, além de genéticos, envolvidos na ocorrência da carne PSE. Até o momento, a base genética da carne PSE na avicultura ainda não é completamente compreendida, sabe-se apenas que uma ou mais mutações gênicas podem predispor as aves a exibirem a condição PSE (BARBUT et al., 2008).

Para a indústria avícola, estabelecer melhores práticas de manejo *ante mortem* e *post mortem* pode ser a melhor estratégia a curto prazo para controlar a incidência da carne PSE. Entretanto, a melhor alternativa a longo prazo seria a identificação de marcadores genéticos que poderiam ser usados na seleção de aves comerciais com melhor qualidade de carne.

2.4 Parâmetros Genéticos das Características de Desempenho Corporal e de Qualidade da Carne

Para o estudo de características de qualidade da carne (pH, cor e luminosidade) é importante conhecer as herdabilidades destas variáveis e as associações genéticas entre estas e aquelas envolvidas no crescimento (peso corporal) e no rendimento de carcaça (peso das partes da carcaça e de gordura abdominal).

2.4.1 Estimativas de herdabilidade das características de qualidade da carne

Existem poucos relatos sobre a herdabilidade para as características relacionadas à qualidade da carne de frango. Há alguns trabalhos sobre estimativas de herdabilidade para características de qualidade da carne de frango com o objetivo de identificar possíveis critérios de seleção para serem utilizados como estratégia contra carne PSE (LE BIHAN DUVA et al., 1999; LE BIHAN DUVA et al., 2001; LE BIHAN DUVA et al., 2004; GAYA, 2003).

A herdabilidade expressa a proporção da variância fenotípica total que é atribuída à variância genética aditiva (FALCONER e MACKAY, 1996). No estudo de características quantitativas, a principal função da herdabilidade é seu caráter preditivo, ou seja, expressa o grau de confiança do valor fenotípico como indicador do valor genético (EUCLIDES FILHO, 1999).

Estimativas altas de herdabilidade indicam que grande parte da variação fenotípica dos indivíduos é decorrente do efeito aditivo dos genes. Por sua vez, estimativas baixas de herdabilidade indicam que a maior parte da variação de uma característica é influenciada pelo efeito não aditivo dos genes e pelas condições ambientais (FALCONER e MACKAY, 1996).

As estimativas de herdabilidade obtidas na literatura para o pH inicial da carne das aves (aferido logo após o abate) foram variáveis. Em perus, a estimativa de herdabilidade para pH aferido 20 minutos *post mortem* encontrada por LE BIHAN DUVAL et al. (2003) foi de $0,21 \pm 0,04$, enquanto que para o pH final da carne

(aferido em 24 horas após o abate) foi de $0,16 \pm 0,06$. No entanto, as estimativas de herdabilidade para pH final em frangos de corte foram moderadas. As estimativas de herdabilidade para as características de qualidade da carne em frangos criados em condições experimentais são moderadas a altas (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo das estimativas de herdabilidade (h^2) e seus respectivos erros-padrão (EP) encontrados na literatura para características de qualidade da carne de aves.

Característica	h^2	EP	Autores
pH inicial da carne (PH15)	0,49	0,01	LE BIHAN-DUVAL et al. (2001)
	0,21	0,04	LE BIHAN-DUVAL et al. (2003)
	0,03	0,05	GAYA (2003)
	0,30	0,05	LE BIHAN-DUVAL et al. (2008)
pH final da carne (PH24)	0,49	0,11	LE BIHAN-DUVAL et al. (1999)
	0,35	0,03	LE BIHAN-DUVAL et al. (2001)
	0,16	0,04	LE BIHAN-DUVAL et al. (2003)
	0,37	0,06	GAYA (2003)
Luminosidade (L*)	0,75	0,08	LE BIHAN-DUVAL et al. (1999)
	0,50	0,03	LE BIHAN-DUVAL et al. (2001)
	0,30	0,05	GAYA (2003)
	0,35	0,05	LE BIHAN-DUVAL et al. (2008)
Teor de vermelho (a*)	0,81	0,04	LE BIHAN-DUVAL et al. (1999)
	0,57	0,02	LE BIHAN-DUVAL et al. (2001)
	0,27	0,05	GAYA (2003)
	0,25	0,05	LE BIHAN-DUVAL et al. (2008)
Teor de amarelo (b*)	0,64	0,06	LE BIHAN-DUVAL et al. (1999)
	0,55	0,04	LE BIHAN-DUVAL et al. (2001)
	0,16	0,04	GAYA (2003)
	0,31	0,05	LE BIHAN-DUVAL et al. (2008)

2.4.2 Estimativas de herdabilidade para peso corporal e características de carcaça

De acordo com LEDUR et al. (1992), o peso vivo dos frangos possui estimativas de herdabilidade intermediárias a altas que variam de $0,20 \pm 0,08$ a $0,94 \pm 0,13$. GAYA et al. (2006) obtiveram estimativa de $0,26 \pm 0,03$ para peso vivo aos 42 dias em reprodutores de uma linhagem macho de frangos de corte, no entanto, a

estimativa de herdabilidade para peso vivo aos 38 dias ($0,40 \pm 0,02$) foi maior que a estimativa aos 42 dias. Portanto, a detecção da variabilidade genética para peso vivo parece ser mais fácil em aves com 38 dias de idade. Da mesma forma, ZEREHDARAN et al. (2004) encontraram estimativa de herdabilidade para peso vivo maior em aves com cinco semanas de idade ($0,44 \pm 0,07$) quando comparada a aves com 7 semanas ($0,33 \pm 0,07$). Estas estimativas de herdabilidade para peso vivo foram semelhantes às obtidas por LEDUR et al. (1992), LE BIHAN DUVAL et al. (2001) e VAYEGO et al. (2008) que encontraram, respectivamente, valores de $0,61$, $0,35 \pm 0,02$ e $0,37 \pm 0,06$.

A composição corporal pode ser significativamente melhorada pela seleção e as herdabilidades variam de $0,40$ a $0,65$, segundo estudos de LE BIHAN DUVAL et al. (1998). As herdabilidades para peso eviscerado, peso de pernas e peso de peito são moderadas. Assim, as características de carcaça devem possuir resposta eficiente à seleção. Na literatura, foram encontradas estimativas de herdabilidade para peso do peito em gramas de $0,29 \pm 0,27$ (SINGH e TREHAN, 1994), $0,51 \pm 0,03$ (LE BIHAN-DUVAL et al., 1999), $0,59 \pm 0,08$ (RANCE et al., 2002), $0,47 \pm 0,08$ (ZEREHDARAN et al., 2004) e $0,33 \pm 0,03$ (GAYA et al., 2006). Para a característica peso de pernas, as estimativas de herdabilidade obtidas por REZENDE et al. (2005) e GAYA et al. (2006) foram iguais a $0,33 \pm 0,03$. Para peso eviscerado, foram encontradas estimativas de herdabilidade de $0,52 \pm 0,07$ (RANCE et al., 2002) e $0,24 \pm 0,03$ (GAYA et al., 2005).

Para gordura abdominal, a herdabilidade varia entre $0,50$ a $0,80$ (CHAMBERS, 1990). As estimativas de herdabilidade encontradas na literatura para o peso da gordura abdominal são altas, de modo que, se necessária a diminuição da gordura dos frangos mediante seleção, esta será eficiente. As estimativas de herdabilidade para gordura abdominal, medida em gramas, foram $0,40 \pm 0,15$ (LEENSTRA e PIT, 1988) e $0,62 \pm 0,09$ (ZEREHDARAN et al., 2004). Segundo estes autores, o sucesso da produção de carne de aves tem sido fortemente relacionado com melhorias no crescimento e rendimento de carcaça, principalmente pelo aumento da proporção de carne de peito e redução da gordura abdominal.

2.4.3 Estimativas de correlações genéticas entre características de carcaça e de qualidade da carne

A seleção para uma característica é importante não só pelos reflexos de sua expressão, como também no de outras características correlacionadas, que são dependentes em maior ou menor grau. Dessa forma, a correlação genética é outro parâmetro muito utilizado nos programas de seleção, além da herdabilidade. A correlação genética mede a associação linear entre os valores genéticos de duas características (FALCONER e MACKAY, 1996). A pleiotropia é tida como a principal causa de correlação. Esta é a propriedade de um gene afetar duas ou mais características, ou seja, o grau de correlação originado expressa a intensidade pela qual duas características são influenciadas pelos mesmos genes.

Do ponto de vista do melhoramento genético, a consequência da correlação genética é que se duas características economicamente importantes evidenciam correlação altamente positiva, a ênfase na seleção poderá ser endereçada para uma, visando o melhoramento de ambas, além da seleção indireta para características de difícil mensuração. Se existe uma correlação genética negativa entre duas características, a seleção para uma delas proporcionará mudanças em outro sentido na outra. A correlação ambiental refere-se à associação conjunta de desvios de ambiente e desvios genéticos não aditivos. Duas características podem ser influenciadas pelas mesmas diferenças de condições de ambiente. A correlação fenotípica representa a associação entre duas características que pode ser observada diretamente. Se ambas as características tem baixa herdabilidade, então a correlação fenotípica é determinada principalmente pelo componente ambiental e genético não aditivo. Se as características têm altas herdabilidades, o principal componente é genético aditivo.

Embora a seleção de frangos de corte objetivando aumento da produção de carne de peito tenha sido bem sucedida (DRANSFIELD e SOSNICKI, 1999), o impacto desta seleção na qualidade da carne ainda não foi esclarecido. Por isto, mostra-se importante conhecer as associações genéticas entre as características de qualidade e de carcaça de aves.

2.4.3.1 pH e características de desempenho corporal

O peso vivo do frango aos 42 dias parece estar pouco associado às medidas de pH inicial e final da carne. LE BIHAN DUVAL et al. (2001) obtiveram para pH inicial e final da carne baixas estimativas de correlação genética com peso vivo de $0,06 \pm 0,02$ e $0,07 \pm 0,03$, respectivamente. Da mesma forma, o pH aferido 15 minutos e 24 horas após o abate estão pouco relacionados geneticamente com peso e rendimento de peito, tendo sido obtidas estimativas que variaram entre $-0,12 \pm 0,03$ a $0,12 \pm 0,03$ entre estas características (LE BIHAN DUVAL et al., 1999; 2001). Entretanto, no trabalho de LE BIHAN DUVAL et al. (2003), o peso e rendimento de peito apresentaram estimativas de correlação genética moderada e positiva, variando de 0,23 a 0,62, para ambos pH inicial e final da carne. De acordo com LE BIHAN DUVAL et al. (1999; 2001), a seleção a favor do peso ao abate e peso de peito pouco interferiria no pH da carne de frangos.

Não foi encontrada na literatura associação genética entre pH 15 minutos *post mortem* e porcentagem de gordura abdominal. No entanto, o pH 24 horas *post mortem* apresentou uma correlação genética alta e negativa com porcentagem de gordura abdominal, sendo as estimativas obtidas por LE BIHAN DUVAL et al. (1999) de $-0,54 \pm 0,04$. Como esperado, a mesma associação genética alta e negativa foi encontrada entre pH final e peso de gordura abdominal com estimativa obtida por LE BIHAN DUVAL et al. (2001) de $-0,64 \pm 0,10$. Assim, a seleção para menor quantidade de gordura na carcaça pode aumentar o pH final da carne.

2.4.3.2 Luminosidade e características de desempenho corporal

A luminosidade está correlacionada positivamente com peso corporal e peso de peito, tendo sido obtidas por LE BIHAN DUVAL et al. (1999) estimativas de correlação genética de $0,51 \pm 0,08$ e $0,37 \pm 0,05$ entre estas características. Segundo os mesmos autores, a seleção para peso corporal e, em menor extensão, para desenvolvimento de músculo peitoral, pode resultar em aumento da luminosidade da carne. Resultado oposto foi encontrado por LE BIHAN DUVAL et al.

(2001) e LE BIHAN DUVAL et al. (2003), os quais obtiveram estimativas entre luminosidade e peso vivo de $0,16 \pm 0,01$ e $-0,24 \pm 0,03$ e entre luminosidade e peso de peito de $-0,07 \pm 0,03$ e $-0,41 \pm 0,19$.

LE BIHAN DUVAL et al. (1999; 2001) obtiveram estimativa de correlação genética entre luminosidade e porcentagem de gordura abdominal de $0,41 \pm 0,15$ e $0,50 \pm 0,05$, respectivamente, demonstrando que há uma associação genética positiva entre luminosidade da carne e porcentagem de gordura abdominal. Estimativa similar de correlação genética entre peso de gordura abdominal e luminosidade da carne ($0,48 \pm 0,16$) foi obtida por LE BIHAN DUVAL et al. (1999).

2.4.2.3 Teor de vermelho e amarelo e características de desempenho corporal

O teor de vermelho está inversamente correlacionado com peso corporal e desenvolvimento do músculo peitoral. Na literatura, foram encontradas estimativas de correlação genética que variaram de $-0,25 \pm 0,05$ a $-0,48 \pm 0,03$ entre estas características (LE BIHAN DUVAL et al., 1999; 2001), que é um indicativo de que a seleção realizada usualmente em frangos de corte para maior peso de peito e peso ao abate pode piorar o aspecto da carne. Em perus, o teor de vermelho não parece estar associada geneticamente com peso vivo e o rendimento de peito (LE BIHAN DUVAL et al., 2003). O teor de amarelo também está associado negativamente ao peso corporal e rendimento de peito, sendo que as estimativas de correlação genética encontradas na literatura variaram de $-0,49 \pm 0,15$ a $-0,13 \pm 0,05$ (LE BIHAN DUVAL et al., 2001; 2003). A partir dos resultados encontrados nesses trabalhos, pode-se sugerir que a intensa seleção realizada em frangos de corte a favor do peso vivo e peso de peito pode aumentar a palidez da carne por meio do aumento da luminosidade e redução dos teores de vermelho e amarelo da carne.

Segundo estimativas de LE BIHAN DUVAL et al. (1999), há uma correlação genética positiva entre teores de vermelho e amarelo da carne e peso e porcentagem de gordura abdominal variando de $0,13 \pm 0,05$ a $0,38 \pm 0,11$, sugerindo que a seleção contra gordura abdominal em frangos poderia reduzir a coloração vermelha e amarela da carne. No entanto, no trabalho de LE BIHAN DUVAL et al. (2001) foi encontrada uma associação genética negativa entre teor de vermelho da

carne e porcentagem de gordura abdominal ($-0,24 \pm 0,03$), indicando que a seleção contra deposição de gordura na carcaça poderia aumentar a intensidade da cor vermelha da carne.

2.4.3.4 Luminosidade e pH

Correlações genéticas negativas e altas foram encontradas entre luminosidade da carne de aves e o pH aferido 24 horas após o abate, sendo as estimativas obtidas na literatura de $-0,65 \pm 0,11$, $-0,91 \pm 0,02$, $-0,53 \pm 0,19$ e $-0,65 \pm 0,10$ (LE BIHAN DUVAL et al., 1999; 2001; 2008). LE BIHAN DUVAL et al. (2003) encontraram alta associação genética negativa entre pH aferido 20 minutos após o abate e luminosidade da carne de perus ($-0,80 \pm 0,10$). Do mesmo modo, o pH aferido 15 minutos após o abate apresentou antagonismo genético com a luminosidade da carne, apresentando estimativa de $-0,52 \pm 0,10$ no trabalho de LE BIHAN DUVAL et al. (2008).

2.4.3.5 Teores de vermelho e amarelo da carne e pH

O pH inicial após o abate não teve associação genética com os teores de vermelho e amarelo da carne no trabalho de LE BIHAN DUVAL et al. (2008). Contudo, LE BIHAN DUVAL et al. (2001) demonstraram que o pH inicial foi negativamente correlacionado com o teor de vermelho da carne, com estimativa de $-0,23 \pm 0,03$ e não verificaram associação genética com o teor de amarelo da carne de frangos. Neste mesmo trabalho, o pH aferido 24 horas *post mortem* apresentou correlação genética positiva com o teor de vermelho ($0,14 \pm 0,06$) e negativa com o teor de amarelo da carne ($-0,43 \pm 0,04$).

LE BIHAN DUVAL et al. (2003) verificaram ausência de associação genética entre pH final e as medidas de cor vermelha e amarela da carne de perus. Também não foi encontrada associação genética entre o pH aferido em 24 horas após o abate e os teores de vermelho ($0,11 \pm 0,08$) e amarelo da carne ($-0,11 \pm 0,11$) no trabalho de LE BIHAN DUVAL et al. (1999), pois as baixas estimativas para estas características não foram confiáveis. LE BIHAN DUVAL et al. (2008) obtiveram

estimativas de correlação genética mais confiáveis entre o pH final e os teores de vermelho e amarelo da carne de $-0,35 \pm 0,13$ e $-0,54 \pm 0,11$, respectivamente. Pôde-se concluir que carnes com maiores intensidade de cor vermelha e amarela tendem a apresentar pH baixo.

2.4.3.6 pH inicial e final da carne

Os pHs aferidos em 15 minutos e 24 horas após o abate não foram geneticamente correlacionados em frangos de corte. LE BIHAN DUVAL et al. (2001) obtiveram correlação genética de $0,02 \pm 0,04$ entre pH inicial e final da carne. No entanto, estas medidas de pH foram geneticamente associados em perus, sendo obtida a estimativa de $0,59 \pm 0,10$ por LE BIHAN DUVAL et al. (2003).

2.4.3.7 Medidas de cor

Não foi encontrado na literatura um padrão de associação genética para as medidas de cor L^* , a^* e b^* em aves. As estimativas de correlações genéticas entre a luminosidade e o teor de vermelho e amarelo da carne de frangos foram respectivamente de $-0,48 \pm 0,05$ e $0,20 \pm 0,04$, segundo LE BIHAN-DUVAL et al. (2001), sugerindo que uma carne mais pálida apresenta menor intensidade de cor vermelha e maior intensidade de cor amarela. Associação genética semelhante entre teor de vermelho e luminosidade ($-0,45 \pm 0,05$) foi obtida por LE BIHAN DUVAL et al. (1999), no entanto, estes autores não observaram relação entre teor de amarelo e luminosidade ($0,06 \pm 0,07$).

Em perus, foi encontrada uma correlação genética positiva entre luminosidade e teores de amarelo e vermelho da carne de $0,54 \pm 0,18$ e $0,22 \pm 0,13$, respectivamente. Dessa forma, pode-se afirmar que a carne pálida de perus apresenta maiores teores de ambas as cores amarela e vermelha.

A correlação genética entre as medidas de teor de vermelho e amarelo da carne estimada em frangos e em perus foi alta com valor de $0,72 \pm 0,06$ e $0,54 \pm 0,04$, indicando que estas características estariam associadas geneticamente (LE BIHAN DUVAL et al., 1999; 2003).

2.5 Marcadores moleculares de qualidade da carne

Segundo FALCONER e MACKAY (1996), os marcadores moleculares são regiões do DNA que servem de referência para se determinar se há existência de associação com algumas características de interesse econômico.

A maioria das características quantitativas é determinada por muitos genes, cada um deles com pequeno efeito. Entretanto, alguns desses genes podem ter maior importância no controle de determinada característica fenotípica. Neste caso, é possível identificar o QTL (loci para característica quantitativa) por meio da utilização de marcadores genéticos em uma população base com delineamento experimental específico, que origine desequilíbrio de ligação. A identificação de QTL contribui para o conhecimento do genoma avícola, trazendo informações sobre a regulação gênica envolvida no controle de características de importância econômica. Uma vez localizado o QTL pode-se ter maiores informações quanto aos seus efeitos na característica em estudo, podendo ser utilizado na seleção assistida por marcadores genéticos, que em conjunto com a seleção por métodos quantitativos poderá trazer ganhos genéticos maiores em menor espaço de tempo (LEDUR, 2001).

A identificação de marcadores genéticos relacionados à carne de aves é de grande interesse econômico na avicultura. Vários estudos têm identificado QTL's em regiões cromossômicas importantes em aves (NONES et al., 2003; RUY et al., 2005; MC ELROY et al., 2006; NONES et al., 2006), responsáveis pelas características de peso vivo (GGA1, 3, 4 e 5), peso de carcaça (GGA3), ganho de peso (GGA1 e 3), consumo de ração (GGA1), peso de gordura abdominal (GGA1), peso das coxas (GGA1 e 3), peso das sobrecoxas (GGA1), comprimento do intestino (GGA1), peso de pés (GGA1) e peso do coração, pulmões, fígado e moela (GGA1).

Apesar de QTL serem reportados para várias características, há poucos marcadores QTL para características de qualidade da carne das aves. Segundo NADAF et al. (2007), os únicos QTL's reportados para cor de carne em frangos de corte são GGA2, GGA5 e GGA8.

A identificação de marcadores associados a QTLs pode ser feita por meio de estudos de genes candidatos. Genes candidatos são genes que podem estar

envolvidos com o desenvolvimento ou fisiologia de determinada característica. Por exemplo, o gene receptor para rianodina ou gene de “sensibilidade ao halotano” foi identificado em suínos como o principal gene responsável pelo fenótipo PSE. Assim, os resultados obtidos em suínos sugerem potenciais genes candidatos envolvidos na qualidade da carne de frangos (LE BIHAN DUVAL, 2004).

Progresso significativo nos métodos de seleção para frangos de corte poderá ocorrer com a identificação de marcadores moleculares de qualidade da carne.

3 REFERÊNCIAS

BARBUT, S. Estimating the magnitude of the PSE problem in poultry. **Journal of Muscle Foods**, Malden, v. 9, n. 1, p.35-49, 1998.

BARBUT, S.; SOSNICKI, A.A.; LONERGAN, S.M.; KANAPP,T.; CIOBANU, D.C.; GATCLIFFE, L.J.; HUFF-LONERGAN, E.; WILSON, E.W. Progress in reducing the pale, soft and exudativa (PSE) problem in pork and poultry meat. **Meat Science**, v. 79, p. 46-63, 2008.

BERRI, C.; DEBUT, M.; SANTÉ-LHOUTELLIER, V.; ARNOULD, C.; BOUTTEN, B.; SELLIER, N.; BAÉZA, E; JEHL, N.; JÉGO, Y.; DUCLOS, M.J. e LE BIHAN-DUVAL, E. Variations in chicken breast meat quality: implications of struggle and muscle glycogen content at death. **Bristish Poultry Science**, v.46, n.5, p.572-579, 2005.

BOARETTO, T. Melhoramento Genético em frangos de corte. **Revista de Formação e Informação em Zootecnia**, v.1, n.1, maio 2009.

BRESSAN, M. C. **Efeito dos fatores pré e pós-abate sobre a qualidade da carne de peito de frango**. 201p. Tese de Doutorado em Tecnologia de Alimentos – Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 1998.

CAMPOS, E.J; PEREIRA, J.C.C. Melhoramento genético das aves. **In: Melhoramento genético aplicado à produção animal**. Belo Horizonte : FEP-MVZ, 1999. Cap. 17, p. 284-314.

CAVITT L.C., HARGIS, B.M. e OWENS, C.M. The use of halothane and succinylcholine to identify broilers prone to developing pale, soft, exudative meat. **Poultry Science**, v. 83, 1440-1444, 2004.

DEBUT, M.; BERRI, C.; BAEZA, E; SELIER, N.; ARNOULD, C.; GUEMENE, D., JEHL, N.; BOUTTEN, B.; JEGO, Y.; BEAUMONT, C.E LE BIHAN-DUVAL, E. Variation of chicken technological meat quality in relation to genotype and preslaughter stress conditions. **Poultry Science**, v. 82, p.1829-1838, 2003.

DEKKERS, J.C.M. 1999. Breeding in the 21th century: application of molecular technology. **Animal Breeding and Genetics**, v. 13, p. 1-16.

DRANSFIELD, E.; SOSNICKI, A. A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**, v. 78, p. 743-746, 1999.

EUCLIDES FILHO, K. **Melhoramento genético animal no Brasil: fundamentos, história e importância**. Campo Grande: Embrapa, 1999. 63 p.

FALCONER, D.S., MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. Harlow, Inglaterra: Longman, 1996. 464p.

FLETCHER, D.L. Ante mortem factors related to meat quality. **In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON THE QUALITY OF POULTRY MEAT**, 1991. Proceedings... Beekbergen: Spelderholt Centre for Poultry Research and Information Services, 1991.

FLETCHER, D. L. Broiler breast meat color variation, pH and texture. **Poultry Science**, v. 78, p. 1323-1327, 1999.

FUJI, J.; OTSU, K.; ZORZATO, F.; LEON, S.; KHANNA, V. K.; WEILWE, J.E.; BRIEN, P.J.O.; MacLENNAN, D.H. identification of mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. **Science**, Washington, v. 253, p. 448-451, 1991.

GAYA, L.G. **Estudo genético da deposição de gordura abdominal e de características de desempenho, carcaça e composição corporal em linhagem macho de frangos de corte.** Tese de Mestrado em Zootecnia –Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, 99f., 2003.

GAYA, L.G., L.G.; NAKASHIMA, S.H.; MOURÃO, G.B.; MATTOS, E.C.; FIGUEIREDO, L. G. G.; MICHELAN FILHO, T.; FERRAZ, J. B. S.; ELER, J. P. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para medidas de ultra-sonografia de músculo peitoral e características de carcaça em linhagem macho de frangos. **In: Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 42, SBZ – Goiânia, 2005.

GAYA, L.G.; FERRAZ, J.B.S. Aspectos genético-quantitativos da qualidade da carne em frangos. **Ciência Rural**, v. 36, n.1, p. 349-356, 2006.

GAYA, L.G.; FERRAZ, J.B.S; REZENDE, F.M.; MOURÃO, G.B.; MATTOS, G.B.; ELER, E.C.; MICHELAN FILHO, T. Heritability and genetic correlation estimates for performance and carcass and body composition traits in a male broiler line. **Poultry Science**, v.85, n.837–843, 2006.

GEERS R., BLEUS E., VANSCHIE T., VILLE H., GERARD H., JANSSENS S., NACKAERTS G., DECUYPERE E., JOURQUIN J. Transport of pig different with respect to the Halothane Gene: stress assessment. **Journal of Animal Science.**, v. 72, p. 2552-2558, 1994.

HORS, B. e GARICOCHEA, B. Bases Genéticas da Hipertermia Maligna. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 49, n. 4, p. 277-281., 1999.

KESSLER, A.M.; SNIZEK JR.; P.N., BRUGALLI, I. Manipulação da quantidade de gordura na carcaça de frangos. **In: Anais da Conferência APINCO de Ciência e Tecnologias Avícolas**, FACTA - Campinas, p.107-134, 2000.

KIJOWSKI, J.; TOMASZ, L. Impact of PSE and DFD meat on poultry processing. A review. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v. 12/53, n. 2, p. 3-8, 2003.

LARA, J.A.F.; NEPOMUCENO, A.L.; LEDUR, M.C.; IDA, E.I.; SHIMOKOMAKI, M. Carne PSE em Frangos. Ocorrência de Mutações no Gene Receptor da Rianodina. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. n.5, p.112-112, 2003.

LAWRIE, R.A. **Lawrie's Meat Science**, 6.ed., Lancaster-Basel: Technomic, 336p., 1998.

LE BIHAN-DUVAL, E.; MILLET, N.; REMINGON, H. Broiler meat quality: Effect of selection for increased carcass quality and estimates of genetic parameters. **Poultry Science**, v. 78, p. 822–826, 1999.

LE BIHAN-DUVAL, E.; BERRI, C.; BAEZA, E.; MILLET, N.; BEAUMONT, C. Estimation of the genetic parameters of meat characteristics and their genetic correlations with grow and body composition in a experimental broiler line. **Poultry Science**, v. 80, n. 7, p. 839-843, 2001.

LE BIHAN-DUVAL, E.; BERRI, C.; BAEZA, E.; SANTE, V.; ASTRUC, T.; REMINGON, H.; LE POTTIER, G.; BENTLEY, J.; BEAUMONT, C. FERNANDEZ, X. Genetic parameters of meat technological quality traits in a grand-parental commercial line of turkey. **Genetics, Selection, Evolution**, v. 35, p. 623-635, 2003.

LE BIHAN-DUVAL, E. Genetic variability within and between breeds of poultry technological meat quality. **World's Poultry Science Journal**, v. 60, 2004.

LE BIHAN DUVAL, E.; DEBUT, M.; BERRI C.M.; SELIER N.; SANTE-LHOUTELLIER V.; JEGO Y.; BEAUMONT C. Chicken meat quality: genetic variability and relationship with growth and muscle characteristics. **BMC Genetics**, v. 9, n.53, 2008.

LEDUR, M.C.; SCHMIDT, G.S.; AVILA, V.S.; FIGUEIREDO, E.A.P.; MUNARI, D.P. Parâmetros genéticos e fenotípicos para peso corporal em diferentes idades em linhagens de frango de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.21, p.667-673, 1992.

LEENSTRA, F.R., VEREIJKEN, P.F.G., PIT, R. Fat deposition in a broiler sire strain I. Phenotypic and genetic variation in and correlations between abdominal fat, body weight and feed conversion. **Poultry Science**, Savoy, v.65, p.1225-1235, 1986.

LEE Y.B., CHOI Y.I. PSE (Pale, Soft, Exudative) pork: The causes and solutions - Review. **Asian Australian Journal Animal Science**, v.12, p. 244-252, 1999.

Mc ELROY, J. P.; Kim, J. J.; Harry, D. E.; Brown, S. R.; Dekkers, J. C. M.; Lamont, S. J. Identification of trait loci affecting white meat percent and other growth and carcass traits in commercial broiler chickens. **Poultry Science** v. 85, p. 593–605, 2006.

MENDES, A.A.; SALDANHA, E.S.P.B. A cadeia produtiva da carne de aves no Brasil. MENDES, A.A.; MACARI, M. (Ed) **Produção de frangos de corte**. Campinas: FACTA, p.1-22, 2004.

NADAF, J. Identification of QTL controlling meat quality traits in an F2 cross between two chicken lines selected for either low or high growth rate. **BMC Genomics**, v. 8, n.155, 2007.

NONES, K. Identificação de QTLs Associados a Peso Corporal no Cromossomo 1 de Aves. *Revista Brasileira de Ciência Avícola - Suplemento 5*, pg. 109, Campinas, SP, 2003.

NONES, K.; LEDUR, M.C.; RUY, D.C., BARON, E.E.; MELO, C.M.; MOURA, A.S.; ZANELLA, E.L.; BURT, D.W.; COUTINHO, L.L. Mapping QTLs on chicken chromosome 1 for performance and carcass traits in a broiler x layer cross. **Animal Genetics**, v.37, n.2, p.95 – 100, 2006.

NUNES, B. N., et al. Genetic parameters for body weight, carcass chemical composition and yield in a broiler-layer cross developed for QTL mapping. **Genetics and Molecular Biology**, 2011. Aceito para publicação.

OLIVO, R.; GUARNIERI, P. D.; SHIMOKOMAKI, M. Fatores que influenciam na cor de filés de peito de frango. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 25, n. 289, p. 44-49, 2001.

OWENS, C.M.; MCKEE, S.R.; MATTHEWS, N.S.; SAMS, A.R. The Development of Pale, Exudative Meat in Two Genetic Lines of Turkeys Subjected to Heat Stress and Its Prediction by Halothane Screening. **Poultry Science** v. 79, p.430–435, 2000.

PARK, G. B.; MOON, S.S; KO, Y.D; HA, J.K.; LEE, J.G; CHANG, H.H.; JOO, S.T. Influence of slaughter yield and quality grades of Hanwoo (Korean native cattle) carcasses. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 129-136, 2002.

PRAXEDES, C.I.S. **Exsudação de gel no cozimento em carne de peito de frango normal, “PSE” e “DFD”** - Tese de Mestrado em Medicina Veterinária. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

RANCE, K.A.; McENTEE, G.M.; McDEVITT, R.M. Genetic and phenotypic relationships between and within support and demand tissues in a single line of broiler chicken. **British Poultry Science**, Roslin, v.43, p.518-527, 2002.

REZENDE, F. M.; GAYA, L.G.; MOURÃO, G. B.; FIGUEIREDO, L. G. G.; SOUZA, E. M.; FERRAZ, J. B. S. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de características de desempenho e carcaça em uma linhagem macho de frangos. In: **CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS**, 2005, Santos. Anais... Santos: FACTA, 2005. p.160.

RUY, D.C.; NONES, K.; BARON, E.E.; LEDUR, M.C.; MELO, C.M.R.; AMBO, M.; CAMPOS, R.L.R.C.; COUTINHOM L.L. Strategic marker selection to detect quantitative trait loci in chicken. **Scientia agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 2, p. 111-116, 2005.

SCHNEIDER, J.P. **Carne DFD em frangos**. São Paulo. 2004. 61p. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo.

SINGH, R.; TREHAN, P.K. Genetic and phenotypic parameters of body and muscle weights and abdominal fat in meat-type chicken. **Indian Journal of Animal Science**, New Delhi, v.64, p.388-392, 1994.

SOUZA, H. B. A. Parâmetros físicos e sensoriais utilizados para avaliação de qualidade da carne de frango. In: **SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS**, 2006, Florianópolis. Anais... Florianópolis: AVESUI, 2006. p. 91-96.

SWATLAND, H.J. **On line evaluation of meat**. Lancaster: Technomic, 1995. 343p.

TAKAHASHI, S.E. **Carne PSE em frangos de corte**. Disponível em: <http://dqta.fca.unesp.br/carnes/Alunos%20PG/Zootecnia/Roca320.pdf>. Acesso em 18 de agosto de 2009.

YANG, N.; JIANG, R.S. Recent advances in breeding for quality chickens. **World's Poultry Science Journal**, v.61, n.3, p. 373-381, 2005.

VAYEGO, S.A.; DIONELLO, N.J.L.; FIGUEIREDO, E.A.P. Estimativas de parâmetros e tendências genéticas para algumas características de importância econômica em linhagem paterna de frangos de corte sob seleção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1230-1235, 2008.

ZEREHDARAN, S.; VEREIJKEN, A.L.J.; VAN ARENDONK, J.A.M.; VAN DER WAAIJ, E.H. Estimation of genetic parameters for fat deposition and carcass trait in broiler. **Poultry Science**, v. 83, p.521- 525, 2004.

CAPÍTULO 2: PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E DE QUALIDADE DA CARNE DE AVES ORIUNDAS DE CRUZAMENTO RECÍPROCO

RESUMO - A mais recente preocupação quanto à qualidade da carne de frango está associada a características musculares similares a carne pálida, mole e exsudativa (PSE) verificada em suínos. Carne de frango com características indicativas de PSE pode ser detectada pela combinação dos valores de pH (abaixo de 5,8) e cor (valor L^* acima de 52,0) medidos 24 horas *post mortem*. Neste trabalho, o objetivo foi estimar herdabilidades, correlações genéticas e valores genéticos para características de desempenho corporal; pH aferido 15 minutos (PH15) e 24 horas (PH24) após o abate, medida da luminosidade da carne (L^*), da cor vermelha (a^*) e da cor amarela da carne (b^*) de aves pertencentes à terceira geração do cruzamento recíproco entre uma linhagem de corte e outra de postura. As análises para estimação dos parâmetros genéticos foram efetuadas pelo programa computacional MTDFREML. Com o intuito de avaliar o padrão genético dos animais para as características estudadas, os valores genéticos dos animais foram submetidos à análise exploratória, utilizando técnicas estatísticas multivariadas de agrupamento hierárquico e não hierárquico (*k-means*) e análise de fatores. As estimativas de herdabilidade para as medidas de cor (L^* , a^* e b^*) e pH indicaram que grande parte da variância fenotípica destas características pode ser atribuída aos efeitos não aditivos dos genes e ao ambiente, e, conseqüentemente, que a seleção para estas características não seria eficiente. PH15 e L^* apresentaram correlação genética moderada com peso corporal, dessa forma, animais selecionados para peso corporal, podem apresentar fenótipo de carne PSE, devido à redução do pH e ao aumento da palidez da carne. A correlação genética entre a^* e b^* foi positiva. Não foi observada associação genética entre L^* e as medidas a^* e b^* . Pela análise de agrupamento hierárquico pôde-se perceber a formação de quatro grupos distintos na população de estudo em relação aos valores genéticos. A análise de fatores levou em consideração quatro fatores. O primeiro fator englobou as características de desempenho corporal, sendo responsável por 51,26% da

variação total dos valores genéticos. As informações obtidas no presente trabalho poderão contribuir para uma seleção mais eficiente para a qualidade da carne.

Palavras-chave: frangos de corte, qualidade da carne, pH, cor, correlação genética

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio do frango de corte movimentou a economia do país, sendo o Brasil o terceiro maior produtor mundial de carne de frango e o maior exportador desse produto. Os trabalhos de melhoramento genético de aves trouxeram impactos expressivos na dinâmica da produção pelo aperfeiçoamento de características de desempenho. Todavia, características associadas à qualidade da carne vêm apresentando crescente importância tanto na indústria quanto pelos consumidores. A mais recente preocupação quanto à qualidade da carne de frango está associada a características musculares similares a carne pálida, mole e exsudativa (PSE) verificada em suínos. A carne PSE é inadequada devido à redução do rendimento na produção industrial e à baixa aceitação pelos consumidores. De acordo com LARA et al. (2002), o fenômeno PSE em frangos pode ser detectado pela combinação dos valores de pH (abaixo de 5,8) e cor (valor L* acima de 52,0) aferidos em 24 horas após o abate.

As estimativas de parâmetros genéticos de características de qualidade de carne e constituintes da carcaça em frangos de corte são raramente descritas na literatura (NUNES et al., 2011). A quantificação da variação genética aditiva das características pela herdabilidade e das associações genéticas entre as diferentes características, indicadas pelas correlações genéticas, permitem estabelecer estratégias de melhoramento animal e o monitoramento da variabilidade genética dos indivíduos das linhagens (CAMPOS e PEREIRA, 1999).

A avicultura de corte é um dos exemplos mais bem sucedidos do melhoramento genético para o avanço do desempenho zootécnico e econômico. Neste segmento, a aplicação de novas técnicas de melhoramento genético, redução da idade de abate, rápido desenvolvimento do tecido muscular, o aumento do peso da carcaça e a melhor utilização dos nutrientes da dieta, possibilitaram um aumento de produção de carne e, em contrapartida, promoveu maior incidência de problemas sanitários, maior susceptibilidade ao estresse e redução na qualidade da carne, por meio do aumento da quantidade de gordura abdominal e do aparecimento de problemas relacionados à cor e textura da carne (JORGE, 2008). As alterações nas características de qualidade de carne, entre animais do mesmo lote, idade e sexo,

são atribuídas ao estresse pré-abate o qual desencadeia transtornos fisiológicos que podem causar alterações bioquímicas anômalas durante a transformação do músculo em carne (FLETCHER, 1991).

Este trabalho teve como objetivo estimar herdabilidades, correlações genéticas e valores genéticos para peso corporal; características de carcaça; pH, medida da luminosidade da amostra, da cor vermelha da carne e da cor amarela da carne de aves pertencentes à terceira geração do cruzamento recíproco de animais das linhagens de corte e de postura desenvolvidas na Embrapa Suínos e Aves, em Concórdia, SC.

2 MATERIAL E MÉTODOS

População experimental

A população utilizada no presente estudo foi desenvolvida na Embrapa Suínos e Aves, em Concórdia, SC, para estudo de mapeamento de locos de características quantitativas (QTL). Os dados de 1846 aves são pertencentes à terceira geração (F3) do cruzamento recíproco de uma linhagem de corte (TT) com uma linhagem de postura (CC).

A linhagem TT é uma linha Macho que teve origem a partir de cruzamentos das raças Cornish, Hampshire, e White Plymouth Rock, cuja seleção foi efetuada por seis gerações, com o objetivo de melhorar o peso corporal, conversão alimentar, rendimento de carcaça e partes, viabilidade, fertilidade e eclodibilidade, e reduzir a gordura abdominal e doenças metabólicas. A linhagem CC teve origem na raça White Leghorn, selecionada por oito gerações, para melhorar a produção de ovos, peso do ovo, conversão alimentar, viabilidade, maturidade sexual, fertilidade, eclodibilidade, qualidade do ovo e reduzir o peso corporal. A população resultante do acasalamento das duas linhagens divergentes possui alta variabilidade genética e, assim, representa importante material para o estudo de marcadores genéticos associados a características de interesse econômico.

A população F1 consta de quatorze famílias, sendo sete do cruzamento de macho TT com fêmea CC (TC) e sete do cruzamento de macho CC com fêmea TT (CT), totalizando 50 aves TC e 50 aves CT. Foram escolhidos ao acaso na população TC e CT sete machos e 21 fêmeas para serem pais da população F2. Cada fêmea F1 gerou, em média, cerca de 100 pintos F2, perfazendo um total de 3.600 frangos, metade CTCT e metade TCTC. A população F3 em estudo foi gerada a partir do cruzamento das aves F2, totalizando cerca de 2.000 aves em 4 incubações. Esta população foi produzida para avaliação das propriedades funcionais da carne de frango.

As aves foram criadas em galpão experimental como frangos de corte, recebendo ração e água à vontade. Os pesos corporais foram tomados individualmente ao nascer e à idade ao abate.

Abate

As aves foram abatidas entre 41 e 44 dias de idade em abatedouro experimental localizado na Embrapa Suínos e Aves. O processo de abate foi conduzido conforme condições industriais, sendo realizadas as etapas de degola e sangria, escaldagem, depenagem, e evisceração. Após algumas horas, realizou-se a desossa e foram medidas as características de carcaça e da carne. Não foi realizada a etapa de pré-resfriamento (*pré-chiller*).

Devido à influência do manejo e do estresse pré-abate na ocorrência de carne PSE (BARBUT, 1997; LARA et al., 2003), neste experimento foram estabelecidos dois grupos distintos: controle e submetido a estresse térmico pré-abate. O jejum pré-abate foi de cerca de 7 horas para ambos os grupos. No grupo controle, os animais foram transportados dos galpões até o abatedouro em estradas conservadas, por aproximadamente 10 minutos. No grupo submetido ao estresse pré-abate, os animais foram transportados por cerca de 30 minutos em via com baixa qualidade e expostos à temperatura em torno de 40 °C por uma hora antes do abate. Esse manejo diferenciado teve como objetivo induzir as aves ao estresse e aumentar a variabilidade das respostas fisiológicas (LARA et al., 2003).

Características estudadas

O peso corporal foi medido, em média, aos 42 dias de idade, em quilogramas (PESO). As características de carcaça mensuradas foram: peso das asas (ASA); das coxas (COXA); das sobre-coxas (SBCOXA); do peito desossado (BIFEPT); do osso do peito (OSSOPT); do restante da carcaça (COSTA) e da gordura abdominal (GORD), em gramas.

Aferiu-se o pH da carne aos 15 minutos (PH15) e 24 horas (PH24) após o abate. Foram usados dois equipamentos na medida do PH15. Devido a possíveis diferenças na calibragem, o efeito de phmetro foi considerado no modelo da análise do PH15. As mensurações de pH foram realizadas com o potenciômetro *Sentron 1001* (Sentron, E.U.A.). Foram realizadas três mensurações de PH24 após o abate em diferentes locais do músculo peitoral (*Pectoralis major*). A média das leituras foi considerada como o valor de PH24 para a amostra de peito avaliada.

Para análise de cor e obtenção dos valores de L^* (teor de luminosidade), a^* (intensidade da cor vermelha) e b^* (intensidade da cor amarela) da carne, utilizou-se o colorímetro *Minolta* (Minolta, E.U.A.), modelo CR-10 em amostras de peito desossadas e mantidas em 4° C. A medida de cor L^* classifica as carnes de frango em pálida ($L^* > 53$), escura ($L^* < 44$) e normal ($44 \leq L^* \leq 53$), enquanto a^* define a transição da cor verde para a cor vermelha, e b^* representa a transição da cor azul para cor amarela (PRAXEDES, 2007). Três mensurações 24 horas após o abate foram realizadas para cada medida de cor, sendo considerado para a análise estatística somente a média das mesmas.

Análises Estatísticas

Análises pelo método dos quadrados mínimos, utilizando o procedimento GLM do programa computacional SAS (SAS 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA), auxiliaram na definição dos efeitos ambientais considerados nos modelos para análise genética. Os animais foram divididos em 16 grupos, considerando as classes de sexo, estresse térmico pré-abate e incubação para todas as características, exceto OSSOPT, PH24, b^* , pois o efeito fixo de estresse pré-abate não foi

significativo sobre estas três características. Assim, os grupos formados para as características citadas incluíram apenas os efeitos de classes de sexo e incubação. Para PH15, também foi considerado o efeito fixo de phmetro. Foram verificados efeitos significativos ($p < 0,05$) de grupo sobre todas as características estudadas. Como as aves foram abatidas com 41 a 44 dias, o efeito da co-variável idade de abate foi testado para as características de carcaça, tendo efeito linear ($p < 0,05$) e quadrático ($p < 0,05$) sobre peso das sobrecoxas e da gordura abdominal. As pressuposições para a análise pelo método dos quadrados mínimos (normalidade dos resíduos e homogeneidade de variâncias) foram verificadas. Utilizou-se o teste de Levene para verificar a homogeneidade das variâncias e o teste Cramér-von Mises para verificar a normalidade dos resíduos. Como a característica de intensidade da cor vermelha da carne não apresentou distribuição Normal, os dados relacionados a esse parâmetro foram submetidos à transformação raiz quadrada para que passassem a apresentar distribuição Normal.

As análises para estimação dos parâmetros genéticos foram efetuadas pelo método de máxima verossimilhança restrita, considerando os efeitos aleatórios genético aditivo e residual e os efeitos fixos de grupo, em modelo animal multi-característica, utilizando o programa computacional WOMBAT, descrito por Meyer (2007). A matriz de parentesco, considerando a população base, incluiu 2104 animais. Os valores iniciais requisitados pelo programa foram provenientes das análises de variância, da revisão de literatura e de análises uni e bi-característica (ANEXOS 1).

O efeito genético materno não foi considerado na estimação dos parâmetros genéticos, pois foi verificado, em análise preliminar, que este não possuía proporção suficiente da variância fenotípica das características estudadas.

Para caracterizar a variabilidade dos valores genéticos dos animais para as características estudadas, estes foram submetidos à análise exploratória, utilizando técnicas estatísticas multivariadas de agrupamento e análise de fatores. Para a análise de agrupamento utilizaram-se método hierárquico e não-hierárquico (k-médias) para agrupar os vetores similares em classes, a partir das propriedades estatísticas dos dados. Estas análises foram processadas no software STATISTICA (STATISTICA 7.0, StatSoft, Inc., Oklahoma, USA).

A padronização dos valores genéticos dos animais para as características foi dada por $z = (x - \bar{x})/s$ em que z é o valor padronizado de x , \bar{x} a média de uma das características e s o respectivo desvio-padrão de x . Os agrupamentos hierárquicos neste trabalho foram gerados a partir da distância euclidiana, uma medida de dissimilaridade, ou seja, quanto menor o valor observado, maior a semelhança entre os indivíduos. A distância euclidiana é o coeficiente de dissimilaridade mais freqüentemente empregado quando todas as variáveis são quantitativas. Para o agrupamento hierárquico foi utilizado o método de Ward. Para o método de agrupamento por k-médias, o critério utilizado de homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos foi o da soma dos quadrados residual baseado na análise de variância.

Para a análise de fatores utilizaram-se as informações dos componentes principais para condensar toda a informação contida nas variáveis originais em um conjunto menor (fatores), com uma perda mínima de informação, preservando o máximo da variabilidade original. O modelo geral de análise de fatores é:

$$\begin{aligned} \text{Var}(X_i) = 1 &= a_{i1}^2 \text{Var}(F_1) + a_{i2}^2 \text{Var}(F_2) + \dots + a_{im}^2 \text{Var}(F_m) + \text{Var}(e_j) \\ &= a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + \dots + a_{im}^2 + \text{Var}(e_j) \end{aligned}$$

Em que $a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + \dots + a_{im}^2$ é chamado a comunalidade de X_i (a parte de sua variância que é relacionada aos fatores comuns), e $\text{Var}(e_j)$ é chamada a especificidade de X_i (a parte de sua variância que não é relacionada aos fatores comuns). Duas variáveis podem somente ser altamente correlacionadas se elas têm altas cargas nos mesmos fatores. Além disso, como a comunalidade não pode exceder um, é preciso que $-1 < a_{ij} < +1$. Utilizou-se o método de extração por componentes principais e o método de rotação de fatores denominado Varimax.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os números de observações, as médias gerais observadas e respectivos desvios-padrão e coeficientes de variação, assim como os valores mínimos e máximos para as características estudadas estão apresentados na Tabela 1. As médias de PH15 e PH24 foram semelhantes àquelas relatadas por LE BIHAN DUVAL et al. (2001), que encontraram valores de $6,38 \pm 0,12$ para PH15 e $5,82 \pm$

0,14 para PH24. As características L*, a* e b* apresentaram médias maiores do que as encontradas pelos mesmos autores, cujos valores foram $50,54 \pm 2,37$, $0,04 \pm 0,74$ e $10,46 \pm 1,65$, respectivamente. Aproximadamente 12% dos animais avaliados apresentaram indicativo de carne PSE, considerando valor de PH15 inferior a 5,8 e L* acima de 52.

As estimativas das variâncias genéticas aditivas e residuais podem ser verificadas na Tabela 2 e as estimativas de herdabilidade (h^2) e correlações genéticas e ambientais entre as características na Tabela 3. Na Tabela 4, encontram-se as correlações fenotípicas entre as características.

Tabela 1. Número de indivíduos utilizados (N), média, desvio-padrão (DP), coeficiente de variação (CV), valor mínimo e máximo das características estudadas.

Característica (Unidade)	N	Média	DP	CV(%)	Mínimo	Máximo
PESO (Kg)	1.510	0,99	0,16	16,81	0,43	1,55
ASA (g)	1.401	81,44	13,14	16,13	38,00	130,00
BIFEPT (g)	1.403	110,70	22,66	20,47	34,00	187,00
OSSOPT (g)	1.351	50,05	9,20	18,38	24,00	81,00
COXA (g)	1.403	88,66	17,08	19,26	39,00	149,00
SBCOXA (g)	1.402	135,17	26,31	19,47	54,00	222,00
COSTA (g)	1.403	186,71	34,21	18,32	78,00	304,00
GORD (g)	1.400	15,42	6,53	42,33	1,00	37,00
PH15	1.383	6,01	0,20	3,35	5,60	6,60
PH24	1.369	5,62	0,14	2,50	5,13	6,07
L*	1.507	51,93	2,83	5,45	43,20	61,80
a*	1.507	5,42	1,42	26,18	1,70	11,50
a*(t)	1.507	2,31	0,30	13,21	1,30	3,39
b*	1.459	13,55	1,71	12,63	8,60	19,40

PESO: peso corporal das aves na idade ao abate; **ASA:** peso das asas; **BIFEPT:** peso do peito desossado; **OSSOPT:** peso do osso do peito; **COXA:** peso das coxas; **SBCOXA:** peso das sobrecoxas; **COSTA:** peso do restante da carcaça; **GORD:** peso da gordura abdominal; **PH15:** pH 15 minutos *post mortem*; **PH24:** média do pH 24 *post mortem*; **L*:** média da medida da luminosidade da carne; **a*:** média da medida da intensidade da cor vermelha carne; **a*(t):** média da medida da intensidade da cor vermelha carne transformada; **b*:** média da medida de intensidade da cor amarela da carne.

Tabela 2. Estimativas de variância genética aditiva (σ_a^2) e variância residual (σ_e^2) das características de carcaça e de qualidade da carne de aves oriundas de cruzamento recíproco.

	PESO	ASA	BIFEPT	OSSOPT	COXA	SBCOXA	COSTA	GORD	PH15	PH24	L*	a*(t)	b*
σ_a^2	0,020	93,560	326,830	42,520	151,020	149,810	811,040	36,320	0,004	0,001	1,502	0,016	0,339
σ_e^2	0,005	57,860	211,320	38,360	81,150	592,190	310,540	9,690	0,035	0,015	6,130	0,074	2,350

PESO: peso corporal das aves na idade ao abate; **ASA:** peso das asas; **BIFEPT:** peso do peito desossado; **OSSOPT:** peso do osso do peito; **COXA:** peso das coxas; **SBCOXA:** peso das sobrecoxas; **COSTA:** peso do restante da carcaça; **GORD:** peso da gordura abdominal; **PH15:** pH 15 minutos *post mortem*; **PH24:** média do pH 24 *post mortem*; **L*:** média da medida da luminosidade da carne; **a*(t):** média da medida da intensidade da cor vermelha carne transformada; **b*:** média da medida de intensidade da cor amarela da carne.

Tabela 3. Estimativas de herdabilidade (diagonal), correlações genéticas (acima da diagonal) e ambientais (abaixo da diagonal) entre as características de carcaça e de qualidade da carne de aves oriundas de cruzamento recíproco.

	PESO	ASA	BIFEPT	OSSOPT	COXA	SBCOXA	COSTA	GORD	PH15	PH24	L*	a*(t)	b*
PESO	0,85 ± 0,09	0,97 ± 0,01	0,94 ± 0,01	0,99 ± 0,01	0,97 ± 0,01	0,99 ± 0,01	0,98 ± 0,01	0,78 ± 0,05	-0,19 ± 0,20	-0,40 ± 0,20	0,29 ± 0,16	-0,75 ± 0,08	-0,48 ± 0,16
ASA	0,87 ± 0,04	0,74 ± 0,09	0,93 ± 0,02	0,96 ± 0,01	0,97 ± 0,01	0,97 ± 0,01	0,95 ± 0,01	0,72 ± 0,06	-0,22 ± 0,19	-0,43 ± 0,20	0,38 ± 0,16	-0,73 ± 0,09	-0,43 ± 0,17
BIFEPT	0,84 ± 0,06	0,75 ± 0,07	0,74 ± 0,09	0,95 ± 0,02	0,91 ± 0,02	0,94 ± 0,01	0,92 ± 0,02	0,70 ± 0,07	-0,22 ± 0,20	0,19 ± 0,22	0,12 ± 0,17	-0,79 ± 0,08	-0,44 ± 0,17
OSSOPT	0,62 ± 0,10	0,60 ± 0,09	0,48 ± 0,12	0,65 ± 0,08	0,95 ± 0,02	0,98 ± 0,01	0,97 ± 0,01	0,73 ± 0,06	-0,25 ± 0,20	-0,41 ± 0,21	0,33 ± 0,17	-0,76 ± 0,09	-0,48 ± 0,17
COXA	0,92 ± 0,03	0,83 ± 0,05	0,79 ± 0,07	0,63 ± 0,08	0,75 ± 0,09	0,96 ± 0,01	0,93 ± 0,02	0,70 ± 0,07	-0,25 ± 0,20	-0,40 ± 0,21	0,38 ± 0,16	-0,72 ± 0,09	-0,46 ± 0,17
SBCOXA	0,77 ± 0,10	0,71 ± 0,09	0,71 ± 0,09	0,49 ± 0,13	0,77 ± 0,08	0,80 ± 0,09	0,99 ± 0,01	0,80 ± 0,05	-0,22 ± 0,19	-0,40 ± 0,20	0,29 ± 0,16	-0,75 ± 0,09	-0,47 ± 0,17
COSTA	0,77 ± 0,10	0,71 ± 0,10	0,71 ± 0,10	0,45 ± 0,14	0,77 ± 0,08	0,64 ± 0,14	0,82 ± 0,09	0,83 ± 0,04	-0,18 ± 0,20	-0,37 ± 0,21	0,23 ± 0,17	-0,70 ± 0,09	-0,43 ± 0,17
GORD	0,27 ± 0,29	0,22 ± 0,22	0,32 ± 0,20	0,14 ± 0,20	0,23 ± 0,23	0,27 ± 0,25	0,31 ± 0,25	0,80 ± 0,08	-0,08 ± 0,19	-0,30 ± 0,20	0,10 ± 0,17	-0,50 ± 0,12	-0,16 ± 0,18
PH15	0,11 ± 0,12	0,09 ± 0,08	0,06 ± 0,08	0,07 ± 0,07	0,09 ± 0,09	0,09 ± 0,10	0,10 ± 0,10	0,02 ± 0,09	0,12 ± 0,04	0,49 ± 0,26	-0,21 ± 0,23	-0,17 ± 0,23	-0,08 ± 0,25
PH24	0,09 ± 0,11	0,12 ± 0,08	-0,03 ± 0,07	0,05 ± 0,06	0,09 ± 0,08	0,08 ± 0,09	0,06 ± 0,09	0,01 ± 0,08	0,15 ± 0,03	0,08 ± 0,03	-0,67 ± 0,18	-0,03 ± 0,25	0,30 ± 0,29
L*	-0,17 ± 0,13	-0,20 ± 0,10	-0,15 ± 0,09	-0,15 ± 0,07	-0,19 ± 0,10	-0,16 ± 0,11	-0,16 ± 0,11	-0,09 ± 0,10	-0,10 ± 0,04	-0,35 ± 0,03	0,16 ± 0,05	-0,19 ± 0,19	-0,06 ± 0,24
a*(t)	-0,09 ± 0,12	-0,06 ± 0,09	-0,11 ± 0,09	-0,05 ± 0,06	-0,08 ± 0,10	-0,06 ± 0,11	-0,07 ± 0,11	-0,05 ± 0,10	-0,01 ± 0,04	0,16 ± 0,04	-0,35 ± 0,04	0,22 ± 0,05	0,41 ± 0,19
b*	0,08 ± 0,12	0,03 ± 0,08	-0,01 ± 0,08	0,02 ± 0,07	0,03 ± 0,08	0,12 ± 0,10	0,06 ± 0,10	0,12 ± 0,09	-0,05 ± 0,04	-0,24 ± 0,03	0,45 ± 0,03	0,22 ± 0,04	0,12 ± 0,04

PESO: peso corporal das aves na idade ao abate; **ASA:** peso das asas; **BIFEPT:** peso do peito desossado; **OSSOPT:** peso do osso do peito; **COXA:** peso das coxas; **SBCOXA:** peso das sobrecoxas; **COSTA:** peso do restante da carcaça; **GORD:** peso da gordura abdominal; **PH15:** pH 15 minutos *post mortem*; **PH24:** média do pH 24 *post mortem*; **L*:** média da medida da luminosidade da carne; **a*(t):** média da medida da intensidade da cor vermelha carne transformada; **b*:** média da medida de intensidade da cor amarela da carne.

Tabela 4. Correlações fenotípicas entre as características de carcaça e de qualidade da carne de aves oriundas de cruzamento recíproco.

	PESO	ASA	BIFEPT	OSSOPT	COXA	SBCOXA	COSTA	GORD	PH15	PH24	L*	a*(t)	b*
PESO	-	0,94 ± 0,01	0,91 ± 0,01	0,87 ± 0,01	0,95 ± 0,01	0,95 ± 0,01	0,95 ± 0,01	0,76 ± 0,02	-0,02 ± 0,03	-0,07 ± 0,03	0,05 ± 0,03	-0,36 ± 0,03	-0,13 ± 0,03
ASA		-	0,88 ± 0,01	0,84 ± 0,01	0,93 ± 0,01	0,90 ± 0,01	0,89 ± 0,01	0,60 ± 0,03	-0,02 ± 0,03	-0,04 ± 0,03	0,04 ± 0,03	-0,32 ± 0,03	-0,11 ± 0,03
BIFEPT			-	0,80 ± 0,01	0,88 ± 0,01	0,88 ± 0,01	0,87 ± 0,01	0,61 ± 0,03	-0,03 ± 0,03	-0,03 ± 0,03	-0,03 ± 0,03	-0,37 ± 0,03	-0,12 ± 0,03
OSSOPT				-	0,85 ± 0,01	0,84 ± 0,01	0,82 ± 0,01	0,57 ± 0,03	-0,03 ± 0,03	-0,06 ± 0,03	0,03 ± 0,03	-0,32 ± 0,03	-0,12 ± 0,03
COXA					-	0,92 ± 0,01	0,89 ± 0,01	0,58 ± 0,03	-0,03 ± 0,03	-0,04 ± 0,03	0,05 ± 0,03	-0,33 ± 0,03	-0,12 ± 0,03
SBCOXA						-	0,92 ± 0,01	0,69 ± 0,02	-0,03 ± 0,03	-0,06 ± 0,03	0,04 ± 0,03	-0,34 ± 0,03	-0,10 ± 0,03
COSTA							-	0,73 ± 0,02	-0,01 ± 0,03	-0,07 ± 0,03	0,02 ± 0,03	-0,33 ± 0,03	-0,11 ± 0,03
GORD								-	0,01 ± 0,03	-0,07 ± 0,03	0,01 ± 0,03	-0,23 ± 0,03	-0,01 ± 0,03
PH15									-	0,18 ± 0,03	-0,11 ± 0,03	-0,03 ± 0,03	-0,06 ± 0,03
PH24										-	-0,38 ± 0,02	0,13 ± 0,03	-0,18 ± 0,03
L*											-	-0,32 ± 0,02	0,38 ± 0,02
a*(t)												-	0,25 ± 0,02
b*													-

PESO: peso corporal das aves na idade ao abate; **ASA:** peso das asas; **BIFEPT:** peso do peito desossado; **OSSOPT:** peso do osso do peito; **COXA:** peso das coxas; **SBCOXA:** peso das sobrecoxas; **COSTA:** peso do restante da carcaça; **GORD:** peso da gordura abdominal; **PH15:** pH 15 minutos *post mortem*; **PH24:** média do pH 24 *post mortem*; **L*:** média da medida da luminosidade da carne; **a*(t):** média da medida da intensidade da cor vermelha carne transformada; **b*:** média da medida de intensidade da cor amarela da carne.

As estimativas de herdabilidade para PESO, BIFEPT, COXA, SBCOXA, ASA foram altas, variando de $0,65 \pm 0,08$ a $0,85 \pm 0,08$, indicando que a seleção para qualquer característica relacionada ao peso ou peso dos cortes de carcaça será eficiente para se obter ganho genético na geração seguinte. A estimativa de herdabilidade de $0,80 \pm 0,09$ para gordura abdominal é bastante alta, sugerindo que o peso da gordura abdominal pode ser eficiente como critério na seleção contra a deposição de gordura nos frangos.

O peso corporal da ave foi altamente correlacionado com todas as características de carcaça estudadas. Assim, aves com maior peso corporal tendem a apresentar maior deposição de gordura abdominal e maior rendimento de carcaça. Segundo LEENSTRA et al. (1986), as aves com maior peso vivo apresentam maior taxa de ingestão de alimentos, assim o excesso de energia ingerida é depositado na forma de gordura na carcaça. Os pesos dos cortes da carcaça da população em estudo foram altamente correlacionados entre si.

As estimativas de correlações genéticas entre GORD e PESO, BIFEPT, ASA, COXAL SBCOXA foram positivas e altas, o que leva a acreditar que quando se seleciona para características produtivas, ocorre um aumento na quantidade de gordura abdominal. Isso pode ser comprovado pelos valores de correlação genética entre tal característica e aquelas relacionadas ao peso corporal e ao peso dos cortes de carcaça que, segundo a Tabela 3 variou entre $0,70 \pm 0,07$ a $0,80 \pm 0,05$. Assim, aves com maiores rendimentos de carcaça tendem a apresentar maior deposição de gordura abdominal. Nesse sentido, ZEREHDARAN et al. (2004) observaram correlação genética positiva ($0,18 \pm 0,03$) entre peso do músculo do peito e peso da gordura abdominal. A gordura abdominal representa 10 a 15% do peso total da carcaça de frangos de corte (HAVENSTEIN et al., 2003). No presente trabalho, a gordura abdominal representou aproximadamente 2,31% do peso da carcaça das aves amostradas, provavelmente devido a população ser originada do cruzamento recíproco entre uma linhagem corte e outra de postura.

De acordo com a Tabela 3, a estimativa de herdabilidade para PH15 foi de $0,12 \pm 0,04$, mais baixa do que as demais estimativas encontradas na literatura, na qual

valores de $0,30 \pm 0,05$ e $0,49 \pm 0,01$ foram encontrados por LE BIHAN DUVAL et al. (2001; 2008). Para PH24, a herdabilidade foi próxima de zero. No entanto, LE BIHAN DUVAL et al. (2003; 2008) obtiveram herdabilidade para PH24 moderada, variando de $0,16 \pm 0,06$ a $0,34 \pm 0,06$.

As estimativas de herdabilidade para as medidas de cor a^* e b^* indicaram que grande parte da variância fenotípica destas características pode ser atribuída aos efeitos não aditivos dos genes e ao ambiente. Estimativas semelhantes foram obtidas por GAYA (2006) para medida de cor a^* e b^* , cujos valores foram de $0,27 \pm 0,05$ e $0,16 \pm 0,04$, respectivamente. Da mesma forma, LE BIHAN DUVAL et al. (2003) obtiveram herdabilidades de $0,21 \pm 0,05$ para parâmetro de cor a^* e $0,14 \pm 0,04$ para b^* em carne de perus. Esses resultados demonstram que o papel da genética no controle da cor da carne das aves é pouco predominante. No entanto, valores bastante superiores de herdabilidade para essas características foram verificadas por LE BIHAN DUVAL et al. (1999) que obtiveram as herdabilidades dessas medidas variando entre 0,64 e 0,81.

A estimativa de herdabilidade para medida de cor L^* foi próxima à obtida por LE BIHAN DUVAL et al. (2003) em perus de $0,12 \pm 0,04$. L^* demonstrou ser uma característica pouco herdável em aves oriundas de cruzamento recíproco. Em frangos, GAYA (2006) e LE BIHAN DUVAL et al. (1999; 2001) obtiveram estimativa moderada a alta para L^* de $0,30 \pm 0,05$, $0,50 \pm 0,03$ e $0,75 \pm 0,08$, respectivamente.

O PESO não pareceu estar relacionado geneticamente com o PH15, embora tenha apresentado antagônica e moderada correlação negativa com PH24 ($-0,40 \pm 0,20$). A medida L^* apresentou correlação genética moderada com as características de peso corporal e de carcaça, exceto BIFEPT e GORD. As medidas a^* e b^* foram antagonicamente correlacionadas com as características de peso corporal e de carcaça, com valores de correlação genética variando entre $-0,43 \pm 0,17$ a $-0,75 \pm 0,08$ (Tabela 3). Animais selecionados para peso corporal e rendimento de carcaça podem apresentar fenótipo de carne PSE, devido à redução do pH final, aumento do teor de luminosidade da carne e redução das intensidade de cor vermelha e amarela da carne. Resultados similares foram encontrados por LE BIHAN DUVAL et al. (2001), os quais

verificaram que a seleção para desenvolvimento muscular em frangos de corte poderia modificar a cor da carne pelo decréscimo de a^* e b^* .

PH24 foi antagonicamente correlacionado com ASA, OSSOPT, COXA e SBCOXA, apresentando estimativas de correlação genética variando entre $-0,40 \pm 0,20$ a $-0,43 \pm 0,20$. O PH15 foi correlacionado geneticamente de forma negativa e moderada com BIFEPT, OSSOPT, COXA, SBCOXA e ASA, embora os erros-padrão tenham sido altos. As estimativas de correlações genéticas entre PH15 e estas características de carcaça variaram de $-0,22 \pm 0,19$ a $-0,25 \pm 0,20$. Estes resultados indicaram relação desfavorável entre quantidade e qualidade da carne, pois aves selecionadas para desenvolvimento muscular poderiam apresentar alteração do pH da carne. Em perus, LE BIHAN DUVAL et al. (2003) estimaram alta correlação genética positiva entre as medidas de pH e o peso corporal e rendimento de carne de peito. Em frangos de corte, no entanto, baixas correlações genéticas foram estimadas entre as medidas de pH e peso corporal e rendimento de peito (LE BIHAN DUVAL et al., 2001).

Na população analisada, o PH15 e PH24 foram geneticamente correlacionados, sendo a estimativa correlação genética de $0,49 \pm 0,26$. Esse resultado foi semelhante ao obtido por LE BIHAN-DUVAL et al. (2003), os quais obtiveram a estimativa de correlação genética de $0,59 \pm 0,10$ entre estas características em perus. GAYA (2006) obteve estimativa próxima de 1 entre pH inicial e final da carne, demonstrando que pode haver um mecanismo fisiológico em comum no controle do pH inicial e final da carne. Resultado oposto foi encontrado por LE BIHAN-DUVAL et al. (2001; 2008), os quais obtiveram correlações genéticas próximas de zero ($0,02 \pm 0,04$ e $-0,05 \pm 0,24$) entre estas características. Novos estudos são necessários para compreender quais os mecanismos envolvidos que explicam a relação entre pH inicial e final da carne.

O PH15 não pareceu estar relacionado geneticamente L^* , a^* e b^* em frangos, uma vez que as estimativas de correlações genéticas entre estas características foram de $-0,19 \pm 0,20$, $-0,21 \pm 0,23$, $-0,17 \pm 0,23$ e $-0,08 \pm 0,25$, respectivamente. A estimativa de correlação genética entre PH24 e a medida de cor L^* foi alta e negativa com valor de $-0,67 \pm 0,18$, no entanto, não houve associação genética linear entre PH24 e as demais medidas de cor. Este resultado foi semelhante aos encontrados nos estudos de LE

BIHAN DUVAL et al. (1999; 2003) em que o pH aferido 24 horas após o abate não teve associação genética com a intensidade de cor vermelha e amarela da carne e foi inversamente correlacionada com o teor de luminosidade da carne de peito, sendo as estimativas $-0,53 \pm 0,19$ e $-0,65 \pm 0,10$, respectivamente. LE BIHAN DUVAL et al. (2001) também obtiveram uma correlação genética altamente negativa entre teor de luminosidade da carne e pH 24 horas *post mortem* ($-0,91 \pm 0,02$) assim, quanto mais pálida a carne, menor será o pH final desta. Em trabalho recente, LE BIHAN DUVAL et al. (2008) evidenciaram associação genética negativa entre pH 24 horas *post mortem* e todas as medidas de cor com estimativas de $-0,65 \pm 0,11$, $-0,35 \pm 0,13$ e $-0,54 \pm 0,11$ entre pH 24 horas *post mortem* e L^* , a^* e b^* , respectivamente. Embora uma associação genética antagônica entre pH final da carne e L^* tenha sido encontrada, a causa definitiva da síndrome PSE não é conhecida, supõe-se que a glicólise acelerada resulta da combinação de um metabolismo predominantemente glicolítico e da sensibilidade ao stress pré-abate. Estudos são necessários para descrever o efeito combinado das condições pré-abate e dos genótipos das aves na taxa de glicólise *post mortem* da carne de peito, assim como dos músculos rígidos (LE BIHAN DUVAL et al., 2001).

Não foi verificada associação genética entre teor de luminosidade da carne e as medidas de cor a^* e b^* . LE BIHAN DUVAL et al. (1999) não encontraram associação genética entre as características de cor com L^* e as medidas de pH, com exceção de uma moderada correlação negativa ($-0,45 \pm 0,05$) entre L^* e a^* . Entretanto, LE BIHAN DUVAL et al. (2001) demonstraram além da associação negativa moderada entre L^* e a^* ($-0,48 \pm 0,05$), uma associação positiva entre L^* e b^* ($0,20 \pm 0,04$). Segundo estes autores, uma carne pálida apresenta menor intensidade de cor vermelha e maior intensidade de cor amarela.

Houve associação genética moderada e positiva entre as medidas de cor a^* e b^* ($0,41 \pm 0,19$). De forma similar, LE BIHAN DUVAL (1999; 2001) verificaram que as características a^* e b^* foram altamente correlacionadas, com estimativas de correlação genética de $0,72 \pm 0,06$ e $0,54 \pm 0,04$, respectivamente.

O uso de uma população proveniente do cruzamento recíproco entre uma linhagem de corte e outra de postura pode ter contribuído para superestimação dos parâmetros genéticos. Todavia, estimativas de parâmetros genéticos de características de qualidade de carne e constituintes da carcaça em frangos de corte são raramente descritas na literatura (NUNES et al., 2011).

Análise de agrupamentos

A análise de agrupamento, ou análise de clusters, é uma técnica usada para classificar indivíduos em grupos relativamente homogêneos chamados de agrupamentos (SEIDEL et al., 2008). Assim, maximiza-se a homogeneidade de objetos ou indivíduos dentro de grupos e a heterogeneidade entre os grupos. Os agrupamentos gerados para os valores genéticos foram representados em uma estrutura, na forma de árvore, denominada dendograma (Figura 1), que demonstra como as observações foram aglomeradas. Evidencia-se a formação de quatro agrupamentos (clusters), baseado no corte feito na maior distância entre grupos. Dentro de cada agrupamento há animais com valores genéticos similares e entre os agrupamentos verificamos valores genéticos distintos para as variáveis de carcaça e qualidade da carne.

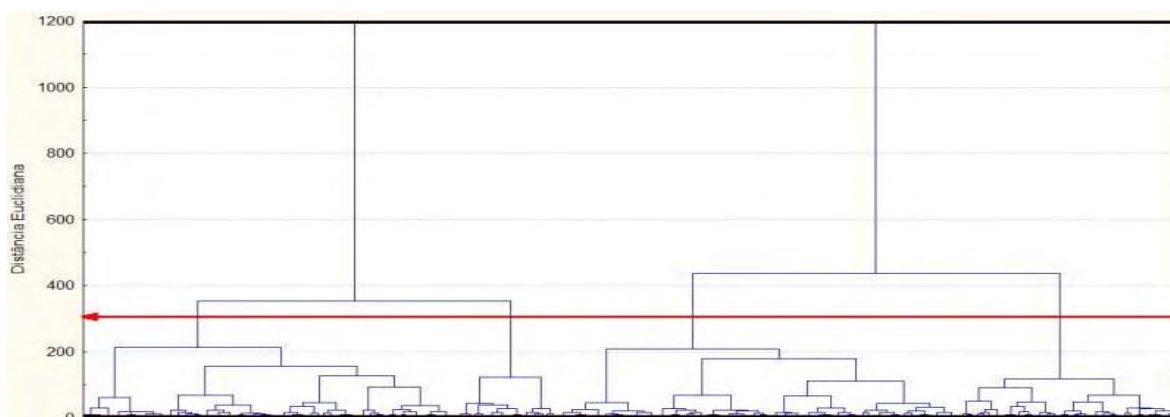


Figura 1. Dendograma dos valores genéticos dos animais para as características de carcaça e de qualidade da carne da população base. A reta contínua indica a definição de quatro grupos.

A distância euclidiana e o quadrado da distância entre grupos estão demonstrados na Tabela 5. Maior similaridade entre os valores genéticos foi verificada entre os grupos 1 e 2 enquanto que a menor similaridade foi entre os grupos 3 e 4. Com base no número de agrupamentos encontrados (Figura 1), procedeu-se o método k-médias.

Tabela 5. Distância euclidiana entre os agrupamentos gerados para os valores genéticos dos animais para as características de carcaça e de qualidade da carne da população base.

Grupo	1	2	3	4
1	0,000			
2	0,678	0,000		
3	0,865	1,030	0,000	
4	1,004	0,842	1,750	0,000

As médias padronizadas dos valores genéticos dos animais para as características estudadas para os quatro agrupamentos formados pelo método k-médias estão demonstradas na Figura 2. Em relação ao valor genético para peso corporal, as médias padronizadas dos quatro grupos foram muito próximas. Os grupos 3 e 4 tiveram, respectivamente, as menores e maiores médias padronizadas de valores genéticos para composição de carcaça, quando comparados com os demais grupos. Porém, os grupos 3 e 4 tiveram, respectivamente, as maiores e menores médias padronizadas para ambas as medidas de intensidade de cor (a^* e b^*).

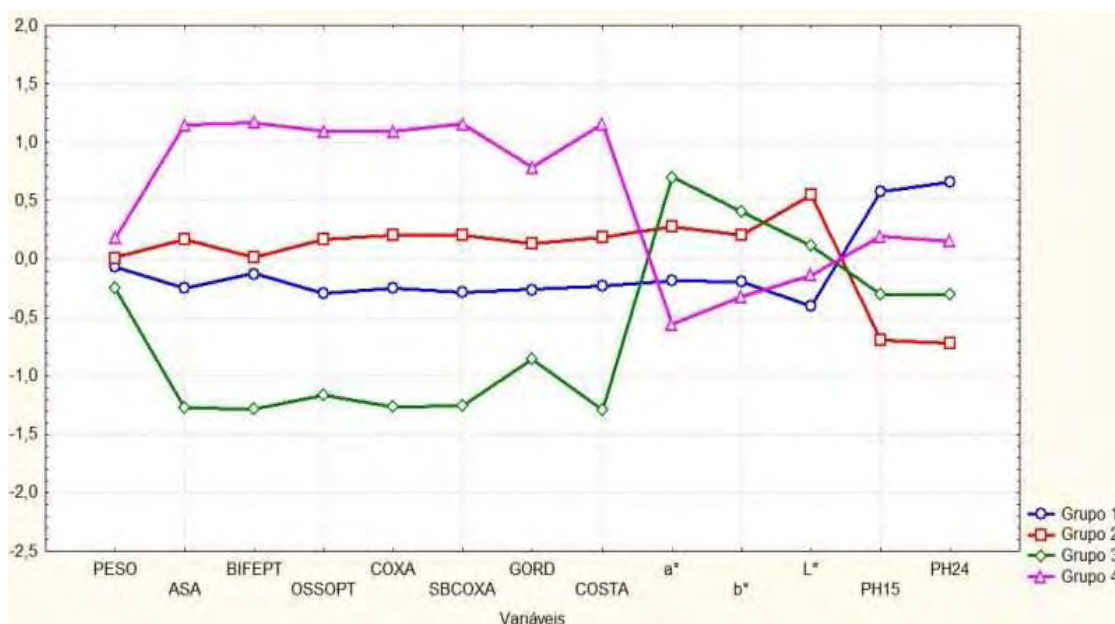


Figura 2. Médias padronizadas dos valores genéticos dos animais para as características consideradas para os quatro grupos formados pelo método de k-médias. **PESO**: peso corporal das aves na idade ao abate; **ASA**: peso das asas; **BIFEPT**: peso do peito desossado; **OSSOPT**: peso do osso do peito; **COXA**: peso das coxas; **SBCOXA**: peso das sobrecoxas; **COSTA**: peso do restante da carcaça; **GORD**: peso da gordura abdominal; **PH15**: pH 15 minutos post mortem; **PH24**: média do pH 24 post mortem; **L***: média da medida da luminosidade da carne; **a*(t)**: média da medida da intensidade da cor vermelha carne transformada; **b***: média da medida de intensidade da cor amarela da carne.

Para as características de qualidade da carne (Figura 2), o grupo 1 destacou-se por possuir maior média para pH inicial (PH15) e final (PH24) e menor para luminosidade da carne de frango (L*), enquanto que o grupo 2 destacou-se por apresentar menores médias para pH e maior para luminosidade da carne, indicando um grupo com características de carne pálida. Animais selecionados para o desempenho corporal podem apresentar pior desempenho em relação às características de qualidade da carne, conforme observado também a partir das estimativas de correlações genéticas entre estas características (Tabela 3).

Análise de fatores

O modelo ajustado de análise de fatores levou em consideração quatro fatores que apresentaram autovalores maiores que uma unidade. Os demais autovalores possuíram valores inexpressivos. Os autovalores e percentuais de variância explicadas por fator encontram-se na Tabela 6. Os autovalores representam o comprimento e o total da variância contida nos componentes principais. Associados a cada autovalor, existe um vetor de módulo unitário chamado autovetor. Os autovetores representam a intensidade, direção e sentido da contribuição da variância de cada variável dentro dos componentes principais. Os valores mais expressivos encontram-se no primeiro fator 1. O autovalor para o primeiro fator foi de 6,80, um valor expressivo, pois a soma de todos os autovalores é próxima de 11. O primeiro e o segundo fatores explicaram, em conjunto, quase 70% da variância total. As cargas fatoriais dos valores genéticos atribuídas aos fatores das variáveis de desempenho corporal e de qualidade da carne das aves estão descritas na Tabela 7.

Tabela 6. Autovalores e percentuais de variância explicadas por fator.

Fator	Autovalor	% Variância Total	Autovalor acumulado	% Acumulada
1	6,805	52,344	6,805	52,345
2	1,958	15,055	8,762	67,400
3	1,164	8,950	9,925	76,350
4	1,086	8,358	11,012	84,708

Tabela 7. Cargas fatoriais dos valores genéticos atribuídas aos fatores das variáveis de carcaça e de qualidade da carne de aves oriundas de cruzamento recíproco.

Característica	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
PESO	0,954	0,035	0,070	0,102
ASA	0,935	0,063	0,116	0,086
BIFEPT	0,895	0,201	-0,046	0,096
OSSOPT	0,878	0,035	0,127	0,156
COXA	0,928	0,042	0,140	0,093
SBCOXA	0,941	0,003	0,026	0,020
GORD	0,735	-0,049	-0,189	-0,180
COSTA	0,956	0,020	-0,039	0,042
a*(t)	-0,300	-0,652	-0,457	-0,261
b*	-0,113	-0,018	0,112	-0,964
L*	0,007	-0,216	0,925	-0,151
PH24	0,025	0,860	-0,242	-0,209
PH15	-0,030	0,822	-0,092	0,105
Autovalor	6,663	1,939	1,239	1,170
Variância Total	0,512	0,149	0,095	0,090

PESO: peso corporal das aves na idade ao abate; **ASA**: peso das asas; **BIFEPT**: peso do peito desossado; **OSSOPT**: peso do osso do peito; **COXA**: peso das coxas; **SBCOXA**: peso das sobrecoxas; **COSTA**: peso do restante da carcaça; **GORD**: peso da gordura abdominal; **PH15**: pH 15 minutos post mortem; **PH24**: média do pH 24 post mortem; **L***: média da medida da luminosidade da carne; **a*(t)**: média da medida da intensidade da cor vermelha carne transformada; **b***: média da medida de intensidade da cor amarela da carne.

O primeiro fator englobou as características de desempenho corporal dos animais. O segundo fator conteve as variáveis indicativas de pH (PH15 e PH24). O terceiro e o quarto fator são determinados predominantemente pela variável teor de luminosidade e intensidade da cor amarela da carne, respectivamente. As cargas fatoriais da característica de cor vermelha da carne não foram representativas para os quatro fatores. A maior variabilidade para os valores genéticos dos animais encontra-se nas características de peso corporal e de carcaça, seguida das características de pH e de intensidade de cor. De modo geral, características de peso corporal e de carcaça, cujos valores genéticos concentram maior variabilidade no conjunto de dados, possuem maiores estimativas de herdabilidade (Tabela3), o que explica sua maior eficiência de seleção.

4 CONCLUSÕES

As estimativas de herdabilidade para as medidas de cor a^* , L^* e b^* e pH indicaram que grande parte da variância fenotípica destas características pode ser atribuída aos efeitos não aditivos dos genes e ao ambiente e, conseqüentemente, que a seleção com base no indivíduo para estas características não seria eficiente.

PESO apresentou correlação genética moderada e positiva com L^* e uma moderada e negativa correlação genética com PH24, a^* e b^* , dessa forma, animais selecionados para peso corporal podem apresentar maior palidez da carne e fenótipo de carne PSE, devido à redução do pH final e ao aumento do teor de luminosidade e redução das intensidades de cor vermelha e amarela da carne.

As estimativas de parâmetros genéticos de características de qualidade de carne e constituintes da carcaça em frangos de corte são raramente descritas na literatura

5. IMPLICAÇÕES

As informações obtidas no presente trabalho poderão ser usadas para auxiliar futuras análises de marcadores QTL para características de qualidade da carne.

Há poucos estudos nessa área (ANTONY, 1998; NADAF, 2007), portanto, pesquisas com QTL para características de qualidade da carne precisam ser realizadas com o objetivo de obter ferramentas moleculares eficientes para a seleção de aves com qualidade de carne.

ANEXO 1. Estimativas de herdabilidade obtidas na análise uni-característica (diagonal), correlações genéticas (acima da diagonal) e ambientais (abaixo da diagonal) entre as características de carcaça e de qualidade da carne de aves oriundas de cruzamento recíproco.

	PESO	ASA	BIFEPT	OSSOPT	COXA	SBCOXA	COSTA	GORD	PH15	PH24	L*	a*(t)	b*
PESO	0,74 ± 0,09	0,97 ± 0,01	0,93 ± 0,02	0,99 ± 0,01	0,96 ± 0,01	0,99 ± 0,01	0,99 ± 0,01	0,76 ± 0,05	-0,27 ± 0,18	-0,43 ± 0,23	0,36 ± 0,15	-0,69 ± 0,10	-0,39 ± 0,18
ASA	0,90 ± 0,02	0,62 ± 0,09	0,90 ± 0,02	0,94 ± 0,02	0,96 ± 0,01	0,96 ± 0,01	0,94 ± 0,01	0,69 ± 0,07	-0,17 ± 0,20	-0,41 ± 0,22	0,43 ± 0,15	-0,66 ± 0,11	-0,32 ± 0,19
BIFEPT	0,90 ± 0,03	0,83 ± 0,03	0,60 ± 0,09	0,93 ± 0,02	0,87 ± 0,03	0,92 ± 0,02	0,92 ± 0,02	0,68 ± 0,07	-0,28 ± 0,19	0,17 ± 0,28	0,12 ± 0,18	-0,71 ± 0,10	-0,29 ± 0,20
OSSOPT	0,70 ± 0,05	0,70 ± 0,04	0,60 ± 0,06	0,47 ± 0,08	0,94 ± 0,02	0,98 ± 0,01	0,97 ± 0,01	0,73 ± 0,07	-0,32 ± 0,21	-0,51 ± 0,20	0,46 ± 0,16	-0,69 ± 0,11	-0,27 ± 0,21
COXA	0,94 ± 0,02	0,88 ± 0,02	0,86 ± 0,03	0,70 ± 0,05	0,61 ± 0,09	0,95 ± 0,01	0,92 ± 0,02	0,67 ± 0,07	-0,24 ± 0,20	-0,40 ± 0,22	0,43 ± 0,16	-0,64 ± 0,12	-0,39 ± 0,19
SBCOXA	0,83 ± 0,05	0,79 ± 0,04	0,79 ± 0,05	0,59 ± 0,07	0,83 ± 0,04	0,70 ± 0,09	0,99 ± 0,01	0,79 ± 0,05	-0,25 ± 0,19	-0,33 ± 0,24	0,32 ± 0,16	-0,65 ± 0,11	-0,26 ± 0,20
COSTA	0,83 ± 0,05	0,78 ± 0,05	0,79 ± 0,05	0,56 ± 0,08	0,82 ± 0,04	0,76 ± 0,05	0,71 ± 0,09	0,82 ± 0,04	-0,15 ± 0,20	-0,24 ± 0,25	0,28 ± 0,17	-0,62 ± 0,11	-0,31 ± 0,19
GORD	0,46 ± 0,15	0,33 ± 0,16	0,42 ± 0,13	0,21 ± 0,15	0,33 ± 0,16	0,27 ± 0,21	0,44 ± 0,15	0,75 ± 0,08	-0,15 ± 0,20	-0,18 ± 0,24	0,12 ± 0,17	-0,42 ± 0,14	0,02 ± 0,19
PH15	0,12 ± 0,09	0,08 ± 0,07	0,07 ± 0,07	0,09 ± 0,06	0,09 ± 0,07	-0,01 ± 0,08	0,08 ± 0,08	0,02 ± 0,09	0,14 ± 0,05	0,78 ± 0,28	-0,33 ± 0,22	-0,17 ± 0,25	-0,15 ± 0,27
PH24	0,05 ± 0,09	0,12 ± 0,07	-0,03 ± 0,07	0,07 ± 0,06	0,09 ± 0,07	0,06 ± 0,08	0,02 ± 0,08	-0,03 ± 0,08	0,17 ± 0,03	0,04 ± 0,02	-0,68 ± 0,19	-0,60 ± 0,32	0,38 ± 0,33
L*	-0,19 ± 0,12	-0,22 ± 0,09	-0,14 ± 0,07	-0,17 ± 0,07	-0,19 ± 0,08	-0,24 ± 0,11	-0,18 ± 0,09	-0,13 ± 0,10	-0,09 ± 0,04	-0,35 ± 0,03	0,19 ± 0,05	-0,11 ± 0,21	0,05 ± 0,24
a*(t)	-0,15 ± 0,09	-0,11 ± 0,08	-0,17 ± 0,07	-0,09 ± 0,07	-0,14 ± 0,07	-0,09 ± 0,09	-0,14 ± 0,09	-0,08 ± 0,10	0,01 ± 0,04	0,18 ± 0,03	-0,36 ± 0,04	0,13 ± 0,04	0,29 ± 0,22
b*	0,05 ± 0,09	0,01 ± 0,07	-0,03 ± 0,06	0,00 ± 0,06	0,02 ± 0,07	0,11 ± 0,08	0,00 ± 0,08	0,09 ± 0,09	-0,07 ± 0,04	-0,23 ± 0,03	0,44 ± 0,03	0,23 ± 0,03	0,17 ± 0,05

PESO: peso corporal das aves na idade ao abate; **ASA:** peso das asas; **BIFEPT:** peso do peito desossado; **OSSOPT:** peso do osso do peito; **COXA:** peso das coxas; **SBCOXA:** peso das sobrecoxas; **COSTA:** peso do restante da carcaça; **GORD:** peso da gordura abdominal; **PH15:** pH 15 minutos *post mortem*; **PH24:** média do pH 24 *post mortem*; **L*:** média da medida da luminosidade da carne; **a*(t):** média da medida da intensidade da cor vermelha carne transformada; **b*:** média da medida de intensidade da cor amarela da carne.

ANEXO 2. Correlações fenotípicas entre as características de carcaça e de qualidade da carne de aves oriundas de cruzamento recíproco.

	PESO	ASA	BIFEPT	OSSOPT	COXA	SBCOXA	COSTA	GORD	PH15	PH24	L*	a*(t)	b*
PESO	-	0,94 ± 0,01	0,91 ± 0,01	0,86 ± 0,01	0,95 ± 0,01	0,95 ± 0,01	0,94 ± 0,01	0,76 ± 0,02	-0,03 ± 0,02	-0,07 ± 0,03	-0,02 ± 0,03	-0,34 ± 0,02	-0,10 ± 0,02
ASA		-	0,87 ± 0,01	0,82 ± 0,01	0,93 ± 0,01	0,90 ± 0,0	0,88 ± 0,01	0,58 ± 0,02	-0,01 ± 0,03	-0,03 ± 0,03	0,04 ± 0,03	-0,30 ± 0,02	-0,08 ± 0,03
BIFEPT			-	0,78 ± 0,02	0,87 ± 0,01	0,87 ± 0,01	0,87 ± 0,01	0,59 ± 0,02	-0,03 ± 0,02	0,01 ± 0,03	-0,04 ± 0,03	-0,35 ± 0,02	-0,09 ± 0,03
OSSOPT				-	0,84 ± 0,01	0,81 ± 0,01	0,80 ± 0,02	0,54 ± 0,02	-0,02 ± 0,02	-0,07 ± 0,03	0,04 ± 0,03	-0,29 ± 0,02	-0,07 ± 0,03
COXA					-	0,91 ± 0,01	0,89 ± 0,01	0,57 ± 0,02	-0,02 ± 0,03	-0,04 ± 0,03	0,05 ± 0,03	-0,31 ± 0,02	-0,10 ± 0,03
SBCOXA						-	0,91 ± 0,01	0,67 ± 0,02	-0,08 ± 0,03	-0,05 ± 0,03	0,02 ± 0,02	-0,30 ± 0,02	-0,04 ± 0,03
COSTA							-	0,72 ± 0,02	-0,01 ± 0,03	-0,04 ± 0,03	0,02 ± 0,03	-0,31 ± 0,02	-0,07 ± 0,03
GORD								-	-0,04 ± 0,03	-0,06 ± 0,03	-0,01 ± 0,03	-0,20 ± 0,03	-0,05 ± 0,03
PH15									-	0,06 ± 0,03	-0,04 ± 0,02	-0,02 ± 0,02	-0,07 ± 0,02
PH24										-	-0,38 ± 0,02	0,11 ± 0,03	-0,18 ± 0,03
L*											-	-0,31 ± 0,02	0,38 ± 0,02
a*(t)												-	0,24 ± 0,02
b*													-

PESO: peso corporal das aves na idade ao abate; **ASA:** peso das asas; **BIFEPT:** peso do peito desossado; **OSSOPT:** peso do osso do peito; **COXA:** peso das coxas; **SBCOXA:** peso das sobrecoxas; **COSTA:** peso do restante da carcaça; **GORD:** peso da gordura abdominal; **PH15:** ph 15 minutos *post mortem*; **PH24:** média do ph 24 *post mortem*; **L*:** média da medida da luminosidade da carne; **a*(t):** média da medida da intensidade da cor vermelha carne transformada; **b*:** média da medida de intensidade da cor amarela da carne.

6 REFERÊNCIAS

ANTONY, N.B. A review of genetic practices in poultry: efforts to improve meat quality. **Journal of Muscle Foods**. v.9, n.1, p. 25-33, 1998.

BARBUT, S. Occurrence of pale soft exudative meat in mature turkey hens **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 38, n. 1, p. 74-77, 1997.

BOLDMAN, K. G.; KRIESE, L. A.; VAN VLECK, L. D.; KACHMAN, S. D. **A manual for use of MTDFREML**. Clay Center, 1995. 120p.

CAMPOS, E.J; PEREIRA, J.C.C. **Melhoramento genético das aves**. In: PEREIRA, J. C. C. Melhoramento genético aplicado à produção animal. Belo Horizonte : FEP-MVZ, 1999. Cap. 17, p. 284-314.

FALCONER, D.S., MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. Harlow, Inglaterra: Longman, 1996. 464p.

FLETCHER, D.L. Ante mortem factors related to meat quality. In: **EUROPEAN SYMPOSIUM ON THE QUALITY OF POULTRY MEAT**, 1991. Proceedings... Beekbergen: Spelderholt Centre for Poultry Research and Information Services, 1991.

GAYA, L.G.; FERRAZ, J.B.S. Aspectos genético-quantitativos da qualidade da carne em frangos. **Ciência Rural**, v. 36, n.1, 2006.

HAIR, J.F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. **Análise Multivariada de dados**. Porto Alegre. RS, 6ª edição, 2009. 688 p.

HAVENSTEIN, G. B.; FERKET, P. R.; QUERESHI, M. A. Carcass composition and yield of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. **Poultry Science**, v. 82, n. 10, p. 1509-1518, 2003.

JORGE, S.P. **Avaliação do bem-estar animal durante o pré-abate e abate e condição sanitária de diferentes segmentos avícolas.** 2008. 107f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, SP. <Disponível em: <http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/mvp/d/401.pdf>>. Acesso em: 2 de agosto, 2011.

LARA, J. A. F. et al. Estresse térmico e incidência de carne PSE em frangos. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, n. 4, p.15, 2002.

LARA, J.A.F.; NEPOMUCENO, A.L.; LEDUR, M.C.; IDA, E.I.; SHIMOKOMAKI, M. Carne PSE em Frangos. Ocorrência de Mutações no Gene Receptor da Rianodina. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. n.5, p.112-112, 2003.

LE BIHAN-DUVAL, E.; MILLET, N.; REMINGON, H. Broiler meat quality: Effect of selection for increased carcass quality and estimates of genetic parameters. **Poultry Science**, v. 78, n.6, p. 822–826, 1999.

LE BIHAN-DUVAL, E.; BERRI, C.; BAEZA, E.; MILLET, N.; BEAUMONT, C. Estimation of the genetic parameters of meat characteristics and their genetic correlations with grow and body composition in a experimental broiler line. **Poultry Science**, v. 80, n. 7, p. 839-843, 2001.

LE BIHAN-DUVAL, E.; BERRI, C.; BAEZA, E.; SANTE, V.; ASTRUC, T.; REMINGON, H.; LE POTTIER, G.; BENTLEY, J.; BEAUMONT, C. FERNANDEZ, X. Genetic parameters of meat technological quality traits in a grand-parental commercial line of turkey. **Genetics, Selection, Evolution**, v. 35, n. 6, p. 623-635, 2003.

LE BIHAN DUVAL, E.; DEBUT, M.; BERRI C.M.; SELLIER N.; SANTE-LHOUTELLIER V.; JEGO Y.; BEAUMONT C. Chicken meat quality: genetic

variability and relationship with growth and muscle characteristics. **BMC Genetics**, v. 9, n.53, 2008.

LEDUR, M.C. Genoma do frango - Mapeamento de QTL. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 38., 2001, Piracicaba, SP. Anais... Piracicaba : FEALQ, 2001. p. 620-633

LEENSTRA, F.R., VEREIJKEN, P.F.G., PIT, R. Fat deposition in a broiler sire strain I. Phenotypic and genetic variation in and correlations between abdominal fat, body weight and feed conversion. **Poultry Science**, Savoy, v.65, p.1225-1235, 1986.

NADAF, J. Identification of QTL controlling meat quality traits in an F2 cross between two chicken lines selected for either low or high growth rate. **BMC Genomics**, v. 8, n.155, 2007.

SEIDEL, E.J.; MOREIRA JUNIOR, F.J.; ANSUJ, A.P.; NOAL, M.R.C. Comparação entre o método Ward e o método K-médias no agrupamento de produtores de leite. **Ciência e Natura**, v. 30, n.1, p.7- 15, 2008.

ZEREHDARAN, S.; VEREIJKEN, A.L.J.; VAN ARENDONK, J.A.M. E VAN DER WAAIJ, E.H. Estimation of genetic parameters for fat deposition and carcass trait in broiler. **Poultry Science**, v. 83, p.521- 525, 2004.