



**JOANNA OLIVEIRA MARÇAL**

**MATURIDADE SEXUAL NA QUALIDADE DA CARNE DE  
FRANGOS CRIADOS EM SISTEMA ALTERNATIVO**

**LAVRAS-MG  
2021**

**JOANNA OLIVEIRA MARÇAL**

**MATURIDADE SEXUAL NA QUALIDADE DE CARNE DE FRANGOS CRIADOS  
EM SISTEMA ALTERNATIVO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Produção Animal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Peter Bitencourt Faria  
Orientador

Prof. Dr. Adriano Geraldo  
Coorientador

**LAVRAS-MG  
2021**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Marçal, Joanna Oliveira.

Maturidade sexual na qualidade da carne de frangos criados em  
sistema alternativo / Joanna Oliveira Marçal. - 2021.

101 p. : il.

Orientador(a): Peter Bitencourt Faria.

Coorientador(a): Adriano Geraldo.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Desenvolvimento sexual. 2. Características da carne. 3.  
Sabor. I. Faria, Peter Bitencourt. II. Geraldo, Adriano. III. Título.

**JOANNA OLIVEIRA MARÇAL**

**MATURIDADE SEXUAL NA QUALIDADE DE CARNE DE FRANGOS CRIADOS  
EM SISTEMA ALTERNATIVO  
SEXUAL MATURITY ON THE MEAT QUALITY OF CHICKENS RAISED IN NA  
ALTERNATIVE SYSTEM**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Produção Animal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 30 de julho de 2021

Dr. Flávio Medeiros Vieites  
Dr. Édison José Fassani

UFJF  
UFLA

Prof. Dr. Peter Bitencourt Faria  
Orientador

Prof. Dr. Adriano Geraldo  
Coorientador

**LAVRAS-MG  
2021**

*A Deus, por iluminar meus caminhos nessa  
trajetória.  
Aos meus pais Marconi e Silvânia, por todo  
amor, incentivo e confiança.  
Ao meu irmão Paulo Cesar, por ter estado ao  
meu lado, sempre me apoiando.  
Ao meu sobrinho Theo, que é alegria em  
minha vida  
Dedico*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dar sabedoria e luz para trilhar meu caminho e alcançar meus objetivos.  
Aos meus pais, Silvânia e Marconi, por me apoiar em todos os momentos e escolhas da minha vida.

Ao meu irmão, Paulo Cesar, por estar sempre ao meu lado me amparando e aconselhando.

Ao meu primo, Paulo Henrique, por me sempre tirar um sorriso e fazer parte de todos os momentos da minha vida.

Às minhas amigas de Divinópolis, Dayane, Ronara e Poliana, que mesmo estando distantes sempre estiveram presentes.

Aos amigos que fiz em Lavras, ao N.E.Ci.Di., Thami, Brenda, Diogo, Vivi, Madruga, Pedro, Estevan, Ricardo, Kelly, Paulo Guilherme, Aline, Renata, que me acompanharam durante os anos de graduação e mestrado, sem vocês a vida em Lavras não teria sido tão leve.

Em especial, agradeço a Adélia (Pacata), Fernando, Felipe (Timão), por toda ajuda e pelos momentos compartilhados e apoio a todo o tempo.

À Universidade Federal de Lavras, da qual me orgulho de fazer parte.

Ao Instituto Federal de Minas Gerais – campus Bambuí, em especial ao Prof. Adriano Geraldo, por todo auxílio durante o desenvolvimento da pesquisa.

Ao meu orientador, Prof. Peter Bitencourt Faria, por todos os anos de aprendizado e por ter me permitido cursar o mestrado.

Aos colaboradores do Departamento de Medicina Veterinária, Marquinhos, Sr. Marcos, Rose e Aparício, por todo carinho e diálogo durante todo o desenvolvimento da minha pesquisa.

A todos, meu muito obrigada!

## RESUMO

O objetivo deste estudo, foi avaliar o desenvolvimento sexual das aves e correlacionar com os aspectos de qualidade de carne de frangos criados em sistema alternativo em diferentes gêneros. Para o estudo foram utilizadas 90 aves da linhagem Label Rouge (Pescoço Pelado), sendo 45 fêmeas e 45 machos. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) disposto em esquema fatorial (2x2), sendo dois sexos (macho e fêmea) e duas categorias de maturidade sexual (não maduro e maduro). Os animais foram abatidos em cinco idades de abate, 70, 90, 120, 150 e 180 dias de idade. Primeiramente, foi realizada uma revisão de literatura abordando os principais aspectos de qualidade de carne de frango criados em sistema alternativo. Em seguida foram avaliados os parâmetros físico-químicos, composição centesimal e vida de prateleira. Em ambos os cortes, a maturidade sexual promoveu um aumento na força de cisalhamento, além de afetar a coloração da carne levando ao aumento do índice de vermelho. A umidade foi menor na coxa das aves após a maturidade sexual. Em ambos os cortes o teor de gordura foi maior em fêmeas maduras sexualmente. Foi avaliado o perfil de ácidos graxos nos cortes de peito e coxa. O peito das aves fêmeas após a maturidade sexual apresentaram menor teor de C18:0 e, dos machos maduros sexualmente exibiram menor porcentagem de ácidos graxos monoinsaturados. A coxa das aves fêmeas maduras exibiu menor teor de C20:2 e dos machos maduros apresentaram estimativa de atividade de alongase<sup>C16-C18</sup>. No peito de aves maduras sexualmente, foi observado aumento na quantidade de ácidos graxos poliinsaturados (mg de AG/g de gordura). Na coxa, foi observado redução na quantidade de monoinsaturados nas aves após a maturidade sexual. A maturidade sexual afetou a composição de ácidos graxos de ambos os cortes, acarretando um aumento de ácidos graxos poliinsaturados no peito e redução de monoinsaturados na coxa. Por fim, foi avaliado o perfil de compostos voláteis nos cortes de peito e coxa. Foram identificados 96 compostos voláteis entre os grupos químicos aldeídos, álcoois, terpenos, cetonas, hidrocarbonetos, pirazinas, compostos sulfurados, furanos, ésteres e ácidos carboxílicos. Ao avaliar o perfil de compostos voláteis por meio da Análise de Componentes Principais (PCA) de maneira geral, em ambos os cortes, as aves após a maturidade sexual mostraram maior correlação com os compostos voláteis formados através da oxidação lipídica. Sendo observado ainda, que para os demais grupamentos, terpenos, pirazinas, compostos sulfurados, furanos e ésteres, o efeito da maturidade sexual apresentou comportamento diferente entre as aves avaliadas. Assim, podemos concluir que a maturidade sexual afetou a composição de compostos voláteis, em ambos os cortes, e assim, podemos afirmar que a maturidade sexual altera o sabor da carne.

**Palavras-chave:** desenvolvimento sexual, características da carne, sabor.

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the sexual development of birds and correlate it with meat quality aspects of chickens raised in an alternative system in different genera. For the study, 90 birds of the Label Rouge lineage (Pescoço Pelado) were used, being 45 females and 45 males. The design used was completely randomized (DIC) arranged in a factorial scheme (2x2), with two sexes (male and female) and two categories of sexual maturity (non-mature and mature). The animals were slaughtered at five slaughter ages, 70, 90, 120, 150 and 180 days of age. First, a literature review was carried out, addressing the main aspects of chicken meat quality raised in an alternative system. Then, the physicochemical parameters, proximate composition and shelf life were evaluated. In both cuts, sexual maturity promoted an increase in the shear force, in addition to affecting the color of the meat, leading to an increase in the red content. Moisture was lower in the thigh of the birds after sexual maturity. In both cuts the fat content was higher in sexually mature females. The fatty acid profile in breast and thigh cuts was evaluated. The breast of female birds after sexual maturity had a lower content of C18:0, and sexually mature males exhibited a lower percentage of monounsaturated fatty acids. The thigh of mature female birds exhibited lower content of C20:2 and mature males showed estimated activity of elongaseC16-C18. In the breast of sexually mature birds, an increase in the amount of polyunsaturated fatty acids (mg of FA/g of fat) was observed. In the thigh, it was observed a reduction in the amount of monounsaturated in birds after sexual maturity. Sexual maturity affected the fatty acid composition of both cuts, causing an increase in polyunsaturated fatty acids in the breast and a reduction in monounsaturated fatty acids in the thigh. Finally, the profile of volatile compounds in breast and thigh sections was evaluated. 96 volatile compounds were identified among the chemical groups aldehydes, alcohols, terpenes, ketones, hydrocarbons, pyrazines, sulfur compounds, furans, esters and carboxylic acids. When evaluating the profile of volatile compounds through Principal Component Analysis (PCA) in general, in both cuts, birds after sexual maturity showed greater correlation with volatile compounds formed through lipid oxidation. It is also observed that for the other groups, terpenes, pyrazines, sulfur compounds, furans and esters, the effect of sexual maturity presented a different behavior among the evaluated birds. Thus, we can conclude that sexual maturity affected the composition of volatile compounds, in both cuts, and thus, we can state that sexual maturity alters the flavor of the meat.

**Keywords:** sexual developed, meat characteristics, flavor



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Análise dos componentes principais do grupamento referente ao perfil de compostos voláteis do corte de peito de frangos criados em sistema alternativo. (A) Aldeído, (B) Álcool, (C) Cetona e (D) Éster .....83
- Figura 2 – Análise dos componentes principais referente ao perfil de compostos voláteis do corte de peito de frangos criados em sistema alternativo. (A) hidrocarbonetos, (B) terpenos, (C) pirazinas, compostos sulfurados, furanos e ácidos carboxílicos .....85
- Figura 3 – Análise dos componentes principais do grupamento referente ao perfil de compostos voláteis do corte de coxa de frangos criados em sistema alternativo. (A) Aldeído, (B) Álcool, (C) Cetona e (D) Éster .....87
- Figura 4 – Análise dos componentes principais referente ao perfil de compostos voláteis do corte de coxa de frangos criados em sistema alternativo. (A) hidrocarbonetos, (B) terpenos, (C) pirazinas, compostos sulfurados, furanos e ácidos carboxílicos .....90
- Figura 5 - Análise dos componentes principais referente ao perfil de compostos voláteis do corte de peito (A) e coxa (B) de frangos criados em sistema alternativo em relação aos grupamentos químicos identificados .....92

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Componentes e composição das rações inicial, de Crescimento I e II e final fornecidas para os frangos caipiras .....  | 32 |
| Tabela 2 – Parâmetros físico-químicos da carne de peito de frangos de corte da linhagem Label Rouge em função do sexo e maturidade sexual e interações .....             | 35 |
| Tabela 3 – Parâmetros físico-químicos da carne de coxa de frangos de corte da linhagem Label Rouge em função do sexo e maturidade sexual e interações .....              | 37 |
| Tabela 4 – Parâmetros centesimais e de shelf life da carne de peito de frangos de corte da linhagem Label Rouge em função do sexo e maturidade sexual e interações ..... | 39 |
| Tabela 5 - Parâmetros centesimais e de shelf life da carne de coxa de frangos de corte da linhagem Label Rouge em função do sexo e maturidade sexual e interações .....  | 40 |
| Tabela 6 – Componentes e composição das rações inicial, de Crescimento I e II e final fornecidas para os frangos caipiras .....  | 53 |
| Tabela 7 – Perfil de ácidos graxos da carne do peito de frangos de corte da linhagem Label Rouge em função do sexo e maturidade sexual.....                              | 55 |
| Tabela 8 – Somatório de ácidos graxos e índices enzimáticos do peito de frangos de corte da linhagem Label Rouge em função do sexo e maturidade sexual .....             | 58 |
| Tabela 9 – Perfil de ácidos graxos da carne da coxa de frangos de corte da linhagem Label Rouge em função do sexo, idade de abate e maturidade sexual.....               | 60 |
| Tabela 10 – Somatório de ácidos graxos e índices enzimáticos de coxa de frangos de corte da linhagem Label Rouge em função do sexo e maturidade sexual .....             | 62 |
| Tabela 11 – Componentes e composição das rações inicial, de Crescimento I e II e final fornecidas para os frangos caipiras .....   | 75 |
| Tabela 12 - Perfil de compostos voláteis dos cortes peito e coxa de frangos da linhagem Label Rouge em relação as categorias sexuais .....                               | 78 |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>CAPÍTULO 1 - FATORES RELACIONADOS A QUALIDADE DE CARNE E COMPOSIÇÃO LIPÍDICA DE FRANGOS DE CORTE CRIADOS EM SISTEMA ALTERNATIVO</b> .....  | 12 |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....   | 12 |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....  | 13 |
| <b>2.1 Sistema de criação de frangos</b> .....  | 13 |
| <b>2.1.1 Sistema convencional</b> .....   | 13 |
| <b>2.1.2 Sistema alternativo</b> .....  | 13 |
| <b>2.1.2 Sistema orgânico</b> .....   | 13 |
| <b>2.2 Fatores relacionados a qualidade da carne de frangos criados em sistema alternativo</b> .....  | 13 |
| <b>2.3 Sexo</b> .....   | 15 |
| <b>2.4 Maturidade sexual</b> .....  | 18 |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....  | 22 |
| <b>ARTIGO 1 - Maturidade sexual na qualidade da carne de frangos criados em sistema alternativo</b> .....                                     | 28 |
| <b>INTRODUÇÃO</b> .....   | 31 |
| <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....   | 31 |
| <b>RESULTADOS</b> .....   | 34 |
| <b>DISCUSSÃO</b> .....  | 40 |
| <b>CONCLUSÃO</b> .....  | 43 |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....  | 45 |
| <b>ARTIGO 2 - MATURIDADE SEXUAL NO PERFIL LIPÍDICO DA CARNE DE FRANGOS CRIADOS EM SISTEMA ALTERNATIVO</b> .....                               | 49 |
| <b>RESUMO</b> .....   | 50 |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | 51 |
| <b>INTRODUÇÃO</b> .....   | 52 |
| <b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....  | 52 |
| <b>Animais, delineamento experimental, dieta e coleta de amostras</b> .....   | 52 |
| <b>Análise de ácidos graxos</b> .....   | 54 |
| <b>Análise estatística</b> .....  | 55 |
| <b>RESULTADOS</b> .....   | 55 |
| <b>DISCUSSÃO</b> .....  | 63 |
| <b>CONCLUSÃO</b> .....  | 66 |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....  | 67 |
| <b>ARTIGO 3 - Caracterização de compostos voláteis na carne de frango criados em sistema alternativo em função da maturidade sexual</b> ..... | 70 |
| <b>RESUMO</b> .....   | 71 |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | 72 |
| <b>INTRODUÇÃO</b> .....   | 73 |
| <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....   | 73 |
| <b>Animais e condições de manejo</b> .....  | 73 |
| <b>Abate das aves e avaliação da maturidade sexual</b> .....  | 75 |
| <b>Delineamento experimental</b> .....  | 75 |
| <b>Coleta e transporte das amostras</b> .....   | 76 |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Determinação de compostos voláteis</b> | <b>76</b> |
| <b>Análise estatística</b>                | <b>77</b> |
| <b>RESULTADOS .....</b>                   | <b>77</b> |
| <b>DISCUSSÃO .....</b>                    | <b>93</b> |
| <b>CONCLUSÕES.....</b>                    | <b>96</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                   | <b>97</b> |
| <b>AGRADECIMENTOS.....</b>                | <b>99</b> |

# **CAPÍTULO 1 - FATORES RELACIONADOS A QUALIDADE DE CARNE E COMPOSIÇÃO LIPÍDICA DE FRANGOS DE CORTE CRIADOS EM SISTEMA ALTERNATIVO**

## **1 INTRODUÇÃO**

A avicultura de corte do Brasil tem levado o país a ocupar lugares de destaque na produção e exportação em relação aos demais países do mundo. Esse sucesso se deve principalmente ao desenvolvimento tecnológico ocorrido no setor de avicultura nacional, como uso de linhagens melhoradas geneticamente e aprimoramento das estruturas de criação.

Um dos ramos da avicultura de corte no Brasil é a criação de frangos em sistema alternativo. Este sistema é caracterizado pelo uso de linhagens de crescimento lento com acesso ao pasto, sendo proibido o uso de qualquer promotor de crescimento durante o desenvolvimento dessas, ainda, a idade de abate dessas aves deve estar entre 70 e 120 dias (BRASIL, 2020).

A procura por carnes derivadas de animais criados sob métodos mais naturais e/ou orgânicos faz com que a criação de frangos “caipiras” cresça no país. Além disso, os consumidores de carnes de frangos criados neste sistema, buscam um produto com características organolépticas diferentes em relação a frangos convencionais, como coloração mais escura, textura firme e sabor mais intenso.

Assim, entender os fatores que interferem na qualidade final da carne de frangos criados em sistema alternativo é de suma importância para atender as necessidades dos consumidores, e assim, aumentar o rendimento financeiro dos produtores. Um dos principais fatores que podem afetar os parâmetros de qualidade da carne de frangos criados em sistema alternativo é a maturidade sexual.

Entretanto, a maioria dos estudos avaliam a carne de frangos caipiras antes de atingirem a maturidade sexual. Sendo que a maioria desses não observam diferenças na qualidade e sabor em relação com frangos convencionais (AGUIAR *et al.*, 2008; SOUZA; FARIA; BRESSAN, 2011; KÜÇÜKYILMAZ *et al.*, 2012; FUNARO *et al.*, 2014; SILVA; ARRUDA; GONÇALVES, 2017).

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo verificar o efeito da maturidade sexual nos parâmetros de qualidade, perfil lipídico e de compostos voláteis na carne de frangos criados em sistema alternativo.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Sistema de criação de frangos**

#### **2.1.1 Sistema convencional**

O sistema convencional ou industrial, é uma criação intensiva, na qual é utilizada linhagens melhoradas geneticamente com uma alta taxa de crescimento e de conversão alimentar. Nesse sistema é permitido o uso de promotores de crescimento e uso de alimentos de origem animal e anticoccidianos na ração ofertada as aves. Ainda, frangos criados em sistema convencional são produzidos para obter uma maior produção em um menor período (AZEVEDO *et al.*, 2016).

#### **2.1.2 Sistema alternativo**

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), sistema de produção de frangos caipira é a criação de aves comerciais destinadas à produção de carne, através de linhagens de crescimento lento, com acesso a áreas livres para pastejo em sistema semiextensivo e que não recebam, via ração, melhoradores de desempenho e anticoccidianos profilaticamente (BRASIL, 2020).

#### **2.1.2 Sistema orgânico**

De acordo com a Portaria 52, de 15 de março de 2021, os sistemas de produção orgânica devem promover saúde e bem-estar animal em todas as fases do processo produtivo, utilizar animais não modificados geneticamente, a alimentação vegetal deve seguir os requisitos gerais dos sistemas orgânicos, o uso substâncias, aditivos e auxiliares tecnológicos devem ser autorizados, juntamente com medicamentos e animais devem ser criados em sistema aberto. (BRASIL, 2021).

### **2.2 Fatores relacionados a qualidade da carne de frangos criados em sistema alternativo**

Diversos são os fatores que desempenham um papel importante na qualidade da carne

de frangos de corte criados em sistema alternativo como sistema de criação, linhagem, idade, sexo e maturidade sexual (SOUZA; FARIA; BRESSAN, 2011; WANG *et al.*, 2013).

Castellini, Mugnai e Dal Bosco (2002), ao avaliarem o efeito do sistema de produção alternativa nos parâmetros de qualidade da carne, observaram que os cortes de peito e coxa de frangos caipiras apresentaram menor teor de lipídios e valor de pH. Albrecht *et al.* (2019), observaram a influência dos sistemas de produção, sistema extensivo e sistema convencional, na qualidade de carne de frango. E os resultados mostraram que aves criadas em sistema alternativo apresentaram um maior teor de proteína e baixo teor de gordura, caracterizando um produto de melhor perfil nutricional. Brow *et al.* (2008), encontraram menor teor de gordura intramuscular em frangos criados em sistema orgânico.

Küçükyılmaz *et al.* (2012), observaram que corte de coxa de frangos caipira apresentaram maior teor de ácidos graxos poliinsaturados (POL) e menor quantidade de ácidos graxos monoinsaturados (MON). Zlender *et al.* (2000), ao avaliarem a composição de ácidos graxos da carne de frango criados em sistemas alternativos, verificaram que frangos criados no sistema alternativo apresentaram composição de ácidos graxos mais favorável do que os criados de forma intensiva, apresentando uma maior proporção de ácidos graxos essenciais e maior quantidade de ácidos graxos poliinsaturados – ômega-3 ( $\omega$ 3) e 6 ( $\omega$ 6). Michalczuk *et al.* (2017) ao determinarem o efeito do sistema de criação, com e sem acesso ao exterior, na composição da carcaça de frangos de crescimento lento, observaram que aves criadas com acesso ao exterior apresentaram maior nível de ácidos graxos saturados (SAT), uma menor relação de  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 e níveis mais altos de  $\omega$ 3, em relação as aves criadas sem acesso ao exterior.

Sun *et al.* (2018), ao comparar duas linhagens de frangos criados em gaiolas e caipira, observaram que as duas linhagens criadas em sistema caipira apresentaram maior quantidade de compostos voláteis. Os compostos voláteis como aldeídos, cetonas, ésteres, fenóis, ácidos orgânicos, alcanos, entre outros são responsáveis pelo sabor da carne de frango (MOTTRAM, 1998; SUN *et al.*, 2018).

Devatkal, Naveena e Kotaiah (2019), ao avaliarem a qualidade e composição da carne de frangos de crescimento lento em comparação com os frangos comerciais, observaram que o pH, força de cisalhamento (FC) e o teor de proteína foram maiores nos frangos de crescimento lento. Em estudo, Silva, Arruda e Gonçalves (2017), avaliaram as características de qualidade de carne de linhagens de frango de corte de crescimento rápido (linhagem Gobb e Ross) e crescimento lento (Gigante Negro, Isa Label e Paraíso Pedrês). Diante disso, observaram que frangos caipiras apresentaram maior teor de proteínas para peito e coxa e maiores valores de FC. Os frangos caipiras apresentaram maior intensidade de cor amarela ( $b^*$ ), enquanto os

frangos comerciais apresentaram maior intensidade de cor vermelha (a\*).

Aves de crescimento lento criadas em sistema extensivo tendem a apresentar um menor teor de gordura em relação a animais de crescimento rápido criados em sistema convencional, devido a maior locomoção e acesso a pastejo realizados pelas aves criadas em sistema caipira (STADIG *et al.*, 2016; GIAMPIETRO-GANECO *et al.*, 2020), resultando em diferenças no perfil de ácidos graxos como maior teor de POL e MON e, menor concentração de SAT (GIAMPIETRO-GANECO *et al.*, 2020).

Tang *et al.* (2009), observaram maior teor de inosina-5'-monofosfato (IMP) em corte de peito de frangos de linhagens de crescimento lento em relação a frangos comerciais. Jung *et al.* (2011), observaram maior conteúdo de IMP na carne de frangos caipira em relação a linhagem comercial. O IMP é um nucleotídeo precursor de sabor e sua degradação da origem a compostos voláteis (JAYASENA *et al.*, 2014).

Bosco *et al.* (2014), avaliaram o efeito da idade, aves com 70 e 81 dias de idade, na qualidade da carne de frangos criados em sistema orgânico e verificaram que animais mais velhos apresentaram uma carne mais dura. Wang *et al.* (2013), observaram que o pH da carne de peito e da coxa foi menor em frangos de 105 dias em relação a frangos de 63 dias. Além disso, aves mais velhas apresentaram maior perda de peso por cozimento (PPC) na carne da coxa, menor quantidade de proteína e maior de gordura na carne de peito. Em relação a FC, neste estudo, as aves mais velhas apresentaram carne mais dura. Bosco *et al.* (2014), observaram que aves mais velhas (81 dias) apresentavam maior teor de ácidos graxos poliinsaturados (POL total) e de poliinsaturados de cadeia longa (POL - cadeia longa). Em relação ao perfil de ácidos graxos, a idade afetou o teor de C18:3 $\omega$ 6 e C20:4 $\omega$ 6, acarretando uma redução e aumento desses, respectivamente.

### 2.3 Sexo

Nas aves, os machos são homozigotos (ZZ) e as fêmeas heterozigotas (ZW). E o cromossomo W controla de forma positiva a produção de estrogênio, sendo esse importante na diferenciação sexual de frangos (BUGGEMAN; COMO; DECUYPERE, 2002; NAKATA *et al.*, 2013). O sexo é um fator importante que afeta de forma direta os parâmetros de qualidade da carne (CRUZ *et al.*, 2018).

Em relação a composição centesimal das carnes de aves de diferentes gêneros, os estudos variam entre si. Zotte *et al.* (2019), não observaram efeito do sexo na composição centesimal da carne de peito, onde foram avaliados os teores de umidade, proteína, lipídios,



cinzas e colesterol. No entanto, os machos apresentaram maior teor de cinzas no corte de coxa. Cygan-Szczegielniak *et al.* (2019), ao avaliarem o efeito do sexo na qualidade da carne criados em diferentes sistemas de criação, observaram que o sexo (macho e fêmea) não influenciaram de forma significativa a composição centesimal como umidade e proteína na musculatura peitoral em frangos criados em diversos sistemas. Cerolini *et al.* (2019), avaliaram o efeito do sexo sobre qualidade da carne de frangos Milano, verificaram que aves fêmeas apresentaram um maior teor de matéria seca e proteína. Enquanto, Souza, Faria e Bressan (2011), relataram efeito do sexo apenas no teor de cinzas, onde os animais machos apresentaram maior média.

Cruz *et al.* (2018), em estudo, exibiram que o sexo não afetou os parâmetros de pH final, perda de peso por cozimento (PPC), textura e cor, em frangos de diferentes linhagens abatidas com 105 dias. Tasoniero *et al.* (2018), estudaram a qualidade da carne de raças italianas de crescimento lento em relação ao gênero animal, observando que nas duas raças (Podovana e Polverara) o valor de pH do peito foi maior em machos do que nas fêmeas, além disso, o peito das fêmeas apresentaram maiores valores para luminosidade ( $L^*$ ) e teor de amarelo ( $b^*$ ). Em relação a coxa, o mesmo estudo, encontrou diferença no pH entre os gêneros com as fêmeas apresentando maiores valores, entretanto os homens apresentaram maior valor de teor de vermelho ( $a^*$ ).

Estudo, ao avaliar o efeito do sexo nos parâmetros de qualidade da carne de frango, observou efeito apenas na capacidade de retenção de água, onde as fêmeas obtiveram uma menor perda de água (IKUSIKA *et al.*, 2020). A redução da quantidade de água retida na carne reflete de forma negativa na suculência, maciez e sabor da carne (HUSSEIN *et al.*, 2019; IKUSIKA *et al.*, 2020). Bungsrissawat *et al.* (2018), observaram que a carne de peito de frangos fêmeas apresentaram menor valor de pH e maior valor de  $b^*$ , ou seja, uma carne mais amarelada. Souza, Faria e Bressan (2011), encontraram efeito do sexo sobre a coloração da carne, onde a carne de peito dos machos apresentou coloração mais vermelha, ou seja, altos valores de  $a^*$  e menor amarelamento (menores valores de  $b^*$ ). Em relação a coxa, os parâmetros de cor não diferenciaram em relação ao sexo.

A vermelhidão na carne de frangos machos, pode estar relacionada ao alto teor de mioglobina e conteúdo de ferro heme nas fibras desses animais (ZOTTE *et al.*, 2019). Além disso, valores mais altos de pH, devido a um gasto da reserva de glicogênio muscular, podem interferir na coloração e maciez da carne, deixando-a com uma cor mais escura e com uma textura mais firme (MUELLER, 2017).

Além do pH, o teor de gordura, conteúdo e estrutura da fibra muscular, e, a quantidade e solubilidade do colágeno podem afetar a maciez da carne (SILVA *et al.*, 2014;

NUALHNUPLONG; WATTANACHANT, 2020). Nualhnuplong e Wattanachant (2020), ao avaliarem o efeito do sexo na qualidade de carne de frangos Betong em três idades de abate (16, 20 e 24 semanas), observaram que os machos apresentaram maior força de cisalhamento (FC) no corte de peito, sendo está aumentada com a idade. Em relação a coxa, a força de cisalhamento não diferiu entre os gêneros.

A diminuição da maciez está ligada ao aumento do conteúdo de colágeno e da espessura da fibra muscular (WEGLARZ; ANDRES; WOJTYSIAK, 2020). De acordo com Rodriguez *et al.* (2014); Sun *et al.* (2017); Abou-Kassem *et al.* (2019), nos machos, a testosterona age na fibra muscular, aumentando o seu tamanho, e no tecido conjuntivo, aumentando o teor de colágeno intramuscular, devido a maior síntese e uma menor degradação desse, resultando em uma carne mais dura.

Rizzi, Baruchello e Chiericato (2009) analisaram uma linhagem italiana de dupla aptidão em duas idades de abate, aos 138 e 168 dias, e observaram que as fêmeas eram superiores em relação ao teor de lipídeos no peito e na coxa em relação aos machos nas duas datas de abate. Grunder, Chambers e Fortin (1986), observaram que os teores de gordura abdominal, gordura da carcaça foram menores nos machos em relação a fêmeas.

Chen, Hsieh e Chiou (2006), em estudo, mostraram efeito do sexo sobre o teor de enzimas hepáticas participantes da lipogênese como as enzimas de clivagem de adenosina-trifosfato (ATP), nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADP) e de glicose-6-fosfato desidrogenase, no qual, as fêmeas exibiram menor teor de enzima de clivagem de adenosina-trifosfato e maior quantidade das demais. No mesmo estudo, foi verificado que o teor de testosterona influência de forma negativa a atividade da nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato, enquanto o estrogênio influência de forma positiva.

Zotte *et al.* (2019), observaram que no corte de peito as fêmeas apresentaram maior teor de C10:0 e C14:0. Mesmo os dois gêneros apresentando conteúdos semelhantes de ácidos graxos poliinsaturados (POL), a carne de peito das fêmeas tinha mais C22:6- $\omega$ 3 (DHA) e consequentemente, era rica em ácidos graxos poliinsaturados – ômega 3 ( $\omega$ 3). No corte de coxa, fêmeas e machos apresentaram maior teor C16:0 e C18:0, respectivamente. Ainda, as fêmeas apresentaram maior conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados (MON) e os machos maior teor de POL e uma razão POL/SAT mais alta, além de uma maior quantidade de ácidos graxos poliinsaturados – ômega 6 ( $\omega$ 6). Todavia, as fêmeas exibiram maior teor de DHA e menor C18:2 $\omega$ 6, possibilitando uma maior porcentagem de  $\omega$ 3 e uma menor razão de  $\omega$ 6/ $\omega$ 3. Cruz *et al.* (2017), ao caracterizarem a qualidade da carne de frangos Rodhe Island Red em relação a diferença sexual, observaram que as fêmeas apresentaram maior teor de  $\omega$ 3 e menor relação

$\omega 6/\omega 3$ .

Diante disso, evidenciam-se uma melhor incorporação de ácidos graxos  $\omega 3$  na musculatura da carne das fêmeas, além disso, as mesmas, são mais eficientes na produção de DHA, através da dessaturação e alongamento dos  $\omega 3$  (ZOTTE *et al.* 2019). Os hormônios esteroides como estradiol e progesterona estão diretamente relacionados com aumento de  $\omega 3$  de cadeia longa nos tecidos e sangue, enquanto, a testosterona está indiretamente relacionada. Ou seja, esses hormônios agem na atividade das enzimas  $\Delta$ -5 e  $\Delta$ -6 dessaturase, ativando ou inibindo, respectivamente (POURESLAMI *et al.* 2010). Além disso, a  $\beta$ -oxidação de C18:2 $\omega 6$  e do C18:3 $\omega 3$  é maior em machos, resultando em um maior teor de C18:3 $\omega 3$  em fêmeas (POURESLAMI *et al.*, 2010; CRUZ; FARIA, 2019).

## 2.4 Maturidade sexual

Em frango, as gônadas embrionárias, iniciam sua diferenciação sexual ainda na fase embrionária, tornando-se testículos ou ovário (LIM; SONG, 2014). Nas fêmeas, as células germinativas, advindas da corrente sanguínea, concentram-se de forma assimétrica nas gônadas esquerda e direita, resultando em apenas um ovário funcional, o esquerdo, com córtex espesso e a medula com lacunas (CHUE; SMITH, 2011; LIM; SONG, 2014; INTARAPAT; SAILASUTA; SATAYALAI, 2016). Nos machos, o desenvolvimento dos testículos ocorre de forma simétrica (INTARAPAT; SAILASUTA; SATAYALAI, 2016), com as células de Sertoli se diferenciando em cordões medulares (CHUE; SMITH, 2011).

Ainda na fase embrionária, o eixo hipotálamo-hipófise-gonadal inicia seu desenvolvimento (BUGGEMAN; COMO; DECUYPERE, 2002). Nas aves, a ativação do hipotálamo é dependente da eficiência da luz (RIZZI; VERDIGLIONE, 2015). Com esta ativação, o hipotálamo, inicia a produção e liberação do hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH) que age sobre a hipófise, essa por sua vez, secreta os hormônios folículo estimulante e luteinizante, FSH e LH, respectivamente (BAXTER *et al.*, 2014). Esses, estimulam a conversão do colesterol em  $17\alpha$ -hidroxipregnenolona, precursor dos esteroides gonadais como estradiol ( $E_2$ ) e testosterona (DU *et al.*, 2020).

Em machos, a testosterona é o hormônio importante para o desenvolvimento do trato reprodutivo e maturidade. Na maturidade sexual, os testículos dos machos são bem volumosos e se encontram internamente, na cavidade ventral. Tendo como função a produção de andrógenos (testosterona) e gametas (SUN *et al.*, 2017). Nas fêmeas, o hormônio  $E_2$ , tem papel importante no desenvolvimento do trato reprodutivo e maturidade sexual, estimulando o

hipotálamo e hipófise responderem a progesterona (KLEIN *et al.*, 2019). Com a maturidade sexual, o ovário inicia o desenvolvimento dos folículos ovarianos, havendo uma hierarquia entre eles, sendo observado folículos em diferentes etapas de desenvolvimento. Quando um folículo chega na última etapa de desenvolvimento, um pico de hormônio luteinizante (LH) é induzido, resultando na produção de progesterona, que por sua vez, desencadeia um segundo pico de LH e consequentemente a ovulação (YANG *et al.*, 2019; ESTIENNE *et al.*, 2020).

Antes da maturidade sexual, que nos frangos ocorre entre 4 e 5 meses de idade, não é observado muita diferença em relação ao crescimento da massa corporal entre machos e fêmeas (ROSE *et al.*, 2016). Entretanto, nos machos, após a maturação sexual, o tecido muscular esquelético se desenvolve mais, acarretando um aumento na massa muscular em relação as fêmeas, além do aumento do tecido ósseo, cardíaco e sanguíneo. As fêmeas, no entanto, apresentam, relação positiva no crescimento da pele, gordura e dos componentes do trato digestivo (ROSE *et al.*, 2016). Além disso, após a maturação sexual, as características sexuais secundárias entre machos e fêmeas começam a se diferenciar, devido ao aumento dos hormônios produzidos pelas gônadas (ROSE *et al.*, 2016). O aumento do teor de testosterona está diretamente relacionado com o desenvolvimento da barbela e crista em machos (RIZZI; VERDIGLIONE, 2015).

O aumento da massa corporal em machos se deve a ação direta da testosterona que é um hormônio andrógeno e apresenta ação anabólica sobre o músculo esquelético (SUN *et al.*, 2017). A testosterona estimula a entrada de células satélites na fibra muscular, essas se modificam e formam mionúcleos, resultando em um aumento da síntese proteica na fibra muscular (ALLOUH; ALDIRAWI, 2012). Além disso, a testosterona age de forma positiva sobre os osteoblastos e na mineralização óssea (GUO *et al.*, 2016).

Na maturidade sexual, as aves fêmeas passam por uma mudança no seu estado fisiológico, aumentando a síntese de proteínas e lipídios no fígado (VIGNALE *et al.*, 2018; ZHENG *et al.*, 2018; SHI *et al.*, 2020). Esses dão origem aos precursores da gema do ovo como lipoproteína de densidade muito baixa (VLDL) e vitelogenina, que por sua vez são secretados na corrente sanguínea e direcionados até os folículos ovarianos (ZHENG *et al.*, 2018; CUI *et al.*, 2020). O estrogênio, aumentado durante o ciclo de postura, estimula esse processo (IVESSA *et al.*, 2013). A síntese de VLDLs ocorre no retículo endoplasmático das células do fígado, onde, a apolipoproteína B (apoB) se liga a triglicerídeos, colesterol livre e fosfolipídeos. Essa síntese é regulada pela proteína de transferência de triglicerídeo microsomal (PTTM) (IVESSA *et al.*, 2013). A vitelogenina, uma glicofosfolipoproteína, é responsável pelo transporte de glicose, fósforo e gordura, além de íons como cálcio, zinco e ferro, até o oócito

(CUI *et al.*, 2020).

Em estudo, Vignale *et al.* (2017), verificaram um aumento na deposição de massa magra até a maturidade sexual de fêmeas, havendo uma redução dessa posteriormente. Entretanto, a deposição de gordura teve um aumento contínuo ao longo da idade. Tanaka *et al.* (1986), observaram uma relação positiva entre o teor de estradiol na corrente sanguínea com a atividade das enzimas lipogênicas, enzima de clivagem adenosina de trifosfato (ATP), glicose-6-fosfato desidrogenase, nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADP) e ácidos graxos sintase (FAS). Vignale *et al.* (2018), observaram uma diminuição na taxa de síntese fracionaria de proteína e um aumento na taxa de decomposição em matrizes de corte durante a produção de ovos, podendo concluir que há uma mobilização do músculo esquelético para síntese do ovo.

Segundo Li *et al.* (2015), no fígado de galinhas poedeiras acontece a ativação das enzimas esteroil-CoA dessaturase e  $\Delta 6$  dessaturase. A esteroil-CoA dessaturase é um limitante para produção ácidos graxos monoinsaturados (MON) no fígado, além, de promover a síntese de gordura através da insulina. A  $\Delta 6$  dessaturase, por sua vez, é um catalizador da primeira etapa da dessaturação no processo de síntese ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa (POL-cadeia longa). Zhang *et al.* (2017), observaram que a enzima elongase 5, um subtipo das enzimas elongases, aumentou em aves fêmeas após a maturidade sexual, essa, age positivamente na biossíntese de ácidos graxos poliinsaturados – ômega 3 ( $\omega 3$ ) e 6 ( $\omega 6$ ), através do alongamento das cadeias de ácidos graxos.

Rocha *et al.* (2019), verificaram maior textura na carne de galinhas poedeiras velhas em relação a carne de frangos comerciais, relacionando esse fator com aumento dos níveis de colágeno intramuscular conforme aumento da idade de abate. Semwogerere *et al.* (2018), observaram que galinhas poedeiras velhas criadas em sistema alternativo, apresentaram maior perda de peso por cozimento (PPC) no corte de coxa, maior vermelhidão e maior força de cisalhamento (FC) nos cortes de peito e coxa. O mesmo estudo, verificaram a composição química da carne, onde, as galinhas caipiras apresentaram maior umidade na carne de peito e menor quantidade de cinzas na coxa. Rizzi e Chiericato (2010), avaliaram a composição química da carne de galinhas poedeiras de raças híbridas com raças de crescimento lento, ambas abatidas com 44 semanas, e, observaram maior teor de proteína e menor teor de gordura na carne de coxa de galinhas de crescimento lento.

Franco *et al.* (2012), ao comparar a qualidade de carne de dois genótipos de galos, caipira e raça comercial, ambos abatidos com 10 meses de idade, observaram maior teor de proteína nos frangos comerciais e maior teor de cinzas nos frangos caipira. Em estudo, Franco *et al.* (2013), avaliaram a qualidade da carne de galos de diferentes genótipos abatidos com 8

meses, e os frangos de linhagens caipiras apresentaram menor teor C18:1 $\omega$ 9, entretanto, as mesmas, obtiveram maior teor de POL, colesterol e uma carne mais amarelada.

Sun *et al.* (2017), observaram que o sabor da carne de frango caipira tende a ficar mais acentuado ao se aproximar da maturidade sexual, devido ao aumento de precursores de sabor como inosina-5'-monofosfato (IMP) e gordura. Rikiamaru e Takahashi (2010), observaram um aumento do conteúdo de IMP na carne de frango com aumento da idade. Segundo Fanatico *et al.* (2007), com o aumento da idade o conteúdo de nucleotídeos na carne aumenta, esses por sua vez, são degradados em ácido inosínico e hipoxantina *post mortem*, acarretando um sabor mais acentuado na carne.

## REFERÊNCIAS

- ABOU-KASSEM, D. E. *et al.* Age and sex-related differences in performance, carcass traits, hemato-biochemical parameters, and meat quality in Japanese quails. **Poultry Science**, v. 98, p. 1684-1691, 2019.
- ALBRECHT, A. *et al.* Influence of Different Production Systems on the Quality and Shelf Life of Poultry Meat: A Case Study in the German Sector. **Journal of Food Quality**, v. 2019, p. 1-11, 2019.
- ALLOUH, M. Z.; ALDIRAWI, M. H. Effects of sustanon on the distribution of satellite cells and the morphology of skeletal muscle fibers during maturation. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 15, n. 5, p. 215-223, 2012.
- AZEVEDO, G.S. *et al.* Produção de aves em sistema orgânico. *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 10, n. 4, p. 317-333, 2016.
- BAXTER, M. *et al.* Red light is necessary to activate the reproductive axis in chickens independently of the retina of the eye. **Poultry Science**, v. 93, p. 128901297, 2014.
- BOSCO, A. D. *et al.* Effect of slaughtering age in diferente commercial chicken genotypes reared according to the organic system: 2. Fatty acid and oxidative status of meat. **Italian Journal of Animal Science**, v. 13, 2014.
- BOSCO, A. D. *et al.* Effect of slaughtering age in diferente commercial chicken genotypes reared according to the organic system: 1. Welfare, carcass and meat traits. **Italian Journal of Animal Science**, v. 13, n. 2, 2014
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Ofício Circular SDA/DIPOA nº 73, de 04 de setembro de 2020. Frango “caipira, colonial ou de capoeira”. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 04 de setembro 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 52, de 15 de março de 2021. Regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção e as listas de substâncias e práticas para o uso nos Sistemas Orgânicos de Produção. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília**, 15 de março de 2021.
- BROWN, S. N. *et al.* Aspects of meat and eating quality of broiler chickens reared under standard, maize-fed, freerange or organic systems. **British Poultry Science**, v. 49, n. 2, p. 118-124, 2008.
- BUGGEMAN, V.; COMO, P. V.; DECUYPERE, E. Developmental endocrinology of the reproductive axis in the chicken embryo. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 131, n. 4, p. 839-846, 2002.
- BUNGSRISAWAT, P. *et al.* Genetic parameters of some carcass and meat quality traits in Betong chicken. **Agriculture and Natural Resources**, v. 53, n. 3, p. 274-279, 2018.
- CASTELLINI, C.; MUGNAI, C.; DAL BOSCO, A. Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. **Meat Science**, v. 60, p. 219-225, 2002.

CEROLINI, S. *et al.* Free-range rearing density for male and female Milanino chickens: carcass yield and qualitative meat traits. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 28, p. 1349-1358, 2019.

CHEN, K. L.; HSIEH, T. Y.; CHIOU, P. W. S. Caponization effects on growth performance and lipid metabolism in Taiwan country chicken cockerels. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 19, n. 3, p. 438-443, 2006.

CHUE, J.; SMITH, C. A. Sex determination and sexual differentiation in the avian model. **FEBS Journal**, v. 278, p. 1027-1034, 2011.

CRUZ, F. L.; FARIA, P. B. Perfil lipídico da carne de frangos de corte de diferentes cruzamentos criados em sistema alternativo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 2, p. 677-686, 2019.

CRUZ, F. L. *et al.* Qualidade da carne de aves da raça rodhe island red criadas em sistema alternativo. **Ciência Animal Brasileira**, v. 18, p. 1-16, 2017.

CRUZ, F. L. *et al.* Meat quality of chicken of different crossings in alternative system. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 1, p. 254-262, 2018.

CUI, Z. Sexual maturity promotes yolk precursor synthesis and follicle development in hens via liver-blood-ovary signal axis. **Animals**. v. 10, 2020.

CYGAN-SZCZEGIELNIAK, D. *et al.* Influence of rearing system and sex on carcass traits and meat quality of broiler chickens. **Journal of Applied Animal Research**, v. 47, n. 1, p. 333-338, 2019.

DEVALTKAL, S. K.; NAVEENA, B. M.; KOTAIAH, T. Quality, composition, and consumer evaluation of meat from slow-growing broilers relative to commercial broilers. **Poultry Science**, v. 98, p. 6177-6186, 2019.

DU, Y. *et al.* Endocrine and genetic factors affecting egg laying performance in chickens: a review. **British Poultry Science**, v. 61, n. 5, p. 538-549, 2020.

ESTIENNE, A. *et al.* Adipokines Expression and Effects in Oocyte Maturation, Fertilization and Early Embryo Development: Lessons from Mammals and Birds. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 10, p. 3581, 2020.

FANATICO, A. C. *et al.* Sensory Attributes of slow- and fast-growing chicken genotypes raised indoors or with outdoor access. **Poultry Science**, v. 86, p. 2441-2449, 2007.

FRANCO, D. *et al.* Comparison of growth performance, carcass components, and meat quality between Mos rooster (Galician indigenous breed) and Sasso T-44 line slaughtered at 10 months. **Poultry Science**, v. 91, p. 1227-1239, 2012

FRANCO, D. *et al.* Carcass morphology and meat quality from roosters slaughtered at eight months affected by genotype and finishing feeding. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 2, p. 382-392, 2013.



GIAMPIETRO-GANECO, A. *et al.* Lipid Assessment, Cholesterol and Fatty Acid Profile of meat from broilers raised in four different rearing systems. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, p. 1-14, 2020.

GRUNDER, A. A.; CHAMBERS, J. R.; FORTIN, A. plasma very low density lipoproteins, abdominal fat lipase, and fatness during rearing in two strains of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 66, n. 3, p. 471-479, 1987.

GUO, X. *et al.* Effects of ovariectomy on body measurements, carcass composition, and meat quality of Huainan chickens. **Animal Production Science**, v. 57, n. 5, 2016.

HULLANCO, A.M.B. Aplicação de um sistema de classificação de carcaças e cortes e efeito após o abate da qualidade de carne de frangos criados em sistema alternativo. Escola Superior Agrícola Luiz de Queiroz, Universidade Federal de São Paulo, 2004.

HUSSEIN, E. O. S. *et al.* Effects of stock, sex, and muscle type on carcass characteristics and meat quality attributes of parent broiler breeders and broiler chickens. **Poultry Science**, v. 98, p. 6586-6592, 2019.

IKUSIKA, O. O. *et al.* Effect of strain, sex and slaughter weight on growth performance, carcass yield and quality of broiler meat. **Open Agriculture**, v. 5, p. 607-616, 2020.

INTARAPAT, S.; SAILASUTA, A.; SATAYALAI, O. Immunohistochemical localization of estrogen receptor in the embryonic gonad of male quail embryo during gonadal differentiation. **International Journal of Morphology**, v. 34, n. 2, p. 575-579, 2016.

IVESSA, N. E. *et al.* Molecular cloning, expression, and hormonal regulation of the chicken microsomal triglyceride transfer protein. **Gene**, v. 523, n.1, p. 1-9, 2013.

JAYASENA D. *et al.* Effect of Sex on Flavor-related and Functional Compounds in Freeze-dried Broth Made from Korean Native Chicken. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 34, n. 4, p. 448-456, 2014.

JUNG, Y. *et al.* Comparison of quality traits of thigh meat from Korean native chickens and broilers. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 31, n. 5, p. 684-692, 2011.

KÜÇÜKYILMAZ, K. *et al.* Chemical composition, fatty acid profile and colour of broiler meat as affected by organic and conventional rearing systems. **South African Journal of Animal Science**, v. 43, n. 4, 2012.

LI, H. *et al.* Transcriptome profile of liver at different physiological stages reveals potential mode for lipid metabolism in laying hens. **BMC Genomics**, v. 16, 2015

LIM, W.; SONG, W. Identification of Novel Regulatory Genes in Development of the Avian Reproductive Tracts. **Novel Genes in Development of Reproductive Tracts**, v. 9, n. 4, p. 1-17, 2014.

MICHALCSUK, M. *et al.* Influence of indoor and outdoor systems on meat quality of slow-

growing chickens. **CYTA-Journal of Food**, v. 15, n. 1, p. 15-20, 2017.

MOTTRAM, D. S. Flavour formation in meat and meat products: a review. **Food Chemistry**, V. 62, n. 4, p. 415-424, 1998.

MULLER, L. F. **Influência da condição sexual sobre o desempenho, características da carcaça e qualidade da carne de bovinos cruzados Angus X Nelore terminados em confinamento**. Dissertação (Mestre em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

NAKATA, T. *et al.* Chicken hemogen homolog is involved in the chicken-specific sex-determining mechanism. **Proceedings of the National Academy of Science**, v. 110, n. 9, p. 3417-3422, 2013.

NUALHNUPLONG, P.; WATTANACHANT, C. Effects of Age at Slaughter and Sex on Carcass Characteristics and Meat Quality of Betong Chicken. **Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science**, v. 43, n. 3, p. 343-357, 2020.

POURESLAMI, R. *et al.* Effect of diet, sex and age on fatty acid metabolism in broiler chickens: n-3 and n6 PUFA. **British Journal of Nutrition**, v. 104, p. 189-197, 2010.

RIKIMARU, K.; TAKAHASHI, H. Evaluation of the meat from Hinai-jidori chickens and broilers: analysis of general biochemical components, free amino acids, inosine 5'-monophosphate, and fatty acids. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 19, n. 4, p. 327-333, 2010.

RIZZI, C.; BARUCHELLO, M.; CHIERICATO, G. M. Effect of sex on slaughter performance and meat quality of Ermellinata di Rovigo chickens. **Italian Journal of Animal Science**, v. 8, n. 3, p. 276-278, 2009.

RIZZI, C. CHIERICATO, G. M. Chemical composition of meat and egg yolk of hybrid and Italian breed hens reared using an organic production system. **Poultry Science**, v. 89, p. 1239-1251, 2010.

RIZZI, C.; VERDIGLONE, R. Testicular growth and comb and wattles development in three Italian chicken genotypes reared under freerange conditions. **Italian Journal of Animal Science**, v. 14, p. 266-271, 2015.

ROCHA, Y. J. *et al.* Effect of chicken meat replacement by spent laying hen meat on physicochemical properties and sensorial characteristics of fresh sausage. **British Poultry Science**, v. 60, n. 2, p. 139-145, 2019.

RODRIGUEZ, J. *et al.* Carcass and meat quality characteristics of Brahman cross bulls and steers finished on tropical pastures in Costa Rica. **Meat Science**, v. 96, p. 1340-1344, 2014.

ROSE, K. A. *et al.* Ontogeny of sex differences in the energetics and kinematics of terrestrial locomotion in leghorn chickens (*Gallus gallus domesticus*). **Scientific Reports**, v. 6, p. 242-292, 2016.

SEMWOGERERE, F. *et al.* Effects of production systems on the carcass and meat quality

characteristics of spent laying hens. **Poultry Science**, v. 97, n. 6, p. 1990-1997, 2018.

SHI, L. *et al.* Effect of age at photostimulation on sexual maturation and egg-laying performance of layer breeders. **Poultry Science**, v. 99, p. 812-819, 2020.

SILVA, B. *et al.* Características endócrinas, metabólicas e indicadoras da qualidade da carne em bovinos Nelore castrados e não castrados. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 904-910, mai., 2014.

SILVA, D. C. F.; ARRUDA, A. M. V.; GONÇALVES, A. A. Quality characteristics of broiler chicken meat from free-range and industrial poultry system for the consumers. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 7, p. 1818-1826, 2017.

SOUZA, X. R.; FARIA, P. B.; BRESSAN, M. C. Proximate Composition and Meat Quality of Broilers Reared under Different Production Systems. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 13, n. 1, p. 15-20, 2011.

STADIG, L. M. *et al.* Effects of free-range access on production parameters and meat quality, composition and taste in slow-growing broiler chickens. **Poultry Science**, v. 95, p. 2971-2978, 2016.

SUN, Y. Y. *et al.* Effects of light regimen and nutrient density on growth performance, carcass traits, meat quality, and health of slow-growing broiler chickens. **Livestock Science**, v. 198, p. 201-208, 2017.

SUN, J. *et al.* Comparative analysis of the gut microbial composition and meat flavor of two chicken breeds in different rearing patterns. **BioMed Research International**, v. 2018, 2018.

TANAKA, K. *et al.* Changes in the activities of hepatic lipogenic-related enzymes and in the concentrations of various plasma and liver lipid fractions in hens before and after the onset of laying. **Japan Poultry Science**, v. 23, n. 4, 1986

TANG, H. *et al.* Variation of meat quality traits among five genotypes of chicken. **Poultry Science**, v. 88, p. 2212-2218, 2009.

TASONIERO, G. *et al.* Productive performances and carcass quality of male and female Italian Padovana and Polverara slow-growing chicken breeds. **Italian Journal of Animal Science**, v. 17, n. 2, p. 530-539, 2018.

VIGNALE, K. *et al.* The effect of four different feeding regimens from rearing period to sexual maturity on breast muscle protein turnover in broiler breeder parent stock. **Poultry Science**, v. 96, p. 1219 – 1227, 2017.

VIGNALE, K. *et al.* The effect of sexual maturity and egg production on skeletal muscle (pectoralis major and gastrocnemius) protein turnover in broiler breeder purê lines. **Poultry Science**, v. 97, n. 2, p. 531-539, 2018.

WANG, X. Q. *et al.* Nutrient density and slaughter age have differential effects on carcass performance, muscle and meat quality in fast and slow growing broiler genotypes. **British Poultry Science**, v. 54, n.1, p. 50-61, 2013.

WEGLARZ, A.; ANDRES, K.; WOJTYSIK, D. Slaughter value and meat quality in two strains of polish crested cockerels. **Italian Journal of Animal Science**, v. 19, n. 1, p. 813-821, 2020.

YANG, Y. Z. *et al.* Histological characteristics of follicles and reproductive hormone secretion during ovarian follicle development in laying geese. **Poultry Science**, v. 98, p. 6063-6070, 2019.

ZHENG, H. *et al.* Oestrogen regulates the expression of *cathepsin E-A-like* gene through ER $\beta$  in liver of chicken (*Gallus gallus*). **Journal of Genetics**, v. 97, n. 1, p. 145-155, 2018.

ZHANG, M. estrogen promotes hepatic synthesis of long-chain polyunsaturated acids by regulating ELOVL5 at post-transcriptional level in laying hens. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 18, 2017.

ZLENDER, B. *et al.* Fatty acid composition of poultry meat from free range rearing. **Poljoprivreda**, v. 6, n. 1, 2000.

ZOTTE, A. D. *et al.* Meat quality of male and female Italian Padovana and Polverara slow-growing chicken breeds. **Italian Journal of Animal Science**, v. 18, n. 1, p. 398-404, 2019.

**ARTIGO 1 - Maturidade sexual na qualidade da carne de frangos criados em sistema alternativo**

**Effect of sexual maturity on meat quality raised in an alternative system**

JOANNA OLIVEIRA MARÇAL<sup>1</sup>  
ADRIANO GERALDO<sup>2</sup>  
JOSÉ RAFAEL MIRANDA<sup>1</sup>  
CÉSAR AUGUSTO POSPISIL GARBOSSA<sup>3</sup>  
PETER BITENCOURT FARIA<sup>1\*</sup>

Elaborado segundo as normas do periódico Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia

---

1 Universidade Federal de Lavras – UFLA

2 Instituto Federal Minas Gerais – IFMG – Campus Bambuí

3 Universidade de São Paulo – USP

\* peter@ufla.br

## RESUMO

O objetivou-se avaliar o desenvolvimento sexual e correlacionar com os parâmetros de qualidade de carne de frangos criados em sistema alternativo. O delineamento foi inteiramente casualizado (DIC) disposto em esquema fatorial (2x2), sendo dois sexos (macho e fêmea) e duas categorias de maturidade sexual (não maduro e maduro). Foram utilizadas 90 aves da linhagem Label Rouge (Pesçoço Pelado), sendo 45 fêmeas e 45 machos abatidas em cinco idades diferentes (70, 90, 120, 150 e 180 dias). Foram avaliados os parâmetros físico-químicos, composição centesimal e vida de prateleira. Em ambos os cortes, a maturidade sexual promoveu um aumento na força de cisalhamento, além de afetar a coloração da carne levando ao aumento do índice de vermelho. A umidade foi menor na coxa das aves após a maturidade sexual. Em ambos os cortes o teor de gordura foi maior em fêmeas madura sexualmente. A maturidade sexual afetou a coloração da carne levando a carne mais avermelhada, além de proporcionar uma diminuição na maciez e uma menor shelf life.

**Palavras-chave:** desenvolvimento sexual; características de qualidade; sexo.

## ABSTRACT

This research study aimed at evaluating the sexual maturity of chickens raised in an alternative system and correlate it with meat quality parameters. The fully randomized design (FRD) was used at a (2x2) factorial scheme, being two sexes (male and female) and two categories of sexual maturity (immature and mature). 90 birds belonging to Label Rouge (*Pescoço Pelado*) strain were used, being 45 females and 45 males slaughtered at five different ages (70, 90, 120, 150, and 180 days). The physicochemical parameters, centesimal composition and shelf life were assessed. In both cases, sexual maturity promoted an increase in shear force, and affected the meat color by raising the red rate. Moisture was higher in chicken legs after sexual maturity. In both cuts, fat content was higher in sexually mature females. Sexual maturity also affected coloration, leading to more reddish meat, and causing a decrease in tenderness and shorter shelf life.

**Keywords:** sexual development; quality features; sex

## INTRODUÇÃO

A procura por frangos caipira vem aumentando, tornando-se um mercado promissor no ramo da avicultura. No Brasil, denomina-se “sistema de produção de frango caipira” aquele destinado a produção de carne, por meio de linhagens de crescimento lento e com acesso a pastagem, sendo vedado o uso de promotores de crescimento de qualquer natureza, onde ainda, a idade de abate será entre 70 e 120 dias (Brasil, 2020).

Assim, aves caipiras são abatidas antes da maturidade sexual. Na literatura, estudos avaliando parâmetros de qualidade da carne de frangos criados em sistema alternativo, abatidos com 81 e 85 dias, não observaram diferença em relação a frangos criados em sistema convencional (Aguiar *et al.*, 2008; Souza *et al.*, 2011). Por outro lado, pesquisas, nas quais, abateram aves com idade acima de 85 até 110 dias de idade, relataram alterações principalmente, na coloração, composição nutricional, teor de gordura e textura da carne de frangos caipira (Faria *et al.*, 2009; Souza, *et al.*, 2012).

A maturidade sexual pode interferir nos parâmetros de qualidade final da carne de frangos caipiras (Rose *et al.*, 2016), devido ao aumento da idade desses animais e a ação dos hormônios sexuais (Chen *et al.*, 2006; Peter *et al.*, 2009; Souza *et al.*, 2012). Entretanto, faltam estudos avaliando esse efeito e como estes parâmetros estão associados a preferência do consumidor, que busca nestes produtos uma carne com textura firme e coloração mais escura (Cruz *et al.*, 2018).

Diante disso, este estudo objetivou avaliar o efeito da maturidade sexual nos principais parâmetros de qualidade de carne de frangos de corte criados em sistema alternativo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo, foram utilizados um total de 90 aves, sendo 45 machos e 45 fêmeas da linhagem Label Rouge (Pesçoço Pelado). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) disposto em esquema fatorial (2 x 2), sendo dois sexos (macho e fêmea) e duas categorias de maturidade sexual (não maduros e maduros). Foram realizados abate das aves aos 70, 90, 120, 150 e 180 dias.

A dieta fornecida foi fornecida de acordo com a fase de crescimento (Tab. 1). As aves foram mantidas em galpão de alvenaria por 28 dias e depois alojadas em área própria para a criação de aves caipira, com separação entre machos e fêmeas e taxa de lotação de 3 m<sup>2</sup> por animal.



Tabela 1. Componentes e composição das rações inicial, de Crescimento I e II e final fornecidas para os frangos caipiras.

| <b>Ingredientes (Kg)</b>        | <b>Ração inicial (1-28 dias)</b> | <b>Ração Crescimento I (29-49 dias)</b> | <b>Ração Crescimento II (50-70 dias)</b> | <b>Ração Final (71-180 dias)</b> |
|---------------------------------|----------------------------------|---|--|----------------------------------|
| Milho                           | 64,7                             | 69,1                                    | 72,75                                    | 73,45                            |
| Farelo de soja                  | 31,7                             | 27,7                                    | 23,85                                    | 22,8                             |
| Óleo degomado de soja           | 0                                | 0                                       | 0,2                                      | 0,9                              |
| Caulim                          | 0                                | 0                                       | 0,2                                      | 0,2                              |
| Calcário calcítico <sup>1</sup> | 0,1                              | 0,2                                     | 0  | 0,15                             |
| Núcleo para frangos caipiras    | 3,5                              | 3                                       | 3  | 2,5                              |
| <b>Valores calculados</b>       | <b>Ração inicial (Kg)</b>        | <b>Ração Crescimento I (kg)</b>         | <b>Ração Crescimento II (Kg)</b>         | <b>Ração Final (Kg)</b>          |
| EM <sup>2</sup> (kcal/kg)       | 2949,20                          | 2996,13                                 | 3047,97                                  | 3098,19                          |
| PB <sup>3</sup> (%)             | 20,07                            | 18,5                                    | 17,01                                    | 16,5                             |
| Cálcio (%)                      | 1,05                             | 0,9051                                  | 0,8663                                   | 0,7911                           |
| Fósforo disponível (%)          | 0,4092                           | 0,3609                                  | 0,3567                                   | 0,3102                           |
| Metionina + Cistina (%)         | 0,6911                           | 0,637                                   | 0,643                                    | 0,5725                           |
| Lisina (%)                      | 0,9609                           | 0,8673                                  | 0,7789                                   | 0,751                            |
| Treonina (%)                    | 0,6778                           | 0,6273                                  | 0,5721                                   | 0,5522                           |
| Triptofano (%)                  | 0,2292                           | 0,2081                                  | 0,1877                                   | 0,1816                           |
| Colina (mg/kg)                  | 1153,96                          | 1059,73                                 | 994,67                                   | 945,74                           |
| Sódio (mg/kg)                   | 1848,39                          | 1613,59                                 | 1611,59                                  | 1375,69                          |
| Cloro (mg/kg)                   | 3103,34                          | 2744,98                                 | 2746,98                                  | 2381,02                          |

<sup>1</sup>Níveis de garantia do núcleo para frangos caipira: ácido fólico (mín.) 23,33 mg/kg, ácido pantotênico (mín.) 333,33 mg/kg, b.h.t. (mín.) 500 mg/kg, biotina (mín.) 0,5 mg/kg, cálcio (mín.) 240 g/kg, cálcio (máx.) 270 g/kg, cobre (mín.) 333mg/kg, colina (mín.) 6.000 mg/kg, ferro (mín.) 1.667 mg/kg, flúor (máx.) 497,8 mg/kg, fósforo (mín.) 51 g/kg, iodo (mín.) 28,33 g/kg, lisina (mín.) 10g/kg, manganês (mín.) 2.333 mg/kg, metionina (mín.) 40 g/kg, niacina (mín.) 1.000 mg/kg, selênio (mín.) 10 mg/kg, sódio (mín.) 47,28 g/kg, vitamina A (mín.) 159 UI/kg, vitamina B1 (mín.) 33,33 mg/kg, vitamina B12 (mín.) 333,33 mcg/kg, vitamina B2 (mín.) 133,33 mg/kg, vitamina B6 (mín.) 66,67 mg/kg, vitamina D3 (mín.) 50.000 UI/kg, vitamina E (mín.) 266,667 UI/kg, vitamina K3 (mín.) 53,33 mg/kg, zinco (mín.) 2.000 mg/kg; <sup>2</sup>energia metabolizável; <sup>3</sup>proteína bruta.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) do Instituto Federal de Minas Gerais sob o número 04/2019.

As aves foram abatidas respeitando o método humanitário. As carcaças, após a evisceração, foram embaladas, identificadas e resfriadas em câmara fria a 5°C, onde permaneceram por um período mínimo de 3 horas. Os cortes, peito e coxa, foram desossados 24 horas *post mortem*, embalados, identificados e conservados a -18°C.

O grupo de animais não maduros sexualmente foi composto por aves que não apresentaram o completo desenvolvimento das gônadas. O grau de maturidade sexual dos machos foi determinado segundo Santos *et al.* (2012) através do diâmetro dos túbulos seminíferos dos testículos e foram considerados maduros as aves que apresentaram diâmetro

testicular mínimo de 119,73  $\mu\text{m}$ . Nas fêmeas, a maturidade sexual foi definida visualmente, considerando maduras àquelas que apresentavam folículos desenvolvidos.

O número de aves Machos Não Maduros foi de 18 animais abatidos aos 70 dias (n=9) e 90 dias (n=9), com peso médio de abate de  $2,908 \pm 0,318\text{kg}$ . Para aves Machos Maduros foi de 27 animais abatidos aos 120 (n=9), 150 (n=9) e 180 dias (n=9), com peso médio de abate de  $4,146 \pm 0,482\text{kg}$ . O número de aves Fêmeas Não Maduras foi de 21 animais com abate aos 70 (n=9), 90 (n=9) e 120 dias (n=3), com peso médio de  $2,637 \pm 0,255\text{kg}$ . Para aves Fêmeas Maduras foi de 24 animais com abate aos 120 (n=6), 150 (n=9) e 180 dias (n=9) e peso médio ao abate de  $3,301 \pm 0,303\text{kg}$ .

A leitura do pH foi realizada com peagâmetro digital da marca Hanna Instruments e Modelo HI 99163, de acordo com AOAC (1997). A análise de cor foi registrada pelo colorímetro Minolta Chroma Meter-200b operando no sistema CIE  $L^*a^*b^*$ , em que o  $L^*$  representa luminosidade,  $a^*$  representa teor de vermelho e  $b^*$  representa teor de amarelo. Com esses valores foram calculado o índice de croma ( $C^*$ ) [ $C = (A^{*2} + B^{*2})^{1/2}$ ] e o ângulo de tonalidade ( $h^*$ ) [ $h = \tan^{-1} (b^*/a^*)$ ] (Ramos e Gomide, 2017).

As amostras para perda de peso por cozimento (PPC) foram pesadas em balança e envolvidas em papel alumínio e, em seguida, submetidas a cozimento em chapa elétrica aquecida à  $150^\circ\text{C}$ , até atingirem a temperatura de  $72^\circ\text{C}$  (Faria *et al.*, 2009). Através dos cálculos dos pesos, antes e depois da cocção, obtiveram-se a PPC em porcentagem.

As amostras de PPC foram utilizadas para avaliar a maciez, sendo cortadas em pedaços com dimensões de  $2,0 \times 1,0 \times 1,0\text{ cm}$ , com o maior comprimento no sentido longitudinal das fibras musculares, conforme Froning e Uittenboogaart (1988). Posteriormente, as amostras, foram seccionadas no sentido transversal das fibras utilizando texturômetro da marca Extralab e modelo TA.XT Plus®.

As determinações de umidade, proteína, cinzas e extrato etéreo foram realizadas segundo AOAC (2005).

Para a realização das análises de colágeno, as amostras de peito e coxa foram pesadas, trituradas com solução de extração e incubadas a  $77^\circ\text{C}$  durante 70 minutos, com agitação a cada 10 minutos, resfriadas e centrifugadas. Após a separação das frações e a adição do HCl, foram mantidas em estufa a  $105^\circ\text{C}$  por 12/18 horas. Ao serem resfriadas, foram filtradas após adição de carvão ativado, tituladas, e o conteúdo de colágeno quantificado através da determinação do aminoácido hidroxiprolina (Bergman & Loxley, 1963), conforme descrito por Ramos e Gomide (2017).

A *shelf life*, foi avaliada considerando o índice de oxidação lipídica nas amostras de

peito e coxa nas datas 0, 30 e 60 dias após o abate. A oxidação lipídica foi determinada de acordo com Kang *et al.* (2001) com algumas modificações.

Para realização das análises estatísticas cada parcela experimental/repetição foi representada por três aves. Os dados foram analisados através do programa SAS®. As variáveis com respostas de efeitos significativos na análise de variância para os tratamentos e/ou interações foram submetidos ao teste de F com significância de 5%.

## **RESULTADOS**

Para os parâmetros físico-químicos avaliados, no corte de peito, houve interação entre maturidade sexual e sexo na variável cor (Tab. 2), com os machos maduros sexualmente exibindo menor média para índice de tonalidade ( $h^*$ ) ( $p=0,014$ ). Para o corte de coxa, não foi observado interação entre os fatores (Tab. 3).

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos da carne de peito de frangos de corte da linhagem Label Rouge em função do sexo e maturidade sexual e interações.

| Variáveis      | Maturidade Sexual (MS) | Sexo (S)            |                     | Média | EPM * | Valor de P |        |       |
|----------------|------------------------|---------------------|---------------------|-------|-------|------------|--------|-------|
|                |                        | Fêmea               | Macho               |       |       | MS         | S      | MS*S  |
| L*             | Não Maduro             | 57,84               | 56,42               | 57,13 | 0,941 | 0,465      | 0,009  | 0,251 |
|                | Maduro                 | 59,47               | 56,05               | 57,76 |       |            |        |       |
|                | Média                  | 58,66               | 56,23               |       |       |            |        |       |
| a*             | Não Maduro             | 4,07                | 5,15                | 4,61  | 0,983 | 0,027      | 0,210  | 0,990 |
|                | Maduro                 | 6,87                | 7,66                | 7,27  |       |            |        |       |
|                | Média                  | 5,47                | 6,41                |       |       |            |        |       |
| b*             | Não Maduro             | 13,85               | 11,40               | 12,63 | 0,581 | 0,581      | 0,0002 | 0,778 |
|                | Maduro                 | 13,41               | 11,26               | 12,33 |       |            |        |       |
|                | Média                  | 13,63               | 11,33               |       |       |            |        |       |
| C*             | Não Maduro             | 14,74               | 11,91               | 13,32 | 0,593 | 0,062      | 0,001  | 0,200 |
|                | Maduro                 | 15,08               | 13,66               | 14,37 |       |            |        |       |
|                | Média                  | 14,91               | 12,79               |       |       |            |        |       |
| h*             | Não Maduro             | 73,67 <sup>aA</sup> | 74,84 <sup>Aa</sup> | 74,25 | 2,946 | <0,0001    | 0,062  | 0,014 |
|                | Maduro                 | 63,04 <sup>aB</sup> | 55,99 <sup>bB</sup> | 59,51 |       |            |        |       |
|                | Média                  | 68,35               | 65,41               |       |       |            |        |       |
| PPC (%)        | Não Maduro             | 17,79               | 21,30               | 19,54 | 1,644 | 0,352      | 0,140  | 0,412 |
|                | Maduro                 | 20,44               | 21,47               | 20,96 |       |            |        |       |
|                | Média                  | 19,12               | 21,38               |       |       |            |        |       |
| pH final       | Não Maduro             | 5,81                | 5,74                | 5,77  | 0,050 | 0,673      | 0,307  | 0,662 |
|                | Maduro                 | 5,81                | 5,78                | 5,79  |       |            |        |       |
|                | Média                  | 5,81                | 5,76                |       |       |            |        |       |
| FC (kgf)       | Não Maduro             | 1,15                | 1,36                | 1,25  | 0,195 | <0,0001    | 0,078  | 0,417 |
|                | Maduro                 | 1,89                | 2,17                | 2,03  |       |            |        |       |
|                | Média                  | 1,52                | 1,77                |       |       |            |        |       |
| Col Sol mg/g   | Não Maduro             | 0,92 <sup>aA</sup>  | 1,05 <sup>aA</sup>  | 0,98  | 0,291 | 0,922      | 0,004  | 0,024 |
|                | Maduro                 | 0,50 <sup>bA</sup>  | 1,59 <sup>aA</sup>  | 1,04  |       |            |        |       |
|                | Média                  | 0,71                | 1,32                |       |       |            |        |       |
| Col Ins mg/g   | Não Maduro             | 1,81                | 1,35                | 1,58  | 0,494 | 0,015      | 0,406  | 0,085 |
|                | Maduro                 | 2,54                | 3,80                | 3,17  |       |            |        |       |
|                | Média                  | 2,17                | 2,58                |       |       |            |        |       |
| Col Total mg/g | Não Maduro             | 2,72 <sup>aA</sup>  | 2,40 <sup>aB</sup>  | 2,56  | 0,675 | 0,0547     | 0,174  | 0,036 |
|                | Maduro                 | 3,03 <sup>bA</sup>  | 5,39 <sup>aA</sup>  | 4,21  |       |            |        |       |
|                | Média                  | 2,88                | 3,90                |       |       |            |        |       |
| Col Sol %      | Não Maduro             | 34,64               | 41,58               | 38,11 | 4,601 | 0,0005     | 0,025  | 0,483 |
|                | Maduro                 | 15,17               | 28,03               | 21,60 |       |            |        |       |
|                | Média                  | 24,91               | 34,80               |       |       |            |        |       |
| Col Ins %      | Não Maduro             | 65,36               | 58,42               | 61,89 | 4,601 | 0,0005     | 0,025  | 0,483 |
|                | Maduro                 | 84,83               | 71,97               | 78,40 |       |            |        |       |
|                | Média                  | 75,09               | 65,20               |       |       |            |        |       |

Teste F a 5% de probabilidade. Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste de F com  $P < 0.05$ . L\* - luminosidade; a\* - índice de vermelho; b\* - índice de amarelo; C\* - índice de saturação; h\* - ângulo de tonalidade; PPC - perda de peso por cozimento; FC - força de cisalhamento; Col Sol mg/g - teor de colágeno solúvel em mg por g da amostra; Col Ins mg/g - teor de colágeno insolúvel em mg por g da amostra; Col Total mg/g - teor de colágeno total em mg por g da amostra; Col Sol % - porcentagem de colágeno solúvel; Col Ins % - porcentagem de colágeno insolúvel; EPM - erro padrão da média

Em ambos os cortes, aves após a maturidade sexual apresentaram maiores médias no valor de vermelho ( $a^*$ ) ( $p=0,027$  e  $p=0,002$ , respectivamente). Ainda, a coxa de aves maduras sexualmente exibiu uma redução no índice de luminosidade ( $L^*$ ) ( $p=0,0003$ ) e no índice de tonalidade ( $h^*$ ) ( $p=0,0001$ ) e um aumento no índice de saturação ( $C^*$ ) ( $0,0007$ ) (Tab. 3). O peito de fêmeas apresentou maiores médias de  $L^*$  ( $p=0,009$ ), valor de amarelo ( $b^*$ ) ( $p=0,0002$ ) e  $C^*$  ( $p=0,001$ ), em relação aos machos (Tab. 2).

Tabela 3. Parâmetros físico-químicos da carne de coxa de frangos de corte da linhagem Label Rouge em função do sexo e maturidade sexual e interações.

| Variáveis    | Maturidade Sexual (MS) | Sexo (S)           |                    | Média | EPM*  | Valor de P |        |       |
|--------------|------------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|------------|--------|-------|
|              |                        | Fêmea              | Macho              |       |       | MS         | S      | MS*S  |
| L*           | Não Maduro             | 51,23              | 51,29              | 51,26 | 0,893 | 0,0003     | 0,081  | 0,069 |
|              | Maduro                 | 49,43              | 46,43              | 47,93 |       |            |        |       |
|              | Média                  | 50,33              | 48,86              |       |       |            |        |       |
| a*           | Não Maduro             | 11,76              | 12,03              | 11,89 | 1,281 | 0,0002     | 0,324  | 0,583 |
|              | Maduro                 | 16,22              | 17,80              | 17,01 |       |            |        |       |
|              | Média                  | 13,99              | 14,91              |       |       |            |        |       |
| b*           | Não Maduro             | 13,46              | 14,09              | 13,77 | 0,406 | 0,157      | 0,777  | 0,164 |
|              | Maduro                 | 13,45              | 13,03              | 13,24 |       |            |        |       |
|              | Média                  | 13,45              | 13,56              |       |       |            |        |       |
| C*           | Não Maduro             | 18,13              | 18,82              | 18,48 | 0,897 | 0,0007     | 0,312  | 0,851 |
|              | Maduro                 | 21,09              | 22,08              | 21,59 |       |            |        |       |
|              | Média                  | 19,61              | 20,45              |       |       |            |        |       |
| h*           | Não Maduro             | 49,88              | 50,76              | 50,32 | 3,106 | <0.0001    | 0,134  | 0,186 |
|              | Maduro                 | 40,00              | 36,22              | 38,11 |       |            |        |       |
|              | Média                  | 44,94              | 43,49              |       |       |            |        |       |
| PPC %        | Não Maduro             | 29,85              | 32,17              | 31,01 | 1,566 | 0,453      | 0,100  | 0,100 |
|              | Maduro                 | 30,83              | 33,35              | 32,09 |       |            |        |       |
|              | Média                  | 30,34              | 32,76              |       |       |            |        |       |
| pH final     | Não Maduro             | 5,87               | 5,75               | 5,81  | 0,072 | 0,738      | 0,191  | 0,620 |
|              | Maduro                 | 5,86               | 5,80               | 5,83  |       |            |        |       |
|              | Média                  | 5,86               | 5,77               |       |       |            |        |       |
| FC (kgf)     | Não Maduro             | 1,86               | 1,72               | 1,79  | 0,248 | 0,005      | 0,135  | 0,501 |
|              | Maduro                 | 2,81               | 2,46               | 2,64  |       |            |        |       |
|              | Média                  | 2,34               | 2,09               |       |       |            |        |       |
| Col Sol mg/g | Não Maduro             | 1,40 <sup>aA</sup> | 1,47 <sup>aA</sup> | 1,43  | 0,293 | 0,120      | 0,0002 | 0,003 |
|              | Maduro                 | 0,58 <sup>Bb</sup> | 2,12 <sup>aA</sup> | 1,35  |       |            |        |       |
|              | Média                  | 0,99               | 1,79               |       |       |            |        |       |
| Col Ins mg/g | Não Maduro             | 2,51               | 2,62               | 2,56  | 0,633 | <0.0001    | 0,030  | 0,277 |
|              | Maduro                 | 4,61               | 6,80               | 5,70  |       |            |        |       |
|              | Média                  | 3,56               | 4,71               |       |       |            |        |       |

|                |            |                     |                     |       |       |         |       |       |
|----------------|------------|---------------------|---------------------|-------|-------|---------|-------|-------|
| Col Total mg/g | Não Maduro | 3,91                | 4,09                | 3,99  | 0,810 | <0.0001 | 0,020 | 0,149 |
|                | Maduro     | 5,19                | 8,91                | 7,05  |       |         |       |       |
|                | Média      | 4,55                | 6,50                |       |       |         |       |       |
| Col Sol %      | Não Maduro | 34,71 <sup>aA</sup> | 36,19 <sup>aA</sup> | 35,45 | 2,323 | <0.0001 | 0,002 | 0,038 |
|                | Maduro     | 11,31 <sup>bB</sup> | 23,60 <sup>aB</sup> | 17,45 |       |         |       |       |
|                | Média      | 23,01               | 29,90               |       |       |         |       |       |
| Col Ins %      | Não Maduro | 65,29 <sup>aB</sup> | 63,81 <sup>aB</sup> | 64,55 | 2,323 | <0.0001 | 0,002 | 0,038 |
|                | Maduro     | 88,69 <sup>aA</sup> | 76,40 <sup>bA</sup> | 82,55 |       |         |       |       |
|                | Média      | 76,99               | 70,10               |       |       |         |       |       |

Teste de F a 5% de probabilidade. Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste de F com  $P < 0.05$ . L\* - luminosidade; a\* - índice de vermelho; b\* - índice de amarelo; C\* - índice de saturação; h\* - ângulo de tonalidade; PPC - perda de peso por cozimento; FC - força de cisalhamento; Col Sol mg/g – teor de colágeno solúvel em mg por g da amostra; Col Ins mg/g – teor de colágeno insolúvel em mg por g da amostra; Col Total mg/g – teor de colágeno total em mg por g da amostra; Col Sol % - porcentagem de colágeno solúvel; Col Ins % - porcentagem de colágeno insolúvel; EPM – erro padrão da média.

Para perda de peso por cozimento (PPC) e pH de ambos os cortes, o estudo não demonstrou efeito ( $p > 0,05$ ) dos fatores sexo e maturidade sexual (Tab. 2 e 3).

Para a análise de colágeno, foi observado interação do sexo e maturidade sexual para os teores de colágeno solúvel em ambos os cortes, com machos maduros sexualmente apresentando maiores médias ( $p = 0,024$  e  $p = 0,003$ ) (Tab. 2 e 3). No peito, o trabalho demonstrou interação entre os fatores para o teor de colágeno total, com os machos maduros sexualmente exibindo maior média ( $p = 0,036$ ) (Tab. 2). Houve ainda, na coxa, interação entre sexo e maturidade sexual, na porcentagem de colágeno solúvel e insolúvel, com as fêmeas maduras sexualmente exibindo menores ( $p = 0,038$ ) e maiores médias ( $p = 0,038$ ), respectivamente (Tab. 3). Aves maduras sexualmente apresentaram maiores quantidades de colágeno insolúvel, em ambos os cortes ( $p = 0,0149$  e  $p < 0,0001$ ) (Tab. 2 e 3). Na coxa, aves após a maturidade apresentaram maior teor de colágeno total em comparação as aves não maduras ( $p = 0,0001$ ). E, para o sexo, os machos exibiram maior média comparando-se com as fêmeas ( $p = 0,020$ ) (Tab. 3). Na coxa, os machos exibiram maiores teores de colágeno insolúvel ( $p = 0,030$ ) (Tab. 3). Em ambos os cortes, foi observado uma redução da porcentagem de colágeno solúvel ( $p = 0,0005$  e  $p < 0,0001$ ) e um aumento da porcentagem de colágeno insolúvel ( $p = 0,0005$  e  $p < 0,0001$ ) em aves maduras sexualmente (Tab. 2 e 3). Em relação ao sexo, foi observado que os frangos machos apresentaram uma maior porcentagem de colágeno solúvel ( $p = 0,025$  e  $p = 0,002$ ) e uma menor porcentagem de colágeno insolúvel ( $p = 0,025$  e  $p = 0,002$ ) (Tab. 2 e 3).

Aves maduras sexualmente exibiram maior média para força de cisalhamento (FC) no peito e coxa ( $p < 0,0001$  e  $p = 0,005$ , respectivamente) (Tab. 2 e 3). Não foi observado efeito isolado do sexo na FC de ambos os cortes (Tab. 2 e 3).

Para a composição centesimal, houve interação entre maturidade sexual e sexo para o teor de extrato etéreo (EE) para peito e coxa (Tab. 4 e 5), com fêmeas maduras sexualmente apresentaram maior média ( $p=0,013$  e  $p=0,035$ , respectivamente). Para os parâmetros proteína e umidade, não foi observado efeito da maturidade sexual no peito (Tab. 4). No entanto, na coxa, aves maduras sexualmente exibiram maior média para o teor de cinzas ( $p=0,010$ ) e menor média para umidade ( $p=0,028$ ) (Tab. 5). Em ambos os cortes, os machos exibiram maior teor de umidade ( $p=0,009$  e  $p=0,017$ ) (Tab. 4 e 5).

Tabela 4. Parâmetros centesimais e de shelf life da carne de peito de frangos de corte da linhagem Label Rouge em função do sexo e maturidade sexual e interações.

| Variáveis       | Maturidade Sexual (MS) | Sexo (S)           |                    | Média | EPM * | Valor de P |         |       |
|-----------------|------------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|------------|---------|-------|
|                 |                        | Fêmea              | Macho              |       |       | MS         | S       | MS*S  |
| Proteína (%)    | Não Maduro             | 24,44              | 23,67              | 24,05 | 0,544 | 0,238      | 0,422   | 0,683 |
|                 | Maduro                 | 24,60              | 24,48              | 24,54 |       |            |         |       |
|                 | Média                  | 24,52              | 24,08              |       |       |            |         |       |
| Cinzas (%)      | Não Maduro             | 1,24               | 1,14               | 1,19  | 0,085 | 0,050      | 0,063   | 0,928 |
|                 | Maduro                 | 1,43               | 1,26               | 1,35  |       |            |         |       |
|                 | Média                  | 1,34               | 1,20               |       |       |            |         |       |
| Umidade (%)     | Não Maduro             | 74,76              | 75,55              | 75,16 | 0,347 | 0,109      | 0,009   | 0,756 |
|                 | Maduro                 | 74,15              | 75,13              | 74,64 |       |            |         |       |
|                 | Média                  | 74,45              | 75,34              |       |       |            |         |       |
| EE (%)          | Não Maduro             | 0,69 <sup>aB</sup> | 0,89 <sup>aA</sup> | 0,79  | 0,121 | 0,108      | 0,859   | 0,013 |
|                 | Maduro                 | 1,21 <sup>aA</sup> | 0,78 <sup>bA</sup> | 0,99  |       |            |         |       |
|                 | Média                  | 0,95               | 0,83               |       |       |            |         |       |
| Oxid 0 (MDA/g)  | Não Maduro             | 0,12               | 0,01               | 0,06  | 0,058 | <0,0001    | <0,0001 | 0,507 |
|                 | Maduro                 | 0,42               | 0,17               | 0,29  |       |            |         |       |
|                 | Média                  | 0,27               | 0,09               |       |       |            |         |       |
| Oxid 30 (MDA/g) | Não Maduro             | 0,36               | 0,26               | 0,31  | 0,111 | 0,215      | 0,008   | 0,593 |
|                 | Maduro                 | 0,68               | 0,27               | 0,47  |       |            |         |       |
|                 | Média                  | 0,52               | 0,26               |       |       |            |         |       |
| Oxid 60 (MDA/g) | Não Maduro             | 0,27 <sup>aB</sup> | 0,34 <sup>aA</sup> | 0,31  | 0,057 | 0,552      | 0,145   | 0,010 |
|                 | Maduro                 | 0,45 <sup>aA</sup> | 0,23 <sup>bA</sup> | 0,34  |       |            |         |       |
|                 | Média                  | 0,36               | 0,28               |       |       |            |         |       |

Teste F a 5% de probabilidade. Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste de F com  $P < 0,05$ . EE – extrato etéreo; Oxid 0 – oxidação tempo 0; Oxid 30 – oxidação tempo 30; Oxid 60 – oxidação tempo 60; EPM – erro padrão da média.

Houve interação entre os fatores para oxidação no tempo de 60 dias após o abate no peito (Tab. 4) e oxidação no tempo 0 na coxa (Tab. 3), sendo que em ambos, as fêmeas maduras sexualmente apresentaram maior média ( $p=0,010$  e  $p=0,023$ , respectivamente). Para a oxidação no tempo 0, o peito de aves maduras sexualmente ( $p<0,0001$ ) exibiu maior média (Tab. 4). Em contrapartida, a coxa de aves maduras sexualmente exibiu maior média na oxidação no tempo



de 60 dias (Tab. 5). O peito de machos exibiu menor média na oxidação do tempo 0 ( $p < 0,0001$ ) e 30 dias após o abate ( $p = 0,0001$ ) (Tab. 4).

Tabela 5. Parâmetros centesimais e de shelf life da carne de coxa de frangos de corte da linhagem Label Rouge em função do sexo e maturidade sexual e interações.

| Variáveis       | Maturidade Sexual (MS) | Sexo (S)           |                    | Média | EPM*  | Valor de P |       |       |
|-----------------|------------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|------------|-------|-------|
|                 |                        | Fêmea              | Macho              |       |       | MS         | S     | MS*S  |
| Proteína (%)    | Não Maduro             | 24,03              | 23,09              | 23,56 | 0,491 | 0,626      | 0,316 | 0,280 |
|                 | Maduro                 | 23,76              | 23,79              | 23,78 |       |            |       |       |
|                 | Média                  | 23,89              | 23,44              |       |       |            |       |       |
| Cinzas (%)      | Não Maduro             | 1,01               | 0,98               | 0,99  | 0,037 | 0,010      | 0,913 | 0,363 |
|                 | Maduro                 | 1,05               | 1,05               | 1,05  |       |            |       |       |
|                 | Média                  | 1,03               | 1,02               |       |       |            |       |       |
| Umidade (%)     | Não Maduro             | 76,56              | 76,96              | 76,76 | 0,305 | 0,028      | 0,017 | 0,281 |
|                 | Maduro                 | 75,62              | 76,62              | 76,12 |       |            |       |       |
|                 | Média                  | 76,09              | 76,79              |       |       |            |       |       |
| EE (%)          | Não Maduro             | 2,22 <sup>aA</sup> | 2,34 <sup>aA</sup> | 2,28  | 0,269 | 0,961      | 0,098 | 0,035 |
|                 | Maduro                 | 2,75 <sup>aA</sup> | 1,79 <sup>bA</sup> | 2,27  |       |            |       |       |
|                 | Média                  | 2,48               | 2,07               |       |       |            |       |       |
| Oxid 0 (MDA/g)  | Não Maduro             | 0,17 <sup>aB</sup> | 0,10 <sup>aB</sup> | 0,13  | 0,199 | <0,0001    | 0,017 | 0,023 |
|                 | Maduro                 | 1,12 <sup>aA</sup> | 0,26 <sup>bA</sup> | 0,69  |       |            |       |       |
|                 | Média                  | 0,64               | 0,18               |       |       |            |       |       |
| Oxid 30 (MDA/g) | Não Maduro             | 0,48               | 0,43               | 0,46  | 0,119 | 0,109      | 0,144 | 0,531 |
|                 | Maduro                 | 0,80               | 0,53               | 0,66  |       |            |       |       |
|                 | Média                  | 0,64               | 0,48               |       |       |            |       |       |
| Oxid 60 (MDA/g) | Não Maduro             | 0,36               | 0,37               | 0,37  | 0,225 | 0,0001     | 0,284 | 0,571 |
|                 | Maduro                 | 1,33               | 0,62               | 0,98  |       |            |       |       |
|                 | Média                  | 0,84               | 0,50               |       |       |            |       |       |

Teste F a 5% de probabilidade. Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste de F com  $P < 0,05$ . EE – extrato etéreo; Oxid 0 – oxidação tempo 0; Oxid 30 – oxidação tempo 30; Oxid 60 – oxidação tempo 60; EPM – erro padrão da média.

## DISCUSSÃO

Em relação a cor da carne, o peito de aves não maduras sexualmente apresentou predominância da cor amarela, de acordo com a escala de cores do Sistema Ciel\*a\*b\* (70 a 100°) (Ramos e Gomide, 2017). Com a maturidade sexual houve redução no ângulo de tonalidade, sendo essa maior nos machos, no entanto, apesar da diferença entre os sexos, a cor predominante na carne de machos e fêmeas maduros foi a laranja (25 a 70°) (Ramos e Gomide, 2017). Esse comportamento pode estar ligado ao aumento da mioglobina em animais em função da idade (Tougan *et al.*, 2013), sendo verificado em ambos os cortes que aves maduras sexualmente exibiram uma carne mais vermelha.

No peito, não houve efeito da maturidade sexual nos valores de luminosidade, intensidade da cor e índice de amarelo, corroborando com os achados de Souza *et al.* (2012). Segundo os autores, a luminosidade está relacionada com os valores de pH que afeta a capacidade de reter água e, concomitantemente, o brilho da carne. No presente estudo não foi verificado efeitos das variáveis estudadas sobre os valores de pH.

Na coxa, aves maduras sexualmente apresentaram uma redução do índice de tonalidade, entretanto, não houve alteração na cor predominante entre os estágios de maturidade sexual, predominando a cor laranja (25 a 70°) (Ramos e Gomide, 2017). Contudo, as aves após a maturidade sexual exibiram aumento no índice de saturação da cor laranja na coxa que pode estar associado ao mesmo efeito observado no peito em função do aumento da idade de abate (Tougan *et al.*, 2013).

A coxa de aves maduras sexualmente apresentou uma redução na luminosidade, caracterizando uma carne mais escura. Contudo, essa modificação não pôde ser relacionada no com o comportamento do pH (Souza *et al.*, 2012), uma vez que, nesse corte, os valores de pH apresentaram-se semelhantes nos estágios de maturidade sexual. Entretanto, segundo Faria *et al.* (2009), essa redução da luminosidade pode estar relacionada com a diminuição da umidade e do maior teor de vermelho nas aves após a maturidade sexual. O teor de umidade, pode influenciar a quantidade de líquido presente na superfície da carne, e conseqüentemente, o brilho dessa (Souza *et al.*, 2012).

As fêmeas exibiram uma carne mais amarela em relação aos machos no peito. Corroborando com os relatos de Souza *et al.* (2011); Nualhnuplong e Wattanachant (2020). Esse resultado, pode estar relacionado com a maior deposição de gordura nas aves fêmeas, sendo que os carotenoides são armazenados na gordura animal após a absorção (Prache *et al.*, 2003). Ainda, o peito de aves fêmeas exibiu maiores valores de luminosidade e índice de saturação, semelhante aos resultados observados por Cruz *et al.* (2021). Esse aumento no índice de saturação da cor para as fêmeas pode estar relacionado com o maior amarelamento em função da deposição de pigmentos carotenoides (Faria *et al.*, 2009).

A capacidade de retenção da água é uma característica importante na qualidade da carne, esta foi verificada através da perda de peso por cozimento (PPC). Em ambos os cortes, a maturidade sexual e o sexo não influenciaram a PPC, sendo esse comportamento observado por Nualhnuplong e Wattanachant (2020) na carne de aves velhas e jovens. Em relação ao sexo, os resultados confirmam os achados de Souza *et al.*, (2011); Cruz *et al.*, (2018) com valores semelhantes de PPC entre os sexos.

Tanto no peito e coxa, não foi encontrada diferença em função da maturidade sexual e

sexo para os valores de pH final, que demonstraram valores adequados para a conservação da carne. Faria *et al.*, (2009); Souza *et al.*, (2012), observaram efeito da idade nos valores de pH com redução no peito e aumento do pH final na coxa, entretanto, as aves avaliadas não tinham atingido a maturidade sexual. Em relação ao sexo, os achados concordam com os encontrados por Souza *et al.* (2011); Cruz *et al.* (2018).

As fêmeas maduras sexualmente, exibiram uma redução no conteúdo de colágeno solúvel e aumento na porcentagem de colágeno insolúvel em ambos os cortes, sem afetar a quantidade de colágeno total. Em contrapartida, no peito e coxa, os machos maduros sexualmente exibiram maior quantidade de colágeno total e de colágeno solúvel, entretanto, a proporção de colágeno solúvel reduziu. Esses resultados podem ser devido a conversão das ligações cruzadas termicamente lábeis entre as fibras de colágeno em termicamente estáveis com aumento da idade dos animais (Tornberg, 2005).

As aves maduras sexualmente apresentaram maior força de cisalhamento (FC), o que foi verificado por Rocha *et al.* (2019), onde observaram redução da maciez em animais mais velhos. Em geral, a textura da carne é influenciada pelo teor e solubilidade do colágeno (Li *et al.*, 2020), sendo essa correlação observada na carne de frangos por Chumngoen e Tan (2015), que verificaram maior teor de colágeno com aumento da FC.

Os machos apresentaram maior conteúdo de colágeno insolúvel e colágeno total na coxa em relação as fêmeas. No entanto, a porcentagem de colágeno insolúvel foi menor em machos. Sendo que esse aumento de colágeno total pode ser devido a ação da testosterona, pois segundo Sun *et al.* (2017); Abou-Kassem *et al.* (2019), a testosterona aumenta o teor de colágeno intramuscular, devido a maior síntese e uma menor degradação desse. Mesmo havendo diferença significativa no teor e porcentagem de colágeno entre os gêneros, a força de cisalhamento entre os sexos se manteve semelhante, o que foi observado também por Cruz *et al.* (2018).

Para os parâmetros de composição centesimal, para ambos os cortes, as fêmeas maduras sexualmente apresentaram maiores teores de extrato etéreo. Chen *et al.* (2006), observaram efeito do sexo no teor das enzimas hepáticas participantes do processo de lipogênese, com as fêmeas apresentando maior quantidade de enzima de clivagem de adenosina-trifosfato (ATP), nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADP) e glicose-6-fosfato desidrogenase. Assim, estes autores verificaram influência dos hormônios sexuais na atividade dessas enzimas, onde, o estrogênio influenciou de forma positiva, proporcionando maior produção de gordura pelas aves fêmeas após a maturidade sexual, como observado no presente estudo.

As médias de proteína e umidade do peito não sofreram influência da maturidade sexual,

comportamento semelhante foi verificado por Souza *et al.* (2011), que não observaram efeito nos teores de proteína e umidade com aumento da idade em aves criadas em sistema alternativo. A maturidade sexual afetou os níveis de cinzas, em ambos os cortes, as maiores médias observadas podem ser devido a redução da deposição de minerais no tecido ósseo, sendo que durante a fase de crescimento a deposição é mais intensa (Borges *et al.*, 2010).

Na coxa, a maturidade sexual não interferiu no teor de proteína, corroborando com os achados de Faria *et al.* (2009); Cruz *et al.* (2017); Cruz *et al.* (2018), por outro lado, houve redução no teor de umidade. Com o aumento da idade, as taxas anabólicas musculares diminuem, em contrapartida, há um aumento na deposição de lipídios, acarretando uma menor quantidade de água na musculatura dos animais (Souza *et al.*, 2011).

Em ambos os cortes, o teor de umidade foi maior nos machos. Esse comportamento pode estar relacionado a produção de testosterona nos machos que diminui a atividade lipogênica em relação a miogênica (Pérez-Linares *et al.*, 2017), podendo acarretar uma diminuição no teor de gordura que mostra uma relação inversa com o teor de umidade (Faria *et al.*, 2009). No presente estudo, a maturidade sexual não interferiu no teor de gordura do corte de coxa, em contrapartida, machos maduros sexualmente apresentaram uma menor quantidade de gordura em ambos os cortes, o que pode ter corroborado para a maior umidade na carne dessas aves. Para o teor de proteína e cinzas, de ambos os cortes, não foi observado efeito do sexo, os mesmos achados foram verificados por Cruz *et al.* (2017).

A oxidação lipídica é uma das principais formas de deterioração da carne, podendo determinar a vida útil dessa (Gatellier *et al.*, 2007). No presente estudo, as fêmeas após a maturidade sexual apresentaram maiores valores de oxidação após 60 dias e no primeiro dia após o abate para os cortes de peito e coxa, respectivamente. No peito, aves maduras sexualmente exibiram maiores teores de malondialdeído (MDA) na oxidação no primeiro dia após o abate, enquanto, na coxa, o teor de MDA foi maior na oxidação aos 60 dias após o abate. O peito de fêmeas apresentou maiores níveis de MDA na oxidação no primeiro e 30 dias após o abate. O aumento do teor de gordura em fêmeas maduras, pode ser devido principalmente a ação hormonal frente as enzimas que participam da lipogênese (Chen *et al.*, 2006), pode ter corroborado para maior oxidação da carne dessas (Gatellier *et al.*, 2007).

## CONCLUSÃO

A carne de frangos criados em sistema alternativo após a maturidade sexual apresenta coloração mais vermelha e textura mais firme para os cortes peito e coxa. Com a maturidade

sexual a carne de aves fêmeas apresenta maior quantidade de gordura e menor tempo de *shelf life*.

## REFERÊNCIAS

ABHIJITH, A.; WARNER, R. D.; HA, M. *et al.* Effect of slaughter age and post-mortem days on meat quality of *longissimus* and *semimembranosus* muscle of Boer goats. *Meat Sci*, v. 174, p. 1-9, 2021.

ABOU-KASSEM, D. E.; EL-KHOLY, M. S.; ALAGAWANY, M. *et al.* Age and sex-related differences in performance, carcass traits, hemato-biochemical parameters, and meat quality in Japanese quails. *Poul. Sci.*, v. 98, n. 4, p. 1684-1691, 2019.

AGUIAR, A. P. S.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J.; BAGGIO, S. R.; VICENTE, E. Meat quality of broilers from different rearing systems. *Ital. J. Food Sci.*, v. 20, n. 2, p. 213-223, 2008.

BERGMAN, I.; LOXLEY, R. Two Improved and simplified methods for the spectrophotometric determination of hydroxyproline. *Anal. Chem.*, v. 35, n. 12, p. 1961-1965, 1963.

BORGES, L. L.; BARALDI-ARTONI, S. M.; AMOROSO, L. Densidade mineral óssea na produção de frangos de corte. *Ver. Cien. Elet. Med. Vet.*, v. 8, n. 15, p. 1-14, 2010.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Ofício Circular SDA/DIPOA nº 73, de 04 de setembro de 2020. Frango “caipira, colonial ou de capoeira”. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, 2020.

CHEN, K. L.; HSIEH, T. Y.; CHIOU, P. W. S. Caponization effects on growth performance and lipid metabolism in Taiwan country chicken cockerels, *Asian-Austral. J. Anim. Sci.*, v. 19, n. 3, p. 438-443, 2006.

CHUMNGOEN, W.; TAN, F. J. Relationships between descriptive sensory attributes and physicochemical analysis of broiler and Taiwan native chicken breast meat. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, v. 28, n. 7, p. 1028-1037, 2015.

CRUZ, F. L.; ESPÓSITO, M.; NARDELLI, N. B. S. *et al.* Qualidade de carne de aves da raça

Rodhe Islad Red criadas em sistema alternativo. *Ciên. Anim. Bras.*, v. 18, p. 1-16, 2017.

CRUZ, F. L.; SILVA, A. A.; MACHADO, I. F. M. et al. Meat quality of Chicken of diferente crossing in alternative system. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 70, n. 1, p. 254-263, 2018.

CRUZ, F. L.; MIRANDA, D. A.; PONTES, L. L. B. et al. Qualidade da carne de frangos de linhagem Label Rouge suplementados com minerais biocomplexados e criados em sistema alternativo. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 73, n. 1, p. 214-222, 2021.

FARIA, P. B.; BRESSAN, M. C.; SOUZA, X. R. et al. Composição proximal e qualidade da carne de frangos das linhagens Paraíso Pedrês e Pescoço Pelado. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 38, n. 12, p. 2455-2464, 2009.

FRONING, G. W.; UIJTENBOOGAART, T. G. Effect of post mortem electrical stimulation on color, texture, pH and cooking loses of hot and cold deboned Chicken broiler breast meat. *Poult. Sci.*, v. 67, n. 11, p. 1536-1544, 1988.

GATELLIER, P.; GOMEZ, S.; GIGAUD, V. et al. Use of fluorescence front face technique for measurement of lipid oxidation during refrigerated storage of chicken meat. *Meat Sci.*, v. 76, n. 3, p. 543-547, 2007.

KANG, K. R.; CHERIAN, G.; SIM, J. S. Dietary palm oil alters the lipid stability of polyunsaturated fatty acid-modified poultry products. *Poult. Sci.*, v. 80, n. 2, p. 228-234, 2001.

LI, L.; YANG, J.; PENG, H. P. et al. Effects of slaughter age on muscle characteristics and meat quality traits of Da-Heng meat type birds. *Animals*, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2020.

PÉREZ-LINARES, C.; BOLADO-SARABIA, L.; FIGUEROA-SAAVEDRA, F. et al. Effect of immunocastration with Bopriva on carcass characteristics and meat quality of feedlot Holstein bulls. *Meat Sci.*, v. 123, p. 45-49. 2017.

NUALHNUPLONG, P.; WATTANACHANT, C. Effects of age at slaughter and sex on carcass characteristics and meat quality of Betong chicken. *Pert. J. Trop. Agric. Sci.*, v. 43, n. 3, p. 343-357, 2020.

OFFICIAL methods of analysis. 16.ed. Gaithersburg: AOAC, 1997

OFFICIAL methods of analysis. 14.ed. Campinas: AOAC, 2005. 423p.

PRACHE, S.; PRIOLO, A.; GROLIER, P. Effect of concentrate finishing on the carotenoid content of perirenal fat in grazing sheep: its significance for discriminating grass-fed, concentrate-fed and concentrate finished grazing lambs. *Anim. Sci.*, v. 77, p. 225-233, 2003.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. (Ed.) *Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias* (2 ed.). Viçosa: Editora UFV, 2017.

ROCHA, Y. J. P.; LORENZO, J. M.; BARROS, J. C. *et al.* Effect of chicken meat replacement by spent laying hen meat on physicochemical properties and sensorial characteristics of fresh sausage. *Brit. Poult. Sci.*, v. 60, n. 2, p. 139-145, 2019.

ROSE, K. A.; BATES, K. T.; NUDDS, R. L.; CODD, J. R. Ontogeny of sex differences in the energetics and kinematics of terrestrial locomotion in leghorn chickens (*Gallus Gallus domesticus*). *Scient. Repot.*, v. 6, p. 1-11, 2016.

SANTOS, T. C.; MURAKAMI, A. E.; OLIVEIRA, C. A. L.; COSTA, P. D. Desenvolvimento corporal e testicular em machos de codornas de corte e de postura de 25 a 360 dias. *Pesq. Vet. Bras.*, v. 32, n. 11, p. 1205-1212, 2012.

SOUZA, X. R.; FARIA, P. B.; BRESSAN, M. C. Proximate composition and meat quality of broilers reared under different production systems. *Braz. J. Poult. Sci.*, v.13, n. 1, p. 15-20, 2011.

SOUZA, X. R.; FARIA, P. B.; BRESSAN, M. C. Qualidade da carne de frangos caipiras abatidos em diferentes idades. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 64, n. 2, p. 479-487, 2012.

TORNBERG, E. Effects of heat on meat proteins – implications on structure and quality of meat products. *Meat Sci.*, v. 70, n. 3, p. 493-508, 2005.



SUN, Y. Y.; TANG, S.; CHEN, Y. *et al.* Effects of light regimen and nutrient density on growth performance, carcass traits, meat quality, and health of slow-growing broiler chickens. *Livest. Sci.*, v. 198, p. 201-208, 2017.

TOUGAN, U. P.; DAHOUDA, M.; FOLAKÈ, C. *et al.* Conversion of Chicken muscle to meat and factors affecting chicken meat quality: a review. *Inter. J. Agron. Agric. Res.*, v. 3, n. 8, p. 1-20, 2013

**ARTIGO 2 - MATURIDADE SEXUAL NO PERFIL LIPÍDICO DA CARNE DE  
FRANGOS CRIADOS EM SISTEMA ALTERNATIVO**

JOANNA OLIVEIRA MARÇAL<sup>1</sup>  
GIULIA PIVA OLIVEIRA<sup>2</sup>  
ADRIANO GERALDO<sup>2</sup>  
LARISSA FARIA SILVEIRA MOREIRA<sup>2</sup>  
JOSÉ RAFAEL MIRANDA<sup>1</sup>  
PEDRO HENRIQUE MORETTO DE OLIVERIA<sup>2</sup>  
PETER BITENCOURT FARIA<sup>1\*</sup>

Elaborado segundo as normas do periódico Food Science and Technology

---

1 Universidade Federal de Lavras – UFLA

2 Instituto Federal Minas Gerais – IFMG – Campus Bambuí

\* peter@ufla.br

## RESUMO

Objetivou-se avaliar o perfil lipídico da carne de frangos criados em sistema alternativo em função do desenvolvimento sexual. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) disposto em esquema fatorial (2x2), sendo dois sexos (macho e fêmea) e duas categorias de maturidade sexual (não maduro e maduro). Um total de 90 aves da linhagem Label Rouge (Pesçoço Pelado), sendo 45 fêmeas e 45 machos, foram abatidos em cinco idades diferentes (70, 90, 120, 150 e 180 dias). O perfil de ácidos graxos foi avaliado nos cortes de peito e coxa. O peito das aves fêmeas após a maturidade sexual apresentaram menor teor de C18:0 e, dos machos maduros sexualmente exibiram menor porcentagem de ácidos graxos monoinsaturados. A coxa das aves fêmeas maduras exibiu menor teor de C20:2 e dos machos maduros apresentaram estimativa de atividade de elongase<sup>C16-C18</sup>. No peito de aves maduras sexualmente, foi observado aumento na quantidade de ácidos graxos poliinsaturados (mg de AG/g de gordura). Na coxa, foi observado redução na quantidade de monoinsaturados nas aves após a maturidade sexual. A maturidade sexual afetou a composição de ácidos graxos de ambos os cortes, acarretando um aumento de ácidos graxos poliinsaturados no peito e redução de monoinsaturados na coxa.

**Palavras-chave:** Ácidos graxos, Frango caipira, Desenvolvimento sexual

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the lipid profile of the meat of chickens raised in an alternative system according to the sexual development. The experimental delineation used was completely randomized (DIC) arranged in a factorial scheme (2x2), with two sexes (male and female) and two categories of sexual maturity (immature and mature). A total of 90 birds from the Label Rouge (Naked Neck) lineage, 45 females and 45 males, were slaughtered at five different ages (70, 90, 120, 150 and 180 days). The fatty acid profile was evaluated in breast and thigh sections. In the breast of sexually mature birds, an increase in the amount of polyunsaturated fatty acids (mg of FA/g of fat) was observed. In the thigh, it was observed a reduction in the amount of monounsaturated in birds after sexual maturity. Sexual maturity affected the fatty acid composition of both sections, causing an increase in polyunsaturated fatty acids in the breast and a reduction in monounsaturated fatty acids in the thigh.

**Keywords:** sexual development, fatty acids, free-range chicken.

## INTRODUÇÃO

Os ácidos graxos são compostos essenciais na dieta humana participando de diversas atividades metabólicas no organismo (French et al., 2000). A carne de frango é indicada como um alimento que deve estar presente na composição de uma alimentação saudável, devido ao seu maior teor de ácidos graxos poliinsaturados (POL), em comparação a carne de outras espécies (Silva et al., 2017). Ainda, dentro do ramo da avicultura há um aumento pela busca de produtos advindos de frangos criados em sistema alternativo por serem considerados mais benéficos a saúde. Aja visto que, as carnes de frangos caipiras apresentam maior quantidade de ácidos graxos  $\omega 3$  e uma menor proporção de ácidos graxos  $n-6$  e  $n-3$  (Pickett, 2012).

Dentro da criação de frangos caipiras, diversos são os fatores que podem afetar a composição lipídica da carne como nutrição, genética, sexo e idade de abate (Cruz & Faria, 2019). Recentemente a legislação brasileira, alterou os parâmetros de criação para frangos produzidos em sistema “Caipira” ou “Colonial”, estabelecendo uma idade mínima e máxima, devendo ser abatidos entre 70 e 120 dias (Brasil, 2020), ou seja, antes de atingirem a maturidade sexual (Rose et al., 2016). De acordo com alguns autores os hormônios sexuais masculino e feminino agem sobre a atividade das enzimas que sintetizam os componentes lipídicos, inibindo ou estimulando essas (Li et al., 2015, Zhang et al., 2017).

Dessa forma, é importante compreender os possíveis efeitos da maturidade sexual na composição lipídica das carnes de frangos criados em sistema alternativo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### **Animais, delineamento experimental, dieta e coleta de amostras**

Para o estudo, foram utilizados um total de 90 aves, sendo 45 machos e 45 fêmeas da linhagem Label Rouge (Pescoço Pelado). As aves foram mantidas em galpão de alvenaria por 28 dias e depois alojadas em área própria para a criação de aves caipira, com separação entre machos e fêmeas e taxa de lotação de 3 metros quadrados por animal. A área dos piquetes era coberta por *Tifton* (*Cynodon* spp.) e Capim Estrela (*Rynchospora* spp.) com abrigo forrado com casca de arroz. As aves foram mantidas em alimentação *ad libitum* com dieta composta por quatro formulações, de acordo com a fase de crescimento (Tabela 1). As aves foram vacinadas contra Marek, Bronquite infecciosa, Gumboro, Newcastle e Boubá aviária de acordo com o calendário sanitário. A vermifugação ocorreu aos 49 dias de idade e aos 120 dias.

Para o estudo, foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) disposto em esquema fatorial (2 x 2), sendo dois sexos (macho e fêmea) e duas categorias de maturidade sexual (não maduros e maduros de acordo com a avaliação do desenvolvimento das gônadas). Foram realizados abate das aves aos 70, 90, 120, 150 e 180 dias. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) do Instituto Federal de Minas Gerais sob o número 04/2019.

Tabela 6 – Componentes e composição das rações inicial, de Crescimento I e II e final fornecidas para os frangos caipiras

| <b>Ingredientes (Kg)</b>        | <b>Ração inicial (1-28 dias)</b> | <b>Ração Crescimento I (29-49 dias)</b> | <b>Ração Crescimento II (50-70 dias)</b> | <b>Ração Final (71-180 dias)</b> |
|---------------------------------|----------------------------------|---|--|----------------------------------|
| Milho                           | 64,7                             | 69,1                                    | 72,75                                    | 73,45                            |
| Farelo de soja                  | 31,7                             | 27,7                                    | 23,85                                    | 22,8                             |
| Óleo degomado de soja           | 0                                | 0                                       | 0,2                                      | 0,9                              |
| Caulim                          | 0                                | 0                                       | 0,2                                      | 0,2                              |
| Calcário calcítico <sup>1</sup> | 0,1                              | 0,2                                     | 0  | 0,15                             |
| Núcleo para frangos caipiras    | 3,5                              | 3                                       | 3  | 2,5                              |

| <b>Valores calculados</b> | <b>Ração inicial (Kg)</b> | <b>Ração Crescimento I (Kg)</b> | <b>Ração Crescimento II (Kg)</b> | <b>Ração Final (Kg)</b> |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| EM <sup>2</sup> (kcal/kg) | 2949,2                    | 2996,13                         | 3047,97                          | 3098,19                 |
| PB <sup>3</sup> (%)       | 20,07                     | 18,5                            | 17,01                            | 16,5                    |
| Cálcio (%)                | 1,05                      | 0,9051                          | 0,8663                           | 0,7911                  |
| Fósforo disponível (%)    | 0,4092                    | 0,3609                          | 0,3567                           | 0,3102                  |
| Metionina + Cistina (%)   | 0,6911                    | 0,637                           | 0,643                            | 0,5725                  |
| Lisina (%)                | 0,9609                    | 0,8673                          | 0,7789                           | 0,751                   |
| Treonina (%)              | 0,6778                    | 0,6273                          | 0,5721                           | 0,5522                  |
| Triptofano (%)            | 0,2292                    | 0,2081                          | 0,1877                           | 0,1816                  |
| Colina (mg/kg)            | 1153,96                   | 1059,73                         | 994,67                           | 945,74                  |
| Sódio (mg/kg)             | 1848,39                   | 1613,59                         | 1611,59                          | 1375,69                 |
| Cloro (mg/kg)             | 3103,34                   | 2744,98                         | 2746,98                          | 2381,02                 |

<sup>1</sup>Níveis de garantia do núcleo para frangos caipira: ácido fólico (mín.) 23,33 mg/kg, ácido pantotênico (mín.) 333,33 mg/kg, b.h.t. (mín.) 500 mg/kg, biotina (mín.) 0,5 mg/kg, cálcio (mín.) 240 g/kg, cálcio (máx.) 270 g/kg, cobre (mín.) 333mg/kg, colina (mín.) 6.000 mg/kg, ferro (mín.)1.667 mg/kg, flúor (máx.) 497,8 mg/kg, fósforo (mín.) 51 g/kg, iodo (mín.) 28,33 g/kg, lisina (mín.) 10g/kg, manganês (mín.) 2.333 mg/kg, metionina (mín.) 40 g/kg, niacina (mín.) 1.000 mg/kg, selênio (mín.) 10 mg/kg, sódio (mín.) 47,28 g/kg, vitamina A (mín.) 159 UI/kg, vitamina B1 (mín.) 33,33 mg/kg, vitamina B12 (mín.) 333,33 mcg/kg, vitamina B2 (mín.) 133,33 mg/kg, vitamina B6 (mín.) 66,67 mg/kg, vitamina D3 (mín.) 50.000 UI/kg, vitamina E (mín.) 266,667 UI/kg, vitamina K3 (mín.) 53,33 mg/kg, zinco (mín.) 2.000 mg/kg; <sup>2</sup>energia metabolizável; <sup>3</sup>proteína bruta.

Antes do abate, os frangos foram pesados e mantidos em jejum por 15 horas. As aves foram abatidas por eletrocussão (110V, 200Hz), seguida de sangria, respeitando o método humanitário. As carcaças, após a evisceração, foram embaladas, identificadas e resfriadas em

câmara fria, onde permaneceram por um período superior a três horas em temperatura de 5°C.

O grupo de animais Não Maduros sexualmente foi composto por aves que não apresentaram o desenvolvimento sexual das gônadas completo. O grau de maturidade sexual dos machos foi determinado segundo Santos et al. (2012) através da avaliação dos testículos em relação ao diâmetro dos túbulos seminíferos e foram considerados maduros que apresentaram diâmetro testicular de 119,73 a 227,23 µm. Nas fêmeas, a maturidade sexual foi definida visualmente, considerando maduras àquelas que apresentavam folículos macroscopicamente desenvolvidos.

O número de aves Machos Não Maduros foi de 18 animais abatidos aos 70 dias (n=9) e 90 dias (n= 9), com peso médio de abate de 2,908±0,318kg. Para aves Machos Maduros foi de 27 animais abatidos aos 120 (n=9), 150 (n=9) e 180 dias (n=9), com peso médio de abate de 4,146±0,482kg. O número de aves Fêmeas Não Maduras foi de 21 animais com abate aos 70 (n=9), 90 (n=9) e 120 dias (n=3), com peso médio de 2,637±0,255kg. Para aves Fêmeas Maduras foi de 24 animais com abate aos 120 (n=6), 150 (n=9) e 180 dias (n= 9) e peso médio ao abate de 3,301±0,303kg.

Após o resfriamento das carcaças, foram realizados os cortes do peito e das coxas, esses foram embalados, identificados e acondicionados em caixa térmica e encaminhados para análise. No laboratório, os cortes foram acondicionados em B.O.D. a 4° C até o dia posterior.

Os cortes foram desossados 24 horas *post mortem*, embalados, identificados e conservados a -18°C.

### **Análise de ácidos graxos**

As amostras de peito e coxa para realização do perfil de ácidos graxos foram preparadas de acordo com a metodologia de extração de Folch et al. (1957), em sequência, foi realizado o processo de preparação dos ésteres metílicos, seguindo a metodologia de Hartman & Lago (1973).

A determinação do perfil de ácidos graxos se deu através do cromatógrafo a gás (SHIMADZU – GC-2010), equipado com injetor automático (SHIMADZU – AOC-20i), detector de ionização de chama (GC-FID), utilizando coluna capilar de sílica fundida de 100 mm de comprimento, diâmetro de 0,25mm e 0,2µm de espessura do filme Supelco (SP-2560, Bellefonte, PA, US) e como gás de arraste foi utilizado o hélio (2mL/min). Os parâmetros operacionais foram: o tempo total de corrida foi de 60 minutos, sendo a temperatura inicial da coluna de 140°C permanecendo assim por 5 minutos. Em seguida, a temperatura foi aumentada

por 4°C/min, chegando à temperatura de 240°C, mantendo-se constante por 30 minutos. O perfil de ácidos foi expresso em cromatograma, obtido através do software GCSolution e a identificação de acordo com o padrão Supelco 37® (Fame Mix).

A quantificação dos ácidos graxos foi realizada através do Método da Padronização Interna (Pi), utilizando como padrão interno o éster metílico nonadecanoato de metila (C19:0) e os fatores de correção como, o fator de correção teórico ( $F_{CT}$ ) e o fator de conversão éster metílico para ácido graxo ( $F_{CEA}$ ), de acordo com a metodologia de Visentainer (2012).

Foram calculadas as estimativas dos índices de atividades das enzimas  $\Delta 9$ -dessaturase<sup>C16</sup>,  $\Delta 9$ -dessaturase<sup>C18</sup>, elongase<sup>C16-C18</sup> e de tioesterase<sup>C16-14</sup>, de acordo com metodologia de Metz et al. (2009). Ainda, foram calculadas as estimativas dos índices de aterogenicidade e trombogenicidade, de acordo com a metodologia de Ulbricht & Southgate (1991).

### Análise estatística

Para realização das análises estatísticas cada parcela experimental/repetição foi representada por três aves. Os dados foram analisados através do programa estatístico SAS®. As variáveis com respostas de efeitos significativos na análise de variância para os tratamentos e/ou interações foram submetidos ao teste de F com significância de 5%.

## RESULTADOS

No corte de peito, fêmeas maduras sexualmente apresentaram uma redução de C18:0 ( $p=0,023$ ), enquanto, os machos maduros sexualmente exibiram uma redução na porcentagem de ácidos graxos monoinsaturados (MON) ( $p=0,050$ ) e na estimativa do índice de atividade de  $\Delta 9$ -dessaturase<sup>C16</sup> ( $p=0,015$ ) (Tabela 2 e 3). Na coxa de fêmeas maduras sexualmente, foi observado uma redução de C20:2 ( $p=0,019$ ). No mesmo corte, os machos maduros sexualmente apresentaram um aumento no índice de atividade de elongase<sup>C16-C18</sup> ( $p=0,050$ ) (Tabela 2 e 3).

Tabela 7 - Perfil de ácidos graxos da carne do peito de frangos de corte da linhagem Label Rouge em função do sexo e maturidade sexual

| Variáveis | Maturidade Sexual (MS) | Sexo (S) |       | Média | EPM* | Valor de P |   |      |
|-----------|------------------------|----------|-------|-------|------|------------|---|------|
|           |                        | Fêmea    | Macho |       |      | MS         | S | MS*S |



|                  |            |                     |                      |        |        |       |       |       |
|------------------|------------|---------------------|----------------------|--------|--------|-------|-------|-------|
| C4:0 (mg/g)      | Não Maduro | 0,67                | 0,83                 | 0,75   |        |       |       |       |
|                  | Maduro     | 0,41                | 0,34                 | 0,38   | 0,166  | 0,015 | 0,845 | 0,444 |
|                  | Média      | 0,54                | 0,58                 |        |        |       |       |       |
| C8:0 (mg/g)      | Não Maduro | 0,37                | 0,41                 | 0,39   |        |       |       |       |
|                  | Maduro     | 0,13                | 0,14                 | 0,14   | 0,170  | 0,184 | 0,948 | 0,757 |
|                  | Média      | 0,25                | 0,28                 |        |        |       |       |       |
| C10:0 (mg/g)     | Não Maduro | 2,26                | 2,44                 | 2,35   |        |       |       |       |
|                  | Maduro     | 1,17                | 2,74                 | 1,95   | 0,750  | 0,320 | 0,340 | 0,551 |
|                  | Média      | 1,72                | 2,59                 |        |        |       |       |       |
| C12:0 (mg/g)     | Não Maduro | 5,12                | 5,48                 | 5,30   |        |       |       |       |
|                  | Maduro     | 2,31                | 5,53                 | 3,92   | 1,458  | 0,112 | 0,446 | 0,311 |
|                  | Média      | 3,72                | 5,51                 |        |        |       |       |       |
| C14:0 (mg/g)     | Não Maduro | 28,24               | 28,70                | 28,47  |        |       |       |       |
|                  | Maduro     | 15,98               | 28,53                | 22,25  | 5,740  | 0,218 | 0,305 | 0,301 |
|                  | Média      | 22,11               | 28,61                |        |        |       |       |       |
| C14:1 (mg/g)     | Não Maduro | 3,10                | 2,71                 | 2,91   |        |       |       |       |
|                  | Maduro     | 1,16                | 2,43                 | 1,79   | 0,602  | 0,061 | 0,444 | 0,157 |
|                  | Média      | 2,13                | 2,57                 |        |        |       |       |       |
| C15:0 (mg/g)     | Não Maduro | 3,39                | 3,21                 | 3,30   |        |       |       |       |
|                  | Maduro     | 1,85                | 3,04                 | 2,44   | 0,668  | 0,187 | 0,431 | 0,287 |
|                  | Média      | 2,62                | 3,12                 |        |        |       |       |       |
| C16:0 (mg/g)     | Não Maduro | 246,37              | 266,29               | 256,33 |        |       |       |       |
|                  | Maduro     | 215,38              | 234,64               | 225,01 | 15,278 | 0,068 | 0,257 | 0,618 |
|                  | Média      | 230,88              | 250,47               |        |        |       |       |       |
| C16:1 (mg/g)     | Não Maduro | 25,08               | 26,96                | 26,02  |        |       |       |       |
|                  | Maduro     | 21,58               | 16,22                | 18,90  | 1,937  | 0,001 | 0,349 | 0,058 |
|                  | Média      | 23,33               | 21,59                |        |        |       |       |       |
| C17:0 (mg/g)     | Não Maduro | 2,96                | 2,91                 | 2,935  |        |       |       |       |
|                  | Maduro     | 2,15                | 3,41                 | 2,779  | 0,349  | 0,638 | 0,077 | 0,054 |
|                  | Média      | 2,55                | 3,16                 |        |        |       |       |       |
| C17:1 (mg/g)     | Não Maduro | 4,86                | 4,84                 | 4,85   |        |       |       |       |
|                  | Maduro     | 3,37                | 4,50                 | 3,93   | 0,805  | 0,557 | 0,517 | 0,841 |
|                  | Média      | 4,12                | 4,67                 |        |        |       |       |       |
| C18:0 (mg/g)     | Não Maduro | 97,54 <sup>aa</sup> | 95,01 <sup>aa</sup>  | 96,27  |        |       |       |       |
|                  | Maduro     | 84,73 <sup>ba</sup> | 107,66 <sup>aa</sup> | 96,19  | 5,565  | 0,988 | 0,063 | 0,023 |
|                  | Média      | 91,13               | 101,33               |        |        |       |       |       |
| C18:1n-9T (mg/g) | Não Maduro | 2,16                | 2,51                 | 2,34   |        |       |       |       |
|                  | Maduro     | 1,49                | 2,25                 | 1,88   | 0,305  | 0,121 | 0,067 | 0,476 |
|                  | Média      | 1,83                | 2,38                 |        |        |       |       |       |
| C18:1n-9C (mg/g) | Não Maduro | 264,18              | 281,97               | 273,08 |        |       |       |       |
|                  | Maduro     | 269,96              | 244,51               | 257,24 | 13,698 | 0,229 | 0,768 | 0,105 |
|                  | Média      | 267,07              | 263,24               |        |        |       |       |       |
| C18:2n-6C (mg/g) | Não Maduro | 113,02              | 106,29               | 109,66 |        |       |       |       |
|                  | Maduro     | 148,59              | 126,54               | 137,57 | 15,033 | 0,060 | 0,318 | 0,593 |
|                  | Média      | 130,81              | 116,42               |        |        |       |       |       |

|                 |            |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C20:0 (mg/g)    | Não Maduro | 1,15  | 0,98  | 1,067 |       |       |       |       |
|                 | Maduro     | 0,72  | 1,14  | 0,933 | 1,149 | 0,402 | 0,409 | 0,071 |
|                 | Média      | 0,93  | 1,06  |       |       |       |       |       |
| C18:3n-6 (mg/g) | Não Maduro | 0,81  | 0,66  | 0,735 |       |       |       |       |
|                 | Maduro     | 0,86  | 0,45  | 0,657 | 0,153 | 0,591 | 0,072 | 0,377 |
|                 | Média      | 0,83  | 0,56  |       |       |       |       |       |
| C20:1 (mg/g)    | Não Maduro | 1,80  | 1,51  | 1,66  |       |       |       |       |
|                 | Maduro     | 1,85  | 3,85  | 2,85  | 1,501 | 0,676 | 0,781 | 0,640 |
|                 | Média      | 1,83  | 2,68  |       |       |       |       |       |
| C18:3n-3 (mg/g) | Não Maduro | 4,31  | 4,23  | 4,27  |       |       |       |       |
|                 | Maduro     | 6,48  | 4,57  | 5,52  | 0,657 | 0,058 | 0,153 | 0,153 |
|                 | Média      | 5,39  | 4,40  |       |       |       |       |       |
| C20:2 (mg/g)    | Não Maduro | 1,83  | 1,59  | 1,71  |       |       |       |       |
|                 | Maduro     | 1,27  | 1,78  | 1,53  | 0,246 | 0,443 | 0,556 | 0,556 |
|                 | Média      | 1,55  | 1,69  |       |       |       |       |       |
| C22:0 (mg/g)    | Não Maduro | 1,12  | 0,72  | 0,92  |       |       |       |       |
|                 | Maduro     | 1,32  | 0,86  | 1,09  | 0,230 | 0,206 | 0,212 | 0,711 |
|                 | Média      | 1,22  | 0,80  |       |       |       |       |       |
| C20:3n-6 (mg/g) | Não Maduro | 4,96  | 4,510 | 4,74  |       |       |       |       |
|                 | Maduro     | 3,64  | 3,218 | 3,43  | 0,572 | 0,023 | 0,421 | 0,983 |
|                 | Média      | 4,30  | 3,86  |       |       |       |       |       |
| C20:4n-6 (mg/g) | Não Maduro | 41,10 | 39,28 | 40,19 |       |       |       |       |
|                 | Maduro     | 46,14 | 57,42 | 51,78 | 6,310 | 0,062 | 0,432 | 0,279 |
|                 | Média      | 43,62 | 48,35 |       |       |       |       |       |
| C23:0 (mg/g)    | Não Maduro | 0,12  | 0,23  | 0,18  |       |       |       |       |
|                 | Maduro     | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,071 | 0,008 | 0,319 | 0,319 |
|                 | Média      | 0,06  | 0,11  |       |       |       |       |       |
| C24:0 (mg/g)    | Não Maduro | 0,20  | 0,17  | 0,19  |       |       |       |       |
|                 | Maduro     | 0,12  | 0,19  | 0,15  | 0,096 | 0,645 | 0,849 | 0,586 |
|                 | Média      | 0,16  | 0,18  |       |       |       |       |       |
| C20:5n-3 (mg/g) | Não Maduro | 1,19  | 0,88  | 1,04  |       |       |       |       |
|                 | Maduro     | 0,16  | 0,36  | 0,26  | 0,391 | 0,004 | 0,500 | 0,527 |
|                 | Média      | 0,67  | 0,63  |       |       |       |       |       |
| C22:6n-3 (mg/g) | Não Maduro | 4,78  | 4,450 | 4,61  |       |       |       |       |
|                 | Maduro     | 7,94  | 5,851 | 6,89  | 0,708 | 0,009 | 0,152 | 0,291 |
|                 | Média      | 6,36  | 5,15  |       |       |       |       |       |

Teste de F a 5% de probabilidade. Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste de F com  $P < 0,05$ ; EPM – erro padrão da média.

Em relação aos ácidos graxos saturados, a carne de peito de aves após a maturidade sexual apresentou menor média dos ácidos graxos C4:0 ( $p=0,015$ ) e C23:0 ( $p=0,008$ ) (Tabela 2). A maturidade sexual afetou a composição de MON na carne de peito, sendo observada uma redução de C16:1 ( $p=0,001$ ) nas aves maduras sexualmente (Tabela 3).

Tabela 8 – Somatório de ácidos graxos e índices enzimáticos do peito de frangos de corte da linhagem Label Rouge em função do sexo e maturidade sexual

| Variáveis   | Maturidade Sexual (MS) | Sexo (S)            |                     | Média  | EPM*   | Valor de P |       |       |
|-------------|------------------------|---------------------|---------------------|--------|--------|------------|-------|-------|
|             |                        | Fêmea               | Macho               |        |        | MS         | S     | MS*S  |
| SAT (mg/g)* | Não Maduro             | 389,52              | 407,37              | 398,45 | 22,988 | 0,068      | 0,077 | 0,317 |
|             | Maduro                 | 326,27              | 388,23              | 357,25 |        |            |       |       |
|             | Média                  | 357,90              | 397,80              |        |        |            |       |       |
| MON (mg/g)* | Não Maduro             | 301,19              | 320,51              | 310,85 | 14,966 | 0,097      | 0,823 | 0,122 |
|             | Maduro                 | 299,43              | 273,76              | 286,60 |        |            |       |       |
|             | Média                  | 300,31              | 297,14              |        |        |            |       |       |
| POL (mg/g)* | Não Maduro             | 172,00              | 161,89              | 166,95 | 18,343 | 0,027      | 0,476 | 0,892 |
|             | Maduro                 | 215,07              | 200,22              | 207,65 |        |            |       |       |
|             | Média                  | 193,54              | 181,06              |        |        |            |       |       |
| INS (mg/g)* | Não Maduro             | 473,19              | 482,40              | 477,80 | 23,367 | 0,461      | 0,482 | 0,268 |
|             | Maduro                 | 514,50              | 473,98              | 494,24 |        |            |       |       |
|             | Média                  | 493,85              | 478,19              |        |        |            |       |       |
| %SAT*       | Não Maduro             | 45,15               | 45,61               | 45,38  | 2,258  | 0,117      | 0,123 | 0,180 |
|             | Maduro                 | 38,78               | 45,09               | 41,93  |        |            |       |       |
|             | Média                  | 41,97               | 45,35               |        |        |            |       |       |
| %MON*       | Não Maduro             | 34,82 <sup>aa</sup> | 35,98 <sup>aa</sup> | 35,40  | 1,330  | 0,191      | 0,267 | 0,050 |
|             | Maduro                 | 35,72 <sup>aa</sup> | 31,72 <sup>bb</sup> | 33,72  |        |            |       |       |
|             | Média                  | 35,27               | 33,85               |        |        |            |       |       |
| %POL*       | Não Maduro             | 20,03               | 18,41               | 19,22  | 2,120  | 0,017      | 0,332 | 0,863 |
|             | Maduro                 | 25,51               | 23,19               | 24,35  |        |            |       |       |
|             | Média                  | 22,77               | 20,80               |        |        |            |       |       |
| n-3*        | Não Maduro             | 10,28               | 9,56                | 9,92   | 1,142  | 0,016      | 0,047 | 0,166 |
|             | Maduro                 | 14,57               | 10,79               | 12,68  |        |            |       |       |
|             | Média                  | 12,42               | 10,17               |        |        |            |       |       |
| n-6*        | Não Maduro             | 159,89              | 150,74              | 155,32 | 17,406 | 0,028      | 0,532 | 0,941 |
|             | Maduro                 | 199,22              | 187,64              | 193,43 |        |            |       |       |
|             | Média                  | 179,56              | 169,19              |        |        |            |       |       |
| POL/SAT*    | Não Maduro             | 0,45                | 0,42                | 0,43   | 0,079  | 0,024      | 0,538 | 0,717 |
|             | Maduro                 | 0,70                | 0,53                | 0,61   |        |            |       |       |
|             | Média                  | 0,57                | 0,48                |        |        |            |       |       |
| SAT/POL*    | Não Maduro             | 2,30                | 3,23                | 2,77   | 0,545  | 0,024      | 0,540 | 0,761 |
|             | Maduro                 | 1,59                | 2,13                | 1,86   |        |            |       |       |
|             | Média                  | 1,95                | 2,68                |        |        |            |       |       |
| n-3/n-6*    | Não Maduro             | 0,06                | 0,06                | 0,06   | 0,006  | 0,595      | 0,060 | 0,152 |
|             | Maduro                 | 0,08                | 0,06                | 0,07   |        |            |       |       |
|             | Média                  | 0,07                | 0,06                |        |        |            |       |       |
| n-6/n-3*    | Não Maduro             | 17,05               | 15,93               | 16,49  | 1,515  | 0,646      | 0,049 | 0,124 |
|             | Maduro                 | 13,67               | 17,54               | 15,60  |        |            |       |       |
|             | Média                  | 15,36               | 16,73               |        |        |            |       |       |

|   |            |                    |                    |       |       |       |       |       |
|---|------------|--------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta 9$ -<br>dessaturase <sup>C16*</sup> | Não Maduro | 9,21 <sup>aA</sup> | 9,30 <sup>aA</sup> | 9,26  | 0,594 | 0,014 | 0,022 | 0,015 |
|   | Maduro     | 9,19 <sup>aA</sup> | 6,37 <sup>bB</sup> | 7,78  |       |       |       |       |
|   | Média      | 9,20               | 7,84               |       |       |       |       |       |
| $\Delta 9$ -<br>dessaturase <sup>C18*</sup> | Não Maduro | 70,14              | 72,94              | 71,54 | 2,429 | 0,016 | 0,903 | 0,719 |
|   | Maduro     | 65,41              | 66,48              | 65,95 |       |       |       |       |
|   | Média      | 67,78              | 69,71              |       |       |       |       |       |
| Elongase <sup>C16-C18*</sup>                | Não Maduro | 57,10              | 56,58              | 56,84 | 1,390 | 0,075 | 0,417 | 0,671 |
|   | Maduro     | 60,09              | 58,45              | 59,27 |       |       |       |       |
|   | Média      | 58,60              | 57,52              |       |       |       |       |       |
| Tioesterase <sup>C16-<br/>C14*</sup>        | Não Maduro | 89,94              | 90,53              | 90,24 | 1,621 | 0,386 | 0,334 | 0,181 |
|   | Maduro     | 93,38              | 89,78              | 91,58 |       |       |       |       |
|   | Média      | 91,66              | 90,16              |       |       |       |       |       |
| ATERO*                                      | Não Maduro | 0,64               | 0,67               | 0,65  | 0,054 | 0,066 | 0,302 | 0,668 |
|   | Maduro     | 0,52               | 0,59               | 0,56  |       |       |       |       |
|   | Média      | 0,58               | 0,63               |       |       |       |       |       |
| TROMBO*                                     | Não Maduro | 1,44               | 1,50               | 1,47  | 0,128 | 0,119 | 0,091 | 0,228 |
|   | Maduro     | 1,09               | 1,45               | 1,27  |       |       |       |       |
|   | Média      | 1,26               | 1,48               |       |       |       |       |       |

Teste de F a 5% de probabilidade. Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste de F com  $P < 0,05$ . SAT – teor de ácidos graxos saturados mg/g de lipídeo; MON- teor de ácidos graxos monoinsaturados mg/g de lipídeo; POL – teor de ácidos graxos poliinsaturados mg/g de lipídeo; INS – teor de ácidos graxos insaturados mg/g de lipídeo; %SAT - percentual de ácidos graxos saturados; %MON - percentual de ácidos graxos monoinsaturados; %POL - percentual de ácidos graxos poliinsaturados;  $n-3$  - total de ácidos graxos ômega 3;  $n-6$  - total de ácidos graxos ômega 6; POL/SAT - relação poliinsaturado/saturado; SAT/POL - relação saturado/poliinsaturado;  $n-3/n-6$  - relação ômega 3/ômega 6;  $n-6/n-3$  - relação ômega 6/ômega 3;  $\Delta 9$ -dessaturase<sup>C16</sup> - estimativa do índice de atividade de  $\Delta 9$ -dessaturase<sup>C16</sup>;  $\Delta 9$ -dessaturase<sup>C18</sup> - estimativa do índice de atividade de  $\Delta 9$ -dessaturase<sup>C18</sup>; elongase<sup>C16-C18</sup> - índice de atividade de elongase<sup>C16-C18</sup>; de tioesterase<sup>C16-C14</sup> - índice de atividade de tioesterase<sup>C16-C14</sup>; ATERO – índice de aterogenicidade; TROMBO – índice de trombogenicidade; EPM – erro padrão da média.

O corte de peito de aves maduras sexualmente exibiu maior quantidade de C22:6 $n-3$  ( $p=0,009$ ), e dos ácidos graxos  $n-6$  ( $p=0,028$ ) e  $n-3$  ( $p=0,016$ ) (Tabela 2). Em contrapartida, foi observado uma redução dos C20:2 $n-6$  ( $p=0,023$ ) e C20:5 $n-3$  ( $p=0,004$ ) nesses animais (Tabela 2). Foi observado um aumento na quantidade de ácidos graxos poliinsaturados (POL) ( $p=0,027$ ) e na porcentagem de POL ( $p=0,017$ ) (Tabela 3). Ainda, no corte de peito de aves maduras exibiram um aumento na razão POL/SAT ( $p=0,079$ ) e uma redução na razão SAT/POL ( $p=0,024$ ) (Tabela 3). Para a estimativa do índice de atividade das enzimas  $\Delta 9$ -dessaturase<sup>C18</sup> no peito, aves após a maturidade sexual apresentaram os menores valores ( $p=0,016$ ) (Tabela 3).

O sexo afetou o teor de  $n-3$  no peito, sendo que as fêmeas exibiram uma maior concentração em relação aos machos ( $p=0,047$ ) (Tabela 3). O maior teor de  $n-3$ , acarretou uma redução na razão  $n-6/n-3$  no corte de peito de fêmeas ( $p=0,049$ ) (Tabela 3).

Para composição de ácidos graxos saturados, maior média de C17:0 ( $p=0,001$ ) foi verificada em animais após a maturidade sexual, enquanto houve uma redução de C23:0 ( $p=0,007$ ) (Tabela 4).

Tabela 9 - Perfil de ácidos graxos da carne da coxa de frangos de corte da linhagem Label Rouge em função do sexo, idade de abate e maturidade sexual

| Variáveis        | Maturidade Sexual (MS) | Sexo   |        | Média  | EPM*   | Valor de P |       |       |
|------------------|------------------------|--------|--------|--------|--------|------------|-------|-------|
|                  |                        | Fêmea  | Macho  |        |        | MS         | S     | MS*S  |
| C4:0 (mg/g)      | Não Maduro             | 0,55   | 0,35   | 0,45   | 0,1957 | 0,578      | 0,662 | 0,062 |
|                  | Maduro                 | 0,26   | 0,68   | 0,47   |        |            |       |       |
|                  | Média                  | 0,40   | 0,52   |        |        |            |       |       |
| C8:0 (mg/g)      | Não Maduro             | 0,39   | 0,26   | 0,33   | 0,1612 | 0,323      | 0,665 | 0,642 |
|                  | Maduro                 | 0,18   | 0,21   | 0,19   |        |            |       |       |
|                  | Média                  | 0,29   | 0,24   |        |        |            |       |       |
| C10:0 (mg/g)     | Não Maduro             | 1,50   | 1,81   | 1,66   | 0,717  | 0,753      | 0,271 | 0,481 |
|                  | Maduro                 | 1,40   | 2,88   | 2,14   |        |            |       |       |
|                  | Média                  | 1,45   | 2,35   |        |        |            |       |       |
| C12:0 (mg/g)     | Não Maduro             | 3,20   | 4,29   | 3,75   | 1,254  | 0,612      | 0,297 | 0,891 |
|                  | Maduro                 | 3,64   | 5,06   | 4,35   |        |            |       |       |
|                  | Média                  | 3,42   | 4,67   |        |        |            |       |       |
| C14:0 (mg/g)     | Não Maduro             | 19,26  | 25,28  | 22,27  | 5,522  | 0,751      | 0,387 | 0,780 |
|                  | Maduro                 | 22,38  | 25,48  | 23,93  |        |            |       |       |
|                  | Média                  | 20,82  | 25,38  |        |        |            |       |       |
| C14:1 (mg/g)     | Não Maduro             | 2,12   | 2,67   | 2,39   | 0,556  | 0,761      | 0,442 | 0,787 |
|                  | Maduro                 | 2,10   | 2,36   | 2,23   |        |            |       |       |
|                  | Média                  | 2,11   | 2,51   |        |        |            |       |       |
| C15:0 (mg/g)     | Não Maduro             | 2,17   | 2,65   | 2,41   | 1,105  | 0,529      | 0,450 | 0,914 |
|                  | Maduro                 | 2,52   | 4,28   | 3,40   |        |            |       |       |
|                  | Média                  | 2,34   | 3,46   |        |        |            |       |       |
| C16:0 (mg/g)     | Não Maduro             | 212,59 | 223,20 | 217,89 | 13,819 | 0,793      | 0,757 | 0,269 |
|                  | Maduro                 | 230,71 | 211,97 | 221,34 |        |            |       |       |
|                  | Média                  | 221,65 | 217,58 |        |        |            |       |       |
| C16:1 (mg/g)     | Não Maduro             | 39,69  | 28,99  | 34,34  | 2,444  | <0,0001    | 0,001 | 0,381 |
|                  | Maduro                 | 26,06  | 19,46  | 22,76  |        |            |       |       |
|                  | Média                  | 32,87  | 24,22  |        |        |            |       |       |
| C17:0 (mg/g)     | Não Maduro             | 2,30   | 2,34   | 2,32   | 0,324  | 0,001      | 0,107 | 0,133 |
|                  | Maduro                 | 3,02   | 4,00   | 3,51   |        |            |       |       |
|                  | Média                  | 2,66   | 3,17   |        |        |            |       |       |
| C17:1 (mg/g)     | Não Maduro             | 2,01   | 1,73   | 1,87   | 0,440  | 0,860      | 0,749 | 0,326 |
|                  | Maduro                 | 1,52   | 2,07   | 1,79   |        |            |       |       |
|                  | Média                  | 1,77   | 1,90   |        |        |            |       |       |
| C18:0 (mg/g)     | Não Maduro             | 88,85  | 89,88  | 89,36  | 5,6175 | 0,042      | 0,056 | 0,082 |
|                  | Maduro                 | 90,59  | 110,78 | 100,68 |        |            |       |       |
|                  | Média                  | 89,72  | 100,33 |        |        |            |       |       |
| C18:1n-9T (mg/g) | Não Maduro             | 1,85   | 2,06   | 1,96   | 0,346  | 0,455      | 0,592 | 0,905 |
|                  | Maduro                 | 2,14   | 2,27   | 2,20   |        |            |       |       |
|                  | Média                  | 1,99   | 2,17   |        |        |            |       |       |
| C18:1n-9C (mg/g) | Não Maduro             | 313,49 | 266,37 | 289,93 | 15,486 | 0,120      | 0,041 | 0,290 |
|                  | Maduro                 | 274,37 | 258,72 | 266,54 |        |            |       |       |
|                  | Média                  | 293,93 | 262,54 |        |        |            |       |       |
| C18:2n-6C (mg/g) | Não Maduro             | 135,59 | 127,00 | 131,29 | 10,341 | 0,333      | 0,389 | 0,091 |
|                  | Maduro                 | 128,09 | 153,69 | 140,89 |        |            |       |       |
|                  | Média                  | 131,84 | 140,34 |        |        |            |       |       |
| C20:0 (mg/g)     | Não Maduro             | 0,82   | 0,80   | 0,81   | 0,152  | 0,622      | 0,599 | 0,664 |
|                  | Maduro                 | 0,95   | 0,81   | 0,88   |        |            |       |       |
|                  | Média                  | 0,89   | 0,81   |        |        |            |       |       |

|                    |            |                    |                    |       |       |       |       |       |
|--------------------|------------|--------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C18:3n-6<br>(mg/g) | Não Maduro | 1,27               | 0,90               | 1,08  |       |       |       |       |
|                    | Maduro     | 0,81               | 0,80               | 0,80  | 0,174 | 0,091 | 0,310 | 0,632 |
|                    | Média      | 1,04               | 0,85               |       |       |       |       |       |
| C20:1 (mg/g)       | Não Maduro | 2,02               | 1,95               | 1,99  |       |       |       |       |
|                    | Maduro     | 1,87               | 2,03               | 1,95  | 0,265 | 0,889 | 0,863 | 0,650 |
|                    | Média      | 1,95               | 1,99               |       |       |       |       |       |
| C18:3n-3<br>(mg/g) | Não Maduro | 5,10               | 5,32               | 5,21  |       |       |       |       |
|                    | Maduro     | 5,34               | 6,02               | 5,68  | 0,564 | 0,385 | 0,406 | 0,666 |
|                    | Média      | 5,22               | 5,67               |       |       |       |       |       |
| C20:2 (mg/g)       | Não Maduro | 1,56 <sup>aA</sup> | 1,57 <sup>aA</sup> | 1,57  |       |       |       |       |
|                    | Maduro     | 0,87 <sup>bB</sup> | 1,79 <sup>aA</sup> | 1,33  | 0,194 | 0,208 | 0,017 | 0,019 |
|                    | Média      | 1,22               | 1,68               |       |       |       |       |       |
| C22:0 (mg/g)       | Não Maduro | 0,69               | 0,87               | 0,78  |       |       |       |       |
|                    | Maduro     | 0,63               | 0,57               | 0,60  | 0,168 | 0,269 | 0,722 | 0,448 |
|                    | Média      | 0,66               | 0,72               |       |       |       |       |       |
| C20:3n-6<br>(mg/g) | Não Maduro | 2,98               | 2,97               | 2,98  |       |       |       |       |
|                    | Maduro     | 2,40               | 2,58               | 2,49  | 0,264 | 0,061 | 0,731 | 0,714 |
|                    | Média      | 2,69               | 2,78               |       |       |       |       |       |
| C20:4n-6<br>(mg/g) | Não Maduro | 27,98              | 28,31              | 28,15 |       |       |       |       |
|                    | Maduro     | 34,38              | 43,94              | 39,16 | 5,016 | 0,029 | 0,496 | 0,424 |
|                    | Média      | 31,18              | 36,12              |       |       |       |       |       |
| C23:0 (mg/g)       | Não Maduro | 0,11               | 0,31               | 0,21  |       |       |       |       |
|                    | Maduro     | 0,00               | 0,00               | 0,00  | 0,082 | 0,007 | 0,294 | 0,294 |
|                    | Média      | 0,05               | 0,15               |       |       |       |       |       |
| C24:0 (mg/g)       | Não Maduro | 0,13               | 0,04               | 0,09  |       |       |       |       |
|                    | Maduro     | 0,27               | 0,22               | 0,25  | 0,114 | 0,293 | 0,507 | 0,477 |
|                    | Média      | 0,20               | 0,13               |       |       |       |       |       |
| C20:5n-3<br>(mg/g) | Não Maduro | 0,63               | 0,97               | 0,80  |       |       |       |       |
|                    | Maduro     | 0,44               | 0,14               | 0,29  | 0,294 | 0,002 | 0,932 | 0,057 |
|                    | Média      | 0,54               | 0,56               |       |       |       |       |       |
| C22:6n-3<br>(mg/g) | Não Maduro | 3,36               | 2,87               | 3,12  |       |       |       |       |
|                    | Maduro     | 4,23               | 2,74               | 4,48  | 0,502 | 0,443 | 0,046 | 0,299 |
|                    | Média      | 3,80               | 2,81               |       |       |       |       |       |

Teste de F a 5% de probabilidade. Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste de F com  $P < 0,05$ ; EPM – erro padrão da média.

Para os ácidos graxos monoinsaturados (Tabela 3), a coxa apresentou teores mais baixos de C16:1 após a maturidade sexual das aves ( $p < 0,0001$ ), redução de ácidos graxos monoinsaturados (MON) nessas aves ( $p = 0,042$ ) e menor porcentagem de ácidos graxos monoinsaturados (% MON) ( $p = 0,001$ ) (Tabela 4 e 5).

Tabela 10 – Somatório de ácidos graxos e índices enzimáticos de coxa de frangos de corte da linhagem Label Rouge em função do sexo e maturidade sexual

| Variáveis                              | Maturidade Sexual (MS) | Sexo (S)            |                     | Média  | EMP*   | Valor de P |       |       |
|--|------------------------|---------------------|---------------------|--------|--------|------------|-------|-------|
|  |                        | Fêmea               | Machos              |        |        | MS         | S     | MS*S  |
| SAT (mg/g)*                            | Não Maduro             | 332,59              | 352,13              | 342,36 | 22,623 | 0,369      | 0,488 | 0,831 |
|  | Maduro                 | 356,58              | 366,96              | 361,77 |        |            |       |       |
|  | Média                  | 344,58              | 359,54              |        |        |            |       |       |
| MON (mg/g)*                            | Não Maduro             | 361,18              | 303,78              | 332,48 | 17,319 | 0,042      | 0,024 | 0,276 |
|  | Maduro                 | 308,07              | 286,93              | 297,50 |        |            |       |       |
|  | Média                  | 334,62              | 295,35              |        |        |            |       |       |
| POL (mg/g)*                            | Não Maduro             | 178,50              | 169,96              | 174,22 | 12,483 | 0,102      | 0,268 | 0,075 |
|  | Maduro                 | 176,59              | 211,72              | 194,15 |        |            |       |       |
|  | Média                  | 177,55              | 190,84              |        |        |            |       |       |
| INS (mg/g)*                            | Não Maduro             | 539,68              | 473,74              | 506,71 | 23,599 | 0,503      | 0,252 | 0,084 |
|  | Maduro                 | 484,66              | 498,65              | 491,65 |        |            |       |       |
|  | Média                  | 512,17              | 486,20              |        |        |            |       |       |
| %SAT*                                  | Não Maduro             | 38,19               | 42,50               | 40,34  | 2,022  | 0,393      | 0,210 | 0,134 |
|  | Maduro                 | 42,14               | 42,45               | 42,29  |        |            |       |       |
|  | Média                  | 40,16               | 42,47               |        |        |            |       |       |
| %MON*                                  | Não Maduro             | 41,31               | 36,71               | 39,01  | 1,143  | 0,001      | 0,001 | 0,707 |
|  | Maduro                 | 36,75               | 32,96               | 34,85  |        |            |       |       |
|  | Média                  | 39,04               | 34,83               |        |        |            |       |       |
| %POL*                                  | Não Maduro             | 20,48               | 20,78               | 20,63  | 1,637  | 0,164      | 0,231 | 0,312 |
|  | Maduro                 | 21,10               | 24,58               | 22,84  |        |            |       |       |
|  | Média                  | 20,80               | 22,68               |        |        |            |       |       |
| <i>n</i> -3*                           | Não Maduro             | 9,10                | 9,17                | 9,13   | 0,880  | 0,692      | 0,535 | 0,481 |
|  | Maduro                 | 10,02               | 8,91                | 9,46   |        |            |       |       |
|  | Média                  | 9,56                | 9,04                |        |        |            |       |       |
| <i>n</i> -6*                           | Não Maduro             | 167,83              | 159,21              | 163,52 | 12,059 | 0,093      | 0,250 | 0,064 |
|  | Maduro                 | 165,69              | 201,01              | 183,35 |        |            |       |       |
|  | Média                  | 166,76              | 180,11              |        |        |            |       |       |
| POL/SAT*                               | Não Maduro             | 0,53                | 0,49                | 0,51   | 0,059  | 0,482      | 0,620 | 0,230 |
|  | Maduro                 | 0,51                | 0,60                | 0,55   |        |            |       |       |
|  | Média                  | 0,52                | 0,55                |        |        |            |       |       |
| SAT/POL*                               | Não Maduro             | 1,87                | 2,12                | 1,99   | 0,281  | 0,478      | 0,656 | 0,236 |
|  | Maduro                 | 2,05                | 1,92                | 1,98   |        |            |       |       |
|  | Média                  | 1,96                | 2,02                |        |        |            |       |       |
| <i>n</i> -3/ <i>n</i> -6*              | Não Maduro             | 0,05                | 0,06                | 0,05   | 0,006  | 0,383      | 0,316 | 0,074 |
|  | Maduro                 | 0,06                | 0,04                | 0,05   |        |            |       |       |
|  | Média                  | 0,06                | 0,05                |        |        |            |       |       |
| <i>n</i> -6/ <i>n</i> -3*              | Não Maduro             | 19,08               | 17,98               | 18,53  | 2,765  | 0,858      | 0,090 | 0,063 |
|  | Maduro                 | 16,87               | 24,32               | 20,59  |        |            |       |       |
|  | Média                  | 17,98               | 21,15               |        |        |            |       |       |
| $\Delta$ 9-dessaturase <sup>C16*</sup> | Não Maduro             | 15,84               | 11,52               | 13,68  | 1,053  | 0,002      | 0,006 | 0,190 |
|  | Maduro                 | 10,17               | 8,51                | 9,34   |        |            |       |       |
|  | Média                  | 13,00               | 10,01               |        |        |            |       |       |
| $\Delta$ 9-dessaturase <sup>C18*</sup> | Não Maduro             | 69,81               | 67,76               | 68,79  | 1,716  | 0,080      | 0,035 | 0,347 |
|  | Maduro                 | 68,42               | 63,27               | 65,84  |        |            |       |       |
|  | Média                  | 69,11               | 65,51               |        |        |            |       |       |
| Elongase <sup>C16-C18*</sup>           | Não Maduro             | 61,40 <sup>aA</sup> | 58,58 <sup>aB</sup> | 59,99  | 1,423  | 0,880      | 0,966 | 0,050 |
|  | Maduro                 | 58,84 <sup>aA</sup> | 61,54 <sup>aA</sup> | 60,19  |        |            |       |       |
|  | Média                  | 60,120              | 60,06               |        |        |            |       |       |

|                         |            |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tioesterase<br>C16-C14* | Não Maduro | 91,67 | 90,24 | 90,96 |       |       |       |       |
|                         | Maduro     | 91,69 | 89,95 | 90,82 | 1,711 | 0,934 | 0,334 | 0,924 |
|                         | Média      | 91,68 | 90,10 |       |       |       |       |       |
| ATERO*                  | Não Maduro | 0,56  | 0,61  | 0,59  |       |       |       |       |
|                         | Maduro     | 0,59  | 0,54  | 0,56  | 0,048 | 0,604 | 0,965 | 0,251 |
|                         | Média      | 0,58  | 0,58  |       |       |       |       |       |
| TROMBO*                 | Não Maduro | 1,11  | 1,31  | 1,21  |       |       |       |       |
|                         | Maduro     | 1,28  | 1,33  | 1,30  | 0,112 | 0,456 | 0,273 | 0,136 |
|                         | Média      | 1,20  | 1,32  |       |       |       |       |       |

Teste de F a 5% de probabilidade. Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste de F com  $P < 0.05$ . SAT – teor de ácidos graxos saturados em mg/g de lipídeo; MON- teor de ácidos graxos monoinsaturados mg/g de lipídeo; POL – teor de ácidos graxos poliinsaturados mg/g de lipídeo; INS – teor de ácidos graxos insaturados mg/g de lipídeo; %SAT - percentual de ácidos graxos saturados; %MON - percentual de ácidos graxos monoinsaturados; %POL - percentual de ácidos graxos poliinsaturados; *n*-3 - total de ácidos graxos ômega 3; *n*-6 - total de ácidos graxos ômega 6; POL/SAT - relação poliinsaturado/saturado; SAT/POL - relação saturado/poliinsaturado; *n*-3/*n*-6 - relação ômega 3/ômega 6; *n*-6/*n*-3 - relação ômega 6/ômega 3;  $\Delta 9$ -dessaturase<sup>C16</sup> - estimativa do índice de atividade de  $\Delta 9$ -dessaturase<sup>C16</sup>;  $\Delta 9$ -dessaturase<sup>C18</sup> - estimativa do índice de atividade de  $\Delta 9$ -dessaturase<sup>C18</sup>; elongase<sup>C16-C18</sup> - índice de atividade de elongase<sup>C16-C18</sup>; de tioesterase<sup>C16-C14</sup> - índice de atividade de tioesterase<sup>C16-C14</sup>; ATERO – índice de aterogenicidade; TROMBO – índice de trombogenicidade; EPM – erro padrão da média.

Em relação aos ácidos graxos poliinsaturados, verificou-se um aumento no teor de C20:4*n*-6 ( $p=0,029$ ) e uma redução do C20:5*n*-3 na carne de coxa de frangos após a maturidade sexual (Tabela 4). Ainda, corte de coxa de aves maduras sexualmente exibiram menor média para a estimativa da atividade da enzima  $\Delta 9$ -dessaturase<sup>C16</sup> ( $p=0,002$ ) (Tabela 5).

Houve influência isolada do sexo nas variáveis avaliadas, as fêmeas exibiram maiores médias no teor de C16:1 ( $p=0,001$ ) (Tabela 4). Como resultado, foi observado aumento das médias nos parâmetros MON e %MON ( $p=0,024$  e  $p=0,001$ , respectivamente) no corte de coxa dessas aves (Tabela 5). Ainda, as fêmeas apresentaram maior quantidade de C18:1*n*-9C ( $p=0,041$ ) e C22:6*n*-3 ( $p=0,046$ ) (Tabela 3).

No corte de coxa, as fêmeas exibiram maiores médias para a estimativa da atividade das enzimas  $\Delta 9$ -dessaturase<sup>C16</sup> ( $p=0,006$ ) e  $\Delta 9$ -dessaturase<sup>C18</sup> ( $p=0,035$ ) (Tabela 4).

## DISCUSSÃO

No presente estudo foi observado redução dos ácidos graxos C18:0 no peito e de C20:2 na coxa de fêmeas maduras sexualmente. Com a maturação sexual, no fígado das fêmeas aumentam a síntese de ácidos graxos (Vignale et al., 2018; Zheng et al., 2018; Shi et al., 2020), por meio da ativação de enzimas que participam da biossíntese desses (Li et al., 2015; Zhang et al., 2017). Contudo, esses ácidos graxos dão origem aos precursores da gema do ovo como a lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL) e a vitelogenina. Esses são sintetizados no fígado, secretados na corrente sanguínea e direcionados para formação da gema do ovo (Zheng et al., 2018; Cui et al., 2020). Assim, a redução desses ácidos graxos pode ser devido o



direcionamento desses para a formação da gema do ovo.

Na carne do peito de frangos machos maduros sexualmente apresentou redução da estimativa da atividade da enzima  $\Delta 9$ -dessaturase <sup>C16</sup>, essa enzima é responsável pela conversão de C16:0 em C16:1, através da adição de insaturações na cadeia carbônica (Faria et al., 2015; Cruz et al., 2017; Cruz & Faria, 2019). Entretanto, no presente estudo não foi observado redução na quantidade de C16:1 da carne do peito de frangos machos após a maturidade sexual. Contudo, na carne do peito de frangos machos maduros sexualmente foi verificado menor proporção de ácidos graxos monoinsaturados (% MON).

Em relação a atividade da enzima  $\text{elongase}^{\text{C16-C18}}$ , no corte da coxa, os resultados encontrados corroboram com Popova et al. (2016), que relataram um aumento na atividade dessa enzima com a idade em frangos machos. Apesar da ação dessa enzima no alongamento de ácidos graxos C16:0 e C16:1 para C18:0 e C18:1 (Faria et al., 2015), não houve efeito no teor dos ácidos graxos C18:0 e C18:1 no corte de coxa.

As mudanças nos teores de ácidos graxos da carne de peito e coxa de aves criadas em sistema alternativo após a maturidade sexual, pode ser devido as alterações no metabolismo hepático dessas aves, acarretando mudanças na quantidade e na atividade de enzimas que atuam na biossíntese de ácidos graxos, como por exemplo, a  $\Delta 6$  dessaturase que tem ação de catalisar etapas da dessaturação na síntese de ácidos graxos poliinsaturados (POL). E a esteroil-CoA dessaturase, que por sua vez, participa da produção de ácidos graxos monoinsaturados (MON), por meio da introdução de dupla ligação nos ácidos graxos C16:0 e C18:0 (Nakamura & Nara, 2004). Ainda, os hormônios estradiol nas fêmeas e testosterona nos machos afetam a atividade dessas enzimas, ativando e inibindo-as, respectivamente (Poureslami et al., 2010; Li et al., 2015; Zhang et al., 2017). A ação hormonal pode ter acarretado o efeito sexual nos teores de ácidos graxos em ambos os cortes, onde as fêmeas exibiram maiores teores de  $\omega 3$  no peito e de C16:1 na coxa.

Os cortes de peito de aves maduras sexualmente exibiram maior quantidade de POL e de proporção de ácidos graxos poliinsaturados. Esses aumentos podem ser devido a maior quantidade de C22:6n-3, n-3 e n-6 no peito de aves após a maturidade sexual. O alto teor de POL levou a uma melhor proporção ácidos graxos poliinsaturados em relação ao saturados (POL/SAT) e a menor razão SAT/POL nesse corte.

No corte de coxa, foi observado redução no teor de MON, proporção de ácidos graxos monoinsaturados e estimativa da atividade da enzima  $\Delta 9$ -dessaturase <sup>C16</sup> em aves maduras sexualmente, o que pode ser devido ao menor teor de C16:1 verificado na carne destes animais.

No peito das aves maduras sexualmente, foram verificados maiores valores de

estimativa da atividade de  $\Delta 9$ -dessaturase<sup>C18</sup>, no entanto, não foi verificado aumento dos ácidos graxos C18:1 $n$ -9T e C18:1 $n$ -9c, sendo que essa enzima atua na conversão desses (Faria et al., 2015; Cruz et al., 2017; Cruz & Faria, 2019).

A biossíntese de ácidos graxos  $n$ -3 e  $n$ -6, as reações de dessaturação e alongamento ocorrem através das enzimas dessaturase e alongasse ( $\Delta 4$ ,  $\Delta 5$ ,  $\Delta 6$ ), esses são posteriormente esterificados em fosfolipídios e irão fazer parte das membranas celulares, além de serem precursores de prostaglandinas, tromboxanos e lecotrieno (Nakamura & Nara, 2004). Segundo Palmquist (2009), a enzima  $\Delta 6$  dessaturase tem maior afinidade para formação de ácidos graxos  $n$ -3. Diante disso, nesse estudo, as aves fêmeas apresentaram maior quantidade de  $n$ -3 em relação aos machos no corte de peito, o que pode sugerir maior quantidade de  $\Delta 6$  dessaturase nas aves fêmeas. Com o aumento do  $n$ -3, as aves fêmeas exibiram uma menor relação  $n$ -6/ $n$ -3 na carne de peito. Cruz et al. (2017) observaram comportamento semelhante com redução na proporção  $\omega 6/\omega 3$  em aves fêmeas independente do corte (peito e coxa). Ademais, o aumento, principalmente, da quantidade de ácidos graxos  $\omega 3$  é de grande importância, a vista que, esse composto tem papel antitrombótico e antiateromatoso, auxiliando na redução de doenças cardiovasculares (Nakamura & Nara, 2004).

No corte da coxa, o fator sexo isoladamente influenciou a composição de ácidos graxos, onde as fêmeas exibiram maiores teores de C16:1, o que pode ter contribuído para o aumento da estimativa da atividade da enzima  $\Delta 9$ -dessaturase<sup>C16</sup>. Ainda, no mesmo corte, as fêmeas exibiram um aumento da estimativa da enzima  $\Delta 9$ -dessaturase<sup>C18</sup>, sem, no entanto, ser verificado efeito do sexo sobre o teor de C18:1.

Segundo a Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO), há evidências que mostram que a substituição no consumo de alimentos ricos em SAT por alimentos com maior conteúdo de MON e POL, reduzem o risco de doenças coronárias, além de aumentar os teores de lipoproteína de alta densidade (HDL). Ainda, segundo a World Health Organization (WHO, 2003), a relação POL/SAT deve ser superior a 0,4; o que foi constatado neste trabalho no corte de peito de aves maduras sexualmente.

As descobertas desse estudo sugerem que a maturidade sexual em aves criadas em sistema alternativo afeta a composição lipídica de ambos os cortes para as três classes de ácidos graxos, saturados, monoinsaturados e poliinsaturados. Hoje muitos consumidores têm procurado por produtos considerados naturais ou orgânicos, buscando um produto mais saudável, principalmente em relação aos níveis de ácidos graxos considerados benéficos para saúde como é o caso dos ácidos graxos insaturados. Assim, entender os fatores que podem alterar a composição lipídica com objetivo de atender a demanda do consumidor, acarreta maior

desenvolvimento e crescimento do setor produtor de frangos caipiras.

## **CONCLUSÃO**

A composição lipídica da carne de frangos criados em sistema alternativo foi alterada em função da maturidade sexual das aves.

Houve aumento de ácidos graxos poliinsaturados no corte de peito e monoinsaturados na coxa após as aves atingirem a maturidade sexual.

O sexo influenciou o teor de  $\omega 3$  no corte de peito com aves fêmeas exibindo maiores quantidades e uma menor razão  $\omega 6/\omega 3$  em relação ao macho.

## REFERÊNCIAS

- Brasil, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. (2020). *Frango “caipira, colonial ou de capoeira”* (Ofício Circular SDA/DIPOA n° 73, de 04 de setembro de 2020). Diário Oficial da República Federativa do Brasil.
- Cruz, F. L., & Faria, P. B. (2019). Perfil lipídico da carne de frangos de corte de diferentes cruzamentos criados em sistema alternativo. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 71(2), 677-686. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10168>.
- Cruz, F. L., Espósito, M., Nardelli, N. B. S., Fassani, E. J., Faria, P. B., & Esteves, C. (2017). Qualidade de carne de aves da raça Rodhe Islad Red criadas em sistema alternativo. *Ciência Animal Brasileira*, 18, 1-16. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v18e-37834>.
- Cui, Z., Aमेvor, F. K., Feng, Q., Kang, X., Song, W., Zhu, Q., Wang, Y., Li, D., & Zhao, X. (2020). Sexual maturity promotes yolk precursor synthesis and follicle development in hens via liver-blood-ovary signal axis. *Animals*, 10(12), 1-14. <https://doi.org/10.3390/ani10122348>.
- Faria, P. B., Cantarelli, V. S., Fialho, E. T., Pinto, A. M. B. G., Faria, J. H., Rocha, M. F. M., Guerreiro, M. C., & Bressan, M. C. (2015). Lipid profile and cholesterol of pork with the use of glycerin in feeding. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67(2), 535-546. <https://doi.org/10.1590/1678-7112>.
- Folch, J., Lees, M., & Stanley, G. H. S. (1957). A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226(1), 497-509. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)64849-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)64849-5).
- French, P., Stanton, C., Lawless, F., O’Riordan, E. G., Monahan, F. J., Caffrey, P. J., & Moloney, A. P. (2000). Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazes grass, grass silage, or concentrate-based diets. *Journal of Animal Science*, 78(11), 2849-2855. <https://doi.org/10.2527/2000.78112849x>.
- Hartman, L., & Lago, R. C. A. (1973). Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory Practice*, 22(6), 475-476.
- Li, H., Wang, T., Xu, C., Wang, D., Ren, J., Li, Y., Tian, Y., Wang, Y., Jiao, Y., Kang, X., & Liu, X. (2015). Transcriptome profile of liver at different physiological stages reveals potential mode for lipid metabolism in laying hens. *BMC Genomic*, 16, 1-13. <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1943-0>.
- Metz, P. A. M., Menezes, L. F. G., Santos, A. P., Brondani, I. L., Restle, J., & Lanna, D. P. D. (2009). Perfil de ácidos graxos da carne de novilhos de diferentes idades e grupos genéticos terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(3), 523-531. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000300018>.
- Nakamura, M. T., & Nara, T. Y. (2004). Structure, function, and dietary regulation of delta6, delta5, and delta 9 desaturases. *Annual Review of Nutrition*, 24, 345-376. <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.24.121803.063211>.

- Palmquist, D. L. (2009). Omega-3, fatty acids in metabolism, health, and nutrition and for modified animal product foods. *The Professional Animal Scientist*, 25(3), 207-249. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30713-0](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30713-0).
- Pickett, H. (2012). Nutritional benefits of higher welfare animal products. United Kingdom: Compassion in world farming. <http://ciwf.org/nutrition>.
- Popova, T., Ignatova, M., Petkov, E., & Stanišić, N. (2016). Difference in fatty acid composition and related nutritional indices of meat between two lines of slow-growing chickens slaughtered at different ages. *Archives Animal Breeding*, 59(3), 319-327. <https://doi.org/10.5194/aab-59-319-2016>.
- Poureslami, R., Raes, K., Turchini, G. M., Huyghebaert, G., & Smet, S. D. (2010). Effect of diet, sex and age on fatty acid metabolism in broiler chickens: n-3 and n-6 PUFA. *British Journal of Nutrition*, 104(2), 189-197. <https://doi.org/10.1017/S0007114510000395>.
- Rose, K. A., Bates, K. T., Nudds, R. L., & Codd, J. R. (2016). Ontogeny of sex differences in the energetics and kinematics of terrestrial locomotion in leghorn chickens (*Gallus Gallus domesticus*). *Scientific Reports*, 6, 1-11. <https://doi.org/10.1038/srep24292>.
- Santos, T. C., Murakami, A. E., Oliveira, C. A. L., & Costa, P. D. (2012). Desenvolvimento corporal e testicular em machos de codornas de corte e de postura de 25 a 360 dias. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 32(11), 1205-1212. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2012001100023>.
- Shi, L., Sun, Y., Xu, H., Liu, Y., Li, Y., Huang, Z., Ni, A., Chen, C., Li, D., Wang, P., Fan, J., Ma, H., & Chen, J. (2020). Effect of age at photostimulation on sexual maturation and egg-laying performance of layer breeders. *Poultry Science*, 99(2), 812-819. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.027>.
- Silva, D. C. F., Arruda, A. M. V., & Gonçalves, A. A. (2017). Quality characteristics of broiler chicken meat from free-range and industrial poultry system for the consumers. *Journal of Food Science and Technology*, 54(7), 1818-1826. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2612-x>.
- Ulbricht, T. V. L., & Southgate, D. A. T. (1991). Doença coronariana: sete fatores dietéticos. *Lancet*, 2338(8773), 985-992. [http://dx.doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](http://dx.doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M).
- Vignale, K., Caldas, J. V., England, J. A., Boonsinchai, N., Sodsee, P., Pollock, E. D., & Coon, C. N. (2018). The effect of sexual maturity and egg production on skeletal muscle (pectoralis major and gastrocnemius) protein turnover in broiler breeder pure lines. *Poultry Science*, 97(2), 531-539. <https://doi.org/10.3382/ps/pex306>.
- Visentainer, J. V. (2012). Aspectos analíticos da resposta do detector de ionização em chama para ésteres de ácidos graxos em biodiesel e alimentos. *Química Nova*, 35(2), 274-279. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000200008>.
- World Health Organization - WHO. (2003). *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation*. Geneva: WHO.

- <https://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/trs916/download/en/>.
- Zhang, M., Li, C.-C., Li, F., Li, H., Liu, X.-J., Loo, J. J., Kang, X.-T., & Sun, G.-R. (2017). Estrogen promotes hepatic synthesis of long-chain polyunsaturated fatty acids by regulating ELOVL5 at post-transcriptional level in laying hens. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(7), 1-15. <https://doi.org/10.3390/ijms18071405>.
- Zheng, H., Li, H., Tan, W., Xu, C., Jia, L., Wang, D., Li, Z., Sun, G., Kang, X., Yan, F., & Liu, X. (2018). Oestrogen regulates the expression of *cathepsin E-A-like* gene through ER $\beta$  in liver of chicken (*Gallus gallus*). *Journal of Genetics*, 97(1), 145-155. <https://doi.org/10.1007/s12041-018-0890-3>.

**ARTIGO 3 - Caracterização de compostos voláteis na carne de frango criados em sistema alternativo em função da maturidade sexual**

JOANNA OLIVEIRA MARÇAL<sup>1</sup>  
GIULIA PIVA OLIVEIRA<sup>1</sup>  
FERNANDO MARCOS RUBIM<sup>1</sup>  
ALEXANDER ALEXANDRE DE ALMEDA<sup>2</sup>  
LARYSSA FERNANDES CORREA<sup>1</sup>  
DIOGO BATISTA DOS SANTOS<sup>1</sup>  
LAIS GABRIELLE ALVARENGA ASSIS<sup>1</sup>  
PETER BITENCOURT FARIA<sup>1\*</sup>

Elaborado segundo as normas do periódico Brazilian Journal of Poultry Science

---

1 Universidade Federal de Lavras – UFLA

2 Instituto Federal Minas Gerais – IFMG – Campus Bambuí

\* peter@ufla.br

## RESUMO

O objetivo deste estudo, foi avaliar o perfil de compostos voláteis de frangos criados em sistema alternativo em função do desenvolvimento e maturidade. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), sendo dois sexos (macho e fêmea) e duas categorias de maturidade sexual (não maduro e maduro). Foram utilizados um total de 90 frangos, 45 machos e 45 fêmeas que foram abatidos em diferentes idades: 70, 90, 120, 150 e 180 dias. Para o estudo foram analisadas amostras dos cortes peito e coxa. Os componentes voláteis foram extraídos por microextração em fase sólida (SPME), analisados através de espectrômetro de massa acoplado a cromatógrafo gasoso com e os compostos identificados pelo espectros de massa e índice de Kovats . Foram identificados um total de 96 compostos voláteis agrupados em dez classes: químicas, aldeídos, álcoois, terpenos, hidrocarbonetos, cetonas, pirazinas, compostos sulfurados, ésteres, furanos e ácidos carboxílicos. Foi observado maior relação das aves após a maturidade sexual com compostos aldeídos e álcoois após a maturidade sexual. Os frangos machos tiveram maior relação com os compostos identificados do grupamento dos terpenos. As aves fêmeas não maduras apresentaram maior correlação com compostos ésteres, ainda, após a maturidade sexual, em ambos os cortes, houve um redução desses compostos. Compostos como cetonas e ácidos carboxílicos tiveram maior relação com cortes de aves após a maturidade sexual. O perfil de compostos voláteis apresentou diferença entre aves antes e após atingirem a maturidade sexual, principalmente em relação a compostos voláteis advindos da oxidação lipídica, confirmando assim, uma mudança no sabor da carne de aves maduras sexualmente.

**Palavras-chave:** sabor, caracterização química, aves.



## ABSTRACT

This study aimed at evaluating the profile of volatile compounds found in the meat of chickens raised in an alternative system as a function of their development and maturity. The fully randomized design (FRD) was used with two sexes (male and female) and two categories of sexual maturity (immature and mature). This study used 90 birds (45 males and 45 females), which were slaughtered at different ages: 70, 90, 120, 150, and 180 days. Samples of breast and leg cuts were analyzed in this research. The volatile compounds were extracted by solid phase microextraction (SPME), analyzed by means of a mass spectrometer attached to a gas chromatograph, and the compounds were identified by mass spectrum and Kovats index. 96 volatile compounds were identified and grouped into ten classes: chemical, aldehydes, alcohols, terpenes, hydrocarbons, ketones, pyrazines, sulfur compounds, esters, furans, and carboxylic acids. There was a stronger relationship between sexually mature birds and aldehyde compounds and alcohols. Male chickens were more related to compounds belonging to the terpene group. Immature females were more strongly related to ester compounds. However, after sexual maturity, in both cuts, there was a reduction in the amount of these compounds. Such compounds as ketones and carboxylic acids were more related to birds after sexual maturity. There was a difference in the profile of volatile compounds between mature and immature birds, especially regarding those volatile compounds arising from lipid oxidation, which confirms that a change occurs in the taste of chicken meat after they reach sexual maturity.

**Keywords:** taste; chemical characterization; birds

## INTRODUÇÃO

O sabor da carne é uma das características envolvidas na aceitabilidade do consumidor ao produto. A carne crua tem sabor semelhante a sangue, com pouco ou nenhum aroma. No entanto, a formação do aroma e sabor da carne cozida são atribuídos aos compostos voláteis advindos da degradação lipídica, reação de Maillard e da interação entre essas duas reações durante o cozimento (Mottram, 1998; Jayasena *et al.*, 2013; Qi *et al.*, 2018). Na carne de frango, os principais compostos voláteis que influenciam o seu sabor são os hidrocarbonetos alifáticos, aldeídos, álcoois, cetonas, ésteres, ácidos carboxílicos, hidrocarbonetos aromáticos e os compostos heterocíclicos oxigenados (Mottram, 1998; Ayseli *et al.*, 2014) e também são citados compostos específicos como o 2-methyl-3-furanthiol (Tang *et al.*, 2013), o hexanal; 2-furfurylthiol; 2(E)-nonenal; 2,4(E,E)-decadienal; 2,4(E,Z)-decadienal e o 2,4(E,E)-nonadienal para carne cozida de frangos (Abad, 2018).

No Brasil, a idade abate de frangos criados em sistema alternativo ou caipira está entre 70 e 120 dias (Brasil, 2020), ou seja, antes de atingirem a maturidade sexual. Na literatura, estudos avaliando o sabor da carne de frango criado em sistema alternativo abatido antes da maturidade sexual, não observaram diferença com a carne de frango convencional (Fanatico *et al.*, 2007; Smith *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2017). Entretanto, a maioria dos consumidores de carne de frango caipira buscam um produto com sabor mais intenso (Kosowska, 2017).

A maturidade sexual é um fator que pode interferir na composição de compostos voláteis da carne de frangos caipiras, principalmente devido ao aumento da gordura com a idade dos animais (Kosowska *et al.*, 2017; Sun *et al.*, 2017) e promover alteração do sabor, uma vez que, em frangos após atingirem a maturidade sexual estariam apresentando carnes com sabor mais acentuado (Zanusso & Dionello, 2003). Contudo, são escassos os estudos avaliando compostos voláteis que possam estar presentes na carne de frangos criados em sistema alternativo.

Objetivou-se com este estudo realizar a caracterização do perfil de compostos voláteis da carne de frango criados em sistema caipira em função do grau de maturidade sexual.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Animais e condições de manejo

Para o estudo, foram utilizados frangos da linhagem Label Rouge (Pescoço Pelado) que

foram mantidos inicialmente em galpão de alvenaria por 28 dias e depois alojados em área própria para a criação de aves caipira, com separação entre machos e fêmeas e taxa de lotação de 3 metros quadrados por animal. As áreas dos piquetes eram cobertas por *Tifton* (*Cynodon* spp.) e Capim Estrela (*Rynchospora* spp.) com abrigo forrado com casca de arroz. As aves foram mantidas em alimentação *ad libitum* com dieta composta por quatro formulação, de acordo com a fase de crescimento (Tabela 1). As aves foram vacinadas contra Marek, Bronquite infecciosa, Gumboro, Newcastle e Bouba aviária de acordo com o calendário sanitário. A vermifugação ocorreu aos 49 dias de idade e aos 120 dias e foram criadas até 180 dias.

Tabela 11 – Componentes e composição das rações inicial, de Crescimento I e II e final fornecidas para os frangos caipiras.

| <b>Ingredientes (Kg)</b>     | <b>Ração inicial<br/>(1-28 dias)</b> | <b>Ração<br/>Crescimento I<br/>(29-49 dias)</b> | <b>Ração<br/>Crescimento II<br/>(50-70 dias)</b> | <b>Ração Final<br/>(71-180 dias)</b> |
|------------------------------|--------------------------------------|---|--|--------------------------------------|
| Milho                        | 64,7                                 | 69,1  | 72,75  | 73,45                                |
| Farelo de soja               | 31,7                                 | 27,7  | 23,85  | 22,8                                 |
| Óleo degomado de soja        | 0                                    | 0   | 0,2  | 0,9                                  |
| Caulim                       | 0                                    | 0   | 0,2  | 0,2                                  |
| Calcário calcítico           | 0,1                                  | 0,2   | 0  | 0,15                                 |
| Núcleo para frangos caipiras | 3,5                                  | 3   | 3  | 2,5                                  |
| <b>Valores calculados</b>    | <b>Ração inicial<br/>(Kg)</b>        | <b>Ração<br/>Crescimento I<br/>(kg)</b>         | <b>Ração<br/>Crescimento II<br/>(Kg)</b>         | <b>Ração<br/>Final<br/>(Kg)</b>      |
| EM (kcal/kg)                 | 2949,2                               | 2996,13   | 3047,97  | 3098,19                              |
| PB (%)                       | 20,07                                | 18,5  | 17,01  | 16,5                                 |
| Cálcio (%)                   | 1,05                                 | 0,9051  | 0,8663   | 0,7911                               |
| Fósforo disponível (%)       | 0,4092                               | 0,3609  | 0,3567   | 0,3102                               |
| Metionina + Cistina (%)      | 0,6911                               | 0,637   | 0,643  | 0,5725                               |
| Lisina (%)                   | 0,9609                               | 0,8673  | 0,7789   | 0,751                                |
| Treonina (%)                 | 0,6778                               | 0,6273  | 0,5721   | 0,5522                               |
| Triptofano (%)               | 0,2292                               | 0,2081  | 0,1877   | 0,1816                               |
| Colina (mg/kg)               | 1153,96                              | 1059,73   | 994,67   | 945,74                               |
| Sódio (mg/kg)                | 1848,39                              | 1613,59   | 1611,59  | 1375,69                              |
| Cloro (mg/kg)                | 3103,34                              | 2744,98   | 2746,98  | 2381,02                              |

†Níveis de garantia do núcleo para frangos caipira: Ácido Fólico (MIN.) 23,33 mg/kg, Ácido Pantotênico (MIN.) 333,33 mg/kg, B.H.T (MIN.) 500 mg/kg, Biotina (MIN.) 0,5 mg/kg, Cálcio (MIN.) 240 g/kg, Cálcio (MAX.) 270 g/kg, Cobre (MIN.) 333mg/kg, Colina (MIN.) 6.000 mg/kg, Ferro (MIN.) 1.667 mg/kg, Flúor (MAX.) 497,8 mg/kg, Fósforo (MIN.) 51 g/kg, Iodo (MIN.) 28,33 g/kg, Lisina (MIN.) 10g/kg, Manganês (MIN.) 2.333 mg/kg, Metionina (MIN.) 40 g/kg, Niacina (MIN.) 1.000 mg/kg, Selênio (MIN.) 10 mg/kg, Sódio (MIN.) 47,28 g/kg, Vitamina A (MIN.) 159 UI/kg, Vitamina B1 (MIN.) 33,33 mg/kg, Vitamina B12 (MIN.) 333,33 mcg/kg, Vitamina B2 (MIN.) 133,33 mg/kg, Vitamina B6 (MIN.) 66,67 mg/kg, Vitamina D3 (MIN.) 50.000 UI/kg, Vitamina E (MIN.) 266,667 UI/kg, Vitamina K3 (MIN.) 53,33 mg/kg, Zinco (MIN.) 2.000 mg/kg.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) do Instituto Federal de Minas Gerais sob o número 04/2019.

### **Abate das aves e avaliação da maturidade sexual**

Para o estudo foram utilizados um total de 90 frangos, sendo 45 machos e 45 fêmeas da linhagem Label Rouge (Pescoço Pelado) que foram abatidas aos 70, 90, 120, 150 e 180 dias. Os frangos foram mantidos em jejum por 12 horas e em seguida abatidos através de método humanitário e uso de boas práticas de fabricação, com uso de eletrocussão, seguida de sangria, depenagem e evisceração. Durante o abate foram coletadas as gônadas (testículos e ovários) para realização de avaliação macroscópica e microscópica para a caracterização da maturidade sexual.

O grupo de animais Não Maduros sexualmente foi composto por aves que não apresentaram o desenvolvimento sexual das gônadas completo. O grau de maturidade sexual dos machos foi determinado segundo Santos *et al.* (2012) através da avaliação dos testículos em relação ao diâmetro dos túbulos seminíferos e foram considerados maduros que apresentaram diâmetro testicular de 119,73 a 227,23  $\mu\text{m}$ . Nas fêmeas, a maturidade sexual foi definida visualmente, considerando maduras àquelas que apresentavam folículos desenvolvidos.

### **Delineamento experimental**

Para o estudo, foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos em função do grau de maturidade sexual, sendo: Machos Não Maduros (G1), Machos Maduros (G2), Fêmeas Não Maduras (G3) e Fêmeas Maduras (G4). O total de repetições em cada tratamento foi determinado em função do desenvolvimento gonadal, onde o número de aves Machos categorizados como Não Maduros sexualmente foi de 18 animais (abatidos aos 70 dias (n=9) e 90 dias (n= 9) com peso médio de abate de  $2,91 \pm 0,32$  kg). Para aves consideradas como Machos Maduros sexualmente foi de 27 animais (abatidos aos 120 dias (n=9), 150 dias (n=9) e 180 dias (n=9) com peso médio de abate de  $4,15 \pm 0,48$  kg). O número de aves Fêmeas classificadas como Não Maduras sexualmente foi de 21 animais (abatidas aos 70 dias (n=9), 90 dias (n=9) e 120 dias (n=3) com peso médio de  $2,64 \pm 0,26$  kg). O total de aves classificadas como Fêmeas Maduras sexualmente foi de 24 animais (abatidas aos 120 dias (n=6), 150 dias (n=9) e 180 dias (n= 9), com peso médio de  $3,30 \pm 0,30$ kg).

## Coleta e transporte das amostras

As amostras para avaliação dos compostos voláteis foram obtidas das carcaças dos frangos após resfriamento por um período de três horas com temperatura final de 5°C. A partir dos cortes comerciais de peito e coxa, foram coletadas amostras do tecido muscular para realização das análises químicas. Estas amostras foram embaladas, identificadas e acondicionadas em caixa térmica e em seguida transportada refrigeradas para o laboratório para posterior realização das análises do perfil de compostos voláteis.

## Determinação de compostos voláteis

As amostras de peito e coxa para determinação dos compostos voláteis foram envolvidas em papel alumínio e, em seguida, submetidas a cozimento em chapa elétrica à temperatura de 150°C até atingirem a temperatura interna de 72°C.

Em seguida, foram trituradas e 5 g de amostras foram pesadas em frasco âmbar de 20 ml. As amostras foram incubadas a 60°C por 10 minutos e os componentes voláteis foram extraídos por microextração em fase sólida – SPME (Solid Phase Micro Extration), por meio da fibra DVB/CAR/PDMS (divinylbenzene/carboxen/polidimetilsiloxano) com espessura de 50/30 mm, com duração de 45 minutos em temperatura de 60°C. No final da extração, a fibra foi introduzida no injetor do equipamento de cromatografia gasosa (Shimadzu GC/MS-QP 2010 *Plus*) para separação e identificação dos compostos voláteis, através do injetor automático (SHIMADZU – AOC-5000), a 250°C no modo *Splitless*, utilizando um injetor de 0,75mm de diâmetro interno. O cromatógrafo estava equipado com coluna Rtx-5MS 30m × 0,25mm × 25µm (fase líquida; 5% diphenyl, 95% dimethylpolysiloxane) cuja temperatura inicial e final foi de 35°C e 230°C, respectivamente. Utilizou-se o Hélio como gás de arraste com vazão de 1 mL/min.

O resultado da análise foi expresso em porcentagem de área de cada composto volátil presente nas amostras de carne. A identificação dos compostos foi através da integralização dos picos gerados no cromatograma e o banco de dados do software GCSolution (NIST, 2020), em função do espectro de massa. Ainda, foi realizada a comparação entre os valores de índice de Kovats, calculados através dos índices de retenção obtidos de cada composto, e aqueles da literatura (ADAMS, 2007).

### **Análise estatística**

As médias dos dados obtidos do perfil de compostos voláteis dos cortes de peito e coxa foram utilizados para avaliação do comportamento das variáveis em relação ao sexo e maturidade sexual com uso da análise de componentes principais (PCA) no ambiente R (Team, 2019).

## **RESULTADOS**

Foram identificados 96 compostos voláteis nos cortes de peito e coxa de frangos machos e fêmeas criados em sistema caipira antes e após a maturidade sexual. Esses compostos representavam 10 classes químicas, incluindo aldeídos, álcoois, terpenos, cetonas, hidrocarbonetos, pirazinas, compostos sulfurados, furanos, ésteres e ácidos carboxílicos (Tabela 02).

Foram identificados 17 compostos químicos do grupo dos aldeídos e 25 álcoois nas amostras de peito e coxa das categorias sexuais dos frangos analisados. No grupo dos aldeídos, o hexanal foi o principal composto encontrado, enquanto para álcoois, as maiores médias foram verificadas para o hexanol e 1-octen-3-ol em ambos os cortes. Em geral, no grupo dos aldeídos, álcoois, terpenos e cetonas verificou-se aumento na porcentagem da maioria dos compostos após os frangos atingirem a maturidade sexual, sendo verificado redução em ambos os sexos para o 2-undecenal, (E)-. No grupo dos álcoois, após os frangos atingirem a maturidade sexual, foi verificado redução em ambos os cortes dos compostos hexanol; 2-heptanol; 1-hexanol, 3-methyl- e 2-hepten-1-ol, (E). Contudo, o composto 1-butanol, 3-methyl- apresentou aumento no peito e redução na coxa após os frangos atingirem a maturidade sexual (Tabela 02).

No grupo dos terpenos (17 compostos identificados), o composto 1-heptene, 3-methyl- apresentou redução no peito e aumento na coxa, enquanto para ambos os cortes, foi verificado menores médias do 1-undecene após os frangos atingirem a maturidade sexual (Tabela 02).

Tabela 12. Perfil de compostos voláteis dos cortes peito e coxa de frangos da linhagem Label Rouge em relação as categorias sexuais

| Compostos voláteis        | Peito            |       |       |      |      | Coxa             |      |       |       |       |
|---------------------------|------------------|-------|-------|------|------|------------------|------|-------|-------|-------|
|                           | Categoria sexual |       |       |      | EPM  | Categoria sexual |      |       |       | EPM   |
|                           | MN               | FN    | MM    | FM   |      | MN               | FN   | MM    | FM    |       |
| <b>Aldeído</b>            |                  |       |       |      |      |                  |      |       |       |       |
| Hexanal                   | 3,78             | 3,47  | 7,33  | 5,18 | ,065 | 1,71             | 6,08 | 6,34  | 10,20 | 1,503 |
| Octanal                   | 0,39             | 0,23  | 0,26  | 6,07 | ,522 | 0,20             | 0,48 | 0,28  | 0,20  | 0,069 |
| Benzeneacetaldehyde       | 0,17             | -     | -     | -    | ,035 | -                | -    | 0,21  | 0,09  | 0,036 |
| 2-octenal, (E)-           | 0,70             | 0,59  | 1,05  | 0,76 | ,078 | 0,77             | 0,83 | 2,24  | 1,34  | 0,169 |
| Nonanal                   | 3,13             | 1,32  | 2,34  | 2,60 | ,424 | 1,03             | 3,37 | 2,65  | 3,68  | 0,511 |
| Dodecenal                 | 0,13             | 0,03  | 0,07  | 1,19 | ,306 | 0,04             | 0,15 | 0,10  | 0,16  | 0,028 |
| 2,5-pctadienal, (E,E)-    | 0,02             | 0,01  | 0,04  | 0,04 | ,009 | 0,03             | 0,01 | 0,35  | 0,10  | 0,042 |
| 2-decenal, (E)-           | 0,27             | 0,29  | 0,45  | 0,52 | ,056 | 0,32             | 0,33 | 0,54  | 0,33  | 0,038 |
| Hexanal, 2-ethyl-         | -                | -     | -     | -    |      | 0,01             | 0,02 | -     | -     | 0,005 |
| 2-butenal, 2-methyl-      | -                | -     | 0,02  | -    | ,006 | -                | 0,01 | -     | -     | 0,002 |
| 2-undecenal, (E)-         | 0,22             | 0,16  | 0,41  | 0,40 | ,041 | 0,23             | 0,20 | 0,09  | 0,06  | 0,026 |
| Benzaldehyde, 2-methyl-   | 0,01             | 0,01  | -     | -    | ,003 | -                | 0,01 | -     | -     | 0,001 |
| Tetradecanal              | 0,07             | 0,02  | 0,09  | 0,05 | ,017 | 0,05             | 0,03 | 0,03  | 0,08  | 0,012 |
| Octadecanal               | 0,11             | 0,06  | 0,24  | 0,16 | ,035 | 0,08             | 0,06 | 0,15  | 0,19  | 0,017 |
| Tridecanal                | 0,13             | 0,14  | 0,33  | 0,33 | ,038 | 0,05             | 0,03 | 0,11  | 0,09  | 0,010 |
| Pentadecanal              | -                | -     | 0,01  | -    | ,002 | -                | -    | -     | -     | -     |
| 4-decenal, (Z)-           | 0,05             | 0,01  | 0,09  | -    | ,018 | 0,02             | 0,05 | 0,04  | 0,08  | 0,017 |
| <b>Álcoois</b>            |                  |       |       |      |      |                  |      |       |       |       |
| 2,3-butanediol            | 0,02             | 1,03  | 0,28  | 0,37 | ,153 | 0,03             | 0,23 | 0,36  | -     | 0,105 |
| Hexanol                   | 36,24            | 33,1  | 15,2  | 10,6 | ,162 | 43,2             | 33,6 | 9,99  | 12,36 | 2,973 |
| 1-butanol, 3-methyl-      | 0,80             | 0,36  | 0,45  | 0,23 | ,112 | 0,14             | 0,49 | 0,56  | 0,66  | 0,091 |
| 2-heptanol                | 0,08             | 0,03  | -     | -    | ,015 | 0,01             | 0,01 | -     | -     | 0,003 |
| 4-heptanol, 2,6-dimethyl- | -                | 0,02  | 0,17  | 0,28 | ,062 | -                | -    | 0,04  | 0,11  | 0,030 |
| 2-hepten-1-ol, (E)-       | 0,06             | 0,09  | 0,05  | 0,04 | ,018 | 0,03             | -    | -     | -     | 0,004 |
| Heptanol                  | 1,38             | 1,79  | 1,52  | 1,41 | ,115 | 1,29             | 1,44 | 1,15  | 1,31  | 0,070 |
| 1-octen-3-ol              | 12,83            | 11,83 | 22,11 | 19,1 | ,209 | 5,38             | 7,23 | 24,71 | 23,94 | 0,950 |
| 3-octanol                 | 0,94             | 0,79  | 0,13  | 0,50 | ,143 | 0,91             | 0,72 | 0,05  | -     | 0,114 |
| 1-heptanol, 6-methyl-     | 0,05             | -     | 0,02  | 0,10 | ,021 | 0,02             | 0,01 | -     | 0,02  | 0,005 |
| 1,3-cyclopentanediol, CIS | 1,42             | 0,71  | 1,15  | 0,66 | ,199 | 0,38             | 1,08 | 1,01  | 1,23  | 0,158 |
| 2-octen-1-ol              | 2,12             | 2,07  | 3,07  | 2,92 | ,192 | 3,77             | 2,13 | 4,25  | 4,44  | 0,218 |
| 1-octanol                 | 1,89             | 2,18  | 2,05  | 1,91 | ,206 | 1,86             | 2,30 | 1,60  | 1,94  | 0,148 |
| 9-decen-1-ol              | -                | 0,03  | 0,02  | -    | ,008 | 0,07             | 0,03 | -     | 0,03  | 0,013 |
| 2,3-octanediol            | 1,17             | 1,16  | 1,75  | 1,22 | ,223 | 0,26             | 0,99 | 3,97  | 4,04  | 0,393 |
| Phenylethyl alcohol       | 0,08             | 0,11  | -     | -    | ,020 | -                | 0,11 | -     | -     | 0,014 |
| 4-octanol, 7-methyl-      | 0,01             | -     | -     | -    | ,002 | -                | -    | -     | -     | -     |
| 2-decen-1-ol              | -                | 0,03  | -     | 0,02 | ,008 | -                | -    | -     | -     | -     |
| 1-hexanol, 3-methyl-      | 0,73             | 1,07  | 0,40  | 0,66 | ,094 | 0,34             | 0,80 | 0,29  | 0,27  | 0,067 |

|  |         |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
|--|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 1-hexanol, 2-ethyl-                        | 0,31    | 0,38 | 0,80 | 0,64 | ,057 | 0,32 | 0,42 | 0,76 | 0,74 | 0,044 |
| hexeb-3-ol                                 | 0,05    | 0,04 | 0,04 | 0,06 | ,013 | 0,02 | 0,08 | 0,04 | 0,11 | 0,014 |
| 11-dodecenol                               | 0,02    | -    | 0,01 | 0,03 | ,008 | -    | -    | -    | -    | -     |
| 1-tetradecanol                             | 0,02    | 0,03 | 0,12 | 0,14 | ,015 | 0,04 | 0,05 | 0,14 | 0,13 | 0,015 |
| 2-dodecen-1-ol                             | 0,31    | 0,21 | 0,67 | 0,51 | ,078 | 0,14 | 0,08 | 0,24 | 0,26 | 0,022 |
| <b>Terpenos</b>                            |         |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
| 1-heptene, 3-methyl-                       | 4,14    | 0,39 | 0,46 | 0,08 | ,766 | 0,19 | 0,28 | 3,63 | 0,59 | 1,046 |
| 2-octene, (Z)                              | 0,09    | 0,09 | 0,03 | 2,28 | ,608 | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 0,011 |
| O-oxylene                                  | -       | -    | 0,03 | 0,08 | ,021 | -    | -    | 0,01 | 0,01 | 0,005 |
| 1-heptene, 5-methyl-                       | 0,04    | 0,05 | -    | -    | ,010 | 0,02 | -    | 0,05 | -    | 0,010 |
| 4-nonene                                   | 0,14    | 0,02 | 0,02 | 0,01 | ,025 | 0,03 | 0,01 | -    | 0,03 | 0,009 |
| 1-pentene, 2-methyl-                       | 0,02    | 0,04 | 0,15 | 0,06 | ,029 | 0,11 | 0,11 | 0,53 | 0,33 | 0,081 |
| 1,3-hexadiene, ethyl-2-methyl-             | 3- 0,30 | 0,16 | 0,03 | 0,11 | ,032 | 0,26 | 0,24 | 0,47 | 0,09 | 0,091 |
| Cyclohexene, methyl-1-(1-methylethenyl)-   | 4- -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0,08 | 0,014 |
| 1-undecene                                 | 1,30    | 1,20 | 0,12 | 0,17 | ,186 | 1,96 | 1,42 | 0,06 | 0,13 | 0,312 |
| 1,11-dedecadiene                           | -       | -    | -    | -    | -    | -    | 0,02 | -    | -    | 0,003 |
| Thiophene, 2-pentyl-                       | -       | 0,01 | 0,08 | 0,05 | ,021 | 0,07 | 0,10 | -    | -    | 0,015 |
| 1-octene, 6-methyl-                        | 0,34    | 0,25 | 0,49 | 0,44 | ,046 | 0,30 | 0,35 | 0,87 | 0,58 | 0,072 |
| 2,10-dodecadiene                           | -       | -    | -    | -    | -    | 0,02 | -    | 0,01 | -    | 0,004 |
| 7-tetradecene, (Z)-                        | 0,05    | -    | 0,01 | 0,04 | ,009 | 0,02 | 0,01 | -    | -    | 0,003 |
| 6-tetradecene, (Z)-                        | 0,06    | 0,03 | 0,01 | 0,01 | ,008 | 0,02 | 0,02 | -    | -    | 0,004 |
| 6-hexadecene, (Z)-                         | 0,02    | -    | -    | -    | ,004 | 0,01 | -    | -    | -    | 0,001 |
| 2-octene, 4-ethyl-                         | -       | -    | -    | -    | -    | -    | 0,01 | -    | -    | 0,002 |
| <b>Cetonas</b>                             |         |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
| 2-heptanone                                | 0,46    | 0,55 | 0,70 | 0,64 | ,042 | 0,65 | 0,64 | 0,73 | 0,59 | 0,039 |
| 2,5-pyrrolidinedione, 1-chloro-            | 0,02    | -    | 0,01 | 0,04 | ,008 | 0,07 | 0,01 | 0,04 | 0,07 | 0,015 |
| 3-heptanone, methyl-                       | 5- 5,08 | 4,69 | 7,59 | 5,49 | ,556 | 6,48 | 6,80 | 7,57 | 7,94 | 0,417 |
| 2-decanone                                 | 0,01    | 0,05 | 0,01 | 0,72 | ,188 | 0,12 | 0,15 | 0,01 | -    | 0,018 |
| 5,9-undecadien-2-one, 6,10-dimethyl-, (E)- | 0,04    | -    | -    | 0,01 | ,005 | -    | -    | -    | -    | -     |
| 2-tridecanone                              | -       | -    | -    | 0,03 | ,004 | -    | -    | -    | 0,02 | 0,005 |
| <b>Hidrocarbonetos</b>                     |         |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
| Hexane, 1-methoxy                          | -       | -    | -    | -    | -    | 0,06 | 0,04 | -    | -    | 0,011 |
| Nonane                                     | 0,05    | 0,02 | -    | 0,02 | ,009 | 0,06 | 0,03 | -    | -    | 0,008 |
| Cyclopentane, ethyl-2-methyl-              | 1- 0,15 | 0,11 | 0,27 | 0,34 | ,058 | 0,29 | 0,22 | 1,02 | 0,57 | 0,099 |
| Hexane, (methylthio)-                      | 1- 0,07 | -    | 0,04 | 0,02 | ,017 | 0,05 | -    | 0,09 | -    | 0,027 |
| Undecane                                   | 0,02    | 0,01 | 0,01 | -    | ,005 | 0,05 | 0,07 | 0,01 | -    | 0,011 |
| Dodecane                                   | 0,06    | 0,06 | 0,02 | 0,05 | ,014 | 0,13 | 0,17 | 0,02 | 0,06 | 0,019 |
| 1-heptyne                                  | 0,01    | 0,01 | 0,03 | 0,05 | ,008 | 0,10 | 0,07 | 0,20 | 0,08 | 0,023 |
| Tridecane                                  | 0,53    | 0,49 | 0,86 | 1,01 | ,105 | 0,84 | 0,85 | 0,43 | 0,75 | 0,080 |
| Octadecane                                 | -       | -    | -    | 0,46 | ,123 | -    | -    | 0,03 | -    | 0,006 |
| Tetradecane                                | 0,65    | 0,50 | 0,52 | 0,60 | ,092 | 0,65 | 0,67 | 0,23 | 0,35 | 0,072 |



|  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Pentadecane  | 0,48 | 0,26 | 0,45 | 0,64 | ,080 | 0,47 | 0,30 | 0,17 | 0,17 | 0,043 |
| Hexadecane   | 0,10 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | ,013 | 0,08 | 0,06 | 0,02 | 0,02 | 0,009 |
| <b>Ésteres</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
| 2-butenic acid, ethyl ester, (E)-                            | 0,02 | 0,04 | -    | -    | ,006 | 0,01 | 0,06 | -    | -    | 0,008 |
| Butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester                        | -    | 0,02 | -    | -    | ,005 | -    | -    | 0,01 | 0,03 | 0,006 |
| Butanoic acid, 3-methyl-, ethyl ester                        | 0,06 | 0,36 | -    | -    | ,056 | -    | 0,03 | -    | -    | 0,006 |
| Formic acid, hexyl ester                                     | -    | 7,84 | 0,06 | -    | ,828 | -    | -    | -    | -    | -     |
| 2-butenic acid, 2-methyl-, ethyl ester                       | 0,04 | 0,15 | -    | -    | ,026 | 0,02 | 0,03 | -    | -    | 0,006 |
| 2-hexenoic acid, ethyl ester                                 | -    | 0,01 | -    | -    | ,003 | -    | 0,04 | -    | -    | 0,007 |
| Nonyl nitrate  | 0,08 | 0,07 | -    | -    | ,014 | 0,06 | 0,10 | 0,11 | -    | 0,023 |
| Pentanoic acid, 2-methyl-, anhydride                         | 0,27 | 0,13 | 0,15 | 0,12 | ,040 | 0,10 | 0,06 | 0,23 | 0,23 | 0,051 |
| Octisalate   | 0,33 | 0,37 | 0,45 | 0,23 | ,110 | 0,03 | 0,02 | 0,05 | 0,03 | 0,011 |
| Hexadecanoic acid, ethyl ester                               | -    | 0,02 | -    | -    | ,004 | -    | 0,01 | -    | -    | 0,001 |
| <b>Pirazinas</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
| Hydrazine, ethyl-  | -    | -    | -    | 0,18 | ,047 | -    | 0,02 | -    | -    | 0,004 |
| <b>Compostos sulfurados</b>                                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
| Trisulfite, dimethyl-  | 0,16 | -    | 0,05 | 0,05 | ,035 | -    | -    | 0,12 | -    | 0,036 |
| <b>Furanos</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
| Furan, 2-pentyl-2(3H)-furanone, dihydro-5-(2-octenyl)-, (Z)- | 0,89 | 0,67 | 0,70 | 0,60 | ,066 | 0,87 | 0,84 | 1,12 | 0,76 | 0,072 |
| 2(3H)-furanone, 5-heptyldihydro-                             | -    | 0,01 | 0,01 | 0,03 | ,005 | 0,01 | -    | 0,02 | 0,02 | 0,004 |
|  | 0,04 | -    | -    | 0,03 | ,012 | -    | 0,04 | -    | -    | 0,010 |
| <b>Ácidos carboxílicos</b>                                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
| Butanoic acid, 2-methyl-                                     | -    | -    | -    | 0,02 | ,006 | -    | -    | -    | -    | -     |
| Hexanoic acid  | -    | -    | -    | 0,17 | ,046 | -    | -    | 0,22 | 0,74 | 0,131 |
| Pentanoic acid, 2-ethyl-                                     | -    | -    | 0,01 | 0,14 | ,037 | -    | -    | 0,01 | -    | 0,003 |

EPM – Erro Padrão da Média; MN - Machos Não Maduros; FN – Fêmeas Não Maduras; MM – Machos Maduros, FM – Fêmeas Maduras

Foram identificados um total de 12 compostos do grupo dos hidrocarbonetos, sendo na carne do peito verificado mais porcentagens de Tetradecane; tridecane e Pentadecane e na coxa de Cyclopentane, 1-ethyl-2-methyl- principalmente em frangos após atingirem a maturidade sexual. Contudo, na coxa os compostos Dodecane; Tridecane; Tetradecane; Pentadecane e Hexadecane tiveram redução após a maturidade sexual dos frangos. Por outro lado, os compostos do grupo dos ésteres foram encontrados em menores quantidade na carne de frangos

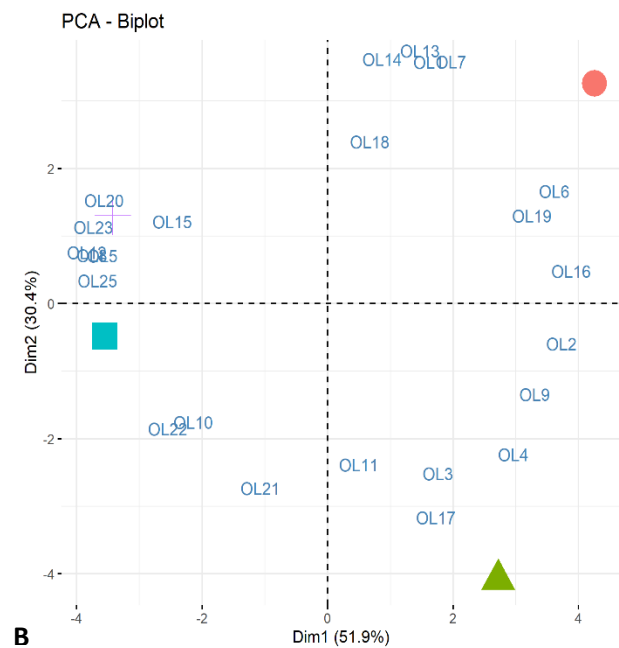
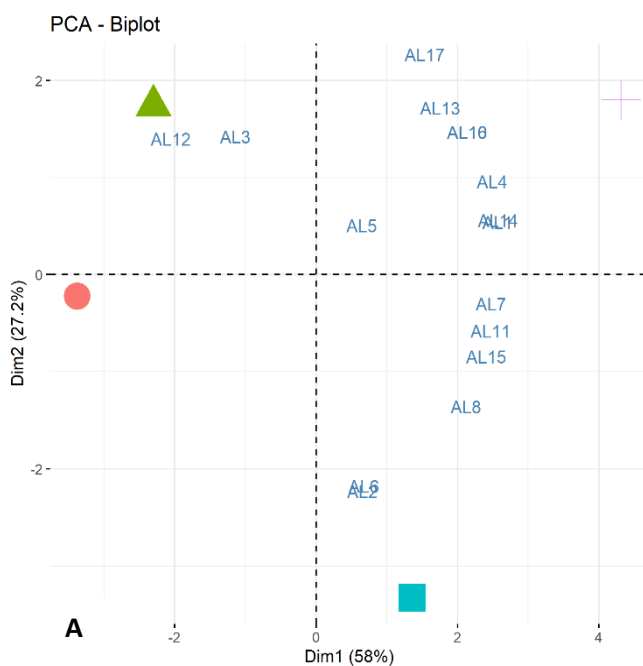
após atingirem a maturidade sexual, com exceção do Pentanoic acid, 2-methyl-, anhydride que revelou comportamento inverso na coxa (Tabela 2).

Foi identificado somente um composto do grupo das pirazinas em ambos os cortes, o hydrazine, ethyl- que apresentou maior valor no peito de fêmeas não maduras sexualmente, enquanto no corte da coxa, as fêmeas após a maturidade sexual exibiram maior média. Para compostos sulfurados também foi verificado somente a presença do trissulfite, dimethyl que apresentou maior valor na carne de peito de machos não maduros e, na coxa, foi identificado apenas em machos maduros sexualmente. Foram identificados nos grupos dos furanos e ácidos carboxílicos, três compostos em cada, para ambos os cortes.

O principal composto do grupo dos furanos foi o furan-2-pentyl-, que se apresentou em maior porcentagem no peito para frangos machos não maduros sexualmente e na coxa, para frangos machos maduros. Contudo, no grupo dos ácidos carboxílicos, foram encontrados somente alguns compostos na carne de frangos após atingir a maturidade sexual (Tabela 2), com maior valor para o hexanoic acid. Esse composto apresentou-se em maior quantidade em ambos os cortes do grupo dos ácidos carboxílicos, com valores superiores em fêmeas após atingirem a maturidade sexual. A análise de componentes principais (PCA) para o grupo de compostos aldeídos no corte de peito está evidenciado na Figura 1a. O corte de peito dos Machos Maduros sexualmente (G1) diferenciou dos demais em relação aos compostos hexanal (AL1), 2-octenal (AL4), 2,5-octadienal (AL7), 2-decenal (AL8), 2-butenal, 2-methyl- (AL10), 2-undecenal (AL11), octadecanal (AL14) e tridecanal (AL15), no eixo Dim1, no quadrante positivo. O peito dos Machos Não Maduros sexualmente (G2) e Maduros (G1) sexualmente se comportaram de maneira similar em relação aos compostos tetradecenal (AL13) e o 4-decenal, (Z)- (AL17), no eixo Dim2, no quadrante positivo. O peito de Machos Não Maduros sexualmente (G2) e Fêmeas Não Maduras (G3) se comportaram de maneira semelhante em relação ao composto benzaldehyde, 2-methyl- (AL12), sendo que esse composto tem correlação negativa com o eixo Dim1. O peito das Fêmeas Maduras sexualmente (G4) diferenciou das demais em relação aos compostos octanal (AL2) e dodecanal (AL6), sendo que esses compostos apresentaram alta correlação negativa com o eixo Dim2.

Em relação aos álcoois (Figura 1b), o peito de Fêmeas Não Maduras sexualmente (G3) e os Machos Não Maduros, mostraram semelhança em relação aos compostos hexanol (OL2), 2-hepten-1-ol, (E)- (OL6), 3-octanol (OL9), phenylethyl alcohol (OL16) e 1-hexanol, 3-methyl- (OL19), ao avaliar os quadrantes positivos do eixo Dim1. Ainda, nesse mesmo corte, as Fêmeas Não Maduras sexualmente (G3) diferenciaram em relação aos compostos voláteis 2,3-

butanediol (OL1), heptanol (OL7), 1-octanol (OL13) e 9-decen-1-ol (OL14), no quadrante positivo do eixo Dim2. A carne de peito de frangos Machos Não Maduros sexualmente (G1) se mostrou diferente em relação aos compostos 1-butanal, 3-methyl- (OL3), 2-heptanol (OL4), 1,3-cyclopanenediol (OL11), 4-octanol, 7-methyl- (OL17) e hexen-3-ol (OL21), no quadrante negativo do eixo Dim2. A carne de peito de aves Fêmeas (G4) e Machos (G2) Maduros sexualmente apresentaram semelhança em relação aos compostos 4-heptanol, 2,6-dimethyl- (OL5), 1-octen-3-ol (OL8), 2-octen-1-ol (OL12), 1-hexanol, 2-ethyl-(OL20), 1-tetradecanol (OL23) e 2-dodecen-1-ol (OL25), ao avaliar os quadrantes negativos do eixo Dim1.





AL1 – hexanal; AL2 – octanal; AL3 – benzeneacetaldehyde; AL4 – 2-octenal, (E)-; AL5 – nonanal; AL6 – dodecanal; AL7 – 2,5-octadienal, (E,E)-; AL8 – 2-decenal, (E)-; AL9 – hexanal, 2-ethyl-; AL10 – 2-butenal, 2-methyl-; AL11 – 2-undecenal, (E)-; AL12 – benzaldehyde, 2-methyl-; AL13 – tetradecanal; AL14 – octadecanal; AL15 – tridecanal; AL16 – pentadecanal; AL17 – 4-decenal, (Z)-. OL1 – 2,3-butanediol; OL2 – hexanol; OL3 – 1-butanol, 3-methyl-; OL4 – 2-heptanol; OL5 – 4-heptanol, 2,6-dimethyl-; OL6 – 2-hepten-1-ol, (E)-; OL7 – heptanol; OL8 – 1-octen-3-ol; OL9 – 3-octanol; OL10 – 1-heptanol, 6-methyl-; OL11 – 1,3-cyclopentanediol, cis; OL12 – 2-octen-1-ol; OL13 – 1-octanol; OL14 – 9-decen-1-ol; OL15 – 2,3-octanediol; OL16 – phenylethyl alcohol; OL17 – 4-octanol, 7-methyl-; OL18 – 2-decen-1-ol; OL19 – 1-hexanol, 3-methyl-; OL20 – 1-hexanol, 2-ethyl-; OL21 – hexen-3-ol; OL22 – 11-dodecenol; OL23 – 1-tetradecanol; OL24 – 1-dodecanol; OL25 – 2-dodecen-1-ol. ONE1 – 2-heptanone; ONE2 – 2,5-pyrrolidinedione, 1-chloro-; ONE3 – 3-heptanone, 5-methyl-; ONE4 – 2-decanone; ONE5 – 5,9-undecadien-2-one, 6,10-dimethyl-, (E)-; ONE6 – 2-tridecanone. ATE1 – 2-butenic acid, ethyl ester, (E)-; ATE2 – butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester; ATE3 – butanoic acid, 3-methyl-, ethyl ester; ATE4 – formic acid, hexyl ester; ATE5 – 2-butenic acid, 2-methyl-, ethyl ester; ATE6 – 2-hexenoic acid, ethyl ester; ATE7 – nonyl nitrate; ATE8 – pentanoic acid, 2-methyl-, anhydride; ATE9 – octisalate; ATE10 – hexadecanoic acid, ethyl ester.

Figura 1 – Análise dos componentes principais do agrupamento referente ao perfil de compostos voláteis do corte de peito de frangos criados em Sistema alternativo (A) Aldeído, (B) Álcoois, (C) Cetona e (D) Éster

A carne do peito de frangos Machos e Fêmeas Não Maduros sexualmente (G1 e G3, respectivamente) exibiram comportamento semelhante em relação aos compostos 5,9-undecadien-2-one,6,10-dimethyl-(E) (ONE5) e, comportamento divergente em relação aos compostos do grupo das cetonas. A carne do peito das Fêmea Maduras sexualmente (G4) demonstraram relação com os compostos 2,5-pyrrolidinedione,1-chloro- (ONE2); 2-decanone

(ONE4) e 2-tridecanone (ONE6), enquanto os Machos Maduros sexualmente (G2) apresentaram relação com os compostos 2-heptanone (ONE1) e 3-heptanone,5-methyl- (ONE3) (Figura 1c).

Em relação aos ésteres (Figura 1d), foi possível observar comportamento diferenciado dos compostos presentes na carne de peito de Machos e Fêmeas Não Maduros sexualmente (G1 e G3, respectivamente). Para as fêmeas do grupo G3, a carne de peito se destacou em função dos compostos 2-butenic acid, ethyl ester, (E)- (ATE1); butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester (ATE2); butanoic acid, 3-methyl-, ethyl ester (ATE3); formic acid, hexyl ester (ATE4); 2-butanoic acid, ethyl ester (ATE5); 2-hecenoic acid, ethyl ester (ATE6) e hexadecanoic acid, ethyl ester (ATE10). Enquanto, a carne de peito dos machos (G1), destacou em relação aos compostos nonyl nitrate (ATE7) e pentanoic acid, 2-methyl-, anhydride (ATE8). As carnes de peito dos frangos maduros sexualmente (G2 e G4) não apresentaram relação direta com os compostos ésteres identificados no presente trabalho.

Houve divergência entre os compostos hidrocarbonetos presentes no peito de frangos fêmeas do grupo G4 (Maduras sexualmente) e machos do grupo G1 (Não Maduros sexualmente) em relação aos demais grupos avaliados (Figura 2a). Os compostos voláteis cyclopentane, 1-ethyl-2-methyl- (ANE3); 1-heptyne (ANE7) e tridecane (ANE8) correlacionaram positivamente com o eixo Dim1 tendo maior relação com a carne de peito de aves fêmeas maduras sexualmente (G4). Por outro lado, o composto undecane (ANE5) e hexadecane (ANE12) exibiu alta correlação negativa com o eixo Dim1, tendo maior relação na carne de peito machos imaturos sexualmente (G1). As carnes de peito de fêmeas imaturas (G3) e de machos maduros (G2) não apresentaram relação direta com os compostos do grupo dos hidrocarbonetos identificados no presente estudo (Figura 2a).



ANE1- hexane, 1-methoxy; ANE2 – nonane; ANE3 – cyclopentane, 1-ethyl-2-methyl-; ANE4 – hexane, 1-(methylthio)-; ANE5 – undecane; ANE6 – dodecane; ANE7 – 1-heptyne; ANE8 – tridecane; ANE9 – octadecane; ANE10 – tetradecane; ANE11 – pentadecane; ANE12 – hexadecane. ENE1 – 1-heptene, 3-methyl-; ENE2 – 2-octene, (Z); ENE3 – O-oxylene; ENE4 – 1-heptene, 5-methyl-; ENE5 – 4-nonene; ENE6 – 1-pentene, 2-methyl-; ENE7 – 1,3-hexadiene, 3-ethyl-2-methyl-; ENE8 – cyclohexene, 4-methyl-1-(1-methyletenyl)-; ENE9 – 1-undecene; ENE10 – 1, 11-dodecadiene; ENE11 – thiophene, 2-pentyl; ENE12 – 1-octene, 6-methyl-; ENE13 – 2,10-dodecadiene; ENE14 – 7-tetradecene, (Z)-; ENE15 – 6-tetradecene, (Z)-; ENE16 – 6-hexadecene, (Z)-; ENE17 – 7-hexadecene, (Z)-; ENE18 – 2-octene, 4-ethyl-. INE1 – pirazine, 2,6 dimethyl-; SUL1 – trisulfide, dimethyl-; RAN1 – furan, 2-pentyl-; RAN2 – 2(3H)-furanone, dihydro-5-(2-octenul)-, (Z)-; RAN3 – 2(3H)-furanone, 5-heptyldihydro-; OIC1 – butanoic acid, 2-methyl-; OIC2 – hexanoic acid; OIC3 – pentanoic acid, 3-ethyl-.

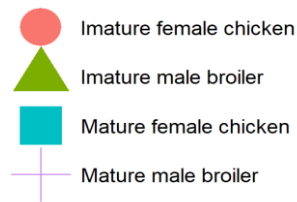
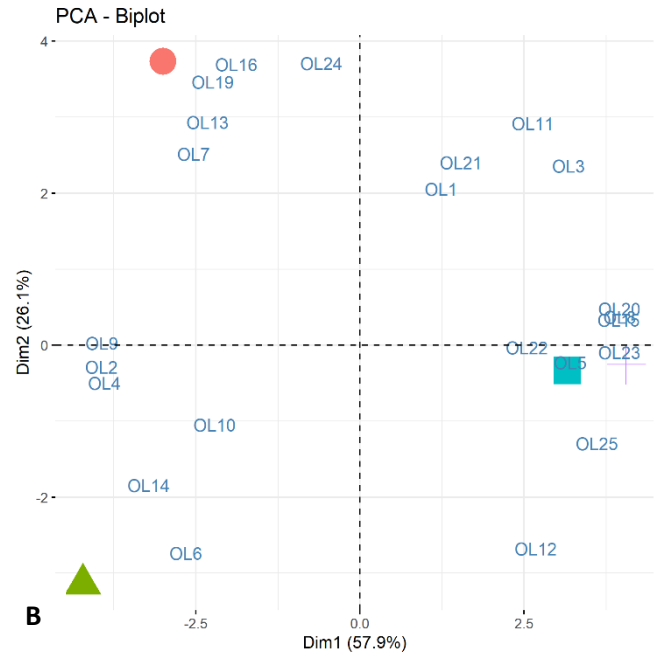
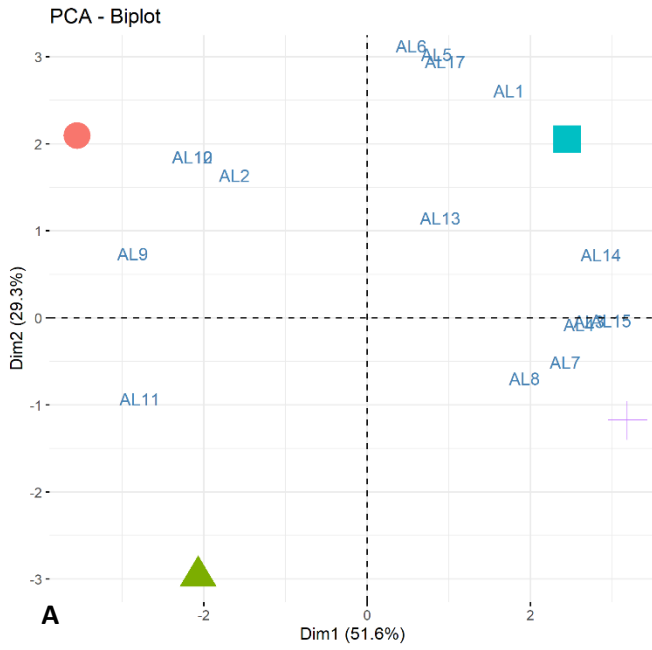
Figura 2 – Análise dos componentes principais referente ao perfil de compostos voláteis do

corte de peito de frangos criados em sistema alternativo. (A) hidrocarbonetos, (B) terpenos, (C) pirazinas, compostos sulfurados, furanos e ácidos carboxílicos

A carne de peito dos machos imaturos sexualmente (G1) diferiu dos demais grupos em relação aos compostos 1-heptene, 3-methyl- (ENE1); 4-nonane (ENE5), 1,3-hexadiene, 3-ethyl-2-methyl- (ENE7); 1-undecene (ENE9); 6-tetradecene (ENE15) e 7-hexadecene (ENE17), sendo que esses tiveram relação positiva como o eixo Dim1. A carne de peito de frangos fêmeas imaturas (G3) não apresentaram relação com o composto 1-heptene, 5 methyl- (ANE4), no eixo dim2 no quadrante negativo. A carne de peito de fêmeas e machos após atingirem a maturidade sexual (G2 e G4) apresentaram comportamento semelhante em relação ao composto thiophene, 2-pentyl- (ENE11). Ademais, a carne do peito de fêmeas maduras sexualmente (G4) e de machos imaturos apresentaram relação com o composto 7-tetradecene (ENE14), sendo que esse exibiu correlação com o eixo Dim2 (Figura 2b).

A carne de peito das fêmeas maduras sexualmente (G4) diferiram dos demais grupos em relação aos compostos pirazine, 2,6 dimethyl- (INE1); 2(3H)-furanone, dihydro-5-(2-octenyl)-,(Z)- (RAN2); butanoic acid, 2-methyl- (OIC1); hexanoic acid (OIC2) e pentanoic acid, 2-ethyl- (OIC3), sendo que esses tiveram maior correlação positiva com o eixo Dim1. O comportamento do peito dos machos não maduros (G1) foi influenciado pelos compostos trisulfide, dimethyl- (SUL1); furan, 2-pentyl- (RAN1) e 2(3H)-furanone, 5-heptydihydro- (RAN3) e estes tiveram maior correlação positiva com o eixo Dim2. As carnes de peito das fêmeas não maduras sexualmente (G3) e dos machos maduros sexualmente (G2) apresentaram comportamento semelhante, estando negativamente correlacionados com o eixo Dim1 e Dim2 e não tiveram relação com nenhum dos compostos identificados no grupo das pirazinas, compostos sulfurados, furanos e ácidos carboxílicos (Figura 2c).

Os compostos voláteis identificados na coxa estão apresentados na Figura 3 e 4. A carne de coxa de fêmeas não maduras e maduras sexualmente (G3 e G4) apresentaram comportamento semelhante em relação aos compostos hexanal (AL1), nonanal (AL5); dodecanal (AL6) e 4-decenal, (Z)- (AL17) e tiveram maior correlação positiva com o eixo Dim2. Ainda, a carne da coxa dos frangos não maduros sexualmente (G1 e G3) exibiu semelhança em relação aos compostos hexanal, 2-ethyl- (AL9) e 2-undecenal, (E)- (AL11), sendo que esses tiveram correlação negativa com o eixo Dim1. A carne de coxa de aves maduras sexualmente (G2 e G4) apresentaram comportamento semelhante, apresentando relação com os compostos benzeneacetaldehyde (AL3); 2-octenal, (E)- (AL4); 2,5-octadienal, (E,E)- (AL7); octadecanal (AL14) e tridecanal (AL15) (Figura 3a).





AL1 – hexanal; AL2 – octanal; AL3 – benzeneacetaldehyde; AL4 – 2-octenal, (E)-; AL5 – nonanal; AL6 – dodecanal; AL7 – 2,5-octadienal, (E,E)-; AL8 – 2-decenal, (E)-; AL9 – hexanal, 2-ethyl-; AL10 – 2-butenal, 2-methyl-; AL11 – 2-undecenal, (E)-; AL12 – benzaldehyde, 2-methyl-; AL13 – tetradecanal; AL14 – octadecanal; AL15 – tridecanal; AL16 – pentadecanal; AL17 – 4-decenal, (Z)-. OL1 – 2,3-butanediol; OL2 – hexanol; OL3 – 1-butanol, 3-methyl-; OL4 – 2-heptanol; OL5 – 4-heptanol, 2,6-dimethyl-; OL6 – 2-hepten-1-ol, (E)-; OL7 – heptanol; OL8 – 1-octen-3-ol; OL9 – 3-octanol; OL10 – 1-heptanol, 6-methyl-; OL11 – 1,3-cyclopentanediol, cis; OL12 – 2-octen-1-ol; OL13 – 1-octanol; OL14 – 9-decen-1-ol; OL15 – 2,3-octanediol; OL16 – phenylethyl alcohol; OL17 – 4-octanol, 7-methyl-; OL18 – 2-decen-1-ol; OL19 – 1-hexanol, 3-methyl-; OL20 – 1-hexanol, 2-ethyl-; OL21 – hexen-3-ol; OL22 – 11-dodecenol; OL23 – 1-tetradecanol; OL24 – 1-dodecanol; OL25 – 2-dodecen-1-ol. ONE1 – 2-heptanone; ONE2 – 2,5-pyrrolidinedione, 1-chloro-; ONE3 – 3-heptanone, 5-methyl-; ONE4 – 2-decanone; ONE5 – 5,9-undecadien-2-one, 6,10-dimethyl-, (E)-; ONE6 – 2-tridecanone. ATE1 – 2-butenic acid, ethyl ester, (E)-; ATE2 – butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester; ATE3 – butanoic acid, 3-methyl-, ethyl ester; ATE4 – formic acid, hexyl ester; ATE5 – 2-butenic acid, 2-methyl-, ethyl ester; ATE6 – 2-hexenoic acid, ethyl ester; ATE7 – nonyl nitrate; ATE8 – pentanoic acid, 2-methyl-, anhydride; ATE9 – octisalate; ATE10 – hexadecanoic acid, ethyl ester.

Figura 3 – Análise dos componentes principais do grupamento referente ao perfil de compostos voláteis do corte de coxa de frangos criados em sistema alternativo. (A) Aldeído, (B) Álcool, (C) Cetona e (D) Éster

Em relação aos compostos do grupo dos álcoois (Figura 3b), a carne de coxa de frangos após a maturidade sexual (G2 e G4) apresentaram semelhança em relação aos compostos 1-butanol, 3-methyl- (OL3), 4-heptanol, 2,6-dimethyl- (OL5), 1-octen-3-ol (OL8); 2,3-octanediol (OL15); 1-hexanol, 2-ethyl- (OL20), 1-tetradecanol (OL23) e 2-dodecen-1-ol (OL25), sendo que esses tiveram maior correlação positiva com o eixo Dim1. Por outro lado, a carne de coxa de frangos não maduros sexualmente (G1 e G3) apresentaram comportamento semelhante em relação ao eixo Dim1, nos quadrantes negativos, onde a carne de coxa desses animais apresentaram relação com os compostos hexanol (OL2); 2-heptanol (OL4), 3-octanol (OL9) e 9-decen-1-ol (OL14). Ainda, a carne de coxa de fêmeas não maduras (G3) teve maior relação com os compostos 1-dodecanol (OL24); phenylethyl alcohol (OL16) e 1-hexanol, 3-methyl (OL19), e esses tiveram correlação positiva com o eixo Dim2.

Foi observado semelhança de comportamento para a carne da coxa de frangos não maduros sexualmente (G1 e G3) e a coxa das fêmeas maduras (G4) em relação ao grupo das cetonas, onde houve maior relação com o composto 2-decanone (ONE4), Figura 3c. Entretanto, a carne da coxa de frangos maduros sexualmente (G2 e G4) revelaram comportamento diferenciado em relação ao dos demais grupos. A carne de coxa de fêmeas maduras sexualmente (G1) mostrou relação com os compostos voláteis 2-tridecanone (ONE6) e 3-heptanone, 5-methyl- (ONE3), sendo que esses tiveram relação positiva com o eixo Dim1. A coxa de machos maduros (G2) apresentou relação com o composto 2-heptanone (ONE1), sendo que esse teve relação positiva com o eixo Dim2.

Em relação aos compostos do grupo químicos dos ésteres na coxa (Figura 3d), as fêmeas

não maduras sexualmente (G3) apresentaram comportamento diferenciado em relação aos demais grupos e revelaram relação com os compostos 2-butenic acid, ethyl ester, (E)- (ATE1); butanoic acid, 3-methyl-,ethyl ester (ATE3); 2-butenic acid, 2-methyl-,ethyl ester (ATE5); 2-hexenoic acid, ethyl ester (ATE6) e hexadecanoic acid, ethyl ester (ATE10), estando correlacionados positivamente com o eixo Dim1. A carne de coxa das aves maduras sexualmente (G2 e G4) tiveram maior relação com os composto pentanoic acid, 2-methyl-, anhydride (ATE8), ainda, os machos maduros (G2) apresentaram relação com os compostos nonyl nitrate (ATE7) e octisalate (ATE9). A carne de machos não maduros (G1) não revelaram relação com nenhum dos compostos ésteres identificados.

Na Figura 4a, a carne da coxa de frangos não maduros sexualmente (G1 e G3) exibiram semelhanças em relação aos compostos hexane, 1-methoxy- (ANE1); dodecane (ANE6); tridecane (ANE8); tetradecane (ANE10) e hexadecane (ANE12), sendo que esses tiveram correlação positiva com o eixo Dim1. Foi observado que a carne da coxa de frangos machos (G1 e G2) apresentaram comportamento semelhante em relação ao composto hexane, 1-(methylthio)- (ANE4), sendo que este teve correlação positiva com o eixo DIM 2. Ainda, a carne de coxa de machos maduros sexualmente exibiu relação com o composto cyclopentane. 1-ethyl-2-methyl-(ANE3).

A carne da coxa das fêmeas maduras (G4) não demonstrou relação direta com nenhum composto identificados no grupo dos hidrocarbonetos (Figura 4a).



ANE1- hexane, 1-methoxy; ANE2 – nonane; ANE3 – cyclopentane, 1-ethyl-2-methyl-; ANE4 – hexane, 1-(methylthio)-; ANE5 – undecane; ANE6 – dodecane; ANE7 – 1-heptyne; ANE8 – tridecane; ANE9 – octadecane; ANE10 – tetradecane; ANE11 – pentadecane; ANE12 – hexadecane. ENE1 – 1-heptene, 3-methyl-; ENE2 – 2-octene, (Z); ENE3 – O-oxylene; ENE4 – 1-heptene, 5-methyl-; ENE5 – 4-nonene; ENE6 – 1-pentene, 2-methyl-; ENE7 – 1,3-hexadiene, 3-ethyl-2-methyl-; ENE8 – cyclohexene, 4-methyl-1-(1-methyletenyl)-; ENE9 – 1-undecene; ENE10 – 1, 11-dodecadiene; ENE11 – thiophene, 2-pentyl; ENE12 – 1-octene, 6-methyl-; ENE13 – 2,10-dodecadiene; ENE14 – 7-tetradecene, (Z)-; ENE15 – 6-tetradecene, (Z)-; ENE16 – 6-hexadecene, (Z)-; ENE17 – 7-hexadecene, (Z)-; ENE18 – 2-octene, 4-ethyl-. INE1 – pirazine, 2,6 dimethyl-; SUL1 – trisulfide, dimethyl-; RAN1 – furan, 2-pentyl-; RAN2 – 2(3H)-furanone, dihydro-5-(2-octenul)-, (Z)-; RAN3 – 2(3H)-furanone, 5-heptyldihydro-; OIC1 – butanoic acid, 2-methyl-; OIC2 – hexanoic acid; OIC3 – pentanoic acid, 3-ethyl-.

Figura 4 – Análise dos componentes principais referente ao perfil de compostos voláteis do corte de coxa de frangos criados em sistema alternativo. (A) hidrocarbonetos, (B) terpenos, (C) pirazinas compostos sulfurados, furanos e ácidos carboxílicos

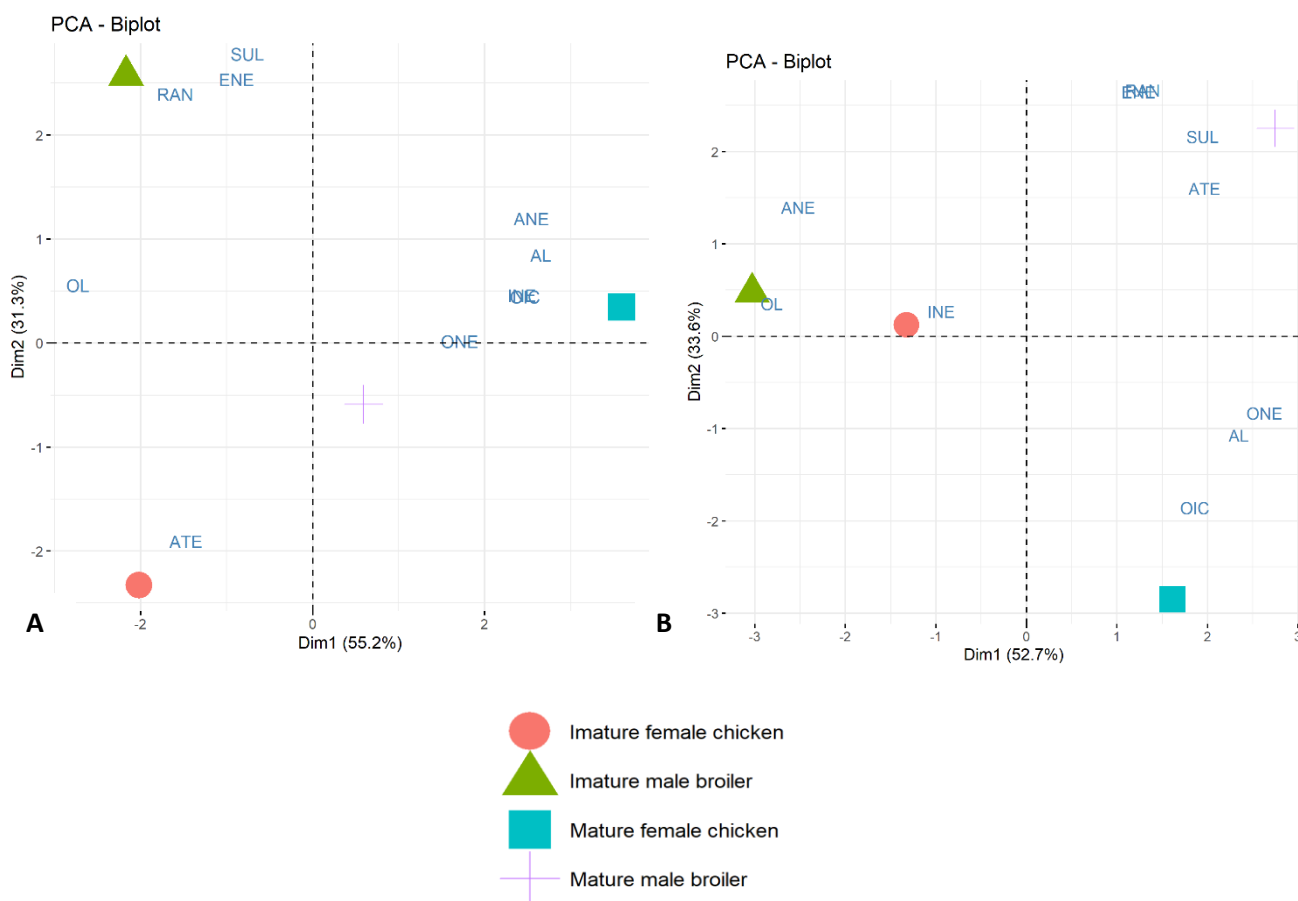
As carnes de coxa de frangos não maduros (G1 e G3) sexualmente apresentaram semelhança em relação aos compostos dos grupos dos terpenos: 1-undecene (ENE9); thiophene, 2-pentyl- (ENE11); 7-tetradecene, (Z)- (ENE14) e 6-tetradecene, (Z)- (ENE15), sendo que esses correlacionaram positivamente com o eixo Dim1. A carne da coxa de machos dos grupos G1 e G2 exibiram comportamento semelhante em relação aos compostos 1-heptene, 5-methyl- (ENE4) e 1,3-hexadiene, 3-ethyl-2-methyl- (ENE7), sendo que esses correlacionaram positivamente com o eixo Dim2. Ainda, os compostos do grupamento de terpenos o-xylene (ENE3); 1-pentene, 2-methyl- (ENE6) e 1-octene, 6-methyl- (ENE12) demonstraram relação com a carne de coxa de machos maduros sexualmente (G2). A carne de coxa de fêmeas maduras sexualmente apresentou diferença em relação aos demais grupos e revelou relação com o composto ciclohexene, 4-methyl-1-(1-methylethenyl)- (ENE8), sendo que este teve correlação negativa com o eixo DIM 2 (Figura 4b).

A carne de machos imaturos sexualmente não apresentou relação com os compostos identificados nos grupos das pirazinas, compostos sulfurados, furanos e ácidos carboxílicos na coxa (Figura 4c). A carne de coxa das fêmeas (G3 e G4) e machos maduros sexualmente comportaram de forma divergente. As fêmeas do grupo G3 mostraram maior relação com os compostos do quadrante negativo de Dim1, enquanto as fêmeas do grupo G4 apresentaram maior relação com o composto hexanoic acid (OIC2). Os machos maduros sexualmente apresentaram maior relação com os compostos pentanoic acid, 2-ethyl- (OIC3); trisulfide, dimethyl- (SUL1); furan, 2-pentyl- (RAN1) e 2(3H)-furanone, dihydro-5-(2-octenyl)-,(Z)- (RAN2).

A análise de componentes principais (PCA) para os grupos avaliados em função do sexo e maturidade sexual com os principais grupos químicos de compostos voláteis identificados neste estudo, explicou 86,5% da variação no comportamento para o peito (Figura 5A) e, 86,3% para a coxa (Figura 5B). É possível observar que os grupos avaliados apresentaram divergentes no que diz respeito aos grupos de compostos voláteis, uma vez que seus posicionamentos no gráfico de PCA encontram-se dispersos.

A carne de peito de aves não maduras sexualmente (G1 e G3) apresentaram semelhança em relação aos compostos do grupo dos álcoois (OL), sendo que esse teve correlação negativa com o eixo Dim1. Ainda, o peito de machos não maduros teve relação com os grupamentos de compostos sulfurados (SUL), terpenos (ENE) e furanos (RAN), sendo que esses relacionaram positivamente com o eixo Dim2, enquanto, o peito de fêmeas não maduras sexualmente (G3) diferiram em relação ao grupamento dos ésteres (ATE), no quadrante negativo do eixo Dim2.

Em relação a carne do peito de frangos após a maturidade, a carne das fêmeas apresentou relação com os grupos de compostos: aldeídos (AL), hidrocarbonetos (ANE), ácidos carboxílicos (OIC) e pirazinas (INE). A carne de peito de machos maduros não revelou relação com os principais grupos químicos identificados no presente estudo (Figura 5A).



AL – aldeído; OL – álcool; ANE – hidrocarboneto; ATE – éster; ENE – terpeno; ONE – cetona; SUL – compostos sulfurados; RAN – furano; INE – pirazina; OIC – ácido carboxílico.

Figura 5 – Análise dos componentes principais referente ao perfil de compostos voláteis do corte de peito (A) e coxa (B) de frangos criados em sistema alternativo em relação aos grupamentos químicos identificados

A carne de coxa de machos não maduros sexualmente (G1) diferiu de comportamento em relação aos grupos estudados (G2 e G4) no eixo Dim1 e apresentou relação com os grupos químicos dos álcoois (OL) e ésteres (ANE). Enquanto na coxa de fêmeas não maduras sexualmente (G3), está apresentou comportamento semelhante ao grupo G1 em relação aos eixos Dim1 e Dim2 e, não foi verificada relação com os grupos químicos identificados (Figura

5B).

A carne da coxa dos frangos maduros sexualmente (G2) diferiu em relação aos grupos não maduros sexualmente (G1 e G3) em relação ao eixo Dim1 e, em relação ao G4 no eixo Dim2. A coxa de fêmeas maduras sexualmente exibiu relação com o grupo de ácidos carboxílicos (OIC). Por outro lado, os machos maduros tiveram maior relação com os grupos de aldeídos (AL), cetonas (ONE), terpenos (ENE), furanos (RAN) e compostos sulfurados (SUL).

## DISCUSSÃO

Entre os grupamentos químicos encontrados no estudo, os aldeídos, terpenos e álcoois foram os que apresentaram maior quantidade de compostos voláteis identificados (61,46%). A maioria dos aldeídos são formados durante a oxidação dos ácidos graxos (Domínguez *et al.*, 2019). In general, aldehydes are the main volatile components of cooked meats; they are very important for formation of the flavor and are involved in the characteristics of the species like as lipid sources (Mottram, 1998; Domínguez *et al.*, 2019).

Compostos identificados como o hexanal e o 2-octenal são originados da oxidação de ácidos graxos linoléico e araquidônico (Lorenzo *et al.*, 2014). No presente estudo, foram observadas diferenças no comportamento das categorias sexuais estudadas em relação a estes compostos identificados, o que estaria relacionado a efeitos hormonais, pois são encontrados resultados indicando maior quantidade de ácidos graxos monoinsaturados e de ácido oleico em fêmeas (Cruz & Faria, 2019). Além disso, para frangos produzidos em sistema caipira, são observadas diferenças em relação ao perfil lipídico da carne, sendo normalmente verificado incremento na quantidade de ácidos graxos poliinsaturados (principalmente  $\omega$ 3) devido ao hábito de pastejo e consumo de gramíneas (Castellini *et al.*, 2006; Cruz & Faria, 2019). Assim, estas diferenças na composição lipídica tendem a influenciar na formação destes compostos como o octenal, que é um aldeído formado a partir da autooxidação do ácido oleico (Domínguez *et al.*, 2019).

Os álcoois também são originados principalmente da decomposição oxidativa de lipídios (Sánchez-Peña *et al.*, 2005). Os álcoois como o 1-octen-3-ol e 1-octanol são sintetizados através da autooxidação dos ácidos graxos linoleico e oleico, respectivamente (Qi *et al.*, 2017; Domínguez *et al.*, 2019). Além disso, os álcoois também podem ser formados a partir de um aldeído como exemplo o hexanol, que é formado através da redução do hexanal (Domínguez *et al.*, 2019) e, oxidação de outros compostos como os ácidos graxos

poliinsaturados, que são verificados em maiores quantidades com aumento da idade de abate (Cruz & Faria, 2019).

O hexanal apresentou correlação com o corte do peito de frangos machos maduros sexualmente, sendo esse composto destacado por Ayseli *et al.*, (2014) como de maior importância e poderia influenciar no sabor final da carne. Este composto estaria relacionado em altas quantidades a ocorrência de aroma desagradável de ranço e, em baixas quantidades, ao aroma agradável de gramado (Lorenzo *et al.*, 2014).

No presente estudo, verificou-se comportamento diferenciado das categoriais sexuais em relação aos grupos de compostos aldeídos, álcoois, hidrocarbonetos e cetonas em ambos os cortes, sendo observado em geral na representação gráfica comportamento inverso das aves em função do grau de maturidade sexual e, em relação com os compostos identificados nas análises. Assim, a acentuação do sabor relatado por alguns autores (Zanusso & Dionello, 2003) poderia estar relacionado com aumento do teor de lipídios nas aves com o aumento na idade de abate (Souza *et al.*, 2011); maior deposição de ácidos graxos poliinsaturados (Cruz & Faria, 2019) e; maior acúmulo de lipídeos nas fêmeas (Rizzi *et al.*, 2009) que, após a maturidade sexual, também apresentam modificação no seu estado fisiológico, aumentando a síntese de proteínas e lipídios no fígado (Vignale *et al.*, 2018).

A maior quantidade de compostos terpenos identificados, pode estar relacionado ao hábito forrageiro das aves criadas em sistema alternativo, aja visto que esses compostos são formados através do metabolismo de plantas disponíveis na pastagem (Petričević *et al.*, 2018). No presente estudo, verificou-se na coxa uma quantidade de terpenos associados a carne de frangos machos, enquanto no peito, estes compostos estiveram associados a carne de frangos machos não maduros sexualmente ou de fêmeas maduras sexualmente. O que poderia estar relacionado ao maior consumo de gramíneas pelos machos devido a sua maior exigência de nutrientes (Santos *et al.*, 2005).

Foi observado diferença no comportamento, em função da maturidade sexual, para os compostos dos grupos dos ésteres, sendo que em ambos os cortes, após os frangos atingirem a maturidade sexual, revelaram redução na carne dos frangos. Esses compostos são formados pela esterificação de ácidos carboxílicos de cadeia média e curta, com álcoois primários e secundários (Domínguez *et al.*, 2019) e estão associados a formação e compostos aromáticos podendo influenciar no sabor (Abad, 2018). A maior relação dos ésteres com as aves fêmeas não maduras sexualmente pode ser devido a não presença de compostos do grupamento dos ácidos carboxílicos nessas aves, uma vez que esses participam do processo de esterificação.

As pirazinas são formadas através da interação de açúcares, glicose, com aminoácidos

sem enxofre, glicina, alanina, leucina, durante a reação de Maillard (Jayasene *et al.*, 2013; Kosowska *et al.*, 2017). Foi observado maior correlação com os compostos do grupamento pirazina na carne do peito das fêmeas após atingir a maturidade sexual enquanto na coxa, essa interação ocorreu para os animais antes de atingir a maturidade sexual, o que pode caracterizar uma maior quantidade açúcares e aminoácidos sem enxofre na carne dessas aves. O que pode ser verificado no presente estudo é a identificação de apenas um composto com enxofre em ambos os cortes, o trissulfite, dimethyl. Esse composto apresentou-se e maior proporção na carne de peito de machos antes de atingir a maturidade sexual e, na coxa, foi identificado apenas para frangos machos maduros sexualmente. Os compostos de enxofre e nitrogênio são sintetizados através da quebra de aminoácidos com enxofre durante o aquecimento como a cisteína, cistina e metionina (Domínguez *et al.*, 2019). Podendo assim, caracterizar que esse maior acúmulo na carne de frangos machos estaria relacionado a maior intensidade de reação neste grupo.

Outro grupo de compostos associado ao processo de oxidação lipídica são as cetonas (Domínguez *et al.*, 2019), sendo que o composto que exibiu maior expressividade em ambos os cortes foi o 3-heptanone, 5-methyl-, com maior proporção para frangos após a maturidade sexual. Assim, o maior teor de lipídios em aves com avanço da idade (Chen *et al.*, 2020) e maior susceptibilidade pelo aumento na proporção de ácidos graxos poliinsaturados (Cruz & Faria, 2019, pode ter levado a maior valor destes compostos.

No presente estudo, foi observado maior correlação dos compostos furanos no corte de peito de machos maduros e na coxa de machos não maduros sexualmente. Dentre estes, o furan-2-pentyl- foi o composto com maior valor no peito de frangos machos não maduros sexualmente e, na coxa de machos maduros. Esse composto dá aroma agradável com notas doces, verdes, frutadas, aromáticas vegetais e nuances torradas (García-González *et al.*, 2008). Em geral, estes compostos são derivados da degradação da tiamina, vitamina presente naturalmente na carne (Kosowska *et al.*, 2017).

A maior quantidade de hexanoic acid em ambos os cortes de fêmeas após a maturidade, pode ser devido ao aumento do teor de gordura após a maturidade sexual, sendo esse maior em fêmeas devido a ação hormonal frente as enzimas que participam da lipogênese (Chen *et al.*, 2006; Chen *et al.*, 2013) além do efeito da hidrólise de lipídios (triglicerídeos e fosfolipídios) (Domínguez *et al.*, 2019).



## **CONCLUSÕES**

Assim, verifica-se que existe diferença entre o perfil de compostos voláteis e o estágio de maturação sexual de aves criadas em sistema alternativo. Sendo observado principalmente que houve na carne de frangos após a maturidade sexual maior correlação com compostos voláteis que são advindos da oxidação lipídica. Assim, estes resultados podem confirmar a modificação e caracterização do sabor dessa carne como mais intensa, após esses animais atingirem a maturidade sexual.

## REFERÊNCIAS

Abad, A. Encyclopedia of Food Chemistry, Volume 2. Chapter -Derived Flavours and Off-Flavours in Food 2018, p. 183-192.

Adams RP. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. Carol Stream, Illinois, USA, 2007.

Ayseli MT, Filik G, Selli S. Evaluation of volatile compounds in chicken breast meat using simultaneous distillation and extraction with odour activity value. Journal of Food and Nutrition Research 2014; 53(2):137-142.

Brasil, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Ofício Circular SDA/DIPOA n° 73, de 04 de setembro de 2020. Frango “caipira, colonial ou de capoeira”. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2020.

Castellini C, Dal Bosco A, Cecilia Mugnai C, Pedrazzoli M. Comparison of two chicken genotypes organically reared: oxidative stability and other qualitative traits of the meat. Italian Journal of Animal Science 2006; 5:355-368.

Cruz FL, Faria PB. Perfil lipídico da carne de frangos de corte de diferentes cruzamentos criados em sistema alternativo. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 2019; 71(2):677-686.

Domínguez R, Purriños L, Pérez-Santaescolástica C, Pateiro M, Barba F, Tomasevic I, Campagnol PCB, Lorenzo JM. Characterization of volatile compounds of dry-cured meat products using HS-SPME-GC/MS technique. Food Analytical Methods 2019; 12:1263-1284.

Fanatico AC, Pillai PB, Emmert JL, Gbur EE, Meullenet JF, Owens CM. Sensory Attributes of slow- and fast-growing chicken genotypes raised indoors or with outdoor access. Poultry

Science 2007; 86(11):2441-2449.

Jayasena DD, Ahn DU, Nam KC, Jo C. Flavour chemistry of chicken meat: a review. *Asian-Australas Journal Animal Science* 2013; 26(5):732-742

Kosowska M, Majcher MA, Fortuna T. Volatile compounds in meat and meat products. *Food Science and Technology* 2017; 37(1):1-7.

Lorenzo JM, Franco D, Carballo K. Effect of the inclusion of chestnut in the finishing diet on volatile compounds during the manufacture of dry-cured "Lácon" from Celta pig breed. *Meat Science* 2014; 96:211-223.

Mottram DS. Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food chemistry* 1998; 62(4):415-424.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST). NIST Chemistry WebBook. NIST, 1991. Acesso em: 19 maio, 2021. Disponível em: <https://webbook.nist.gov/chemistry/>.

Petričević S, Radovčić NM, Lukić K, Listeš E, Medić H. Differentiation of dry-cured hams from different processing methods by means of volatile compounds, physico-chemical and sensory analysis. *Meat Science* 2018; 137:217-227.

Qi J, Wang H, Zhou G, Xu X, Li X, Bai Y, Yu X. Evaluation of the taste-active and volatile compounds in stewed meat from the Chinese yellow-feather chicken breed. *International Journal of Food Properties* 2017; 20(3):2579-2595.

Rizzi C, Baruchello M, Chiericato GM. Effect of sex on slaughter performance and meat quality of Ermellinata di Rovigo chickens. *Italian Journal of Animal Science* 2009; 8(3):276-278.

Sánchez-Peña CM, Luna G, García-González DL, Aparicio R. (2005). Characterization of french and Spanish dry-cured hams: influence of the volatiles from the muscles and the subcutaneous fat quantified by SPME-GC. *Meat Science* 2005; 69(4):635-645.

Santos AL, Sakomura NK, Freitas ER, Fortes CMLS, Carrilho ENVM, Fernandes JBK. Estudo do crescimento, desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de três linhagens de frango de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2005; 34:1589-1598.

Santos TC, Murakami AE, Oliveira CAL, Costa PD. Desenvolvimento corporal e testicular em machos de codornas de corte e de postura de 25 a 360 dias. *Pesquisa de Veterinária Brasileira* 2012; 32(11):1205-1212.

Silva DCF, Arruda AMV, Gonçalves AA. Quality characteristics of broiler chicken meat from free-range and industrial poultry system for the consumers. *Journal of Food Science and Technology* 2017; 54:1818-1826.

Smith DP, Northcutt JK, Steinberg EL. Meat quality and sensory attributes of a conventional and a Label Rouge-type broiler strain obtained at retail. *Poultry Science* 2012; 91(6):1489-1495.

Souza XR, Faria PB, Bressan MC. Proximate composition and meat quality of broilers reared under different production systems. *Brazilian Journal of Poultry Science* 2011; 13(1):15-20.

Tang W, Jiang D, Yuan P, Ho C. Flavor chemistry of 2-methyl-3-furanthiol, an intense meaty aroma compound, *Journal of Sulfur Chemistry* 2012; 34:38-47.

Team RCR: a language and environment for statistical computing, version 3.0.2. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing; 2013, 2019.

Sun YY, Tang S, Chen Y, Li DL, Bi YL, Hua DK, Chen C, Luo QY, Yang L, Chen JL. Effects of light regimen and nutrient density on growth performance, carcass traits, meat quality, and health of slow-growing broiler chickens. *Livestock Science* 2017; 198:201-208.

## **AGRADECIMENTOS**

À autora agradece o suporte financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG. Processo no CVZ – APQ 03268-16). A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fornecimento de bolsa de estudos. Ao Instituto

Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG – Campus Bambuí) e a Vaccinar Nutrição Animal® por prover recursos ao projeto.