



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**AMANDA KAREN SANTOS ROCHA**

**CARDANOL NA ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS DE CORTE REPRODUTORAS**

**FORTALEZA**

**2021**

AMANDA KAREN SANTOS ROCHA

CARDANOL NA ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS DE CORTE  
REPRODUTORAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Nutrição Animal e Forragicultura.

Orientador: Prof. Dr. Ednardo  
Rodrigues Freitas. Coorientador: Dr.  
Rafael Carlos Nepomuceno.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

R571c Rocha, Amanda Karen Santos.

Cardanol na alimentação de codornas de corte reprodutoras / Amanda Karen Santos Rocha. – 2021.  
52 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas.

1. Aditivo alimentar. 2. Compostos fenólicos. 3. Líquido da castanha de caju. I. Título.

CDD 636.08

---

AMANDA KAREN SANTOS ROCHA

CARDANOL NA ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS DE CORTE REPRODUTORAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: NutriçãoAnimal e Forragicultura.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Germano Augusto Jerônimo do Nascimento  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Silvana Cavalcante Bastos Leite  
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Santíssima Trindade, por sempre iluminar os meus caminhos e me amar profundamente mesmo na minha pequenez.

Às mulheres de minha vida, à minha mãe Kátia, que me gerou e me ensina todos os dias, a minha avó Maria Lucimar que é minha segunda mãe e está presente em todos os momentos de minha vida, minha tia Karla que entende na pele tudo que passei para chegar até aqui e à Rosângela, minha amiga preciosa com quem compartilho os momentos de alegria e tristeza.

Ao meu noivo Jorge Henrique que sempre esteve do meu lado, me dando suporte nos dias mais difíceis, me ensina diariamente a ser uma pessoa melhor, meu exemplo.

A vocês, minha família, pai, irmãos, tios e primos sou eternamente grata por tê-los em minha vida e por tudo que sou, por tudo que consegui conquistar e pela felicidade que tenho.

Minha gratidão especial ao Professor Ednardo Rodrigues Freitas, a quem eu tenho repleta admiração, pela sua orientação, ensinamentos, confiança e todo o apoio indispensáveis para a condução e finalização deste trabalho. Ao coorientador Rafael Nepomuceno, que foi a base para elaboração deste trabalho, auxiliando e orientando para a realização do projeto.

Ao Setor de Avicultura, representado pelos funcionários Isaías, Claudio, Diego e Maninho que me ajudaram em muitos momentos no período do experimento.

Aos alunos de pós-graduação e graduação que me ajudaram a conduzir o projeto, os quais sem vocês tudo seria mais difícil na condução do experimento.

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará – UFC, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado em Zootecnia.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudo e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

## RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a inclusão do cardanol na ração de matrizes de codornas sobre o desempenho e qualidade de ovos. Foram utilizadas 300 matrizes europeias com 32 semanas de idade distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado composto por 5 tratamentos e 6 repetições de dez aves, sendo a unidade experimental constituída de 8 fêmeas e 2 machos. Os tratamentos foram constituídos de rações com os níveis de cardanol 0,00; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00%. Foram avaliados o desempenho produtivo, a qualidade dos ovos e o desempenho reprodutivo. Verificou-se uma redução no desempenho das matrizes com a inclusão de 1,00% de cardanol em relação ao tratamento controle, enquanto que o peso e a massa de ovo foram significativamente menores nos tratamentos com 0,75% e 1,00% de cardanol, respectivamente. Na qualidade dos ovos, observou-se que em relação ao tratamento controle houve diminuição na densidade específica e aumento na coloração, porcentagem, cor e valor de TBARS da gema em todos os tratamentos com cardanol. A inclusão de 0,50% de cardanol diminuiu a porcentagem de albúmen e aumentou a porcentagem de gema, já a espessura da casca diminuiu a partir de 0,75% e a oxidação lipídica da gema foi maior com o nível de 1,00%. Nos parâmetros de incubação, observou-se que em relação ao tratamento controle, o peso dos ovos incubados e o peso dos pintos ao nascer foram menores nos tratamentos 0,75 e 1,00% de inclusão, respectivamente, havendo redução linear significativa para ambos os parâmetros à medida que houve aumento da inclusão. Na avaliação do desempenho da progênie, constatou-se que o peso dos pintos aos 7 dias de idade, oriundos das matrizes alimentadas com ração contendo 1,00% de cardanol, foi significativamente menor em relação aos pintos das aves alimentadas com ração controle. Conclui-se que a inclusão do cardanol na ração não apresentou benefícios para o desempenho produtivo, reprodutivo e na qualidade de ovos.

**Palavras-chave:** aditivo alimentar; compostos fenólicos; líquido da castanha de caju.

## ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the inclusion of cardanol in the diet of quail breeders on egg performance and quality. 300 European dams with 32 weeks of age were used, distributed in a completely randomized design consisting of 5 treatments and 6 replicates of ten birds, with an experimental unit found of 8 required and 2 males. The treatments consisted of rations with cardanol levels 0.00; 0.25; 0.50; 0.75 and 1.00%. Productive performance, egg quality and reproductive performance were obtained. There was a reduction in the performance of the matrices with the inclusion of 1.00% of cardanol compared to the control treatment, while the egg weight and mass were lower in the treatments with 0.75% and 1.00% of cardanol. respectively. In terms of egg quality, it was observed that, in relation to the control treatment, there was a decrease in specific density and an increase in yolk color, percentage, color and TBARS value in all treatments with cardanol. The inclusion of 0.50% cardanol decreased the percentage of albumen and increased the percentage of yolk, while the shell thickness decreased from 0.75% and the lipid oxidation of the yolk was higher at the level of 1.00%. In the incubation parameters, it was observed that in relation to the control treatment, the weight of the incubated eggs and the weight of the chicks at birth were lower in the 0.75 and 1.00% inclusion treatments, respectively, with a significant linear reduction for both parameters as the inclusion increased. In the evaluation of the performance of the progeny, it was found that the weight of the chicks at 7 days of age, coming from the sows fed with ration containing 1.00% of heated cardanol, was lower in relation to the broiler chicks fed with control ration. It is concluded that the inclusion of cardanol in the feed did not present benefits for the productive, reproductive performance and egg quality.

**Keywords:** cashew nut liquid; food additive; phenolic compounds.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição percentual e nutricional das rações experimentais.....	25
Tabela 2 - Desempenho de matrizes na fase de produção alimentadas com rações contendo cardanol.....	30
Tabela 3 - Qualidade dos ovos de matrizes alimentadas com rações contendo cardanol.....	33
Tabela 4 - Parâmetros da incubação dos ovos de matrizes alimentadas com rações contendo cardanol na fase de produção.....	36
Tabela 5 - Desempenho da progênie de matrizes alimentadas com rações contendo cardanol na fase de produção.....	40

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>Coturnicultura de corte</b> .....	<b>12</b>
<i>2.1.1</i>	<i>Aspectos gerais da produção de ovos de codornas de corte</i> .....	<i>13</i>
<i>2.1.2</i>	<i>Desempenho reprodutivo em matrizes</i> .....	<i>14</i>
<i>2.1.3</i>	<i>Estresse oxidativo e sua influência em matrizes</i> .....	<i>15</i>
<b>2.2</b>	<b>Uso de Antioxidantes na alimentação de aves</b> .....	<b>17</b>
<b>2.3</b>	<b>Aditivos fitogênicos e compostos fenólicos</b> .....	<b>18</b>
<i>2.3.1</i>	<i>Aditivos oriundos do processamento da castanha de caju</i> .....	<i>18</i>
<i>2.3.2</i>	<i>Cardanol</i> .....	<i>19</i>
<i>2.3.3</i>	<i>Atividade biológica do cardanol</i> .....	<i>20</i>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>Obtenção do cardanol</b> .....	<b>22</b>
<b>3.2</b>	<b>Utilização do cardanol na alimentação das matrizes</b> .....	<b>23</b>
<b>3.3</b>	<b>Avaliação do desempenho das reprodutoras</b> .....	<b>26</b>
<b>3.4</b>	<b>Avaliação da qualidade externa e interna dos ovos</b> .....	<b>26</b>
<b>3.5</b>	<b>Avaliação da oxidação lipídica da gema</b> .....	<b>27</b>
<b>3.6</b>	<b>Avaliação dos parâmetros de incubação</b> .....	<b>28</b>
<b>3.7</b>	<b>Avaliação do desempenho da progênie</b> .....	<b>28</b>
<b>3.8</b>	<b>Análise estatística</b> .....	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>42</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento rápido de novas tecnologias de produção, a coturnicultura temse inserido na avicultura industrial, atividade considerada de subsistência ou mesmo um *hobby*, passa a ocupar um cenário de atividade altamente tecnificada com resultados promissores aos investidores, tendo esse fato propiciado um aumento significativo na produção de ovos de codorna nos últimos anos (BERTECHINI, 2006). De acordo com o IBGE (2019), o Brasil produziu cerca de 17,4 milhões de codornas e 315,6 milhões de dúzias de ovos no ano de 2019, um número bastante expressivo para a coturnicultura brasileira.

Os índices produtivos e reprodutivos das matrizes podem ser afetados por fatores inerentes às aves, tais como idade, estado fisiológico, sanidade, além de fatores externos, como infraestrutura e condições ambientais, manejo e nutrição das aves (SURAI; FISININ, 2016 a, 2016 b). Associado a esses fatores, o estabelecimento de um quadro de estresse oxidativo em aves tem sido relacionado a efeitos negativos na reprodução (SIES, 2019).

O aumento da concentração das espécies reativas de oxigênio (EROs) pode causar danos às macromoléculas biológicas, levando a danos celulares, interrompendo o metabolismo e a fisiologia normal (TREVISAN *et al.*, 2001), resultando em prejuízo aos índices produtivos e reprodutivos (MATOS *et al.*, 1998). Além disso, problemas relacionados a estabilização lipídica das gemas dos ovos, durante o armazenamento até a incubação, são associados às malformações embrionárias, redução na eclodibilidade e qualidade dos pintos (ZHANG *et al.*, 2018).

O estresse oxidativo é um desequilíbrio entre as atividades de geração de EROs e sua eliminação, resultante do aumento da produção de pró-oxidantes e/ou diminuição da defesa antioxidante. Em condições de alta taxa metabólica, as mitocôndrias de todas as células trabalham mais para atender a todas as necessidades energéticas, gerando maior quantidade de EROs que pode ultrapassar a capacidade antioxidante dos tecidos e dos fluidos corporais (BERNABUCCI *et al.*, 2002).

Diversos tipos de antioxidantes têm sido utilizados na alimentação de matrizes, com o objetivo de melhorar as defesas antioxidantes das aves e mitigar os efeitos deletérios do estresse oxidativo. Dentre estes, os antioxidantes naturais oriundos de diferentes partes das plantas ricas em compostos fenólicos, despertam o interesse dos pesquisadores devido ao seu potencial antioxidante e a possibilidade de acúmulo nos tecidos e na gema dos ovos, oferecendo proteção oxidativa ao embrião (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Nesse contexto, o Brasil, conhecido mundialmente por sua biodiversidade, destaca-se pela importância de plantas usadas para a produção de fármacos com diferentes aplicações, pesquisas sobre as propriedades químicas e atividades biológicas do líquido da castanha de caju (LCC) tem apresentado resultados promissores (OSMARI *et al.*, 2015).

Caracterizado por ser rico em compostos fenólicos, constituídos principalmente pelos ácidos anarcárdicos, cardanois e cardois, o LCC natural tem comprovada ação antioxidante (BROINIZI *et al.* 2008; ANDRADE *et al.* 2011; FARIAS *et al.*, 2019), bem como atividade antimicrobiana (HIMEJIMA; KUBO, 1991; WATANABE *et al.*, 2010; PARASA *et al.*, 2011) e antitumoral (KUBO *et al.*, 1993).

O cardanol é um lipídio fenólico com uma longa cadeia alifática unida a um anel fenólico. Segundo Leite *et al.* (2019) a ingestão oral de cardanol nas doses de 17,37; 34,75 e 69,5 mg/kg de peso promoveu efeito genotóxico em fêmeas de ratos, sem que houvesse efeito citotóxico ou mutagênico.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a inclusão do cardanol na ração de matrizes de codornas sobre o desempenho produtivo e reprodutivo e qualidade de ovos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Coturnicultura de corte

O Japão foi um dos primeiros países a iniciar a criação comercial de codornas japonesas no início do século XX. A partir de então, iniciou a sua exploração visando à produção de carne e ovos (REIS, 1980; PASTORE, *et al* 2012). No Brasil a comercialização da carne em maior escala teve início em 1989, quando a empresa “Perdigão Industrial”, atualmente chamada de “Brasil Foods (BRF)”, começou a atuar no mercado com a linha Aves Raras, utilizando matrizes europeias importadas (PASQUETTI, 2011).

Três espécies de codornas estão disponíveis para a exploração da coturnicultura industrial: a codorna americana ou a Bobwhite quail (*Colinus virginianus*), a japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) e a europeia (*Coturnix coturnix coturnix*). Essas aves possuem características peculiares que direcionam suas aptidões para carne (europeia e americana) ou ovos (japonesa), e também diferentes características de peso, precocidade, tamanho e cor de ovo (branco ou pintado), taxa de postura e coloração das penas (BARRETO *et al.*, 2007).

Entre as espécies e as subespécies existentes, a codorna japonesa é a mais difundida mundialmente na produção de ovos. Contudo, a criação de codornas europeias também tem ganhado importante participação no Brasil, principalmente por pequenos e médios produtores, para produção de carne e ovos (BARRETO *et al.*, 2007). A taxa de crescimento, a maturidade, o peso final e a taxa de ganho diário são maiores em codornas europeias, o que permite maior precocidade ao abate quando comparadas com as codornas japonesas (BONAFÉ, 2008).

As codornas europeias demonstram bons resultados, principalmente para a produção de carne, devido a sua característica de crescimento mais rápido, comparado a japonesa em todas as idades (SILVA, 2012). Essas aves são maiores que as japonesas e chegam (as fêmeas) a pesar de 280 a 300g quando adultas, sendo 80 a 100% mais pesadas (ALBINO; BARRETO, 2003; BARRETO *et al.*, 2007).

A codorna japonesa, com 65 dias de idade pesa  $160,97 \pm 7,90$ g de peso vivo (MOURA *et al.*, 2010). Em um experimento de Kirmizibayrak e Altinel com codornas japonesas foi verificado que, no final do período de 6 semanas, os pesos de abate foram de 168,59g e 213,99g para machos e fêmeas, respectivamente. O peso de carcaça e rendimento de carcaça foram respectivamente de 122,11g e 72,55% para machos e 136,46g e 64,10% para as fêmeas.

Devido ao maior crescimento e peso corporal das codornas europeias, o consumo de ração é maior, quando comparado com codornas japonesas, mas isso reflete em maior

eficiência para a produção de carne (ALBINO; BARRETO, 2003; BARRETO *et al.*, 2007). Segundo Oliveira (2004), a subespécie europeia consome na fase de produção aproximadamente 36 g/dia e que 60 a 70% dos custos de produção provenientes da alimentação, enquanto a japonesa consome em média 28,5g/dia.

A coturnicultura de corte apresenta inúmeras vantagens de produção, as quais tem impulsionado o seu progresso econômico. Essas características vantajosas estão relacionadas ao alto valor nutricional da carne e ovos de codornas, necessidade de pouca extensão de terras, baixo investimento e rápido retorno financeiro que tem alavancado este setor nos últimos tempos (ROLL, 2012). A criação tem se desenvolvido de forma expressiva, sendo uma boa alternativa para obtenção de produtos de alta qualidade nutricional para a população (MÓRI *et al.*, 2005 b).

### ***2.1.1 Aspectos gerais da produção de ovos de codornas de corte***

As codornas de corte europeias atingem a maturidade sexual praticamente na mesma idade da codorna japonesa, sendo nesta o peso e tamanho dos ovos maiores (REZENDE *et al.*, 2004). Confirmando a informação, Marks (1991) comentou que as linhagens selecionadas para alto ganho de peso apresentam maior peso dos ovos que linhagens não selecionadas para essa característica, do mesmo modo Singh e Panda (1987) concluíram em seu experimento que a massa de ovos, era maior quando comparada as linhagens para produção de ovos, uma vez que o peso dos ovos apresenta alta correlação com peso corporal da ave.

Esses animais atingem maturidade sexual em curto tempo (35 a 42 dias), possuem alta produtividade (média de 300 ovos/ano), sendo o peso dos seus ovos entre 9,0 e 12,5g, o que pode representar até 8% do peso da ave (BELO *et al.*, 2000). Os ovos normalmente possuem pigmentos por toda a superfície da casca com manchas de colorações variadas em tons de castanho (ALBINO; BARRETO, 2003).

A produção de ovos alcança 50% às oito semanas de idade (56 dias) e o pico de produção às 10 semanas de idade, variando de 54-65 ovos (CORRÊA, 2010). A produção de ovos está entre as mais importantes características para a produção de codornas, e pode influenciar diretamente o lucro da atividade de produção, que depende de três fatores principais: a idade ao primeiro ovo, taxa de postura e persistência da postura. A escolha do melhor critério de seleção para a produção de ovos deve levar em consideração esses três fatores (WINTER *et al.*, 2006; ROSSI; MARTINS, 2010)

Diversos fatores podem influenciar a produção de ovos em codornas Oliveira &

Oliveira (2013) afirmam que o ovo, desde a sua formação, está sujeito a influências como genética, idade, condição nutricional e sanitária da poedeira e manejo, que podem alterar as características dos ovos, resultando em degradação de seus componentes, modificando suas propriedades funcionais e comprometendo sua eficiência como alimento natural ou matéria-prima.

No entanto, existem poucas informações sobre o potencial produtivo da codorna europeia quanto ao seu desempenho reprodutivo, o que dificulta o conhecimento de sua dupla aptidão (MÓRI *et al.*, 2005 a).

### **2.1.2 Desempenho reprodutivo em matrizes**

A incubação dos ovos de codornas dura em torno de 17 dias com pintainhas no primeiro dia de vida, que pesam em média 7,0 g nas japonesas e de 10 a 12 g nas europeias, correspondendo a 70% do peso do ovo. Ao completarem 4 semanas, as codornas aumentam em 10 vezes o seu peso inicial (ALBINO; BARRETO, 2003). As fêmeas quando adultas são mais pesadas que os machos devido ao desenvolvimento do aparelho reprodutor e do fígado. Por iniciarem a postura ao redor dos 42 dias de idade, ao contrário das aves de postura que levam cerca de 120 dias para iniciar a postura (JORDÃO, 2008; SILVA; COSTA, 2009), elas são consideradas as aves que possuem desenvolvimento fisiológico mais precoce.

A fertilidade das aves depende do sucesso de um número de etapas críticas da espermatogênese, extra maturação gonadal, sobrevivência e função dos espermatozoides no oviduto (FROMAN *et al.*, 2004). Em codornas, estratégias reprodutivas envolvem a produção rápida, maturação e transporte de espermatozoides através do trato reprodutivo associado a uma capacidade limitada para estoque em dutos genitais (CLULOW; JONES, 1982). Nas fêmeas, os espermatozoides sobrevivem por alguns dias no oviduto. Após a retirada dos machos, 45% dos ovos ainda são férteis, por no máximo 11 dias (SITTMANN; ABPLANALP, 1965; CARNEIRO *et al.*, 2014).

O padrão de crescimento inicial e o peso da ave ao início da maturidade sexual são apontados como os principais fatores que afetam o desempenho das aves na fase de produção de ovos (SEZER *et al.*, 2006). Dessa maneira, assim como o peso atingido na maturidade sexual exerce efeito significativo no desempenho, o aumento da idade das aves influencia diretamente na qualidade do ovo, composição, tamanho, redução da produção de ovos, peso, composição da gema e albúmen (ROCHA *et al.*, 2008).

Corrêa *et al.* (2011) observaram que codornas com 270 dias de idade contribuem

de maneira significativa para o menor peso de nascimento. Conforme relatado por Roque e Soares(1994) e Santos *et al.* (2009), isso pode ser explicado pela transformação que ocorre na casca, cutícula e membrana do ovo com o avanço da idade, que neste caso, pode ter influenciado a perda de água durante a incubação, levando a codornas mais leves eclodirem, quando originárias de aves mais velhas.

Wilson (1991) relata que o peso do ovo e/ou conteúdo da gema são também relacionados ao tempo de incubação, grau de precocidade e reserva de gema necessária para a eclosão, o peso do ovo influencia diretamente no peso do pintinho, conseqüentemente o peso de codornas de um dia de idade pode interferir diretamente o desempenho no abate, dadas as associações.

O organismo animal possui um sistema de defesa antioxidante capaz de neutralizar radicais livres gerados pelos processos fisiológicos, não sendo eficiente em situações de estresse oxidativo intenso decorrente de disfunções metabólicas por motivos diversos (KHAN, 2011).

### ***2.1.3 Estresse oxidativo e sua influência em matrizes***

O estresse oxidativo é causado por um desbalanço entre pró-oxidantes e antioxidantes tanto ao nível celular quanto individual (VOLJC *et al.*, 2011). Durante o processo normal de respiração, o oxigênio é progressivamente reduzido para o rendimento hídrico. Entretanto, a redução incompleta do oxigênio durante este processo leva a formação de entidades químicas que tem poderosas propriedades de oxidação e são conhecidos como espécies reativas de oxigênio (EROs). EROs são constantemente produzidos *in vivo* durante o curso do metabolismo fisiológico em tecidos vivos. Quando as EROs superam a habilidade do sistema antioxidante de um organismo para removê-los, acontece o estresse oxidativo (SURAI, 2003).

Na produção avícola, as aves estão expostas a diversos fatores responsáveis pela diminuição produtiva e desempenho reprodutivo. O estresse oxidativo está associado a maioria dos estresses na produção de aves ao nível celular. A informação indica que a produção excessiva de radicais livres (EROs - espécies reativas de oxigênio / ERNs - espécies reativas de nitrogênio) gera importantes conseqüências prejudiciais na produção de aves, sendo ocasionados por processos desde a incubação (alta temperatura e umidade) até o abate ou na produção final de ovos (manejos e transporte) (SURAI *et al.*, 2019).

Radicais livres são entidades químicas que possuem um ou mais elétrons livres, possuindo grande potencial de reagir com moléculas orgânicas. Os principais radicais livres são

derivados de oxigênio e nitrogênio, eles são átomos, moléculas ou quaisquer compostos contendo um ou mais elétrons não pareados, estes são altamente instáveis, muito reativos e são capazes de danificar moléculas como DNA, proteínas, lipídios ou carboidratos (AUGUSTO, 2006).

Danos ao DNA estão associados a mutações, erros de translação, e interrupção da síntese proteica. Danos às proteínas causam modificações no transporte de íons e funções receptoras, assim como alteram as atividades enzimáticas. A oxidação de ácidos graxos poli-insaturados altera a composição da membrana, estrutura, propriedades (fluidez, permeabilidade, entre outros) e as atividades de enzimas associadas à membrana. O dano às moléculas biológicas finalmente compromete o crescimento, desenvolvimento, imunocompetência e reprodução (VOLLHARDT, 2013).

As condições de estresse podem ser geralmente divididas em três categorias principais. A maior parte importante são as condições de estresse nutricional, incluindo altos níveis alimentares de PUFA (Ácido Graxo Poli-insaturado), deficiências de vitamina E, Selênio, Zinco ou Manganês, sobrecarga de Ferro, hipervitaminose A e presença de diferentes micotoxinas e outros compostos tóxicos nos alimentos para animais. Um segundo grupo de fatores de estresse inclui condições ambientais como o aumento da temperatura, umidade e hiperoxidação. Os fatores de estresse interno incluem várias doenças bacterianas ou virais. Todas as condições acima mencionadas estimulam a geração de radicais livres nas mitocôndrias (SURAI, 2016 b).

Em uma condição de estresse e desequilíbrio, no qual ocorre um aumento significativo de radicais livres mais elevados que o limite para células e tecidos, ocasiona inflamação nos tecidos saudáveis que acarreta a diminuição do desempenho produtivo e reprodutivo das aves. Dessa maneira, o sistema antioxidante das aves necessita de um suporte adicional através da utilização de antioxidantes na ração. (SURAI *et al.*, 2014; SURAI *et al.*, 2019 b; SURAI *et al.*, 2019 c).

Os antioxidantes possuem um importante papel contra os efeitos negativos decorrentes de radicais livres e das EROs, sobre os tecidos reprodutivos de aves agindo sobre o balanço pró-oxidantes e antioxidantes (CONSTANTINI; MOLLER, 2009), reduzindo assim tais efeitos maléficis para a reprodução das aves (SURAI, 2006).

## **2.2 Uso de Antioxidantes na alimentação de aves**

Os antioxidantes são moléculas orgânicas de origem natural ou sintética, que

possuem a capacidade de evitar a oxidação de compostos que possuem insaturações na cadeia carbônica, como ácidos graxos insaturados e algumas vitaminas lipossolúveis. Apresentam concentrações baixas, retardando a oxidação de moléculas facilmente oxidáveis, tais como lipídios e proteínas em carnes e produtos derivados, melhorando a vida útil dos produtos, protegendo-os contra a deterioração causada pela oxidação (BERTECHINI, 2012; KARRE *et al.*, 2013).

Os antioxidantes naturais podem surgir de substâncias formadas de reações por via endógena, por um ou mais compostos no próprio alimento ou como aditivos isolados de fontes naturais (CONGEGLIAN *et al.*, 2011). Eles estão presentes nas frutas e legumes, tornando-se um objeto de maior interesse nos últimos anos. Tamaña importância baseia-se em estudos farmacológicos que demonstram a associação entre consumo de produtos naturais e menor risco de doenças degenerativas (ANDRADE *et al.*, 2011).

A oxidação lipídica é vista como um dos principais fatores que diminuem a qualidade dos alimentos. Segundo Abreu (2013), ela atua no desenvolvimento de odores e sabores desagradáveis, fazendo com que os alimentos se tornem inapropriados para consumo.

Os antioxidantes sintéticos são estruturas que possuem grupo fenólico e são derivados do ácido gálico sendo os principais antioxidantes utilizados: butil hidroxianisol (BHA), butil hidroxitolueno (BHT), t-butil-hidroquinona (TBHQ) e Galato de propila (PG) (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2007.; JAYATHILAKAN *et al.*, 2007.; CRUZ, 2015). Apesar de BHA e

BHT serem os antioxidantes sintéticos mais utilizados, existem legislações que controlam a quantidade que esses produtos podem ser adicionados aos alimentos. Isso se dá, principalmente, por motivos de dúvidas quanto à natureza tóxica desses compostos, e se podem causar câncer quando ingeridos em grandes quantidades (GÜLÇİN, 2012).

Em resposta às demandas por produtos naturais, as pesquisas recentes têm se concentrado na identificação de produtos naturais que possam substituir os antioxidantes sintéticos. Assim, possuem um importante papel contra os efeitos negativos decorrentes de radicais livres (ROS) sobre os tecidos reprodutivos de aves, agindo sobre o balanço entre pró-oxidantes e antioxidantes, além de reduzir os efeitos maléficos para a reprodução das aves (SURAI, 2006; CONSTANTINI; MOLLER, 2009).

Dessa maneira, além de substituir antioxidantes sintéticos, os naturais podem aproveitar subprodutos da indústria alimentícia, colaborando com a preservação do meio ambiente (NUNEZ DE GONZALEZ *et al.*, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2009).

## 2.3 Aditivos fitogênicos e compostos fenólicos

Fitogênico é relativo à fitogenia, que por sua vez refere-se à origem, ou formação das plantas (FERREIRA, 2009). Portanto, aditivos fitogênicos são produtos originados das plantas, também conhecidos por fitobióticos ou nutracêuticos (WINDISCH *et al.*, 2008). Nos últimos anos, o uso desses compostos dentro da produção animal tem sido muito discutido, visto que o maior conhecimento a respeito dos princípios ativos presentes em alguns vegetais permitiu o uso destes como potenciais aditivos usados na nutrição, auxiliando principalmente os sistemas antioxidantes e melhorando o desempenho produtivo (TRAESEL *et al.*, 2011).

Os aditivos fitogênicos possuem propriedades que, ao serem incorporadas têm como objetivo melhorar os índices zootécnicos e a saúde animal (DONG *et al.*, 2016; FARAHAT *et al.*, 2016; RIZZO *et al.*, 2010) diminuindo agentes patogênicos no sistema digestivo pela ação antimicrobiana (JANG *et al.*, 2007), além de atuar como antioxidante, diminuindo estresse oxidativo e oxidação lipídica dos produtos (KHAN, 2014).

Já os compostos fenólicos podem ser definidos como substâncias que possuem pelo menos um anel aromático em sua estrutura, com um ou mais substituintes hidroxílicos (ANGELO; JORGE, 2007). Uma grande variedade de compostos fenólicos é encontrada na natureza, sendo estes os maiores responsáveis por conferir cor, sabor e textura às plantas (GÜLÇIN, 2012).

Esses compostos agem como antioxidantes, não somente pela sua habilidade em doar hidrogênio ou elétrons, mas também em virtude de seus radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de vários ingredientes do alimento, particularmente de lipídios (BRANDWILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995). Eles representam a maior família de ambos antioxidantes naturais e sintéticos (RODRIGUES *et al.*, 2006).

### 2.3.1 Aditivos oriundos do processamento da castanha de caju

A indústria brasileira gera diversos subprodutos da produção de caju, que não são usados na alimentação humana, podendo ser destinada para a alimentação animal. Os resíduos da extração do suco do pseudofruto do caju e dos pedúnculos imprestáveis para o consumo humano podem ser utilizados na alimentação animal, seja na forma natural ou como farelo de polpa de caju (LAVEZZO, 1985; SILVA *et al.*, 2018).

Estima-se que 90% do pedúnculo de caju são anualmente desperdiçados no processamento da castanha e aproximadamente 40% dos que são processados na indústria de

sucos, doces, geleias, fermentados, resultem em bagaço após a extração do suco (SILVA, 2004). Uma forma de aproveitar esses subprodutos é a produção de farelo originado do resíduo da industrialização do pedúnculo para extração de suco e ainda o próprio pedúnculo (caju em baga) seco no campo (MEDEIROS *et al.*, 2013).

O fruto do caju é a castanha, que é formada por um epicarpo fino que no seu interior encontra-se o mesocarpo, que contém um alto teor de um óleo viscoso, cáustico, de cor marrom escuro, considerado fonte natural de lipídeos fenólicos, conhecido como líquido da casca da castanha de caju (LCC) (PAIVA *et al.*, 2017; LOMONACO *et al.*, 2009).

Dependendo da forma de processamento, a concentração dos compostos presentes no LCC pode variar. A concentração percentual dos compostos presente no LCC depende do processo de extração, na extração do LCC natural originam o ácido anarcárdico (60-65%), cardol (15-20%), cardanol (10%) e vestígios de 2-metil cardol. Na extração em temperaturas elevadas (180 e 200°C) ocorre descarboxilação e a composição do LCC muda, apresentando maior teor cardanol (83-84%), menos cardol (8-11%), mantém o material polimérico em 10% e 2% de 2-metil cardol (KUMAR *et al.*, 2002), esse tipo de LCC, é obtido na indústria de beneficiamento da castanha de caju para o consumo humano.

O líquido da castanha de caju (LCC) é rico em cardanóis, cardóis e ácido anarcárdicos, sendo o último desses compostos com o maior potencial antioxidante. Assim, tanto o LCC, o caju e a fibra podem ser utilizados em rações funcionais, por ser em insumos baratos de agentes quimio preventivos do câncer, pois resultam em uma concentração significativa de ácido anarcárdico. O fato do anarcárdio-1 responder com ação antioxidante mais significativa que o cardanol-1 é relacionado a ação da inibição de geração de superóxido e xantina oxidase do que a eliminação de radicais hidroxila (TREVISAN *et al.*, 2006). Entretanto, não existe muitas informações que caracterizem os efeitos das substâncias do LCC na alimentação animal, especialmente em codornas.

### **2.3.2 Cardanol**

O cardanol é um componente lipídico fenólico do líquido da casca da castanha de caju (LCC), obtido como subproduto do processamento da castanha de caju onde é composto pelo monofenol, que está presente tanto no LCC natural quanto no LCC-técnico (LCC obtido por extração a temperatura de aproximadamente 180°C), o qual apresenta uma cadeia lateral com 15 átomos de carbono que possuem em média três ligações duplas na cadeia lateral (COSTA, 2016). Além disso, possui um anel aromático que proporciona uma forte estrutura

química resistente, enquanto o grupo hidroxila dá forte adesão. Uma longa cadeia lateral alifática fornece excelente resistência à água, boa flexibilidade, baixa viscosidade, vida útil prolongada e excelente proteção contra corrosão (RODRIGUES FILHO, 2010).

Para obtenção do cardanol é necessário que seja isolado do LCC os lipídios fenólicos como: ácido anarcárdico e cardol. Já o cardanol tem uma forma muito diversificada no grupo de compostos com forte caráter anfifílico. Conforme observado por Trevisan *et al.*, (2006), em 100 g de castanha foi obtido 30 g de LCC, em que 50% deste LCC continha uma mistura de ácidos anarcárdicos, 30% de cardanol e 20% de cardol.

O cardanol por ser uma molécula versátil, do ponto de vista químico, pode ser utilizado para a síntese de várias moléculas. É principalmente usado na manufatura de filmes, vernizes isolantes, óleos e resinas solúveis em álcool. Derivados sulfonados do cardanol produzem excelentes resinas e membranas para troca iônica, além de pigmentos, corantes e materiais coloridos. Possui ainda ampla aplicação na indústria de borracha e óleo, detergentes, inseticidas e material poroso (CARNEIRO, 2007).

Dentre os vários componentes do LCC, o cardanol se apresenta como o de maior aplicabilidade requerendo para sua separação o uso de destilação em película cadente para não sofrer grandes mudanças nas suas características físico-química (CARNEIRO, 2007). Devido à grande quantidade de LCC técnico produzido no país e o elevado percentual de cardanol resultante dos processos industriais do LCC, a indústria tem buscado agregar valor a esse subproduto. Essa vertente representa a promoção do desenvolvimento sustentável, suportada por uma autonomia tecnológica, pela obtenção de produtos de alto valor agregado aos derivados do LCC (RODRIGUES FILHO, 2010).

### ***2.3.3 Atividade biológica do cardanol***

Existem poucas pesquisas realizadas com cardanol, obtido através do processamento do caju, sendo ele utilizado como antioxidante na alimentação animal. Segundo Schneider (2014) em seu estudo na área de genética toxicológica e carcinogênese, considerou que o cardanol não deve ser usado em associação com a quimioterápica ciclofosfamida e em especial como um coadjuvante quimioterápico. No entanto, pela sua baixa toxicidade, a relação risco/benefício sugere o seu uso como quimio preventivo, demonstrando potencial terapêutico.

Além disso, Lee *et al.* (1998), relataram que o cardanol isolado a partir do *Ginkgo biloba* exibiu efeitos inibitórios contra células cancerígenas do tipo PI-PLCg1 e foi citotóxico perante células oncológicas *in vitro*, com exceção das normais do colón. Além dessas

propriedades citadas, os compostos cardol demonstram resultados promissores em relação às suas atividades antioxidante e citotóxica contra diferentes linhagens celulares de câncer (TEERASRIPREECHA *et al.*, 2012; BEHALO, 2016).

Confirmando o que os outros autores relataram Trevisan *et al* (2006) afirmaram que os componentes do LCC apresentaram atividade antiproliferativa e citotóxica com atividade tanto anti-inflamatória como antioxidante. Além desses efeitos, o cardanol tem potencial para prevenir doenças transmitidas por bactérias, fungos, e protozoários quando é adicionado na formulação de ração para pássaros e suínos (CAMPMANY, 2007).

Além da função antioxidante, o cardanol e derivados possuem ação de atividade larvívica contra a *Aedes aegypti*. Assim, a ação larvívica é devido a inibição da enzima acetil colinesterase sendo semelhante aos inseticidas sintéticos (OLIVEIRA *et al.*, 2011; BARBOSA-FILHO *et al.*, 2007; PAIVA *et al.*, 2017).

López *et al.* (2012) ao realizarem o primeiro estudo da inclusão de LCC na dieta de frangos de corte como possível alternativa a promotores de crescimento, observaram que não houve melhora no peso corporal, consumo de ração e conversão alimentar ao adicionar promotor de crescimento virginiamicina e diferentes níveis de inclusão de LCC na dieta. A inclusão de LCC demonstrou não prejudicar o rendimento de carcaça, resultando em desempenho semelhante a virginiamicina. Os autores concluíram que o LCC pode ser incluído como alternativa para promotores de crescimento na ração de frangos de corte. Dessa forma, o cardanol apresenta-se um promissor antioxidante natural para ser utilizado na alimentação animal.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) sobo nº de protocolo 2589300919 da Universidade Federal do Ceará e realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

#### 3.1 Obtenção do cardanol

O cardanol foi obtido do líquido da castanha do caju (LCC), cuja sequência de etapas contemplou a extração do LCC da castanha, isolamento do ácido anarcárdico, e na sequência o isolamento do cardanol.

Inicialmente, o líquido da castanha de caju (LCC) foi extraído da casca da castanha de caju com álcool etílico 99,5° GL, conforme metodologia apresentada por Trevisan *et al.*, (2006). Na sequência, procedeu-se a separação do ácido anarcárdico por meio da sua precipitação na forma de anacardato de cálcio, conforme metodologia adaptada de Paramashivappa *et al.*, (2001).

Para obtenção do anacardato de cálcio a partir do LCC, em um Becker de 4L foram adicionados 550mL de LCC, 150mL de água destilada e 2.850mL de etanol. Essa solução foi aquecida, sob agitação, até a temperatura de 50°C, permanecendo nessa condição por 4h, mantendo-se a temperatura constante. Ao longo do procedimento, em intervalos de 10 minutos, foram incorporados à mistura 250g de hidróxido de cálcio.

Após as 4 horas de aquecimento e agitação, os ácidos anarcárdicos presentes no LCC reagiram com o hidróxido de cálcio formando o anacardato de cálcio, que se precipitou no fundo do recipiente e foi separado dos demais componentes da mistura. Para tanto, a solução foi deixada para decantação por 1 hora em temperatura ambiente. Em seguida, o sobrenadante foi retirado e adicionou-se 800mL de etanol e a mistura foi submetida às mesmas condições de agitação e aquecimento por 1 hora. Logo em seguida, procedeu-se a decantação por 1 hora e retirada do sobrenadante, que foi usado para extração do cardanol.

A obtenção do cardanol foi realizada de acordo com a metodologia adaptada de Phani Kumar *et al.*, (2002). Dessa forma, para cada 20mL do sobrenadante foi adicionado 20mL de amônia (25%) e agitado durante 15 minutos. Após o tempo decorrido, a mistura foi transferida para um funil de separação e adicionado 10mL da solução hexano/acetato de etila (98:2), agitado e deixado em repouso para que ocorresse a extração, sendo esse

procedimento repetido por mais duas vezes. Logo após, à camada orgânica resultante foi adicionada 20mL de hidróxido de sódio - NaOH (2,5%), lavada com 10mL de ácido clorídrico - HCL (5%) e seca sobre sulfato de sódio anidro, e concentrada para produzir cardanol puro.

A pureza do cardanol foi confirmada por meio do instrumento HPLC (Cromatografia líquida de alta performance), obtendo-se 96,64% de cardanois na amostra. HPLC analítica foi realizada em um *Hewlett-Packcromatógrafo líquido Ard* (HP) 1090 equipado com um C-18, colunas de fase reversa (5 µm) (25 cm · 4 mm DI; Látex, Eppelheim, Alemanha).

A fase móvel utilizada foi de 2% ácido acético em água destilada dupla (solvente A) e metanol (solvente B), utilizando o seguinte gradiente durante um tempo total de execução de 40 min: inicialmente 50:50 solventes A e B, seguido de um aumento no solvente B para 100% em 20 minutos, mantido isocraticamente por mais 20 minutos caudal de 1,0 ml/min. Compostos fenólicos no elu-detectados com um detector de matriz de diodos UV (HP1040 M) fixado em 250, 278 e 315 nm.

Para detecção dos produtos de interação EROs com ácido salicílico e cinâmico na hipoxantina/xantina teste de oxidase, a fase móvel descrita por Owen *et al.* (2000) foi usada como detector DAD ajustado em 278 e 325nm para detectar os produtos, 2,5-dihidroxibenzóicoácido e ácido 2,3-di-hidroxibenzóico e o m e p -ácidos cumaricos de ataque de EROs em ambos os substratos, respectivamente.

Após incubação, 20 µL das misturas de reação foram injetadas no HPLC. O caudal da fase móvel foi de 1 ml/min com um tempo total de execução de 45 min. A quantidade de compostos fenólicos livres nas misturas de ensaios foi novamente determinada usando curvas de calibração, geradas com padrões autênticos em duplicata, medindo a absorção de UV em  $k$  máximo como uma função de concentração na faixa de 0,025 a 4,0 mM. O controle do instrumento e o manuseio dos dados foram realizados com o *software HP Chemstation* em um computador.

### **3.2 Utilização do cardanol na alimentação das matrizes**

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura (DZ/CCAUFV) em um galpão convencional de criação de codornas de postura, provido de gaiolas de arame galvanizado medindo 35 x 25 x 20 cm (comprimento x largura x altura) com capacidade para alojar 5 codornas por gaiola, sendo estas dispostas em sistema piramidal e equipadas com comedouro linear tipo calha, bebedouro tipo nipple e bandeja coletora de ovos.

Para a condução do experimento, foram utilizadas 300 matrizes com 32 semanas de idade. As aves foram selecionadas, com base no peso e produção de ovos em seguida distribuídas uniformemente nas gaiolas, de forma que todas as repetições foram compostas por aves com pesos e produção de ovos similares, conforme recomendações de Sakomura e Rostagno (2007).

As codornas foram distribuídas nas gaiolas seguindo um delineamento inteiramente casualizado composto por cinco tratamentos e seis repetições de dez aves, sendo a unidade experimental constituída de oito fêmeas e dois machos. Os tratamentos aplicados foram constituídos de rações, sendo uma ração controle, sem adição de cardanol, e quatro rações com a inclusão de 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00% de cardanol.

A ração controle (Tabela 1) foi formulada de acordo com as exigências nutricionais apresentados por Silva e Costa (2009) e considerados os valores de composição nutricional e energética dos ingredientes apresentados por Rostagno *et al.* (2017) com a utilização de um ingrediente inerte na concentração de 1%. As demais rações foram obtidas pela substituição do inerte de acordo com a inclusão cardanol na proporção de cada tratamento, para que todas as rações fossem isonutrientes e isoenergéticas.

O período experimental consistiu de 126 dias divididos em 6 períodos com duração de 21 dias cada, quando as rações e água foram oferecidas à vontade, e os dados de produção de ovos foram anotados diariamente. O programa de luz utilizado foi de 16 horas de luz por dia, sendo 12 horas de luz natural e 4 horas de luz artificial.

Tabela 1. Composição percentual, nutricional e energética das rações experimentais.

Ingredientes	Nível de cardanol (%)				
	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
Milho	49,50	49,50	49,50	49,50	49,50
Farelo de soja	37,21	37,21	37,21	37,21	37,21
Óleo de soja	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10
Calcário calcítico	7,12	7,12	7,12	7,12	7,12
Fosfato bicálcico	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Sal comum	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
DL- Metionina	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
L- Lisina	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
L- Treonina	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Premix vitamínico <sup>1</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Premix mineral <sup>2</sup>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Cardanol	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
Inerte	1,00	0,75	0,50	0,25	0,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional					
Energia metabolizável (kcal/kg)	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800
Proteína bruta (%)	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
Cálcio (%)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Fósforo disponível (%)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Sódio (%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Lisina digestível (%)	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Metionina + cistina digestível (%)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Metionina digestível (%)	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
Treonina digestível (%)	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81

<sup>1</sup>Composição por kg do produto: Vit. A – 9.000.000,00 UI; Vit. D3 – 2.500.000,00 UI; Vit. E – 20.000,00 mg; Vit. K3 – 2.500,00 mg; Vit. B1 – 2.000,00 mg; Vit. B2 – 6.000,00 mg; Vit. B12 – 15,00 mg; Niacina – 35.000,00 mg; Ácido pantotênico – 12.000,00 mg; Vit. B6 – 8.000,00 mg; Ácido fólico – 1.500,00 mg; Selênio – 250,00 mg; Biotina – 100,00 mg; <sup>2</sup>Composição por kg do produto: Ferro – 100.000,00 mg; Cobre – 20,00 g; Manganês – 130.000,00 mg; Zinco – 130.000,10 mg; Iodo – 2.000,00 mg.

### 3.3 Avaliação do desempenho das reprodutoras

Para avaliar o desempenho das reprodutoras foram mensurados o consumo de ração (g/ave/dia) - calculada pela diferença da quantidade de ração fornecida no início da fase, descontados as sobras obtidas ao final da fase, porcentagem de postura (%/ave/dia) - obtida através do registro diário da produção de ovos por gaiola, sendo ao final de cada período e calculadas as porcentagens de postura por repetição; massa de ovo (g/ave/dia) - obtida pela multiplicação do número de ovos produzidos e do peso médio do ovo de cada repetição no período; conversão alimentar (kg de ração/kg de ovo) - calculada a partir da relação dos dados de consumo de ração pela massa de ovo produzida para cada repetição por período.

### 3.4 Avaliação da qualidade externa e interna dos ovos

A avaliação da qualidade dos ovos foi realizada por meio da densidade específica, unidades Haugh, porcentagem de albúmen, gema e casca, cor da gema e espessura da casca.

Para avaliação da qualidade, uma vez por semana, durante todo o período experimental, todos os ovos de cada parcela foram coletados, identificados e levados para o laboratório de avaliação da qualidade de ovos, localizado no Setor de Avicultura (DZ/CCA/UFC), onde os ovos foram pesados individualmente em balança semi-analítica, com sensibilidade de 0,01g, para determinação do peso médio dos ovos. Terminada a pesagem dos ovos, foram selecionados três ovos por parcela que foram submetidos, em sequência, às demais determinações conforme as etapas descritas a seguir.

Inicialmente a densidade específica (g/cm<sup>3</sup>) dos ovos foi determinada conforme procedimentos descritos por Freitas *et al.* (2004). Na sequência a avaliação da qualidade do albúmen foi realizada com a determinação da unidade Haugh, situação em que os ovos foram quebrados sobre uma superfície plana de vidro e com a utilização de um micrômetro de profundidade foi medida a altura (mm) do albúmen denso, que juntamente com o peso do ovo foram aplicados na equação:  $UH = 100 \times \log (H - 1,7 \times P^{0,37} + 7,6)$  onde: UH = unidades Haugh; H = altura do albúmen em mm e P = peso do ovo em g.

Em seguida, a gema foi separada do albúmen e pesada em balança semi-analítica, com sensibilidade de 0,01g, sendo o seu percentual obtido pela divisão do peso da gema pelo peso do ovo, multiplicado por 100. A gema foi avaliada quanto à cor, através da comparação através do aplicativo Digital YolkFan<sup>TM</sup> (2016).

O percentual de albúmen foi obtido por diferença, aplicada em: % albúmen = (%)

gema + % casca).

As cascas dos ovos após a quebra foram lavadas e postas para secar por 72 horas, e pesadas em balança semi-analítica, com sensibilidade de 0,01g, sendo o percentual de casca obtido pela divisão do peso da casca pelo peso do ovo, multiplicado por 100. Para determinar a espessura da casca foram realizadas medidas em três regiões: pólos maior e menor e região equatorial dos ovos, com o uso de micrômetro digital (Mitutoyo Company, Kawasaki, Japão) com divisões de 0,01mm, sendo calculada uma média dos valores obtidos, segundo Barbosa *et al.* (2012).

### 3.5 Avaliação da oxidação lipídica da gema

No sexto período experimental, foi realizada a avaliação da estabilidade lipídica da gema dos ovos. As gemas foram avaliadas quanto à oxidação lipídica, determinando-se a concentração de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) através do método de extração ácido aquosa (CHERIAN *et al.*, 2002). Para isso, foram selecionados 3 ovos de cada parcela com casca íntegra, sendo todos identificados, acondicionados em bandejas de papelão e armazenados em temperatura média de  $18 \pm 2,55^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $79,75 \pm 9,11\%$  até o momento da análise (7 dias). O ensaio foi realizado no Laboratório de Produtos Naturais (LPN) no departamento de química da UFC.

Em um tubo de 15ml, foram pesados aproximadamente 2g de gema *in natura* (sem película). Em seguida, foram adicionados 6,75mL de ácido perclórico (3,86%) e 18,75 $\mu\text{L}$  de BHT (4,5%) sendo o conteúdo homogeneizado em Vórtex por 30 segundos. Posteriormente os tubos foram centrifugados a 8500 rpm por 10 minutos a  $4^\circ\text{C}$ . O sobrenadante foi filtrado em papel de filtro (Whatman nº 1).

Após o procedimento, 1mL do filtrado foi colocado em tubo eppendorf adicionando-seem seguida 1mL de solução aquosa de TBA (20mM). Os tubos foram aquecidos em aquecedor(Eppendorf ThermoMixer) por 30 minutos a  $95^\circ\text{C}$  sem agitação. Para reduzir a temperatura, ostubos foram colocados em centrífuga refrigerada a  $4^\circ\text{C}$ . Em seguida, a leitura da densidade óptica foi realizada em espectrofotômetro a 531nm. A concentração de TBARS foi calculada através de uma curva padrão de malonaldeído (MDA) e os resultados expressos em  $\mu\text{g}$  de MDApor g da amostra.

### 3.6 Avaliação dos parâmetros de incubação

Para avaliar os parâmetros de incubação, no final do 4º, 5º e 6º períodos, foram coletados todos os ovos no início da manhã e final da tarde durante 10 dias e encaminhados para o incubatório, onde foram submetidos à seleção para incubação, realizando ovoscopia com descarte dos ovos trincados, quebrados e de formato irregular (arredondados e alongados). Os ovos selecionados foram devidamente identificados e armazenados em ambiente com temperatura controlada de 18°C.

No dia seguinte ao último dia de coleta, todos os ovos armazenados foram colocados em temperatura ambiente por oito horas, pesados em balança semi analítica, com sensibilidade de 0,01 g, acondicionado em bandejas da incubadora previamente identificadas de acordo com os tratamentos, e levados para incubadora com temperatura de 38°C onde permaneceram por 15 dias. Após este período, os ovos foram colocados em redes de polietileno e transferidos para o nascedouro com temperatura de 36,8°C onde ficaram até a eclosão, que ocorreu no 17º dia de incubação.

Os dados de todas as incubações foram somados, possibilitando avaliação dos parâmetros de (a) peso médio dos ovos incubáveis (g/ovo) obtido pela média aritmética considerando o registro do peso total dos ovos da parcela e a quantidade de ovos incubados; (b) peso médio da codorna ao nascer (g/ave) após a eclosão todas as codornas foram pesados em balança semianalítica, com sensibilidade de 0,01g; (c) eclosão (%) calculada através da seguinte fórmula: (número de codornas/ número de ovos incubados) x 100; (d) eclodibilidade (%) calculada pela seguinte fórmula: (número de codornas / número de ovos férteis) x 100; e (e) fertilidade (%) calculada por: (número de ovos férteis / número de ovos incubados) x 100.

### **3.7 Avaliação do desempenho da progênie**

Para avaliar o desempenho da progênie, após a eclosão e pesagem as codornas foram alojadas, conforme os tratamentos, em boxes com dimensão 60 x 60 cm, com piso coberto por maravalha, e equipado com bebedouro tipo copo pressão, comedouro tubular e uma lâmpada incandescente de 100 watts para aquecimento até o 10º dia de idade.

As aves e as rações foram pesadas no 1º, 7º e 21º dia de idade, para a obtenção das seguintes variáveis: consumo de ração (g/ave/dia), calculada pela diferença da quantidade de ração fornecida no início, descontadas as sobras obtidas ao final de cada fase; ganho de peso (g/ave/dia) obtido pela diferença do peso ao nascer e dos pesos ao final de cada fase; e a conversão alimentar (g de ração/g de ave) calculada a partir da relação dos dados de consumo

de ração e do peso das codornas. As variáveis foram corrigidas pela mortalidade.

### **3.8 Análise estatística**

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando o software “Statistical Analyses System” (SAS, 2000). Os dados foram submetidos análise de variância e as médias dos tratamentos com cardanol comparadas com o tratamento controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Na sequência foram realizadas análises de regressão linear e quadrática, considerando os dados dos tratamentos com a inclusão de 0,25; 0,50; 0,75 e 1% de cardanol, para estimar o nível ótimo de inclusão.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos para consumo de ração, produção de ovos, peso do ovo, massa de ovo e conversão alimentar (Tabela 2). A comparação entre o tratamento controle com aqueles que tiveram a inclusão do cardanol mostrou que houve redução significativa no consumo de ração, na produção de ovos e na conversão alimentar no tratamento com a inclusão de 1,00% de cardanol, enquanto que o peso e a massa de ovo foram significativamente menores nos tratamentos 0,75% e 1,00% de cardanol.

Por sua vez, as análises de regressão indicaram significância para todas as variáveis comefeito linear decrescente no consumo de ração ( $y = 29,3570 - 2,2447x$ ;  $R^2 = 0,91$ ), produção de ovos ( $y = 83,8130 - 21,5620x$ ;  $R^2 = 0,90$ ), peso do ovo ( $y = 13,1913 - 0,8120x$ ;  $R^2 = 0,70$ ), massa de ovos ( $y = 11,0326 - 3,3500x$ ;  $R^2 = 0,93$ ) e linear crescente para a conversão alimentar ( $y = 2,6090 + 0,9920x$ ;  $R^2 = 0,90$ ).

Tabela 2. Desempenho de matrizes na fase de produção alimentadas com rações contendo cardanol.

Níveis de cardanol (%)	Consumo de ração (g/ave/dia)	Produção (%/ave/dia)	Peso do ovo (g)	Massa de ovo (g/ave/dia)	Conversão alimentar (g/g)
0,00	29,02	81,02	13,10	10,62	2,76
0,25	28,87	78,86	13,00	10,26	2,83
0,50	28,69	76,49	13,08	9,99	2,90
0,75	27,89	70,57	12,34*	8,72*	3,24
1,00	26,70*	58,22*	12,41*	7,20*	3,79*
Média	28,23	73,03	12,79	9,36	3,10
CV <sup>1</sup> (%)	3,12	12,61	2,80	12,66	12,69
Erro médio padrão	0,2186	2,1798	0,0871	0,3075	0,0952
Efeitos estatísticos	<i>p-valor</i>				
ANOVA	0,0006	0,0017	0,0009	<,0002	<,0001
Regressão linear	<,0001	<,0001	<,0003	<,0001	<,0001
Regressão quadrática	0,0657	0,0901	0,4236	0,0682	0,0568

<sup>1</sup>Coefficiente de variação; \*Efeito estatístico significativo pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

Conforme os resultados, a inclusão de cardanol nas rações promoveu redução no

consumo de modo que com o nível de 1,00% o consumo foi significativamente inferior ao das aves do grupo controle. Nesse contexto, algumas considerações devem ser feitas sobre o que pode ter contribuído para esse resultado.

Dentre os principais fatores associados à variação no consumo de ração das aves destacam-se o nível de energia metabolizável e mudanças na ração que possam afetar a sua palatabilidade (LEESON; SUMMERS, 2001). No tocante ao valor de energia das rações, ressalta-se que as rações de todos os tratamentos foram formuladas para serem isoenergéticas e, portanto, caso a inclusão do cardanol estivesse comprometendo o aproveitamento da energia da ração, o comportamento mais provável seria o aumento no consumo de ração, uma vez que já tem sido demonstrado (CORRÊA *et al.*, 2007) que codornas alimentadas com ração menos energética tendem a compensar a insuficiente ingestão de energia, aumentando o consumo para atender às exigências energéticas para suas funções fisiológicas.

Quanto a um possível efeito de mudanças na ração influenciando na sua palatabilidade, tem sido relatado que os compostos fenólicos podem modificar as características organolépticas dos alimentos, tornando-os menos atrativo e palatáveis, e conseqüentemente, diminuindo o consumo pelos animais. Dessa forma, é provável que a adição de cardanol, também tenha provocado mudanças no sabor e adstringência das rações, prejudicando a palatabilidade e reduzindo a sua aceitação pelas aves (AGBOR-EGBE; RICKARD, 1990; KUBOTA, 1996; RACANICCI *et al.*, 2004).

A influência do cardanol sobre o consumo de ração das codornas observada nesta pesquisa difere dos resultados obtido por Sanches *et al.* (2019), que não verificaram efeito significativo da adição de 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00% de líquido da castanha de caju técnico (LCC - técnico com 79,84% de cardanol) na ração sobre o consumo de codornas de corte. Contudo, vale destacar, que na análise de regressão do consumo de ração em função do nível de cardanol efeito decrescente evidenciou que a influência do cardanol sobre essa variável é dose dependente, o que pode justificar as diferenças dos efeitos do cardanol sobre a ingestão de ração pelas codornas. Portanto, considerando a proporção do cardanol no LCC, o nível de inclusão do LCC e o consumo de ração das aves, no ensaio realizado por Sanches *et al.* (2019) foi possível estimar que as aves alimentadas com 1% de LCC técnico ingeriram em média 163,48 mg/ave/dia na fase de 15 a 35 dias de idade. Por sua vez, as matrizes alimentadas com 1,00% de cardanol, ingeriram cerca de 257,39 mg/ave/dia, quantidade superior a ingerida pelas aves criadas por Sanches *et al.* (2019).

As observações relatadas sobre a ingestão diária de cardanol pelas codornas, também sugerem outra hipótese para explicar a redução no consumo de ração, na qual, a

redução do consumo com a adição do cardanol seria uma resposta adaptativa das aves para reduzir ou minimizar um possível efeito tóxico ou antinutricional do cardanol, o que estaria de acordo com os relatos na literatura para outras espécies, que indicaram o cardanol como constituinte do LCC com potencial tóxico (LOMONACO *et al.*, 2009; MUKHOPADHYAY *et al.*, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2011; PAIVA *et al.*, 2017).

Para aves em postura o consumo diário de ração tem relação direta com o atendimento da demanda de energia e nutrientes para a produção do ovo, pois o número de ovos produzidos depende da ingestão adequada de energia, enquanto, o peso do ovo é influenciado pelo atendimento das exigências em proteína e aminoácidos (LEESON; SUMMERS, 1997).

Logo, qualquer fator que deprima a ingestão de ração pode induzir a problemas no desempenho, sendo possível afirmar que a redução no consumo de ração à medida que aumentou a inclusão do cardanol nas rações, foi responsável pela piora na produção e peso dos ovos. Os dados tiveram comportamento semelhante e com impacto negativo proporcional ao constatado no consumo de ração, em que as aves alimentadas com rações contendo 1,00% de cardanol tiveram redução na produção de ovos e uma piora na conversão alimentar, e aquelas cujas rações continham 0,75 e 1,00% de cardanol tiveram menor peso e massa de ovos em relação as aves que consumiram ração sem adição de cardanol.

O declínio da massa de ovos nos tratamentos com a adição de cardanol é consequência direta dos efeitos sobre o número de ovos produzidos e no peso dos ovos. A piora na conversão alimentar das aves pode ser devido a proporção que a adição do cardanol influenciou na queda na massa de ovos produzida.

Em relação à qualidade dos ovos, ao comparar os resultados do tratamento controle em relação aos que tiveram a inclusão do cardanol (Tabela 3), observou-se que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para a densidade específica, porcentagem de albúmen, gema, cor da gema, espessura da casca e TBARS.

Todos os níveis de inclusão de cardanol resultaram em uma redução na densidade específica e aumento na coloração da gema. A porcentagem de albúmen diminuiu e a de gema aumentou, a partir da inclusão de 0,5% de cardanol. A espessura da casca foi menor a partir de nível de 0,75% enquanto que o TBARS foi maior com o nível de 1,00% de cardanol.

Na análise de regressão, observou-se que o aumento da proporção do cardanol na ração promoveu redução linear na densidade específica ( $y = 1,0758 - 0,0114x$ ;  $R^2 = 0,98$ ), porcentagem de albúmen ( $y = 62,5776 - 1,3173x$ ;  $R^2 = 0,89$ ) e espessura da casca ( $y = 0,2523 - 0,0120x$ ;  $R^2 = 0,92$ ) e aumento linear na porcentagem de gema ( $y = 29,5530 + 1,3206x$ ;  $R^2 = 0,92$ ), cor da gema ( $y = 5,8850 + 0,2813x$ ;  $R^2 = 0,26$ ) e valor de TBARS na gema

$$(y = 1,1520 + 0,3846x; R^2 0,34).$$

Tabela 3. Qualidade dos ovos de matrizes alimentadas com rações contendo cardanol.

Níveis de Cardanol (%)	Densidade específica	Unidade Haugh	Albúmen (%)	Gema (%)	Casca (%)	Espessura da casca (mm)	Cor da gema	Tbars (mg de MDA/g gema)
0,00	1,076	86,60	62,77	29,40	7,83	0,252	5,74	1,240
0,25	1,073*	87,19	61,97	30,13	7,89	0,249	6,03*	1,165
0,50	1,071*	85,79	61,88*	30,19*	7,94	0,249	6,06*	1,290
0,75	1,068*	85,72	61,71*	30,48*	7,92	0,243*	6,10*	1,445
1,00	1,064*	87,84	61,26*	30,88*	7,88	0,240*	6,11*	1,580*
Média	1,0701	86,63	61,87	30,17	7,98	0,246	6,02	1,344
CV <sup>1</sup> (%)	0,24	1,75	0,94	1,87	3,54	2,04	3,62	14,56
Erro médio padrão	0,0009	0,2978	0,1282	0,1293	0,0517	0,0012	0,0468	0,0433
Efeitos estatísticos				<i>p-valor</i>				
ANOVA	<,0001	0,1033	0,0087	0,0034	0,4095	0,0021	0,0261	0,0080
Regressão linear	<,0001	0,6403	0,0003	0,0002	0,9151	0,0001	0,0271	0,0007
Regressão quadrática	0,3888	0,0820	0,6665	0,7921	0,6260	0,4571	0,0631	0,1368

<sup>1</sup>Coefficiente de variação; \*Efeito estatístico significativo pelo teste de Dunnett (P<0,05).

Em relação aos parâmetros de qualidade da casca, os resultados obtidos para densidade específica e espessura de casca são indicativos que a inclusão de cardanol nas rações comprometeu a sua qualidade, mesmo que não tenha sido observado efeito significativo sobre a proporção da casca em relação ao ovo. A absorção insuficiente de minerais, especialmente o cálcio, tem sido relacionada como fator determinante da perda de qualidade da casca dos ovos (KETTA; TŮMOVÁ, 2016). Dessa forma, considerando a redução no consumo das aves alimentadas com rações contendo cardanol, pode-se inferir que houve menor ingestão de minerais por essas aves o que pode explicar a perda de qualidade da casca dos ovos.

Normalmente em poedeiras que atingiram a maturidade física, as alterações no tamanho do ovo estão mais associadas às mudanças na quantidade de albúmen do que na densidade da gema, visto que o tamanho da gema é pouco alterado em aves mais velhas. Contudo, variações no aporte nutricional para as aves pode alterar a quantidade de albúmen dos ovos e, conseqüentemente, a relação gema/albúmen (DE BLAS; GONZÁLZ, 1991). Dessa forma, pode-se inferir que o menor aporte nutricional para as aves, especialmente aminoácidos, ocasionado pela redução no consumo de ração, promoveu redução na proporção de albúmen, alterando a proporção de gema.

Embora a proporção de albúmen tenha variado entre os tratamentos a sua qualidade, medida pela unidade Haugh, não foi comprometida. A composição química do albúmen do ovo é bastante estável e difícil de ser modificada, pois seus componentes são produzidos e secretados pelas células epiteliais do oviduto (DE BLAS; GONZÁLZ, 1991). Assim, a redução na proporção do albúmen dos ovos pode ser vista como uma resposta adaptativa para manter a sua qualidade, diante da menor disponibilidade de aminoácidos para síntese de componentes do albúmen, promovida pela menor ingestão de ração das codornas alimentadas com cardanol. Outros pesquisadores (PENZ JR; JENSEN, 1991) têm relatado que a redução do teor proteico das rações promoveu a diminuição do peso do ovo, porcentagem de albúmen e aumento da porcentagem de gema com manutenção da porcentagem de casca.

Sobre a cor da gema, sabe-se que as mudanças na intensidade da coloração dependem da ingestão de alimentos ricos em pigmentos e de sua absorção no trato gastrointestinal e transferência para a gema. Considerando que a inclusão de cardanol alterou a cor das rações, dando a elas uma coloração avermelhada, é possível afirmar que a melhora da coloração da gema dos ovos provenientes das aves alimentadas com ração contendo cardanol, ocorreu em virtude da absorção e transferência dos pigmentos do cardanol para gema do ovo. Farias *et al.*, (2019) observaram que a inclusão do LCC, na ração das aves aumentou a pigmentação e a intensidade do vermelho das gemas.

Embora, o cardanol seja um lipídio fenólico, com atividade antioxidante já demonstrada “*in vitro*” (OLIVEIRA *et al.*, 2011) esse efeito não se confirmou quando o cardanol foi adicionado à alimentação das aves. A sua absorção no trato gastrointestinal e transferência para a gema foi confirmada pelo aumento da coloração da gema observada. A diminuição na estabilidade lipídica no maior nível de inclusão na ração pode ser decorrente da maior concentração de moléculas de cardanol com insaturações monieno, dieno e trieno na cadeia lateral nas moléculas de cardanol (CARNEIRO, 2007).

A oxidação lipídica da gema aumentou à medida que a proporção do cardanol nas rações foi crescendo, de forma que ao nível de 1,00% de inclusão a concentração de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) na gema foi significativamente ( $p < 0,05$ ) maior que na gema dos ovos provenientes do tratamento controle, aumentando a oxidação em 27,4%. A redução na estabilidade lipídica no maior nível de inclusão na ração pode ser associada ao efeito pró-oxidante que os compostos fenólicos podem causar quando ingeridos em maior quantidade pelas aves. Farias *et al.*, (2019) observaram que o LCC natural na ração das poedeiras no nível de 0,75% resultou em menores valores de TBARS nas gemas, indicando efeito antioxidante, enquanto o nível de 1,00% aumentou os valores de TBARS nas gemas, demonstrando o efeito pró-oxidante.

Por outro lado, o aumento de espécies reativas de oxigênio no ovário, também, pode ter contribuído para a redução na produção de ovos, pois a presença de espécies reativas de oxigênio no ovário resulta do intenso metabolismo das células da granulosa e do aumento do número de macrófagos, granulócitos e neutrófilos da parede folicular na ovulação (KHERADMAND *et al.*, 2010), levando a perda de sensibilidade das células da granulosa aos hormônios gonadotrópicos e na perda da função esteroidogênica, causando em atresia folicular (MARGOLIN *et al.*, 1990), o que pode levar à diminuição da produção de ovos.

Nos parâmetros de incubação, observou-se diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para o peso do ovo incubado e o peso dos pintainhos ao nascer (Tabela 4), entre o tratamento controle e aqueles que tiveram a inclusão do cardanol. Verificou-se menor peso dos ovos incubados com a inclusão a partir de 0,75% e menor peso dos pintainhos com 1,00.

Tabela 4. Parâmetros da incubação dos ovos de matrizes alimentadas com rações contendo cardanol na fase de produção.

Níveis de Cardanol (%)	Peso do ovo incubado (g)	Peso do Pinto (g)	Peso do pinto/ peso do ovo	Eclusão (%)	Eclodibilidade (%)	Fertilidade (%)
0,00	13,00	8,84	67,96	49,58	56,65	85,92
0,25	12,98	8,96	69,01	45,31	55,16	82,15
0,50	12,93	8,84	68,37	43,95	52,77	83,39
0,75	12,31*	8,47	68,83	46,86	55,39	82,87
1,00	12,25*	8,33*	67,96	42,70	48,92	84,61
Média	12,69	8,69	68,43	45,74	53,81	83,80
Erro médio padrão	0,08	0,070	0,31	2,39	2,07	2,03
CV <sup>1</sup> (%)	2,51	3,68	2,56	29,85	21,68	13,99
Efeitos estatísticos	<i>p-valor</i>					
ANOVA	0,0002	0,0087	0,7616	0,9211	0,7995	0,9824
Regressão linear	<,0001	0,0006	0,4311	0,8311	0,4642	0,7153
Regressão quadrática	0,9623	0,9177	0,8841	0,7805	0,9449	0,5897

<sup>1</sup>Coefficiente de variação; \*Efeito estatístico significativo pelo teste de Dunnett (P<0,05).

Na análise de regressão, constatou-se redução linear do peso dos ovos incubados ( $y = 13,3166 - 1,1233x$ ;  $R^2 = 0,56$ ) e dos pintainhos ( $y = 9,2108 - 0,9000x$ ;  $R^2 = 0,53$ ) à medida que houve aumento da inclusão do cardanol nas rações.

O comportamento dos dados do peso do ovo incubado entre os tratamentos é semelhante ao peso do ovo fresco observado nos parâmetros de desempenho, observada uma redução na ingestão de ração das aves cuja ração continha cardanol, especialmente nos níveis de 0,75 e 1,00%, o que resultou em ovos menores. No entanto, observa-se que em todos os tratamentos o peso do ovo incubado foi menor que o peso do ovo fresco, o que era esperado, pois segundo Frazier (1976) o tempo de estocagem, que nesse experimento teve um interstício de 10 dias entre o início e fim do período, é um dos fatores que promove a redução de água na clara, resultando na perda de peso do ovo.

O peso das codornas ao nascer tem relação direta com o peso do ovo incubado e com as perdas de água durante o processo de incubação, que dependem dos fatores físicos da incubação, principalmente a umidade na incubadora, e também das características de qualidade da casca dos ovos. Nesse contexto, a relação entre o peso da codorna ao nascer e o peso dos ovos incubados nos dá a informação da influência desses fatores no peso das codornas no nascimento.

Conforme os resultados, a relação entre o peso do ovo e peso da codorna não diferiu significativamente ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos e está dentro da faixa que é caracterizada como de boa qualidade (62 a 76%), (SCHMIDT *et al.*, 2002). Assim, pode-se inferir que as alterações na qualidade da casca com a adição do cardanol observadas não foram suficientes para influenciar na perda de água dos ovos durante a incubação e, conseqüentemente, no peso das codornas.

Considerando que os fatores de incubação e qualidade dos ovos não tiveram influência sobre o peso da codorna ao nascer, o menor peso das codornas com o nível de 1,00% de cardanol na ração das matrizes pode ser associado ao menor tamanho dos ovos incubados e também ao maior valor de TBARS nas gemas. O menor tamanho dos ovos limita a quantidade de nutrientes disponível, enquanto que a oxidação lipídica pode ter comprometido a principal fonte de energia para o embrião.

Os resultados da taxa de fertilidade demonstraram que a adição do cardanol na ração não influenciou a fertilidade do lote. Dada a importância do desempenho do macho sobre a taxa de fertilidade, e considerando que nessa pesquisa os machos reprodutores receberam a mesma ração das fêmeas, cujo efeito pró-oxidante do cardanol foi demonstrado pela oxidação lipídica da gema dos ovos, e que a ingestão de ração com compostos que induzem a oxidação lipídica

pode resultar em alteração na permeabilidade da membrana espermática e fragmentação do DNA, causando danos morfológicos que comprometem a motilidade e a capacidade de fertilização do óvulo (LONG; KRAMER, 2003; EBEID, 2012), é possível afirmar que a ação pró-oxidante do cardanol não teve efeito deletério sobre o desempenho reprodutivo dos machos, haja vista a ausência de significância sobre a taxa de fertilidade.

Por sua vez, a eclosão e a eclodibilidade não foram influenciadas ( $p > 0,05$ ) pelos tratamentos, indicando que a redução da qualidade da casca observada nesse experimento pela gravidade específica e espessura da casca, não foram suficientes para comprometer fatores físicos relacionados a perda de água, troca gasosa e temperatura do embrião que afetam o seu desenvolvimento ao longo do processo de incubação e, conseqüentemente, de eclodibilidade.

O sucesso do processo de incubação normalmente é medido pela taxa de eclosão e eclodibilidade e, conforme os resultados, essas variáveis não foram influenciadas pela adição do cardanol na ração. Assim, considerando que a fertilidade do lote não foi influenciada pelos tratamentos, os resultados para essas variáveis dependiam apenas dos efeitos do cardanol na qualidade dos ovos para incubação e, conseqüentemente, de suas implicações no desenvolvimento embrionário.

Na literatura, os relatos de problemas relacionados à estabilidade lipídica das gemas dos ovos durante o armazenamento dos mesmos até a incubação, são associados às malformações embrionárias, redução na eclodibilidade e qualidade dos pintos (ZHANG *et al.*, 2018). Nesse contexto, pode-se inferir que a redução na qualidade da casca e a maior oxidação lipídica dos ovos observada nesse experimento não foram suficientes para alterar ou comprometer o desenvolvimento embrionário ao longo do processo de incubação, o que poderia afetar os resultados nas taxas de eclodibilidade. Também pode-se inferir que o cardanol não tem efeito adverso sobre o desenvolvimento embrionário, o que corrobora a observação de Leite *et al.* (2019) que constataram que o cardanol não tem efeito citotóxico ou mutagênico, em ratas.

Na avaliação do desempenho da progênie (Tabela 5) verificou-se que não houve efeitos significativos ( $p > 0,05$ ) sobre o consumo de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar, nos períodos de 1 a 7 e de 1 a 21 dias de idade, na comparação da média do tratamento controle com aqueles que tiveram a inclusão do cardanol, bem como não foi detectado comportamento linear ou quadrático nessas variáveis na análise de regressão em ambos os períodos.

Contudo, o peso das cordornas aos 7 dias de idade oriundas das matrizes alimentadas com ração contendo 1,00% de cardanol foi significativamente menor ( $p < 0,05$ ) (cerca de 10,24%) do que aquelas provenientes das matrizes tratadas com ração controle, bem como houve efeito linear decrescente ( $y = 30,7342 - 4,1680x$ ;  $R^2 = 0,35$ ), não sendo

observado esse efeito para o peso aos 21 dias de idade.

Tabela 5. Desempenho da progênie de codornas europeias alimentadas com rações contendo cardanol na fase de produção.

Níveis de Cardanol (%)	Consumo de ração (g)	Ganho de peso (g)	Conversão Alimentar (g/g)	Peso final (g)
1 a 7 dias de idade				
0,00	38,09	20,80	1,91	28,91
0,25	39,16	20,75	1,90	29,71
0,50	38,73	19,16	2,08	28,00
0,75	38,78	20,39	1,91	28,86
1,00	35,45	17,62	2,05	25,95*
Média	38,04	19,60	1,97	28,29
Erro médio padrão	0,723	0,383	0,034	0,406
CV <sup>1</sup> (%)	10,53	9,66	9,17	6,84
Efeitos estatísticos		<i>p-valor</i>		
ANOVA	0,1244	0,0583	0,2644	0,0258
Regressão linear	0,1577	0,0512	0,4630	0,0156
Regressão quadrática	0,4049	0,5151	0,7678	0,5068
1 a 21 dias de idade				
0,00	250,83	127,58	1,97	136,37
0,25	259,89	128,24	2,03	137,19
0,50	263,01	126,37	2,09	135,21
0,75	253,40	128,03	1,98	136,50
1,00	251,57	123,30	2,04	131,63
Média	255,74	126,70	2,02	135,51
Erro médio padrão	3,474	1,154	0,025	1,178
CV <sup>1</sup> (%)	7,74	5,13	6,83	4,85
Efeitos estatísticos		<i>p-valor</i>		
ANOVA	0,7728	0,6747	0,5726	0,5736
Regressão linear	0,3789	0,3096	0,8114	0,2354
Regressão quadrática	0,7816	0,6240	0,9893	0,6209

<sup>1</sup>Coefficiente de variação; \*Efeito estatístico significativo pelo teste de Dunnett (P<0,05).

O efeito do cardanol sobre o peso das codornas aos 7 dias de idade, particularmente daquelas cuja inclusão foi de 1,00%, é reflexo dos dados de peso das codornas ao nascer, que tiveram comportamento semelhante. No entanto quando considerado o peso das aves aos 21 dias de idade, a ausência de efeito significativo entre os tratamentos indica que o efeito residual

do peso da codorna ao nascer se diluiu até os 21 dias de idade, visto que o peso das codornas oriundas das aves alimentadas com 1,00% de cardanol em relação ao peso daquelas alimentadas com a ração controle era 10,24% menor aos 7 dias de idade, e aos 21 dias, de apenas 3,48% mais leve. Adicionalmente a ausência de efeito sobre o consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar entre as progênes garante que o crescimento das aves tenha sido semelhante.

Em relação a maior oxidação dos ácidos graxos da gema ocasionados pela ingestão da ração com 1,00% de cardanol, havia a possibilidade da presença de radicais oriundos da peroxidação, somados aos gerados durante o desenvolvimento do embrião, principalmente na fase final da incubação (PANDA; CHERIAN, 2013), podendo comprometer o desenvolvimento das codornas pós-eclosão precoce, uma vez que o desenvolvimento do sistema antioxidante é dependente da composição da dieta materna (SURAI *et al.*, 2016 a).

Dessa forma, criou-se a expectativa que a maior oxidação dos ácidos graxos da gema ocasionados pela ingestão da ração com 1,00% de cardanol compromettesse o desempenho da progênie, o que não ocorreu, visto que o ganho de peso e a conversão alimentar não foram influenciados ( $p > 0,005$ ). Por sua vez, a redução dos efeitos do peso da codorna ao nascer sobre o peso aos 21 dias de idade pode ter ocorrido em função da alimentação logo após a retirada das aves da incubadora, o que reduz rapidamente a dependência da reserva nutricional do sacovitilino e, portanto, o crescimento da ave passa a ser uma resposta da ração fornecida, que foi a mesma para todas.

## CONCLUSÃO

A inclusão do cardanol não apresenta benefícios para o desempenho das matrizes, parâmetros de incubação e desempenho da progênie.

A adição de 0,75% de cardanol reduz o peso, a massa de ovos e a espessura da casca. Contudo, o nível de 1,00% prejudica o desempenho das matrizes, reduz a proporção do albúmen, a espessura da casca dos ovos, aumenta a oxidação lipídica da gema, reduz o peso dos ovos para incubação e os tamanho das codornas ao nascer e aos 7 dias de idade.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, V. **Efeito antioxidante do ácido anacárdico na estabilidade da gema de ovo in natura e desidratada, e da carne e mortadela de frango**. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará: UFC, 2013. 89 p.
- AGBOR-EGBE, T.; RICKARD, J. E. Identification of phenolic compounds in edible aroids. **Journal of the Science of Food and Agriculture** [s.l.], v. 51, n. 2, p. 215-221, 1990. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.2740510209>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- ALBINO, L. F. T.; BARRETO, S. L. T. **Criação de codornas para produção de ovos e carne**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003.289p.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos-uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz** (Impresso), v. 66, n. 1, p. 01-09, 2007.
- AUGUSTO, O. **Radicais livres: bons, maus e naturais**. Oficina de Textos, 2006.
- BARRETO, S. L. D. T.; QUIRINO, B. J. D. S.; BRITO, C. O.; UMIGI, R. T.; ARAUJO, M.S. D.; ROCHA, T. C. D.; PEREIRA, C. G. Efeitos de níveis nutricionais de energia sobre o desempenho e a qualidade de ovos de codornas europeias na fase inicial de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia** [s.l.], v. 36, n. 1, p. 86-93, 2007. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982007000100011&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982007000100011&script=sci_arttext). Acesso em: 23 mar. 2021.
- BEHALO, M. S. An efficient one-pot catalyzed synthesis of 2, 5-disubstituted-1, 3, 4-oxadiazoles and evaluation of their antimicrobial activities. **RSC advances**, v. 6, n. 105, p. 103132-103136, 2016. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/ra/c6ra22663a/unauth#!divAbstract>. Acesso em: 20 mar. 21.
- BELO, M. T. S.; COTTA, J. T. B.; OLIVEIRA, A. I. G. Níveis de energia metabolizável em rações de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase inicial de postura. **Ciências Agrotécnicas**, v. 24, n. 3, p. 782-794, 2000.
- BERNABUCCI, U.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; NARDONE, A. Markers of oxidative status in plasma and erythrocytes of transition dairy cows during hot season. **Journal of Dairy Science** [s.l.]. 2002. 85:2173-2179. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030202742963>. Acesso em: 20 mar. 21.
- BRASIL. **Ministério da Educação. Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior**. Portaria nº 206, de 4 de setembro de 2018. Diário Oficial da União, Brasília, nº 172, 5 set. 2018. Seção 1, p. 22.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 301p.
- BERTECHINI, A.G. Situação Atual e Perspectivas Para a Coturnicultura no Brasil. In: IV Simpósio 532 Internacional e III Congresso Brasileiro de Coturnicultura. 2010. Lavras. **Anais[...]** Lavras - MG, 2010. Disponível em: <https://atividaderural.com.br/artigos/4e5c277cbe784.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2021.
- BONAFÉ, C.M. **Avaliação do crescimento de codornas de corte utilizando modelos deregressão aleatória**. 2008, Viçosa, 58 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento), Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/4682/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 20

mar. 21.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. L. W. T. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BROINIZI, P. R. B.; ANDRADE-WARTHA, E. R. S. D.; SILVA, A. M. D. O.; TORRES, R.P.; AZEREDO, H. M. C.; ALVES, R. E.; MANCINI-FILHO, J. Propriedades antioxidantes em subproduto do pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale* L.): efeito sobre a lipoperoxidação e o perfil de ácidos graxos poliinsaturados em ratos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 44, n. 4, p. 773 – 781, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbcf/v44n4/v44n4a25.pdf>. Acesso em: 20 mar. 21.

CAMPMANY, J, T. 2007. **Composição antimicrobiana e utilização de composição antimicrobiana**. PI0700927-5A2 BR.

CARNEIRO, G. F. C. V. **Estudo Comparativo dos Processos de Separação do Cardanol a partir do Líquido da Castanha de Caju (LCC)**. Dissertação mestrado. Universidade Federal do Ceará, 2007.

CARNEIRO, T. C.; DOS SANTOS, T. C.; MURAKAMI, A. E.; ROSSI, R. M.; FANHANI, J. C.; STEFANELLO, C. Influência da idade dos reprodutores de codornas de postura na reprodução, na qualidade de ovos e na morfologia dos órgãos genitais. **Semana: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 5, p. 2449-2465, 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744144017.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2021.

CHERIAN, G.; SELVARAJ, R. K.; GOEGER, M. P.; STITT, P. A. Muscle fatty acid composition and thiobarbituric acid-reactive substances of broilers fed different cultivars of sorghum. **Poultry Science** [s.l.], v. 81, n. 9, p. 1415-1420, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119437462>. Acesso em: 20 mar. 21.

CLULOW, J.; JONES, R. C. Production, transport, maturation, storage and survival of spermatozoa in the male Japanese quail, *Coturnix coturnix*. **Reproduction**, v. 64, n. 2, p. 259-266, 1982. Disponível em: [https://rep.bioscientifica.com/view/journals/rep/64/2/jrf\\_64\\_2\\_001.xml](https://rep.bioscientifica.com/view/journals/rep/64/2/jrf_64_2_001.xml). Acesso em: 23 mar. 2021.

CORRÊA, A. B.; SILVA, M. A.; CORRÊA, G. S. S.; SANTOS, G. G.; FELIPE, V. P. S.; WENCESLAU, R. R.; ... CAMPOS, N. C. F. L. Efeito da interação idade da matriz x peso do ovo sobre o desempenho de codornas de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 2, p. 433-440, 2011.

CORRÊA, A. B. **Desempenho e características de carcaça de codornas de corte em função da idade da matriz, peso do ovo e nível nutricional**. 2010. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Zootecnia) -Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-8B2LV9>. Acesso em: 23 mar. 2021.

CORREA, G. S. S.; SILVA, M. A.; CORREA, A. B.; FONTES, D. O.; TORRES, R. A.; DIONELLO, N. J. L.; ... FREITAS, L. S. Exigência de proteína bruta e energia metabolizável para codornas de corte EV1. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 3, p. 797-804, 2007. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010209352007000300035&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010209352007000300035&script=sci_arttext&tlng=pt). Acesso em: 20 mar. 21.

- COSTA, J.O.; BASTOS, J. S. B.; E. JÚNIOR, O. A.; SÁ, J. S., MACÊDO, H. R. A.; MACÊDO, M. O. C., BRANDIM, A. S. Obtenção de cardanol através da purificação do líquido da castanha de caju (LCC) por cromatografia líquida em coluna clássica. **Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**, Natal, 2016. Disponível em: <http://www.metallum.com.br/22cbecimat/anais/PDF/404-008.pdf> . Acesso em: 13 dez. 2020.
- COSTANTINI, D.; MOLLER, A. P. Does immune response cause oxidative stress in birds? A meta-analysis. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 153, n. 3, p. 339-344, 2009.
- DE BLAS, B.; GONZÁLEZ, M. **Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras**. Ediciones Mundi-Prensa. Madri – Barcelona. p. 226 – 263, 1991.
- DE GONZALEZ, M. N.; HAFLEY, B. S.; BOLEMAN, R. M.; MILLER, R. K.; RHEE, K. S.; KEETON, J. T. Antioxidant properties of plum concentrates and powder in precooked roast beef to reduce lipid oxidation. **Meat Science**, v. 80, n. 4, p. 997-1004, 2008.
- DONG, Z. L.; WANG, Y. W.; SONG, D.; HOU, Y. J.; WANG, W. W.; QI, W. T., ... LI, A. K. The effects of dietary supplementation of pre-microencapsulated *Enterococcus fecalis* and the extract of *Camellia oleifera* seed on growth performance, intestinal morphology, and intestinal mucosal immune functions in broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 212, p. 42-51, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840115300705>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- EBEID, T. A. Vitamin E and organic selenium enhances the antioxidative status and quality of chicken semen under high ambient temperature. **British poultry Science** [s.l.], v. 53, n. 5, p. 708-714, 2012. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00071668.2012.722192>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- FARAHAT, M.; ABDALLAH, F.; ABDEL-HAMID, T.; HERNANDEZ-SANTANA, A. Effect of supplementing broiler chicken diets with green tea extract on the growth performance, lipid profile, antioxidant status and immune response. **British Poultry Science** [s.l.], v. 57, n. 5, p. 714-722, 2016. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00071668.2016.1196339>. Acesso em: 23 mar. 2021.

- FARIAS, N. N. P.; FREITAS, E. R.; WATANABE, P. H.; TREVISAN, M. T. S.; SALLES, R. P. R.; CRUZ, C. E. B.; BRAZ, N. M. Performance and egg quality of laying hens fed different dietary levels of cashew nut shell liquid. **South African Journal of Animal Science** [s.l.], v. 49, n. 3, p. 513-521, 2019. Disponível em: <https://www.ajol.info/index.php/sajas/article/view/187692>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- FERREIRA, A. B. H. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 4. ed., Curitiba: Positivo, 2009. 2120 p.
- FRAZIER, W. C. **Microbiologia de los Alimentos**. 2 ed. Espanha: Ed. Acribia, p. 305.1976
- FREITAS, E. R.; SAKOMURA, N. K.; GONZALEZ, M. M.; BARBOSA, N. A. A. Comparação de métodos de determinação da gravidade específica de ovos de poedeiras comerciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 5, p. 509-512, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v39n5/a14v39n5.pdf>. Acesso em: 20 mar. 21.
- FROMAN, D.; KIRBY, J. D.; PROUDMAN, J. A. Reprodução em aves: macho e fêmea. **Hafez B, Hafez ESE. Reprodução animal**. 7th ed. Barueri: Manole, p. 237-257,2004.
- HIMEJIMA, M.; KUBO, I. Antibacterial agents from the cashew *Anacardium occidentale* (Anacardiaceae) nut shell oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** [s.l.], v. 39, n. 2, p. 418-421, 1991. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf00002a039>. Acesso em: 20 mar. 21.
- Instituto Brasileiro de geografia e estatística (IBGE)**. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>. Acesso em: 02 ago. 2021.
- JANG, S. I.; JUN, M. H.; LILLEHOJ, H. S.; DALLOUL, R. A.; KONG, I. K.; KIM, S.; MIN, W. Anticoccidial effect of green tea-based diets against *Eimeria maxima*. **Veterinary Parasitology**, v. 144, n. 1-2, p. 172-175, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304401706005279>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- JAYATHILAKAN, K.; SHARMA, G. K.; RADHAKRISHNA, K.; BAWA, A. S. Antioxidant potential of synthetic and natural antioxidants and its effect on warmed-over-flavour in different species of meat. **Food Chemistry**, v. 105, n. 3, p. 908-916, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814607003913>. Acesso em: 20 mar. 21.
- JORDÃO, J. F. **Estimativas das Exigências de Proteína e de Energia para Manutenção, Ganho e Produção de Ovos em Codornas**. 2008. 180f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias José Jordão Filho, UFPB, Areia, 2008.
- KARRE, L. LOPEZ, K.; GETTY, K. J. K. Natural antioxidants in meat and poultry products. **Meat science**, v. 94, n. 2, p. 220-227, 2013.

- KETTA, M.; TŮMOVÁ, E. Eggshell structure, measurements, and quality-affecting factors in laying hens: a review. **Czech Journal of Animal Science** [s.l.], 61 (7): 299–309, 2016.
- KHAN, R. U. Antioxidants and poultry semen quality. **World's Poultry Sci. J.**, 67:297-308. 2011. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/world-s-poultry-science-journal/article/abs/antioxidants-and-poultry-semen-quality/F60666183F894EDF65F8973C723268D4>. Acesso em: 02 ago. 2021.
- KHAN, S. H. The use of green tea (*Camellia sinensis*) as a phytochemical substance in poultry diets. **Onderstepoort Journal of Veterinary Research**, v. 81, n. 1, p. 01-08, 2014. Disponível em: [http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0030-24652014000100005](http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0030-24652014000100005). Acesso em: 23 mar. 2021.
- KHERADMANT, A.; ALIREZAEI, M.; BIRJANDI, M. Ghrelin promotes antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in the rat ovary. **Regulatory Peptides** 162, 84 – 89, 2010.
- KUBO, I.; MASUOKA, N.; HA, T. J.; TSUJIMOTO, K. Antioxidant activity of anacardic acids. **Food Chemistry**, v. 99, n. 3, p. 555-562, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030881460500693X>. Acesso em: 20 mar. 21
- KUBO, I.; OCHI, M.; VIEIRA, P. C.; KOMATSU, S. Antitumor agents from the cashew (*Anacardium occidentale*) apple juice. **Journal of Agricultural Food Chemistry** [s.l.]. v. 41, p. 1012–1015. 1993. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf00030a035>. Acesso em: 20 mar. 21.
- KUBOTA, N. Phenolic content and L-phenylalanine ammonia-lyase activity in peach fruit. In: **Fruit Analysis**. Springer, Berlin, Heidelberg, 1996. p. 81-95. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-79660-9\\_5](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-79660-9_5). Acesso em: 23 mar. 2021.
- LEE, J. S.; CHO, Y. S.; PARK, E. J.; KIM, J.; OH, W. K.; LEE, H. S.; AHN, J. S. Phospholipase C $\gamma$ 1 inhibitory principles from the sarcotestas of *Ginkgo biloba*. **Journal of natural products** [s.l.], v. 61, n. 7, p. 867-871, 1998. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/np970367q>. Acesso em: 20 mar. 21.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. Commercial Poultry Nutrition, Ed. **University Books, Poultry Science**, v. 62, p. 499-504, 1997.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. Nutrition of the chicken 4th Ed. **Published by UniversityBook, PO Box**, v. 1326, p. 591, 2001.
- DE SOUSA LEITE, A.; ISLAM, M. T.; PAZ, M. F. C. J.; JÚNIOR, A. L. G.; DA SILVA OLIVEIRA, G. L.; CITO, A. M. D. G. L.; ... LOPES, J. A. D. Correction to: Cytogenotoxic and mutagenic profiling of cashew nut shell liquids and cardanol. **Clinical Phytoscience**, 5: 37, 2019.
- LOMONACO, D.; SANTIAGO, G. M. P.; FERREIRA, Y. S.; ARRIAGA, Â. M. C.; MAZZETTO, S. E.; MELE, G.; VASAPOLLO, G. Study of technical CNSL and its main components as new green larvicides. **Green Chemistry**, v. 11, n. 1, p. 31-33, 2009. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2009/gc/b811504d>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- LONG, J. A.; KRAMER, M. Effect of vitamin E on lipid peroxidation and fertility after artificial insemination with liquid-stored turkey semen. **Poultry Science** [s.l.], v. 82, n. 11, p. 1802-1807, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119439680>. Acesso em: 23 mar.

2021.

LÓPEZ, C. A. A.; LIMA, K. R. S.; MANNO, M. C.; TAVARES, F. B.; FERNANDES NETO, D. L.; JESUS, M. L. C.; VIANA, M. A. O. Effects of cashew nut shell liquid (CNSL) on the performance of broiler chickens. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 4, p. 1027-1035, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/abmvz/v64n4/v64n4a32.pdf>. Acesso em: 20 mar. 21.

MARGOLIN, Y.; ATEN, R. F.; BEHRMAN, H. R. Antigonadotropic and antisteroidogenic actions of peroxide in rat granulosa cells. **Endocrinology**, v. 127, n. 1, p. 245-250, 1990.

Disponível em: <https://academic.oup.com/endo/article-abstract/127/1/245/2533671>. Acesso em: 23 mar. 2021.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. Revisão: antioxidantes naturais da família lamiaceae. Aplicação em Produtos Alimentícios. **Brazilian Journal of Food Technology** [s.l.], v. 10, n. 2, p. 96-103, 2007.

MARKS, H. L. Feed efficiency changes accompanying selection for body weight in chickens and quail. **World's Poultry Science Journal** [s.l.], v. 47, n. 3, p. 197-212, 1991.

MATOS, J. E. X.; SILVA, F. J. A.; VIEIRA, P. B. Solventes para extração do líquido da castanha de caju e compatibilidade ambiental. **Revista Tecnologia Fortaleza**, v. 29, n. 1, p. 101 - 109, 1998. Disponível em: <https://periodicos.unifor.br/tec/article/view/49>. Acesso em 20 mar. 21.

MEDEIROS, M. Avaliação da implementação do projeto fábrica-escola: beneficiando o pedúnculo de caju e frutas tropicais gerando emprego, trabalho e renda na região oeste do RN. In: **IX Congresso De Iniciação Científica Do IFRN**. 2013. Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ocs/index.php/congic/ix/paper/view/1416/0>. Acesso em: 23 mar. 2021.

MÓRI, C.; GARCIA, E. A.; PAVAN, A. C.; PICCININ, A.; SCHERER, M. R.; PIZZOLANTE, C. C. Desempenho e qualidade dos ovos de codornas de quatro grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia** [s.l.], Viçosa, v. 34, n. 3, p. 864-869, 2005b. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982005000300018&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982005000300018&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 12 jan. 2021.

MÓRI, C.; GARCIA, E. A.; PAVAN, A. C.; PICCININ, A.; PIZZOLANTE, C. C. Desempenho e rendimento de carcaça de quatro grupos genéticos de codornas para produção de carne. **Revista Brasileira de Zootecnia** [s.l.], v. 34, n. 3, p. 870-876, 2005a. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982005000300019&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982005000300019&script=sci_arttext). Acesso em: 23 mar. 2021.

MOURA, A. M. A. D.; FONSECA, J. B.; RABELLO, C. B. V.; TAKATA, F. N.; OLIVEIRA, N. T. E. D. Desempenho e qualidade do ovo de codornas japonesas alimentadas com rações contendo sorgo. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 39, n. 12, p. 2697-2702, 2010. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982010001200021&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982010001200021&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 12 jan. 2021.

MUKHOPADHYAY, A. K.; HATI, A. K.; TAMIZHARASU, W.; BABU, P. S. Larvicidal properties of cashew nut shell liquid (*Anacardium occidentale* L) on immature stages of two mosquito species. **Journal of vector borne diseases [s.l.]**, v. 47, n. 4, p. 257, 2010. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/26783699.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2021.

OLIVEIRA, B. D.; OLIVEIRA, D. D. Qualidade e tecnologia de ovos. **Lavras: Editora UFLA (Universidade Federal de Lavras)**, p. 223, 2013.

OLIVEIRA, G. R. D., LIMA, C. B. D., RIBEIRO, L. M. C. S., CAFÉ, M. B., MOREIRA, J. D. S., OLIVEIRA, E. M. D., RACANICCI, A. M. C. Adição de óleo de copaíba (*copaifera langsdorffii*) e sucupira (*pterodon emarginatus*) na alimentação de poedeiras: qualidade física de ovos armazenados em diferentes temperaturas. **Ciência Animal Brasileira**, v. 19, 2018. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cab/a/7Z6mXYnytJx8FsMSmCfm3zb/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 02 ago. 2021.

OLIVEIRA, I.; COELHO, V.; BALTASAR, R.; PEREIRA, J. A.; BAPTISTA, P. Scavenging capacity of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) leaves on free radicals. **Food and Chemical Toxicology**, v. 47, n. 7, p. 1507-1511, 2009.

OLIVEIRA, L.Q.M. **Parâmetros produtivos e níveis nutricionais de cálcio para codorna européia na fase de postura**. Brasília: Universidade de Brasília, 2004. 55p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias).

OSMARI, M. P., DE MATOS, L. F., SALAB, B. L., DIAZ, T. G., GIOTTO, F. M. Líquido da casca da castanha de caju: características e aplicabilidades na produção animal. **PUBVET**, v. 9, p. 101-157, 2015. Disponível em: <https://www.pubvet.com.br/artigo/119/liquido-da-casca-da-castanha-de-caju-caracteristicas-e-aplicabilidades-na-producao-animal>. Acesso em: 02 ago. 2021.

OWEN, R. W.; MIER, W.; GIACOSA, A.; HULL, W. E.; SPIEGELHALDER, B.; BARTSCH, H. Phenolic compounds and squalene in olive oils: the concentration and antioxidant potential of total phenols, simple phenols, secoiridoids, lignans and squalene. **Food and Chemical Toxicology**, v. 38, n. 8, p. 647-659, 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278691500000612>. Acesso em: 20 mar. 21. p.50-55, 1987.

PAIVA, D. R.; LIMA, D. P.; AVVARI, N. P.; ARRUDA, E. J.; CABRINI, I.; MARQUES, M. R.; ... BEATRIZ, A. A potent larvicidal agent against *Aedes aegypti* mosquito from cardanol. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 1, p. 373-382, 2017. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0001-37652017000200373&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0001-37652017000200373&script=sci_arttext). Acesso em: 23 mar. 2021.

PANDA, A. K.; CHERIAN, G. Role of vitamin E in counteracting oxidative stress in poultry. **The Journal of Poultry Science** [s.l.], p. 0130134, 2013. Disponível em: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsa/advpub/0/advpub\\_0130134/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsa/advpub/0/advpub_0130134/_pdf/-char/ja). Acesso em: 23 mar. 2021.

PARAMASHIVAPPA, R.; KUMAR, P. P.; VITHAYATHIL, P. J.; RAO, A. S. Novel method for isolation of major phenolic constituents from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut shell liquid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** [s.l.], v. 49, n. 5, p. 2548- 2551, 2001. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf001222j>. Acesso em: 20 mar. 21.

PARASA, L. S.; SUNITA, T.; RAO, K. B.; RAO, A. H.; RAO, J. S.; KUMAR, L. C. A. Acetone extract of cashew (*Anacardium occidentale* L.) nuts shell liquid against Methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) by minimum inhibitory concentration (MIC). **J. Chem. Pharm. Res**, v. 3, n. 5, p. 736-742, 2011.

PASQUETTI, T. **Avaliação nutricional da glicerina bruta ou semipurificada, oriundas de gordura animal e óleo vegetal, para codornas de corte**. 2011, Maringá, 110p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual de Maringá. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/1679/1/000197517.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2021.

PASTORE, S. M.; OLIVEIRA, W. D.; MUNIZ, J. C. L. Panorama da coturnicultura no Brasil. **Revista eletrônica nutritime**, v. 9, n. 6, p. 2041-2049, 2012.

PENZ, J. R.; ANTONIO, M.; JENSEN, L. S. Influence of protein concentration, amino acid supplementation, and daily time of access to high-or low-protein diets on egg weight and components in laying hens. **Poultry Science** [s.l.], v. 70, n. 12, p. 2460-2466, 1991. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119334169>. Acesso em: 23 mar. 2021.

PHANI KUMAR, P.; PARAMASHIVAPPA, R.; VITHAYATHIL, P. J.; SUBBA RAO, P. V.; SRINIVASA RAO, A. Process for isolation of cardanol from technical cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut shell liquid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** [s.l.], v. 50, n. 16, p. 4705-4708, 2002. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf020224w>. Acesso em: 23 mar. 2021.

RACANICCI, A. M.; DANIELSEN, B.; MENTEN, J. F. M.; REGITANO-D'ARCE, M. A.; SKIBSTED, L. H. Antioxidant effect of dittany (*Origanum dictamnus*) in pre-cooked chicken meat balls during chill-storage in comparison to rosemary (*Rosmarinus officinalis*). **European Food Research and Technology**, v. 218, n. 6, p. 521-524, 2004. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-004-0907-4>. Acesso em: 23mar. 2021.

REZENDE, M. J. D. M.; FLAUZINA, L. P.; PIMENTEL, C. M. M.; OLIVEIRA, L. Q. M. D. Desempenho produtivo e biometria das vísceras de codornas francesas alimentadas com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v.26 n.3, p. 353- 358, 2004. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/7497>. Acesso em: 23 mar. 21.

- RIZZO, P. V.; MENTEN, J. F. M.; RACANICCI, A. M. C.; TRALDI, A. B.; SILVA, C. S.; PEREIRA, P. W. Z. Extratos vegetais em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia** [s.l.], v. 39, n. 4, p. 801-807, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbz/v39n4/v39n4a15.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- ROCHA, J. S. R.; LARA, L. J. C.; BAIÃO, N. C.; CANÇADO, S. V.; BAIÃO, L. E. C.; SILVA, T. R. Efeito da classificação dos ovos sobre o rendimento de incubação e os pesos do pinto e do saco vitelino. **Arq. Bras. de Med. Vet. Zootec.**, v.60, p.979-986, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/abmvz/v60n4/29.pdf>. Acesso em: 20 mar. 21.
- RODRIGUES FILHO, M. G. **Cardanol e Eugenol Modificados-Uso como antioxidante no controle do processo oxidativo do biodiesel de algodão**. 2010, João Pessoa, 122 p. Tese (Programa de Pós Graduação em Química), Universidade Federal da Paraíba. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/7174/1/arquivototal.pdf>. Acesso em: 20 mar. 21.
- RODRIGUES, F. H. A.; FEITOSA, J.; RICARDO, N. M.; FRANÇA, F. C. F. D.; CARIOCA, J. O. B. Antioxidant activity of cashew nut shell liquid (CNSL) derivatives on the thermal oxidation of synthetic cis-1, 4-polyisoprene. **Journal of the Brazilian Chemical Society**[s.l.], v. 17, n. 2, p. 265-271, 2006.
- ROLL, A. A. P. **Óleo de canola e selênio orgânico para codornas de duplo propósito**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas. 2012. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/handle/123456789/2599>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- ROQUE, L.; SOARES, M. C. Effects of eggshell quality and broiler breeder age on hatchability. **Poult. Sci.**, v.73, p.1838-1845, 1994. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119521307>. Acesso em: 20 mar. 21.
- ROSSI, R. M.; MARTINS, E. N. Aspectos genéticos de curvas de probabilidade de postura em codornas. **Revista Brasileira de Zootecnia** [s.l.], v. 39, n. 8, p. 1708-1716, 2010.
- ROSTAGNO, H. S., ALBINO, L. F. T., DONZELE, J. L., GOMES, P. C., OLIVEIRA, R. D., LOPES, D. C., EUCLIDES, R. F. Tabelas brasileiras para aves e suínos. **Composição de alimentos e exigências nutricionais**, v. 2, p. 186, 2017. In: **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4ª Ed, Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2017.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007.
- SANCHES, L. M., EYNG, C., GARCIA, R. G., ALVES, G. P., SANGALLI, G. G., NUNES, R. V. Technical Cashew Nutshell Liquid in Diets of Growing Meat-Type Quails. **Brazilian Journal of Poultry Science** [s.l.], v.21, n.1, p.001-006, 2019.
- DOS SANTOS, J. E. C., GOMES, F. S., BORGES, G. L. F. N., SILVA, P. L., CAMPOS, E. J., FERNANDES, E. A., GUIMARÃES, E. C. Efeito da linhagem e da idade das matrizes na perda de peso dos ovos e no peso embrionário durante a incubação artificial. **Biosci. J.**, v.25, p.163-169, 2009. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6795/4487>. Acesso em 20 mar. 2021.
- SCHMIDT, G. S.; DE FIGUEIREDO, È. A. P.; DE AVILA, V. S. Incubação: estocagem dos ovos férteis. **Embrapa Suínos e Aves-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2002. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/961092/1/DCOT303.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

SCHNEIDER, B. U. C. **Cardanol: avaliação toxicogenética e seus efeitos antígenotóxico, antimutagênico e antiapoptótico quando associado à ciclofosfamida**. Dissertação (Mestrado em em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro Oeste) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul: UFMS, 2014, 60 p.

SEZER, M.; BERBEROGLU, E.; ULUTAS Z. Genetic association between sexual maturity and weekly live-weights in laying-type Japanese quail. **South African Journal of Animal Science** [s.l.], v.36, n.2, p. 142-148, 2006. Disponível em: <https://www.ajol.info/index.php/sajas/article/view/3997>. Acesso em: 20 mar. 2021.

SIES, H. Oxidative stress: eustress and distress in redox homeostasis. In: **Stress: physiology, biochemistry, and pathology**. Academic Press, 2019. p. 153-163. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128131466000138>>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SILVA, A. F., SGAVIOLI, S., DOMINGUES, C. H. F., GARCIA, R. G. Coturnicultura como alternativa para aumento de renda do pequeno produtor. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 3, p. 913-920, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/abmvz/v70n3/0102-0935-abmvz-70-03-00913.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P. **Tabela para codornas japonesas e européias**. 2ª ed., Ed. FUNEP, Jaboticabal, SP, 110p, 2009.

SILVA, J. H. V. Exigências de manutenção e de ganho de proteína e de energia em codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase de 1 a 12 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia** [s.l.], v. 33, n. 5, p. 1209-1219, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbz/v33n5/a13v33n5.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SILVA, J. H. V. Exigências nutricionais de codornas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** [s.l.], v. 13, n. 3, p. 775-790, 2012. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-99402012000300016&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-99402012000300016&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 11 jan. 21.

SINGH, R.P.; PANDA, B. Effect of seasons on physical quality and component yields of egg from different lines of quail. **Indian Journal of Animal Science** [s.l.], v.57, n.1

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS users guide: statistics. version 8. 2. ed. Carry, 2000. Schimidt, G.S.; Figueiredo, E.A.P.; Avila, V.S. **Incubação: estocagem de ovos férteis**. Brasília, DF: Embrapa, p.1-5. (Comunicado Técnico, 303), 2002.

SURAI, P. F., KOCHISH, I. I., FISININ, V. I., KIDD, M. T. Antioxidant defence systems and oxidative stress in poultry biology: An update. **Antioxidants**, v. 8, n. 7, p. 235, 2019.

Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3921/8/7/235/htm>. Acesso em: 20 mar. 21.

SURAI, P. F. Selenium in nutrition and health. Nottingham: **Nottingham University Press**, 2006. Disponível em: [https://www.feedfood.co.uk/download/AO\\_system\\_2006.pdf](https://www.feedfood.co.uk/download/AO_system_2006.pdf). Acesso em: 20 mar. 21.

SURAI, P. F. Polyphenol compounds in the chicken/animal diet: From the past to the future. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.** 2014, 98, 19–31. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jpn.12070>. Acesso em: 20 mar. 21.

SURAI, P. F. Selenium-vitamin E interactions: does 1+1 equal more than 2? Conference: **Proceedings of Alltech's Nineteenth Annual Symposium**. Nottingham, UK: Nottingham University Press, 2003. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/236658877\\_Selenium-vitamin\\_E\\_interactions\\_does\\_11\\_equal\\_more\\_than\\_2](https://www.researchgate.net/publication/236658877_Selenium-vitamin_E_interactions_does_11_equal_more_than_2). Acesso em: 20 mar. 21.

SURAI, P. F., FISININ, V. I., KARADAS, F. Antioxidant systems in chick embryo development. Part 1. Vitamin E, carotenoids and selenium. **Animal Nutrition**, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2016a. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405654515300731>. Acesso em: 23 mar. 21.

SURAI, P. F., FISININ, V. I. Vitagenes in poultry production: Part 2. Nutritional and internal stresses. **World's Poultry Science Journal** [s.l.], v. 72, n. 4, p. 761-772, 2016b. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1017/S0043933916000726>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SURAI, P. F., FISININ, V. I. Vitagenes in poultry production: Part 1. Technological and environmental stresses. **World's Poultry Science Journal** [s.l.], v. 72, n. 4, p. 721-734, 2016c. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1017/S0043933916000714>. Acesso em: 23 mar. 2021.

TEERASRIPREECHA, D., PHUWAPRAISIRISAN, P., PUTHONG, S., KIMURA, K., OKUYAMA, M., MORI, H., CHANCHAO, C. In vitro antiproliferative/cytotoxic activity on cancer cell lines of a cardanol and a cardol enriched from Thai *Apis mellifera* propolis. **BMC complementary and alternative medicine**, v. 12, n. 1, p. 1-17, 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/1472-6882-12-27.pdf>. Acesso em: 20 mar. 21.

TRAESEL, C. K., LOPES, S. T. D. A., WOLKMER, P., SCHMIDT, C., SANTURIO, J. M., ALVES, S. H. Óleos essenciais como substituintes de antibióticos promotores de crescimento em frangos de corte: perfil de soroproteínas e peroxidação lipídica. **Ciência Rural**, v. 41, n. 2, p. 278-284, 2011. Disponível em:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782011000200016&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782011000200016&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 12 jan. 21.

TREVISAN, M. T. S., PFUNDSTEIN, B., HAUBNER, R., WÜRTELE, G., SPIEGELHALDER, B., BARTSCH, H., OWEN, R. W. Characterization of alkyl phenols in cashew (*Anacardium occidentale*) products and assay of their antioxidant capacity. **Food and**

**Chemical toxicology**, v. 44, n. 2, p. 188-197, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278691505002243>. Acesso em: 23 mar. 21.

TREVISAN, M., BROWNE, R., RAM, M., MUTI, P., FREUDENHEIM, J., CAROSELLA, A. M., ARMSTRONG, D. Correlates of markers of oxidative status in the general population. **American journal of epidemiology** [s.l.], v. 154, n. 4, p. 348-356, 2001. Disponível em: <https://academic.oup.com/aje/article/154/4/348/62001?login=true>. Acesso em: 23 mar. 2021.

VOLLHARDT, P., SCHORE, N. E. **Química Orgânica: Estrutura e Função**. Bookman Editora, 2013.

WATANABE, Y., SUZUKI, R., KOIKE, S., NAGASHIMA, K., MOCHIZUKI, M., FORSTER, R., KOBAYASHI, Y. In vitro evaluation of cashew nut shell liquid as a methane-inhibiting and propionate-enhancing agent for ruminants. **Journal of dairy science**[s.l.], v. 93, n. 11, p. 5258-5267, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030210005680>. Acesso em: 23 mar. 2021.

WILSON, H.R. Interrelationships of egg size. chick size. posthatching growth and hatchability. **World's Poultry Science Journal**, v.47, p.5-20, 1991. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1079/WPS19910002?needAccess=true>. Acesso em: 20 mar. 2021.

WINDISCH, W., SCHEDLE, K., PLITZNER, C., KROISMAYR, A. Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. **Journal of animal science**[s.l.], v. 86, n. suppl\_14, p. E140-E148, 2008. Disponível em: [https://academic.oup.com/jas/articleabstract/86/suppl\\_14/E140/4789896](https://academic.oup.com/jas/articleabstract/86/suppl_14/E140/4789896). Acesso em: 23 mar.2021.

WINTER, E. M. W., ALMEIDA, M. I. M. D., OLIVEIRA, E. G. D., MARTINS, E. N., NATEL, A. S., SUREK, D. Aplicação do método Bayesiano na estimação de correlações genéticas e fenotípicas de peso em codornas de corte em várias idades. **Revista Brasileira de Zootecnia** [s.l.], v. 35, n. 4, p. 1684-1690, 2006.

ZHANG, X. Y., LI, L. L., MIAO, L. P., ZHANG, N. N., ZOU, X. T. Effects of in ovo feeding of cationic amino acids on hatchability, hatch weights, and organ developments in domestic pigeon squabs (*Columba livia*). **Poultry Science** [s.l.], v. 97, n. 1, p. 110-117, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119305978>. Acesso em: 23 mar. 2021.