



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

CLEANE PINHO DA SILVA

ANACARDATO DE CÁLCIO E SUA ASSOCIAÇÃO COM ÁCIDO CÍTRICO NA
RAÇÃO PARA MATRIZES DE CODORNAS DE CORTE

FORTALEZA

2019

CLEANE PINHO DA SILVA

ANACARDATO DE CÁLCIO E SUA ASSOCIAÇÃO COM ÁCIDO CÍTRICO NA
RAÇÃO PARA MATRIZES DE CODORNAS DE CORTE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para 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

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S579a Silva, Cleane Pinho da.
Anacardato de cálcio e sua associação com ácido cítrico na ração para matrizes de codornas de corte /
Cleane Pinho da Silva. – 2020.
42 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2020.
Orientação: Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas.
Coorientação: Prof. Dr. Rafael Carlos Nepomuceno.

1. ácido cítrico. 2. anacardato de cálcio. 3. codornas europeias. 4. reprodutoras. I. Título.

CDD 636.08

CLEANE PINHO DA SILVA

ANACARDATO DE CÁLCIO E SUA ASSOCIAÇÃO COM ÁCIDO CÍTRICO NA
RAÇÃO PARA MATRIZES DE CODORNAS DE CORTE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Nutrição Animal 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)

Profa. Dra. Lina Raquel Santos Araújo

Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Walbens Siqueira Benevides

Universidade Estadual do Ceará (UECE)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus por tudo que me tornou possível alcançar, todas as conquistas, experiências e momentos felizes vividos durante a jornada. Sem Ele, nada seria possível.

Aos meus pais, Ana Clea e Antonio Tertulino, que sempre me apoiaram em minha caminhada sem duvidar de minhas escolhas em nenhum momento, confiaram e me deram forças para seguir em frente e lutar pelas minhas conquistas.

Aos meus irmãos, Samuel e Silvio Roberto, que além de me apoiarem, sempre me encorajaram, mesmo achando que as coisas poderiam ser difíceis, visando o que é melhor para o meu futuro.

Aos meus amigos que me animaram dando força e coragem nos momentos mais decisivos da minha trajetória acadêmica e pessoal, pois graças às amizades esses anos foram cheios de recordações e momentos que levarei na memória para sempre. Além de várias pessoas especiais das quais me orgulho de haver conhecido e mais ainda de ter trabalhado junto.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Zootecnia que ajudaram em meu desenvolvimento e por estarem sempre tão abertos à comunicação com os alunos, sempre dispostos a dar tudo que tem em prol do crescimento de seus estudantes, estimulando e contribuindo diretamente na formação de profissionais competentes, éticos e comprometidos com o desenvolvimento sem ferir as diversas formas de vida do planeta.

Ao setor de Avicultura da Universidade Federal do Ceará e a todos os que fazem parte desta equipe por todo apoio e a estrutura fornecida para a elaboração da parte prática do experimento, em especial aos bolsistas de graduação e pós-graduação do setor, pela dedicação com que me acompanharam durante o decorrer do experimento.

Em especial ao professor Ednardo Rodrigues Freitas, por todo o apoio e orientação, não somente neste momento, mas em todas as etapas do mestrado, acreditando em mim e dando-me oportunidades únicas e engrandecedoras para o meu crescimento profissional. Pela paciência e empenho durante a formação, os meus mais sinceros agradecimentos.

A Rafael Carlos Nepomuceno pelos conselhos, apoio e ajuda na elaboração deste trabalho, e por toda a orientação durante estes anos em que tive o prazer de convivermos.

Aos professores Germano Augusto Jerônimo do Nascimento, Lina Raquel Santos Araújo, Pedro Henrique Watanabe e Walbens Siqueira Benevides, membros da banca examinadora, por terem atendido ao convite e retirarem um tempo do seu cronograma e dispor de seu conhecimento para analisar este trabalho.

À Universidade Federal do Ceará, que me oportunizou cursar a Pós-graduação disponibilizando-me condições necessárias e indispensáveis para esse fim, e em especial a FUNCAP - Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico por todo o apoio financeiro oferecido durante o mestrado, tornando possível a elaboração do projeto e de todas as análises para validação dos dados.

E a todos aqueles que fizeram parte desta caminhada e me ajudaram a chegar onde estou.

RESUMO

Com objetivo de avaliar os efeitos do uso de anacardato de cálcio (ACa), como fonte de ácido anacárdico, em dietas para codornas reprodutoras e sua associação com ácido cítrico (CA), foram utilizadas 540 codornas europeias com 21 semanas de idade. As aves foram alojadas em gaiolas de postura e seguindo um delineamento inteiramente casualizado, com nove tratamentos e seis repetições de dez aves, sendo a unidade experimental constituída de oito fêmeas e dois machos. Os tratamentos foram constituídos de rações sendo: T1 – ração sem adição dos ácidos; T2 – ração com adição de 0,25% de AC; T3 – ração com 0,25% de ACa a 0,25% de AC; T4 – ração com 0,50% de ACa; T5 – ração com 0,50% de ACa associado a 0,25% de AC; T6 – ração com 0,50% de ACa associado a 0,50% de AC; T7 – ração com 0,75% de ACa; T8 – ração com 0,75% de ACa associado a 0,25% de AC; T9 – ração com 0,75% de ACa associado a 0,50% AC. O período experimental foi de 210 dias divididos em 10 períodos com duração de 21 dias cada, quando foram avaliados o desempenho das matrizes, qualidade dos ovos, parâmetros de incubação e o desempenho da progênie. Não houve efeito significativo dos tratamentos sobre o desempenho das matrizes, parâmetros de incubação e o desempenho da progênie. Contudo, para a qualidade dos ovos, houve efeito significativo apenas sobre a oxidação lipídica da gema, obtendo-se menor oxidação para as gemas dos ovos das aves alimentadas com as rações contendo: 0,50% de ACa associado a 0,25% de AC; 0,50% de ACa associado a 0,50% de AC e com 0,75% de ACa, quando comparados ao grupo controle. Concluiu-se que a inclusão de anacardato de cálcio e sua associação com ácido cítrico na ração para matrizes de codornas de corte não têm influência nos parâmetros de desempenho das aves, incubação, desempenho da progênie e qualidade dos ovos, a exceção da oxidação lipídica da gema, podendo-se incluir 0,75% ACa ou 0,50% de ACa em associação com 0,25% de AC na ração para obter menor oxidação.

Palavras-chave: ácido cítrico; anacardato de cálcio; codornas europeias; reprodutoras.

ABSTRACT

In order to evaluate the effects of the use of calcium anacardate (CAC), as a source of anacardic acid, in diets for breeding quails and its association with citric acid (CA), 540 European quails at 21 weeks of age were used. The birds were housed in laying cages and following a completely randomized design, with nine treatments and six replications of ten birds, with the experimental unit consisting of eight females and two males. The treatments consisted of diets being: T1 - diets without adding acids; T2 - feed with addition of 0.25% of CA; T3 - feed with 0.25% CA to 0.25% CA; T4 - feed with 0.50% CA; T5 - feed with 0.50% CA associated with 0.25% CA; T6 - feed with 0.50% CA associated with 0.50% CA; T7 - feed with 0.75% CAC; T8 - feed with 0.75% CA associated with 0.25% CA; T9 - feed with 0.75% CA associated with 0.50% CA. The experimental period was 210 days divided into 10 periods lasting 21 days each, in which the performance of the matrices, egg quality, incubation parameters and the performance of the progeny were evaluated. However, for the quality of the eggs, there was a significant effect only on the lipid oxidation of the yolk, obtaining less oxidation for the egg yolks of the birds fed with diets containing: 0.50% of CAC associated with 0.25% of CA; 0.50% CAC associated with 0.50% CA and 0.75% CAC, when compared to the control group. It was concluded that the inclusion of calcium anacardate and its association with citric acid in the diet for meat type quails has no influence on the parameters of bird performance, incubation, progeny performance and egg quality except for lipid oxidation of the yolk, and 0.75% CAC or 0.50% CAC can be included in association with 0.25% CA in the feed to obtain less oxidation.

Keywords: citric acid; calcium anacardate; european quails; reproductive.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição percentual e nutricional da ração controle	25
Tabela 2 - Desempenho das matrizes de codornas de corte alimentadas com anacardato	30
Tabela 3 - Qualidade interna e externa dos ovos das matrizes de codornas de corte	32
Tabela 4 - Parâmetros da incubação dos ovos das matrizes de codornas de corte alimentadas com anacardato de calcio (ACa) associado ou não ao acido citrico (AC)	34
Tabela 5 - Desempenho da progênie oriunda das matrizes de codornas de corte alimentadas com anacardato de cálcio (ACa) associado ou não ao ácido cítrico (AC)	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACa	Anacardato de Cálcio
AC	Ácido Cítrico
ALB	Albúmen
ANOVA	Análise de variância
BHT	ButilHidroxitolueno
CAn	Calcium anacardate
CA	Citric acid
CCA	Centro de Ciências Agrárias
CNSL	Cashew Nut Shell Liquid
CV	Coefficiente de Variação
DE	Densidade específica
DZ	Departamento de Zootecnia
EC	Espessura da casca
FUNCAP	Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
GL	Graus de liberdade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LAEX	Laboratório de Extração
LCC	Líquido da Casca da Castanha de
CajuLPN	Laboratório de Produtos Naturais
MDA	Malonaldeído
ml	Mililitros
nm	Nanômetro
pH	Potencial Hidrogeniônico
pKa	Constante de Dissociação
Ácidarpm	Rotações por Minuto
SNK	Student- Newman- Keuls
TBARS	Substâncias reativas ao ácido Tiobarbiturico
UFC	Universidade Federal do Ceará
UH	Unidades Haugh

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	Coturnicultura brasileira	14
2.2	Ácidos orgânicos para aves.....	15
2.3	Ação dos ácidos orgânicos sobre o trato gastrintestinal das aves	16
2.4	Obtenção do LCC e sua aplicabilidade	17
2.5	Anacardato de cálcio na alimentação de aves.....	18
2.6	Ácido cítrico e sua utilização	20
2.7	Processo de obtenção do ácido cítrico.....	22
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1	Preparo do anacardato de cálcio.....	23
3.2	Anacardato de cálcio e sua associação com ácido cítrico na ração para matrizes decodornas de corte	23
3.3	Avaliação do desempenho.....	25
3.4	Avaliação da qualidade interna e externa dos ovos.....	26
3.5	Avaliação da oxidação lipídica da gema.....	27
3.6	Avaliação dos parâmetros de incubação	28
3.7	Avaliação do desempenho da progênie.....	28
3.8	Análise estatística dos dados.....	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

Aspectos como a restrição de uso ou exclusão total dos antibióticos promotores de crescimento e dos antioxidantes sintéticos na alimentação das aves têm impulsionado a busca por substâncias alternativas a estes, podendo-se destacar os estudos com os aditivos fitogênicos que, além da sua ação antimicrobiana promovendo o desempenho, também, podem apresentar ação antioxidante, beneficiando as aves e a qualidade dos seus produtos (Pasquali e Pimenta 2014). O ácido anacárdico é um composto fenólico naturalmente encontrado nas diversas partes do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), mas em maior proporção no líquido da casca da castanha de caju (LCC). Entre suas ações biológicas estão atividade antitumoral, antibacteriana, antifúngica, antioxidante e habilidade em inibir a atividade de enzimas como: tirosinase, prostaglandina sintase e lipoxigenase (Toyomizu et al., 2003; Trevisan et al., 2006).

O ácido anacárdico pode ser adicionado na ração das aves com a inclusão do LCC, onde se encontra em mistura com outros compostos (cadol e cadanol). A adição de LCC em até 1% na ração de poedeiras não influenciou os parâmetros bioquímicos do sangue, a atividade de enzimas relacionada ao estresse oxidativo no fígado, ovário, magno e útero (Braz et al. 2018) e o desempenho das aves (Braz et al., 2019). Na qualidade dos ovos nenhum prejuízo foi observado nas variáveis avaliadas, contudo, houve melhoria na coloração da gema e na estabilidade lipídica da gema (Braz et al. 2019) e do ovário (Braz et al., 2018) com a adição de 0,75% do LCC. Esse nível de adição, também, foi efetivo em reduzir a oxidação lipídica em gemas frescas e armazenadas (Abreu et al. 2017).

Todavia a variação na proporção de ácido anacárdico em relação aos demais constituintes do LCC devido a vários fatores (Trevisan et al. 2006), bem como a ação sinérgica ou antagônica entre os constituintes, podem trazer problemas para obtenção dos resultados esperados. Esses problemas podem ser minimizados se a adição for realizada na forma de anacardato de cálcio, produto da reação do ácido anacárdico presente no LCC com hidróxido de cálcio, formando sais de cálcio, permitindo a separação do ácido anacárdico dos demais constituintes do LCC e, assim, estudar os seus efeitos isolados. Segundo Cruz et al. (2018) a adição de até 1% anacardato de cálcio na ração não influenciou nos parâmetros bioquímicos do sangue e enzimáticos e bioquímicos do fígado de frangos de corte, indicando que o mesmo não é tóxico. Avaliando a oxidação lipídica da carne dos frangos alimentados com anacardato de cálcio, Abeu et al. (2019) verificaram que a adição de 0,75% na ração foi suficiente para reduzir a oxidação lipídica e que o nível de 1% tinha efeito pro-oxidante. Na alimentação de codornas

japonesas na fase de postura, Santos (2014) observou que a adição de até 1% não influenciou no desempenho e qualidade dos ovos.

Considerando que a eficiência da atividade de um ácido orgânico na promoção de crescimento das aves depende das propriedades químicas do ácido ou do sal, sendo a capacidade dissociativa a principal característica envolvida na magnitude dessa resposta (Dibner e Buttin 2002); da capacidade tamponante da dieta, uma vez que dietas com alto teor de minerais, como rações de poedeiras com altas concentrações de cálcio, promovem maior resistência à redução do pH gástrico (Jung e Bolduan, 1986) e que, em laboratório, a dissociação do anacardato de cálcio em ácido anacárdico e íons de cálcio ocorrem mediante a hidrólise em ácido clorídrico 11 molar (Paramashivappa et al., 2001) com pH equivalente de 1,04, Cruz et al. (2019) relacionaram a ausência de efeito significativo da adição do anacardato de cálcio sobre os parâmetros ósseos de frangos de corte ao comprometimento da sua hidrólise e, conseqüentemente, da liberação do ácido anacárdico, em pH normal do trato digestório das aves.

Nesse sentido, a utilização do anacardato de cálcio associado a um ácido orgânico nas rações de aves pode ser uma alternativa para viabilizar a dissociação do ácido anacárdico durante o processo digestivo, permitindo que este, na forma livre, atue como promotor de crescimento sobre a microbiota, além de viabilizar sua absorção pelo organismo, trazendo benefícios através da sua ação antioxidante. Dentre os ácidos orgânicos, o ácido cítrico destaca-se por seus efeitos sobre o controle e redução do pH intestinal, prevenindo o desenvolvimento e o crescimento de microrganismos patógenos e ação antioxidante (Ostermann, Sanfekuze e Vieira, 2005; Deepa et al., 2011).

A capacidade antioxidante geral no ovo pode ajudar no desenvolvimento embrionário ideal (Rocha et al., 2013). Assim o desenvolvimento do embrião das aves depende de antioxidantes acumulados na gema de ovo via dieta das matrizes. Essa prática, também, oferece proteção oxidativa do pintinho recém-eclodido, com possibilidades de melhorar o desempenho pós-eclosão.

Considerando a atividade antioxidante dos compostos fenólicos e a possibilidade dos seus benefícios para aves reprodutoras, essa pesquisa foi desenvolvida para avaliar a utilização do anacardato de cálcio associado ao ácido cítrico na ração para matrizes de codornas de corte.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Coturnicultura brasileira

No atual sistema de produção de carne e ovos de codornas, as principais genéticas utilizadas são a *Coturnix coturnix japonica* e a *Coturnix coturnix coturnix*, popularmente conhecidas por codornas japonesas e europeias, respectivamente. As codornas japonesas possuem menor porte e maior precocidade, sendo mais utilizadas para produção de ovos, embora muitas vezes utilizadas como de dupla aptidão. Já as codornas europeias são de maior porte, sendo mais empregadas para a produção de carne.

Segundo dados do IBGE, em 2017, independente da finalidade de produção, o efetivo de codornas no Brasil foi de 15,5 milhões de animais, apresentando um aumento de 12,05% em relação a 2016; contudo, houve uma queda de 29,6% em relação a 2015. A redução foi observada em todas as regiões, porém com maior proporção no Sudeste, onde se concentra a maior parte do plantel. A perda do poder aquisitivo da população originou a diminuição na demanda por ovos e por carne de codorna, ocasionando um desestímulo aos produtores que decidiram reduzir seus efetivos para conter os custos (IBGE, 2017). Apesar da significativa redução na população de codornas, a região Sudeste manteve-se na liderança com mais de 60% do efetivo do Brasil, sendo o estado de São Paulo o maior produtor da região e do país com cerca de 4,4 milhões de animais. A região Nordeste ocupa a terceira posição com 12,96%, sendo que o estado do Ceará suporta 40,65% da região, ocupando a sexta colocação entre os estados com maior criação de codornas no país (IBGE, 2017).

No Brasil, a prática de criação de codornas para abate é recente, uma vez que o sistema brasileiro de exploração desses animais é montado, prioritariamente, para atender o mercado de ovos (ALMEIDA et al. 2002), sendo a subespécie japonesa a mais difundida no país. No entanto, a criação de codornas europeias tem se expandido, uma vez que essas aves apresentam aptidão para o corte, resultando na maior produção de carcaças e carne com qualidade superior a das codornas japonesa, atendendo melhor os requisitos do mercado de codornas abatidas. De acordo com Panda e Singh (1990) e Rezende et al. (2004) características como alto rendimento de carcaça, maciez, coloração e sabor peculiar da carne oriunda de codornas europeias são responsáveis pela boa aceitabilidade do consumidor de sua carne.

Nesse cenário a criação de codornas europeias tem se estabelecido a partir de planteis de matrizes e reprodutores, criados em sistemas de gaiolas, cujo objetivo é produzir ovos férteis destinados a incubação e produção de pintinhos para o corte. Frente a crescente instalação de planteis de matrizes de codornas europeias e características do sistema de criação surge a necessidade de realizar pesquisas que investiguem os fatores que podem afetar a produção de ovos férteis, em especial aqueles ligados a nutrição, como o uso de aditivos.

2.2 Ácidos orgânicos para aves

A utilização de ácidos orgânicos como aditivos na alimentação para aves tem crescido muito nos últimos anos, devido à proibição ao uso de antibióticos promotores de crescimento com finalidade fitoterápica pela comunidade europeia (devido ao efeito residual de sua utilização sobre o produto final) e aos efeitos benéficos da sua utilização sobre a microbiota intestinal, a biodisponibilidade dos nutrientes e demais características dos ácidos empregados nas dietas (Valentin et. al., 2018).

Segundo Partanen e Mroz (1999) os ácidos orgânicos são constituintes naturais de diversos alimentos, e por definição contêm uma ou mais carboxilas em sua molécula, por isso, são denominados ácidos carboxílicos, classificação na qual podem ser incluídos os aminoácidos e os ácidos graxos de cadeia curta.

Em geral, os ácidos orgânicos empregados na produção animal são ácidos graxos de cadeia curta com um a sete átomos de carbono na molécula, que produzem menores quantidades de prótons ao se dissociarem, e são denominados de ácidos fracos (Bellaver & Scheuermann, 2004). Esses ácidos podem ser produtos encontrados na natureza, como recursos alimentares naturais, ingredientes frescos, pré-fermentados ou ensilados, ingredientes de origem vegetal e animal, e os aditivos (Mroz, 2005).

Na retirada total ou parcial dos antibióticos com finalidade terapêutica da alimentação animal devem-se avaliar as opções que existem como alternativas tais como: estabilização da flora intestinal normal (prebióticos e probióticos); redução da carga bacteriana no trato digestivo (ácidos orgânicos); melhoria da vitalidade dos enterócitos e vilos (ácidos orgânicos em vitaminas); redução na ingestão de substâncias imunossupressoras como micotoxinas (sequestrantes, alumino-silicatos); otimização da digestão (enzimas e extratos herbais) e controle efetivo da Coccidioses. (Bellaver e Scheuermann, 2014).

Os ácidos orgânicos mais utilizados na produção animal têm sido o butírico, acético, cítrico, láctico, málico, mandélico, tartárico e propiônico, especialmente por apresentarem potencial efeito antibacteriano específico, à semelhança dos antibióticos, principalmente nos ácidos orgânicos de cadeia curta (Bellaver e Scheuermann, 2014).

Para o uso de ácidos orgânicos nas dietas de codornas, faz-se necessárias adaptações, visto que existem diferenças anatômicas e fisiológicas essenciais nos sistemas digestivos das mesmas, pois a utilização na nutrição das aves pode ocorrer na forma de ácidos livres, sais de ácidos, ácidos microencapsulados ou em conjunto com outras substâncias que possam atuar sinergicamente com estes.

Ácidos orgânicos ou seus sais derivados, quando administrados na forma livre, apresentam efeitos positivos sobre os parâmetros de desempenho, de saúde do trato gastrintestinal e das características de carcaça das aves. Porém as dosagens são altas, podendo variar de 0,2 a 2% de inclusão. Além dessa alta inclusão, o maior potencial corrosivo e a maior volatilização demandam maiores cuidados ao manipular tal aditivo nas fábricas de rações (Bellaver e Scheuermann 2014).

Há grande variação nos resultados encontrados na literatura, os quais são dependentes da concentração e das combinações dos ácidos orgânicos empregados, tendo que se considerar a adaptação das bactérias aos ácidos após longos períodos de utilização.

2.3 Ação dos ácidos orgânicos sobre o trato gastrintestinal das aves

Os ácidos orgânicos são substâncias que contêm uma ou mais carboxilas em sua molécula (Hart e Schuetz citados por Penz et al. 1993). São um grupo de aditivos alimentares utilizados para reduzir a proliferação de *Salmonellas* e *E. coli* no trato digestivo das aves, pois reduz o pH do meio. Além disso, podem ser classificados como promotores de crescimento, acidificantes ou inibidores.

Bellaver e Scheuermann (2014) inferiram sobre o maior efeito antibacteriano dos ácidos orgânicos na parte anterior do trato digestivo, porém Thompson e Hinton (1997) afirmaram que houve recuperação dos ácidos fórmico e propiônico, principalmente no papo e moela das aves, mostrando assim uma maior ação no compartimento inicial do trato digestivo. Isso confirma a pesquisa de Bolton e Dewar (1964) que mostra que os ácidos acético, propiônico e butírico, usados na dose de 2,5% e na forma de sais de cálcio, são completamente digeridos antes do

divertículo de Meckel. Hume et al. (1993) também inferiram que apenas uma pequena porção do ácido propiônico da dieta alcança os cecos e o final do trato digestivo.

Os ácidos orgânicos são utilizados globalmente para inibir patógenos como *Salmonellas*, tanto em matérias-primas como em alimentos (Attia et al., 2012). Os ácidos orgânicos são capazes de passar pela membrana celular das bactérias, e uma vez dentro da célula, o ácido se dissocia para produzir íons H^+ , reduzindo o pH da célula e forçando o organismo a utilizar sua energia tentando restaurar o equilíbrio normal, colocando assim, o organismo sob estresse, sendo incapaz de se replicar (Attia et al., 2012).

2.4 O Líquido da Castanha de Caju e sua aplicabilidade

O ácido anacárdico é um composto fenólico derivado do ácido salicílico, contendo uma cadeia lateral de 15 carbonos, que pode conter uma, duas ou três ligações insaturadas, sendo um produto natural encontrado nas diferentes partes do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) e outras plantas, como o *Ginkgo biloba* (Wang et al., 1998) e espécies do gênero *Knema* (Gonzales et al., 1996).

Anacardium occidentale L. pertence à família *Anacardiaceae*, sendo o cajueiro uma árvore de aparência exótica, troncos tortuosos, folhas glabras, flores masculinas e hermafroditas e fruto reniforme. Seu pedúnculo superdesenvolvido e muito apreciado pela suculência é frequentemente confundido com o fruto, quando na verdade se trata do pseudofruto, cientificamente denominado de pedúnculo floral, com coloração que varia entre o amarelo e o vermelho quando maduro.

A castanha do caju, que é o fruto propriamente dito, é um aquênio de comprimento e largura variável, casca coriácea lisa, mesocarpo alveolado, repleto de um líquido escuro quase preto, cáustico e inflamável, chamado de líquido da casca da castanha do caju (LCC) ou cashew nut shell liquid (CNSL), como é conhecido internacionalmente. Este corresponde a 25% do peso da castanha e se constitui uma das fontes mais ricas em lipídeos fenólicos iso-propenóides, como o ácido anacárdico (derivado do ácido salicílico), cardóis e metilcardóis (derivados do resorcinol) e cardanóis (Moreira et al., 1998; Vieira, 2007).

A extração comercial do LCC permite que este subproduto se torne uma possibilidade de agregar valor à exploração da cultura do caju, podendo ser processada a quente, forma mais utilizada na indústria de beneficiamento da castanha para obtenção da amêndoa para o consumo

humano, ou através do processamento da casca com solventes. A extração a quente produz um LCC diferente do extraído a frio, pois com o aquecimento, o ácido anacárdico sofre descarboxilação, é convertido em cardanol e chamado de “LCC técnico”, enquanto o “LCC natural” é o líquido obtido na extração realizada através do uso de solventes (Matos et al., 1998).

Vários autores têm constatado diferenças significativas entre as composições do LCC, de acordo com o processo de extração do óleo. Segundo os dados da literatura (Matos et al., 2008, Mazzetto et al., 2009), o LCC natural contém aproximadamente 71-82% de ácido anacárdico, 13,8 - 20,1% de cardol, 1,2 - 9,2% de cardanol e 1,6 - 3,9 de 2-metil cardol, enquanto que ao LCC técnico são relatadas as seguintes composições aproximadas: 60 - 68% de cardanol, 15 - 18,1% de cardol, 1 - 3,3% de 2-metil cardol e 1,1 a 1,8% de ácido anacárdico.

De acordo com Matos et. al., (2008), existem mais de 200 patentes para sua aplicação industrial, como na fabricação de resinas fenólicas, pó de fricção para indústria automotiva, linhas para pesca, biocidas, usos na indústria farmacêutica, para armazenamento do biodiesel e como bioaditivo. Além das aplicações industriais, o LCC natural tem despertado grande interesse em pesquisas de campo, químico e biológico.

2.5 Anacardato de cálcio na alimentação das aves

É possível encontrar na literatura vários estudos com o ácido anacárdico com relatos de atividade antitumoral, antibacteriana, antifúngica, antioxidante e também inibição das enzimas tirosinase, prostaglandina sintase e lipoxigenase (Toyomizu et al., 2003), sendo o uso em humanos associado ao tratamento e à prevenção de doenças cardiovasculares, cerebrovasculares e antitumoral (Wang et al., 1998 e Kubo et al; 2003).

A ação do ácido anacárdico na inibição do crescimento de microrganismos vem sendo estudada há algum tempo com resultados positivos no controle de diversos agentes infecciosos, principalmente bactérias, sendo reportado o efeito inibitório sobre bactérias Gram positivas como *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus* e *Helicobacter pylori* (Gellerman e Schlenk, 1968, Muroi e Kubo, 1996; Kubo et al., 1999; Lima et al., 2000; Kubo et al., 2003; Green et al., 2007; Narasimhan et al., 2008; Achanath et al., 2010).

De acordo com Murata et al. (1997) o ácido anacárdico inibe a síntese de lípidos das células bacterianas através da inibição da desidrogenase de glicerol-3- fosfato. Kubo et al. (2003) sugerem que o ácido anacárdico atua como um agente tensioativo induzindo a ruptura física da membrana bacteriana seguido de possível interferência na cadeia transportadora de

elétrons e ATPase resultando em inibição da cadeia respiratória.

Além da ação antimicrobiana, o ácido anacárdico apresenta, atividade antioxidante, evitando que íons metálicos de transição comecem o processo de oxidação, atuando na inativação dos intermediários desse processo e ainda inibindo muitas enzimas que auxiliam o processo de oxidação (Trevisan et al., 2006).

O ácido anacárdico foi inicialmente testado na ração de aves com a inclusão do LCC, produto composto de ácido anacárdico misturado a outros compostos (cadol e cadanol). A adição de LCC em até 1% na ração de poedeiras não influenciou os parâmetros bioquímicos do sangue, a atividade de enzimas relacionada ao estresse oxidativo no fígado, ovário, magno e útero (Braz et al., 2018) e o desempenho das aves (Braz et al., 2019). Na qualidade dos ovos, nenhum prejuízo foi observado nas variáveis avaliadas, contudo, houve melhoria na coloração da gema e na estabilidade lipídica da gema (Braz et al., 2019) e do ovário (Braz et al., 2018) com a adição de 0,75% do LCC. Esse nível de adição, também, foi efetivo em reduzir a oxidação lipídica em gemas frescas e armazenadas (Abreu et al. 2017).

Todavia a variação na proporção de ácido anacárdico em relação aos demais constituintes do LCC devido a vários fatores (Trevisan et al., 2006), bem como a ação sinérgica ou antagônica entre os constituintes, podem trazer problemas para obtenção dos resultados esperados. Esses problemas podem ser minimizados se a adição for realizada na forma de anacardato de cálcio, produto da reação do ácido anacárdico presente no LCC com hidróxido de cálcio, formando sais de cálcio, permitindo a separação do ácido anacárdico dos demais constituintes do LCC e, assim, estudar seus efeitos isolados.

Segundo Cruz et al. (2018) a adição de até 1% de anacardato de cálcio na ração não influenciou nos parâmetros bioquímicos do sangue e enzimáticos e bioquímicos do fígado de frangos de corte, indicando que o mesmo não é tóxico. Da mesma forma, Cruz et al. (2019) observaram que a adição de até 1% de anacardato de cálcio na ração não compromete os parâmetros de qualidade óssea de frangos de corte.

Avaliando a oxidação lipídica da carne dos frangos alimentados com anacardato de cálcio, Abreu et al. (2019) verificaram que adição de 0,75% na ração foi suficiente para reduzir a oxidação lipídica e que o nível de 1% tinha efeito pró-oxidante. Na alimentação de codornas japonesas na fase de postura, Santos (2014) observou que a adição de até 1% não influenciou no desempenho e qualidade dos ovos.

2.6 Ácido cítrico e sua aplicabilidade

O ácido cítrico foi o primeiro ácido isolado em 1784, pelo químico sueco Carl Wilhelm Scheele, que o cristalizou a partir do suco de limão. A produção comercial deste composto teve início na Inglaterra por volta de 1826, a partir do citrato de cálcio italiano derivado do suco de limão, porém o comércio era monopolizado por um cartel italiano com preço elevado. Em 1880, o farmacêutico francês Louis Edouard Grimaux e Roger Adams sintetizaram ácido cítrico a partir do glicerol e, mais tarde, a partir da dicloroacetona. Vários outros métodos de síntese foram estudados, utilizando-se diversos tipos de reações e substâncias, porém limitações técnicas e econômicas comprovaram a inviabilidade desses processos (Food Ingredients Brasil, 2014).

O ácido cítrico ou citrato de hidrogênio, de nome oficial ácido 2-hidroxi- 1,2,3-propanotricarboxílico, é considerado um ácido orgânico fraco, principal ácido encontrado nas frutas cítricas, confere sabor ácido e refrescante a alimentos e bebidas, servindo como acidulante, e também utilizado como antioxidante um conservante natural (Braz, 2007). A temperatura ambiente se apresenta na forma cristalina, é inodoro, e possui gosto amargo agradável (Partanen & Mroz, 1999). Devido a sua importância no metabolismo, muitos microrganismos são adaptados e resistentes a ele (Bühler, 2009).

A acidez do ácido cítrico é devida aos três grupos carboxilas $-COOH$ que podem perder um próton em soluções. Como consequência forma-se um íon citrato. Os citratos são bons controladores de pH de soluções ácidas. Devido às propriedades acidulante, palatabilidade, atoxicidade, facilidade de assimilação pelo organismo, tamponamento e sequestro de íons, potencial de acidificação e menor custo em relação aos outros ácidos orgânicos (Hossain et al., 2007; Fagbenro; Fasakin, 1996) o ácido cítrico apresenta uma série de aplicações industriais. Cerca de 70% da produção é utilizada pela indústria de alimentos, 12% pela indústria farmacêutica e 18% por outras indústrias. O ácido cítrico como aditivo zootécnico, apresenta eficácia para reduzir o pH da ração e gastrointestinal, controlar a microbiota intestinal e aumentar a biodisponibilidade e absorção de nutrientes como o P e N (Boiling et al., 2000; Sugiura et al., 1998).

Os íons citratos formam sais denominados citratos com muitos íons metálicos. O citrato de cálcio ou "sal amargo" é um importante citrato, que se utiliza geralmente na preservação e condimentação dos alimentos. Além disso, os citratos podem quelar íons metálicos, e utilizar como conservantes e suavizadores de água. O ácido cítrico é produzido e comercializado tanto

na forma anidra como monohidratada, sendo a temperatura de transição entre as duas fases igual a 36,6°C. A forma anidra é obtida por cristalização da solução aquosa quente, enquanto a obtenção da forma monohidratada se dá por cristalização a temperaturas abaixo de 36,6°C.

O ácido cítrico é um dos ácidos orgânicos mais utilizados. Com uma produção de aproximadamente 64 milhões de quilogramas, as fontes de carbono de escolha para produção do ácido cítrico, atualmente, são a sacarose e os melaços de cana e de beterraba (que são economicamente vantajosos, embora a produção de ácido seja ligeiramente menor) e é elaborado e excretado em meios de cultura cujo pH esteja próximo de 1,8 a 2,0. Melaços são subprodutos da indústria açucareira, que contém 50% a 60 % de sacarose.

O valor pKa de um ácido orgânico é o responsável por seus efeitos de inibição sobre os microrganismos. O efeito dos ácidos orgânicos geralmente é dose- dependente, quanto mais ingredientes ativos alcançarem o local de sua ação, maiores serão os efeitos desejados. Isto é válido tanto para a conservação da ração como para os efeitos nutricionais e sobre a saúde do animal. Sais de ácidos orgânicos podem ajudar a reduzir a capacidade tamponante da ração e a disponibilizar um ânion para a produção de ácido orgânico, caso um ácido mais forte esteja presente. No entanto, os sais por si só não têm nenhum efeito acidificante, com isso o ácido cítrico apresenta valores de pKa de 3,14; 4,76 e 6,39, empregado como um dos principais acidulantes utilizados em dietas (Food Ingredients Brasil, 2014).

É o ácido mais utilizado pela indústria alimentícia e de bebidas, uma vez que apresenta propriedades antioxidantes, acidulantes, flavorizantes, sequestrantes e reguladoras de acidez. Em laticínios, atua como estabilizante; ajuda a manter o pH ideal de doces; na indústria farmacêutica é aplicado à produção de medicamentos anticoagulantes e efervescentes; realça o sabor dos refrigerantes e transfere para si os íons metálicos que modificam a cor do líquido (especialmente o ferro); age como conservante combatendo o desenvolvimento de microrganismos; no preparo de frutos do mar é usado para combater o surgimento de manchas, cheiros e sabores indevidos; é adicionado à salmoura da carne para acelerar a cura e manter a cor. De um modo geral, preserva o sabor de bebidas e alimentos industrializados, regulando o pH, mascarando o gosto desagradável de alguns compostos, neutralizando o paladar doce e acidificando o sabor.

Nutricionalmente o ácido cítrico participa do ciclo de Krebs, segunda etapa do processo de respiração celular, sendo, por isso, presente no metabolismo de grande parte dos seres vivos. A fertilidade do macho depende essencialmente do ácido cítrico, que é secretado pela próstata e está relacionado com a capacidade de coagulação e liquefação seminal.

2.7 Processos para obtenção do ácido cítrico

Atualmente, quase todo o ácido cítrico comercializado no mundo é produzido através de fermentação, embora uma pequena parte ainda seja obtida de frutas cítricas, no México e na América do Sul. A fabricação de ácido cítrico pode ser realizada através de três processos: Koji, fermentação em superfície e fermentação por cultura submersa.

O Koji, o substrato é sólido, sendo utilizada uma linhagem específica de *Aspergillus niger*; na fermentação em superfície, o micélio do fungo (*Aspergillus niger*) cresce sobre a superfície do meio de cultura estático, sendo o produto da fermentação recolhido do meio; e na fermentação por cultura submersa, onde o fungo se desenvolve inteiramente submerso no meio de cultura líquido sob agitação, que serve para assegurar a homogeneidade tanto da distribuição dos microrganismos quanto dos nutrientes.

No Brasil há uma grande produção de resíduos da agroindústria devido ao grande crescimento da produção agrícola. Nesse sentido, a fermentação em estado sólido se apresenta como uma tecnologia capaz de propor caminhos alternativos para os resíduos gerados, diminuindo possíveis problemas ambientais, agregando valor a essas matérias-primas, por meio da produção de substâncias de interesse econômico, como enzimas, hormônios, ácidos orgânicos, aromas, pigmentos e agentes de controle biológico de pragas, entre outros, e com isso contribuir para uma maior diversificação do agronegócio nacional.

Em escala comercial, uma das principais aplicações da fermentação em estado sólido é a produção de ácido cítrico a partir de farelo de trigo. Esse processo é também conhecido por Koji. Antes da esterilização, o pH do farelo é ajustado para ficar entre 4 e 5. Cuidados devem ser tomados para que a concentração final de água no farelo, depois da esterilização, seja de 70% a 80%. Quando o farelo estiver numa temperatura em torno de 30°C a 36°C, ele é inoculado em Koji (preparado prévio contendo amilases e proteases), que é feito com uma cepa apropriada de *A. niger*, não tão susceptível à presença de íons de ferro como as usadas em outros processos. A temperatura durante a fermentação não deve exceder os 28°C. A adição de 3% a 7% de massa filtrada (filter cake) de fermentação de ácido glutâmico aumenta a produção. O amido originalmente presente no farelo é sacarificado pela amilase do *A. niger*. A adição de α -amilase ao farelo, depois de resfriado, também é proveitosa. O farelo inoculado é distribuído em bandejas com profundidade de 3 a 5 cm, ou disposto em camadas pouco espessas numa superfície plana. Depois de cinco a oito dias, o Koji é recolhido, colocado em percoladores e o ácido cítrico extraído como água. Os métodos de separação e purificação são essencialmente

os mesmos utilizados nos outros dois processos. (Food Ingredients Brasil, 2014)

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Preparo do anacardato de cálcio

O anacardato de cálcio foi produzido no Laboratório de Extração (LAEX), localizado nas dependências do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (DZ/CCA/UFC).

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). Posteriormente, procedeu-se a separação de anacardato de cálcio (ACa) por meio da precipitação, 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 550 ml de LCC, 150 ml de água destilada e 285ml de etanol. Essa solução foi aquecida, sob agitação, até a temperatura de 50°C, permanecendo nessa condição por 4h, mantendo-se em temperatura constante. Ao longo do procedimento, em intervalo de 10 minutos, foram incorporados à mistura 250g de hidróxido de cálcio. Após 4 horas de aquecimento e agitação, os ácidos anacárdicos presentes no LCC reagiram com o hidróxido de cálcio formando o anacardato de cálcio, que se precipita no fundo do recipiente e será 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 800 ml de etanol e a mistura foi submetida às mesmas condições de agitação e aquecimento por 1 hora. Logo depois, procedeu-se a decantação por 1 hora e a retirada do sobrenadante. Esse procedimento foi realizado por mais uma vez para obter uma lavagem mais eficaz. O material precipitado ao final dos procedimentos, anacardato de cálcio, foi encaminhado para secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas e depois foi moído e peneirado.

3.2 Anacardato de cálcio e sua associação com ácido cítrico na ração para matrizes de codornas de corte

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura (DZ/CCA/UFC) 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 540 codornas reprodutoras com 21 semanas de idade, selecionadas com base no peso corporal e produção de ovos, e distribuídas uniformemente nas gaiolas, de modo 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 nove tratamentos e seis repetições de dez aves, sendo a unidade experimental constituída de oito fêmeas e dois machos.

Os tratamentos consistiram em: T1 – ração sem adição dos ácidos; T2 – ração com adição de 0,25% de ACa; T3 – ração com 0,25% de ACa associado a 0,25% de AC; T4 – ração com 0,50% de ACa; T5 – ração com 0,50% de ACa associado a 0,25% de AC; T6 – ração com 0,50% de ACa associado a 0,50% de AC; T7 – ração com 0,75% de ACa; T8 – ração com 0,75% de ACa associado a 0,25% de AC; T9 – ração com 0,75% de ACa associado a 0,50% de AC.

Para obtenção da ração experimental de cada tratamento (Tabela 1), formulou-se a ração controle de acordo com as exigências nutricionais apresentados por Costa e Silva (2009), e foram considerados os valores de composição nutricional e energética dos ingredientes conforme proposto por Rostagno et al. (2017), sendo as demais obtidas pela substituição do inerte de acordo com a inclusão do anacardato de cálcio e ácido cítrico na proporção de cada tratamento.

O período experimental foi de 210 dias divididos em 10 períodos com duração de 21 dias cada. Durante todo o experimento, as rações e água foram oferecidas à vontade. 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 e nutricional da ração controle

Ingredientes	Quantidade (%)
Milho	41,05
Farelo de soja	40,79
Calcário calcítico	7,55
Óleo de soja	6,60
Fosfato bicalcico	1,67
DL- Metionina	0,27
L- Lisina	0,05
L- Treonina	0,07
Premix vitamínico ¹	0,10
Premix mineral ²	0,05
Inerte	1,25
Sal	0,55
Total	100,00
Composição nutricional calculada	
Energia metabolizável (kcal/kg)	2.800
Proteína bruta (%)	21,00
Cálcio (%)	3,000
Fósforo disponível (%)	0,300
Sódio	0,230
Lisina digestível (%)	1,100
Met+cist digestível (%)	0,700
Metionina digestível (%)	0,419
Treonina digestível (%)	0,810

¹Composição 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; ²Composição 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

As variáveis a serem acompanhadas foram o consumo de ração (g/ave/dia) - ração fornecida no início, e as sobras obtidas ao final de cada fase, que foram pesadas e por diferença foi calculado o consumo de ração; percentagem de postura (%/ave/dia) - a produção de ovos foi registrada diariamente por gaiola e ao final de cada período, e foram calculadas as percentagens de postura por repetição; massa de ovo (g/ave/dia) - a partir do número de ovos e do peso médio do ovo foi calculada a massa de ovo por repetição e por período; conversão alimentar (kg de ração/kg de ovo) - a partir dos dados de consumo de ração e da massa de ovo produzida foi realizado o cálculo da conversão alimentar para cada repetição por período.

3.4 Avaliação da qualidade externa e interna dos ovos

Para análise das variáveis de qualidade dos ovos, durante os períodos experimentais, um dia por semana 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).

Foi identificado o peso médio dos ovos (g) - a determinação do peso médio dos ovos (g) foi realizada por meio de pesagens individuais de todos os ovos de cada repetição em balança semianalítica com sensibilidade de 0,01g. Depois da pesagem, foi calculado o peso médio.

Terminada a pesagem dos ovos, foram selecionados três ovos por parcela para serem submetidos, em sequência, as demais determinações como, a densidade específica (g/cm³). unidade Haugh, espessura da casca, peso médio do ovo, percentagem de casca, gema e albúmen, e cor da gema. A densidade específica (DE) dos ovos foi determinada conforme procedimentos descritos por Freitas et al. (2004). Para obtenção do peso do ovo no ar e na água foi montado um sistema de pesagem dos ovos sobre balança semianalítica com sensibilidade de 0,01g, e o registro dos pesos foi usado para o cálculo da DE; qualidade do albúmen - a avaliação da qualidade do albúmen foi realizada com a determinação da unidade Haugh. Para isso, após a determinação da densidade específica, 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. Com as medidas de peso do ovo no ar e altura do albúmen foram realizados os cálculos utilizando-se a 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; percentual (%) gema - após ser medida a altura do albúmen, foi separado o albúmen da gema, sendo esta retirada e pesada. Para obter-se o seu percentual, o peso da gema foi dividido pelo peso do ovo,

multiplicando-se o valor obtido por 100; percentual (%) de casca - após a quebra dos ovos, as cascas foram separadas, lavadas e postas para secar, por 72 horas. Depois de secas foram pesadas em balança semianalítica com sensibilidade de 0,01g. Para obter-se o percentual, o peso da casca foi dividido pelo peso do ovo, multiplicando-se o valor obtido por 100; percentual (%) de albúmen - o percentual de albúmen foi obtido por diferença, quando: % albúmen = 100 - (% gema +% casca); espessura da casca (mm) - para a determinação da espessura da casca dos ovos, após a pesagem das cascas, foram retirados fragmentos de casca dos pólos maior e menor e da região equatorial dos ovos para medir a espessura em cada região com o uso de micrômetro digital com divisões de 0,01mm. A espessura da casca foi determinada pela média da espessura obtida nas três regiões do ovo; cor da gema do ovo- após a pesagem das gemas, as mesmas foram avaliadas quanto à cor, através da comparação pelo uso do aplicativo Digital YolkFan™.

3.5 Avaliação da oxidação lipídica da gema

No oitavo período experimental, foi realizada a avaliação da estabilidade lipídica da gema dos ovos. 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.

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, em um tubo de 15ml foram pesados aproximadamente 2g de gema in natura (sem película). Em seguida, foram adicionados 6,7 ml de ácido perclórico (3,86%) e 18,75 μL de BHT (4,5%) sendo o conteúdo homogeneizado em Vórtex por 30 segundos. Posteriormente os tubos foram centrifugados a 8500 rpm durante 10 minutos a 4°C . O sobrenadante foi filtrado em papel de filtro (Whatman nº 1).

Depois, 1ml do filtrado foi colocado em tubo eppendorf adicionando-se em seguida 1ml de solução aquosa de TBA (20mM). Os tubos foram aquecidos em aquecedor (Eppendorf ThermoMixer) por 30 minutos a 95°C sem agitação. Para reduzir a temperatura, os tubos foram colocados em centrífuga refrigerada a 4°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 μg de MDA por g da amostra.

3.6 Avaliação dos parâmetros de incubação

Para avaliar os parâmetros de incubação foram realizadas 4 incubações com ovos coletados no 2º, 4º, 6º e 8º períodos experimentais. Para isso, durante os 10 últimos dias de cada período todos os ovos de cada parcela foram coletados diariamente e encaminhados para o incubatório, onde foram submetidos à seleção para incubação, realizando-se 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 18oC.

No dia seguinte ao da última coleta, todos os ovos armazenados foram colocados em temperatura ambiente por oito horas, pesados em balança semianalítica, com sensibilidade de 0,01g, acondicionados 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 (17 dias).

Ao final de cada incubação os ovos não eclodidos foram quebrados para verificar o número de ovos não fertilizados.

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 do pinto ao nascer (g/ave). Após a eclosão todos os pintos foram pesados em balança semianalítica, com sensibilidade de 0,01g; (c) eclosão (%) calculada através da seguinte fórmula: $(\text{número de pintos} / \text{número de ovos incubados}) \times 100$; (d) eclodibilidade (%) calculada pela seguinte fórmula: $(\text{número de pintos} / \text{número de ovos férteis}) \times 100$; e (e) fertilidade (%) calculada por: $(\text{número de ovos férteis} / \text{número de ovos incubados}) \times 100$.

3.7 Avaliação do desempenho da progênie

Para avaliar o desempenho da progênie, após a eclosão e pesagem dos pintinhos as aves

foram alojadas, conforme os tratamentos, em boxes com dimensionamento 60 x 60 cm, com piso coberto por maravalha, e equipados com um bebedouro tipo copo pressão, um comedouro tubular e uma lâmpada incandescente de 100 watts.

Para avaliação de desempenho da progênie, as aves e as rações foram pesadas no 1º dia de vida das aves, aos 7 e 21 dias de idade, para a obtenção do consumo de ração (g/ave), ganho de peso (g/ave) e conversão alimentar. O consumo de ração foi obtido pela diferença entre a quantidade de ração fornecida no início do experimento e a quantidade de sobra no final de cada período e parcela. O ganho de peso foi calculado pela diferença de peso médio da parcela. A conversão alimentar foi obtida pelo valor de consumo de ração dividido pelo ganho de peso de cada parcela. As variáveis foram corrigidas pela mortalidade.

3.8 Análise estatística dos dados

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando o software “Statistical Analyses System” (SAS, 2000), sendo os dados analisados pelo procedimento ANOVA do SAS e as médias comparadas pelo teste SNK (5%).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para a avaliação do desempenho das aves demonstram que os tratamentos não influenciaram significativamente em nenhuma das variáveis, indicando que os níveis de adição do anacardato de cálcio e sua associação com o ácido cítrico não afetam o consumo de ração, produção de ovos, peso dos ovos, massa de ovos e conversão alimentar das codornas (Tabela 2).

Em aves destinadas à produção de ovos, o atendimento às exigências de nutrientes está relacionado diretamente ao consumo de ração e aproveitamento dos nutrientes da ração pelas aves. Dessa forma, fatores que influenciam negativamente no consumo ou aproveitamento dos nutrientes podem induzir a problemas de desempenho, visto que, prioritariamente, a produção de ovos depende do atendimento às exigências em energia, enquanto, as exigências em proteína e aminoácido influenciam o peso do ovo (Leeson e Summers, 1997). Assim, considerando que as rações foram formuladas para serem isoenergéticas, isoprotéicas e isoaminoacídicas e não houve diferença significativa entre os tratamentos para o consumo de ração, pode-se inferir que

a adição de anacardato de cálcio, assim como da sua associação ao ácido cítrico nos níveis empregados não teve influência no aproveitamento da energia e nutrientes da ração, atendendo às exigências em energia metabolizável, proteína e aminoácidos, garantindo que a percentagem de postura, o peso do ovo, a massa de ovo e a conversão alimentar não variassem significativamente entre os tratamentos.

Tabela 2. Desempenho das matrizes de codornas de corte alimentadas com anacardato de cálcio (ACa) associado ou não ao ácido cítrico (AC).

Tratamentos	Consumo de ração (g/ave/dia)	Postura (%)	Peso do ovo (g)	Massa de ovo (g/ave/dia)	Conversão alimentar
Controle	29,02	78,30	12,68	9,94	2,96
0,25% ACa ¹	29,12	77,47	12,81	9,93	2,95
0,25% ACa+0,25% AC	28,14	74,68	12,64	9,44	3,00
0,50% Aca	28,27	75,37	12,96	9,77	2,91
0,50% ACa+0,25% AC	28,22	77,18	12,63	9,73	2,92
0,50% ACa+0,50% AC	28,53	74,94	12,62	9,45	3,03
0,75% Aca	28,72	79,37	12,55	9,96	2,92
0,75% ACa+0,25% AC	28,13	75,12	12,41	9,31	3,04
0,75% ACa+0,50% AC	28,51	75,38	12,58	9,47	3,04
Média	28,52	76,42	12,65	9,67	2,97
CV ¹ (%)	5,08	9,63	2,63	9,70	9,38
ANOVA ² (p-valor)	0,9174	0,9548	0,2400	0,8984	0,9841

¹CV – coeficiente de variação; ²ANOVA – análise de variância.

Os resultados obtidos estão de acordo com os estudos com anacardato de cálcio em rações de aves de corte (Cruz, 2015) e postura (Santos, 2014), nos quais a inclusão em até 1% não resultou em alteração do desempenho das aves em relação aos tratamentos controle.

A hipótese inicial era que o uso combinado do anacardato de cálcio com ácido cítrico promovesse a acidificação da digesta no trato gastrointestinal a ponto de garantir a dissociação dos ácidos anarcárdicos dos sais de anacardato de cálcio, possibilitando a ação promotora do desempenho das aves, o que não foi observado. Contudo, a ausência de desafio sanitário pode ter contribuído para os resultados obtidos, uma vez que o desempenho das aves do grupo controle foi semelhante ao obtido para os tratamentos com aditivos, pois esse tem sido um fator

importante, contribuindo para variabilidade de respostas para inclusão dos ácidos orgânicos (Viola et al. 2006), havendo relatos de resposta positiva (Gama et al., 2000; Soltan, 2008; Youssef et al., 2013) e ausência de resposta sobre as variáveis desempenho e qualidade de ovos (Souza et al. 2018).

Na avaliação da qualidade dos ovos (Tabela 3), verificou-se que não houve efeito significativo dos tratamentos sobre as unidades Haugh, densidade específica, espessura da casca, cor da gema e as percentagens de gema, albúmen e casca.

Para aves saudáveis, as alterações nos constituintes dos ovos e, conseqüentemente, na sua qualidade estão associadas à disponibilidade de nutrientes para a formação de cada constituinte. Assim, uma carência de proteína ou aminoácidos pode resultar em decréscimo da quantidade de albúmen e, conseqüentemente, do tamanho do ovo (Costa et al., 2004). Por sua vez, a deficiência em minerais, especialmente o cálcio, pode afetar a proporção e qualidade da casca (Świątkiewicz et al., 2010). Dessa forma, a ausência de efeito significativo dos tratamentos sobre os constituintes e qualidade dos ovos pode ser relacionada ao atendimento das exigências das aves, visto que as rações foram formuladas para serem isonutrientes e não houve variação significativa no consumo de ração.

Os resultados obtidos para qualidade dos ovos são semelhantes aos observados no estudo de Santos (2014) ao testar anacardato de cálcio em ração de postura para codornas japonesas. No entanto, alguns estudos têm sugerido que a adição de ácidos orgânicos melhoram alguns parâmetros de qualidade interna dos ovos (Soltan, 2008; Özek et al., 2011) e a utilização de minerais pelas aves, melhorando a qualidade da casca dos ovos (Soltan, 2008; Świątkiewicz et al., 2010; Kaya et al., 2013). Para os pesquisadores, esses efeitos estão associados à redução do pH do trato digestório, aumento da dissociação dos minerais e da atividade de enzimas digestivas. Dessa forma, a ausência de efeito significativo sobre os constituintes e qualidade interna e da casca dos ovos, indicam que esses benefícios não ocorreram com a adição do anacardato de cálcio associado ou não com o ácido cítrico na ração das codornas.

Vale ressaltar que assim como para o desempenho, também são relatados ausência de benefícios da adição de ácidos orgânicos (Yesilbag e Çolpan, 2006; Świątkiewicz et al., 2010; Kaya et al., 2013) sobre a qualidade interna dos ovos, assim como, dos ácidos orgânicos (Mahdavi et al., 2005) na qualidade da casca.

Quanto a cor de gema, considerando 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, pode se inferir que a inclusão de anacardato de cálcio associado ou não ao ácido cítrico nas rações não influenciaram os fatores anteriormente

relatados e conseqüentemente não comprometeram esse parâmetro. Santos (2014), também, não observou efeito da adição do anacardato de cálcio na coloração da gema dos ovos de codornas, assim como outros pesquisadores (Yesilbag e Colpan, 2006; Park et al. 2009) não têm relatado influência dos ácidos orgânicos na pigmentação da gemas dos ovos de galinhas.

Tabela 3. Qualidade interna e externa dos ovos das matrizes de codornas de corte alimentadas com anacardato de cálcio (ACa) associado ou não ao ácido cítrico (AC)

Tratamentos	UH ¹	DE ² (g/cm ³)	EC ³ (mm)	Cor da gema	Alb ⁴ (%)	Gema ⁵ (%)	Casca ⁶ (%)	Tbars mgMDA /g
Controle	82,16	1,0772	25,77	6,28	63,27	28,39	7,75	0,77a
0,25% de ACa	82,12	1,0748	25,69	6,25	63,02	29,05	7,93	0,75a
0,25% de ACa+0,25% AC	81,27	1,0757	25,56	6,39	63,73	28,66	7,87	0,69ab
0,50% de ACa	82,46	1,0763	25,48	6,40	63,66	28,58	7,88	0,68ab
0,50% de ACa+0,25% AC	82,05	1,0767	25,39	6,34	63,95	28,13	7,96	0,59b
0,50% de ACa+0,50% AC	82,25	1,0760	25,35	6,32	62,84	29,23	7,94	0,63b
0,75% de Aca	82,13	1,0745	25,48	6,35	63,17	29,30	7,79	0,57b
0,75% de ACa+0,25% AC	81,83	1,0750	25,60	6,48	62,72	29,61	7,81	0,65ab
0,75% de ACa+0,50% AC	81,27	1,0743	25,67	6,41	63,49	28,75	7,76	0,69b
Média	81,95	1,0756	25,55	6,36	63,31	28,86	7,85	0,67
CV ⁷ (%)	1,22	0,1700	1,40	3,96	1,55	2,93	1,75	11,05
ANOVA ⁸ (p-valor)	0,4049	0,1009	0,5194	0,8646	0,3697	0,0827	0,0691	0,0002

¹UH – unidade Haugh; ²DE – densidade específica; ³EC – espessura de casca; ⁴A (%) – percentagem de albúmen; ⁵G (%) – percentagem de gema; ⁶C (%) percentagem de casca; ⁷CV – coeficiente de variação; ⁸ANOVA – análise de variância.

Na avaliação da oxidação dos lipídeos da gema houve diferença significativa entre os tratamentos, obtendo-se menor oxidação para as gemas dos ovos das aves alimentadas com as rações contendo 0,50% de ACa associado a 0,25% de AC, 0,50% de ACa associado a 0,50%

de AC e com 0,75% de ACa, quando comparados ao grupo controle e alimentadas com 0,25% de ACa. Conforme a associação de 0,50% de ACa com AC até 0,50% pode beneficiar a estabilidade lipídica, assim como, a dose isolada de 0,75% ACa. Contudo, a associação de 0,75% Aca com os diferentes níveis de AC promoveram efeito pró-oxidativo, aumentando os valores de TBARS nas gemas.

Os resultados observados sobre a oxidação lipídica da gema na presente pesquisa estão de acordo com a literatura, visto que os benefícios da ação antioxidante do ácido anacárdico na gema dos ovos têm sido demonstrados por outros pesquisadores com a adição do LLC na ração de postura (Abreu et al., 2017; Braz et al., 2019), da mesma forma que sua ação pró-oxidante, quando o anacardato de cálcio foi adicionado em dose superior a 0,75% na ração de frangos de corte (Abreu et al., 2019). Reduções na oxidação lipídica dos ovos de matrizes de frangos de corte foram relatadas com a adição de outros compostos com ação antioxidante na ração, como a cantaxantina (Zhang et al., 2018).

Na avaliação dos parâmetros de incubação, verificou-se que não houve efeito significativo dos tratamentos sobre nenhuma das variáveis (Tabela 4), indicando que os níveis de adição do anacardato de cálcio e sua associação com o ácido cítrico não influenciaram o peso médio dos ovos incubados e dos pintos ao nascerem, a percentagem de eclosão e eclodibilidade dos ovos e a fertilidade das aves.

O peso do ovo incubado e do pintinho ao nascer estão diretamente relacionados e, portanto o peso de um pintinho de boa qualidade deve corresponder de 62 a 76% do peso do ovo incubado (Schmidt et al., 2002). Conforme os resultados obtidos, o peso médio dos pintos ao nascerem, corresponde a 69,40% do peso do ovo incubado, estando de acordo com os relatos da literatura.

Levando em consideração que a eclodibilidade é obtida na relação entre a quantidade de pintos nascidos e a proporção de ovos férteis incubados, as alterações nesse índice podem ser associadas à mortalidade dos embriões ao longo do processo de incubação, que pode ocorrer por fatores ligados ao processo de incubação propriamente dito, mas também, por fatores ligados à reprodutora que deu origem ao ovo incubado, podendo-se destacar a nutrição da matriz e a sua influência na composição do ovo. Dessa forma, como as condições de incubação foram semelhantes para todos os ovos, a ausência de diferença significativa entre os tratamentos indica que, a adição do anacardato de cálcio e sua associação com ácido cítrico não teve influência sobre o desenvolvimento embrionário, causando ou evitando mortalidade do embrião nos diferentes estágios.

Tabela 4. Parâmetros da incubação dos ovos das matrizes de codornas de corte alimentadas com anacardato de cálcio (ACa) associado ou não ao ácido cítrico (AC)

Tratamentos	Peso do ovo				
	incubado (g)	Peso do Pinto (g)	Eclosão (%)	Eclodibilidade (%)	Fertilidade (%)
Controle	12,91	8,84	62,80	66,37	94,62
0,25% de ACa	12,63	8,85	60,65	66,70	87,32
0,25% de ACa + 0,25 AC	12,41	8,70	59,00	65,19	90,00
0,50% de Aca	12,65	8,84	61,60	66,58	90,98
0,50% de ACa+0,25% AC	12,33	8,71	63,69	67,85	91,11
0,50% de ACa + 0,50% AC	12,57	8,76	63,15	71,01	87,95
0,75% de ACa	12,47	8,57	57,16	62,80	89,93
0,75% de ACa + 0,25% AC	12,52	8,61	67,82	73,92	88,88
0,75% de ACa + 0,50% AC	12,59	8,59	56,77	61,42	91,42
Média	12,56	8,72	61,25	66,67	90,25
CV ¹ (%)	3,42	3,96	17,97	12,97	8,26
ANOVA ² (p-valor)	0,5278	0,7522	0,9107	0,6429	0,8995

¹CV – coeficiente de variação; ²ANOVA – análise de variância.

Conforme os relatos de alguns pesquisadores (Zhang et al., 2018) a adição de antioxidante nas rações das reprodutoras pode contribuir para estabilização lipídica das gemas dos ovos durante o armazenamento dos mesmo até a incubação e também reduzir os danos da peroxidação lipídica dos tecidos dos embriões que naturalmente ocorrem e que podem levar a malformações embrionárias, contribuindo para redução na eclodibilidade e qualidade dos pintos. Contudo, os resultados obtidos na presente pesquisa discordam dos relatos anteriores, visto que a redução da peroxidação lipídica das gemas até o início do processo de incubação não resultou em diferenças significativas nas variáveis de incubação avaliadas.

Os valores para eclodibilidade e fertilidade obtidos nesta pesquisa estão de acordo com Araujo et al. (2015) que obteve taxa de 63,97% para eclodibilidade e de 84% para fertilidade para codornas japonesas. Segundo os pesquisadores o armazenamento de ovos por período superior a uma semana, apresenta a redução da eclodibilidade dos ovos devido às alterações químicas que ocorrerem durante o tempo e condições de armazenamento. Nesse sentido, pode-se inferir que os benefícios da adição dos antioxidantes em proteger as gemas, relatados anteriormente, podem vir a melhorar os resultados do processo de incubação de ovos submetidos a um maior tempo de armazenamento até a incubação, devendo esse efeito ser

avaliado em estudos posteriores.

Tabela 5. Desempenho da progênie oriunda das matrizes de codornas de corte alimentadas com anacardato de cálcio (ACa) associado ou não ao ácido cítrico (AC)

Tratamentos	Consumo de	Ganho de	Conversão	Peso final
	ração (g)	peso (g)	alimentar	(g)
	1 a 7 dias de idade			
Controle	29,97	20,58	1,62	28,68
0,25% de ACa	29,69	18,33	1,47	28,04
0,25% de ACa + 0,25% AC	30,60	18,37	1,67	28,85
0,50% de ACa	30,07	18,98	1,59	27,84
0,50% de ACa + 0,50% AC	29,51	19,86	1,50	28,61
0,75% de ACa	30,38	18,66	1,64	27,24
0,75% de ACa + 0,25% AC	29,86	20,33	1,48	28,94
0,75% de ACa + 0,50% AC	30,50	20,36	1,51	29,00
Média	30,13	19,34	1,57	28,33
CV ¹ (%)	4,31	8,37	10,36	8,66
ANOVA ² (p-valor)	0,7947	0,0691	0,1939	0,9231
	1 a 21 dias de idade			
Controle	272,5	129,24	2,11	138,08
0,25% de ACa	257,97	122,57	2,11	131,42
0,25% de ACa + 0,25% AC	258,70	127,26	2,04	135,99
0,50% de ACa	265,14	126,26	2,10	135,12
0,50% de ACa+0,25% AC	269,25	121,51	2,22	130,22
0,50% de ACa + 0,50% AC	270,64	132,32	2,06	141,07
0,75% de ACa	265,19	130,22	2,05	138,79
0,75% de ACa + 0,25% AC	265,83	126,36	2,11	134,96
0,75% de ACa + 0,50% AC	264,62	122,43	2,18	131,07
Média	265,54	126,46	2,11	135,19
CV ¹ (%)	6,82	7,36	8,98	6,95
ANOVA ² (p-valor)	0,8889	0,467	0,7547	0,482

¹CV – coeficiente de variação; ²ANOVA – análise de variância.

Na avaliação do desempenho da progênie, verificou-se que não houve efeito

significativo dos tratamentos sobre nenhuma das variáveis nos períodos de 1 a 7 e de 1 a 21 dias (Tabela 5), indicando que os níveis de adição do anacardato de cálcio e sua associação com o ácido cítrico não influenciaram o consumo de ração, ganho de peso, peso médio final e conversão alimentar da progênie. Considerando que a progênie dos diferentes tratamentos recebeu a mesma alimentação e condições de alojamento e manejo de 1 a 21 dias de idade, a ausência de diferença significativa no desempenho da progênie pode ser associada aos resultados obtidos para o desempenho das matrizes, a qualidade dos ovos e os parâmetros de incubação.

A relação entre a nutrição da matriz e o desempenho da progênie está comprovada (Vieira e Moran Jr., 1998) e, portanto, os aditivos adicionados na dieta das matrizes podem ser aproveitados pela progênie, melhorando o desempenho. Nesse contexto o uso de antioxidantes na ração das matrizes tem sido estudado, buscando reduzir os efeitos do estresse oxidativo durante a incubação e assim, melhorar os parâmetros de incubação e o desempenho dos pintos na fase inicial. Contudo os resultados das pesquisas têm sido variáveis, indicando que mesmo em situações em que a estabilidade lipídica da gema dos ovos foi melhorada e a eclodibilidade foi melhor, não foram observados efeitos significativos melhorando o desempenho dos pintos (Koedijk et al., 2018). Os resultados obtidos na presente pesquisa corroboram com estas observações visto que os efeitos positivos sobre a oxidação lipídica das gemas não resultou em melhor desempenho dos pintos até 21 dias de idade.

5 CONCLUSÃO

A inclusão de anacardato de cálcio e sua associação com ácido cítrico na ração para matrizes de codornas de corte não tem influência nos parâmetros de desempenho das aves, incubação, desempenho da progênie e qualidade dos ovos, a exceção da oxidação lipídica da gema, podendo-se incluir 0,75% ACa ou 0,50% de ACa em associação com 0,25% de AC na ração para obter menor oxidação.

REFERÊNCIAS

- ABREU, V. K. G.; PEREIRA, A. L. F.; FREITAS, E. R.; TREVISAN, M. T. S.; COSTA, J. M. C.; BRAZ, N. M. Cashew Nut Shell Liquid Supplementation and the Effect on Lipid Oxidation and Color in Fresh and Spray-Dried Eggs. **J. Food Process. Preserv**, Fortaleza, v. 41, 2017.
- ABREU, V.K.G.; PEREIRA, A.L.F.; FREITAS, E.R.; TREVISAN, M.T.S.; COSTA, J.M. C.; CRUZ, C.E.B. Lipid and colour stability of the meat and sausages of broiler fed with calcium anacardate. **J. Sci. Food Agric.**, Fortaleza, v. 99, p. 2124-2131, 2019.
- ACHANATH, R.; SRINIVAS, M.; RAMADOSS, C.S. **Antimicrobial derivatives of anacardic acid and process for preparing the same**. 2010 Disponível em: <http://www.freepatentsonline.com/y2010/0016630.html> Acesso em: 28 maio de 2018.
- ALMEIDA, M.I.M.; OLIVEIRA, E.G.; RAMOS, P.R.; VEIGA, N.; DIAS, K. Growth performance of meat male quails (*Coturnix sp.*) of two lines under two nutritional environments. **Arch. Vet. Sci.**, v.7, n.2, p.103-108, 2002.
- ARAÚJO, I.C.S.; MESQUITA, M.A.; ANDRADE, M.A.; CASTEJON, F.V.; CAFÉ, M.B.; ARNHOLD, E.; LEANDRO, N.S.M. Efeito do período e temperatura de armazenamento de ovos férteis sobre o rendimento de incubação e características de qualidade de codornas neonatas. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** v.67, n.6, p. 1693-1702, 2015.
- ATTIA, Y. A.; WALID S. EL-TAHAWY; ABD EL-HAMID E. ABD EL-HAMID; SABER S. HASSAN; ANTONINO NIZZA & MAHMOUD I. El-Kelaway (2012) Effect of phytase with or without multienzyme supplementation on performance and nutrient digestibility of young broiler chicks fed mash or crumble diets, **Italian Journal of Animal Science**, 11:3, DOI: 10.4081/ijas.2012.e56
- BELLAVER, C.; SCHEUERMANN, G. Aplicações de ácidos orgânicos na produção de aves de corte. In: **CONFERENCIA AVESUI**, 3., 2004, Florianópolis, SC. [s.l.]: Anais eletrônicos... Concórdia: Embrapa CNPSA, 2004.
- BOILING, S.D.; WEBEL, D.M.; MAVROMICHALIS, I.; PARSONS, C.M.; BAKER, D.H. The effects of citric acid on phytate-phosphorus utilization in young chicks and pigs. **J Anim Sci.**, v. 78, n. 3, p. 682-689, 2000.
- BOLTON, W. E DEWAR, W.A. 1964. The digestibility of acetic, propionic and butyric acids by the fowl. **British Poultry Science**, 6:103-105.
- BRAZ, N.M.; FREITAS, E.R.; TREVISAN, M.T.S.; SALLES, R.P.R.; CRUZ, C.E.B.; FARIAS, N.N.P.; WATANABE, P.H. Performance and egg quality of laying hens fed different dietary levels of cashew nut shell liquid. **S. Afr. J. Anim. Sci.**, v. 49, p. 513-520, 2019.

BRAZ, N.M.; FREITAS, E.R. ; TREVISAN, M.T.S.; NASCIMENTO, G.A.J. ; SALLES, R.P. R.; CRUZ, C. E.B.; FARIAS, N.N.P.; SILVA, I. N. G. ; WATANABE, P.H. Serum biochemical profile, enzymatic activity and lipid peroxidation in organs of laying hens fed diets containing cashew nut shell liquid. **J Anim Physiol Anim Nutr.**, v. 102, p. 67-74, 2018.

BÜHLER, KATHRIN. Benzoic acid as feed additive in pig nutrition: Effects of diet composition on performance, digestion and ecological aspects. 2009. Thesis (Doctoral in Sciences) . **ETH ZURICH**, Suíça, 2009.

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. **Poult. Sci.** 81:1415–1420, 2002.

COSTA, F.G.P.; SOUZA, H.C; GOMES, C.A.V.; BARROS L.R.; BRANDÃO, P.A.; NASCIMENTO, G.A.J.; SANTOS, A.W.R.; AMARANTE JR., V.S. Níveis de proteína bruta e energia metabolizável na produção e qualidade dos ovos de poedeiras da linhagem Lohmann Brown. **Cienc Agrotec.**, Lavras, v.28, n.6, p. 1421-1427, 2004.

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

CRUZ, CARLOS EDUARDO BRAGA. **Anacardato de cálcio como fonte de ácido anacárdico na alimentação de frangos de corte**. 2015. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrária, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2015.

CRUZ, C.E.B. ; FREITAS, E.R. ; BRAZ, N.M ; SALLES, R.P.R. ; SILVA, I.N.G. Blood parameters and enzymatic and oxidative activity in the liver of chickens fed with calcium anacardate. **Rev Cienc Agron**, Fortaleza, v. 49, p. 343-352, 2018.

CRUZ, C.E.B.; FREITAS, E.R.; AGUIAR, G.C.; BRAZ, N. M.; TREVISAN, M.T.S. Calcium anacardate in the diet of broiler chickens: the effects on growth and bone quality. **Rev Cienc Agron.**, v. 50, p. 329-337, 2019.

DEEPA, C.; JEYANTHI, G.P.; CHANDRASEKARAN, D. Effect of Phytase and Citric Acid Supplementation on the Growth Performance, Phosphorus, Calcium and Nitrogen Retention on Broiler Chicks Fed With Low Level of Available Phosphorus. **Asian J Poultry Sci.**, v.5, p. 28-34, 2011.

DIBNER, J.J. E BUTTIN, P. Use of Organic Acids as a Model to Study the Impact of Gut Microflora on Nutrition and Metabolism. **J. Appl. Poult. Res.**, v.11, p.453-463, 2002.

FAGBENRO, O. A.; FASAKIN E. F. Citric-acid-ensiled poultry viscera as protein supplement for catfish (*Clarias gariepinus*). **Bioresour. Technol.**, v. 58, n. 1, p. 13-16, 1996. Food Ingredientes Brasil. Aplicação do ácido cítrico na indústria de alimentos. [s.l.]: **Revista-fi**, v. 30, p. 96-103, 2014.

FREITAS, EDNARDO RODRIGUES, SAKOMURA, NILVA KAZUE, GONZALEZ,

- MARCOS MARTINS, & BARBOSA, NEI ANDRÉ ARRUDA. (2004). Comparação de métodos de determinação da gravidade específica de ovos de poedeiras comerciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39(5), 509-512.
- GAMA, N.; OLIVEIRA, M.B.C.; SANTIN, E.; BERCHIERI JR, A. Ácidos orgânicos em rações de poedeiras comerciais. **Ciênc Rural.**, v.30, n.3, p.499-502, 2000.
- GELLERMAN, J.L.; SCHLENK. H. Methods for isolation and determination of anacardicacids. [s.l.]: **Anal. Chem.**, v.40, n.4, p.739-743, 1968.
- GONZALES, M. J. T. G. *et al.* Further alkyl and alkenylphenols of *Knema Laurina* and *Knema austrosiamensis*: location of the double bond in the alkenyl side chains. **Phytochemistry**, v.43, n.6, p.1333-1337, 1996.
- GREEN, I.R., TOCOLI, F.E.; LEE, S.H, NIHEI, K., KUBO I. Molecular design of anti-MRSA agents based on the anacardic acid scaffold. **Biorg Med Chem.**, v.15, p.6236 – 6241, 2007.
- HOSSAIN, M.A.; PANDEY, A.; SATOH, S. Effects of organic acids on growth and phosphorus in red sea bream *Pagrus major*. **Fisheries Sci.**, v. 73, n. 6, p.1309- 1317, 2007.
- HUME, M. E., CORRIER, D. E., IVIE, G. W. E DELOACH, J. R. 1993. Metabolism of [14 C]propionic acid in broiler chicks. **Poultry Science**, 72:786-793.
- IBGE. **Pesquisa da Pecuária Municipal**. 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado>. Acesso em 10 de dezembro de 2018.
- Jung, H.; Bolduan, G. Zur Wirkung von Bicarbonat auf die Futteraufnahme bei Milchkühen.. **Mhertz Veterinar Medizin, Berlin**, v.41, p.50-52, 1986.
- KAYA, A.; KAYA, H.; GUL, M.; CELEBI, S. The Effect of Zeolite and Organic Acid Mixture Supplementation in the Layer Diet on Performance, Egg Quality Traits and Some Blood Parameters. **J Anim Vet Adv.**, v.12, p.782-787, 2013.
- KUBO J.; LEE J.R.; KUBO I. Anti_ *Helicobacter Pylori* agents from the cashew apple. **J Agri Food Chem.** 47:533-537, 1999.
- KUBO, I; NIHEI, K.I.; TSUJIMOTO, K. Antibacterial action of anacardic acids against methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). **J Agr Food Chem**, v.51, p.7624- 7628, 2003.
- LEESON,S.; CASTON, L.; SUMMERS, J.D. Layer performance of four strains of leghorn Pullets Subjected To Various Rearing Programs. **Poult. Sci.**, v.76, p.1–5, 1997.
- LIMA, C.A.A.; PASTORE, G.M.; LIMA, E.D.P.A.; Estudo da atividade antimicrobiana dos ácidos anacárdicos do óleo da casca da castanha de caju (CNSL) dos clones de cajueiro-anão-precoce ccp-76 e ccp-09 em cinco estágios de maturação sobre microrganismos da cavidade bucal. **Ciência Tecnol Alime.** v.20, n.3, p. 2000.

MAHDAVI, A.H.; RAHMANI, H.R.; POURREZA, J. Effect of probiotic supplements on egg quality and laying hen's performance. **Int. J. Poult. Sci.**, 4: 488-492, 2005.

MATOS, J. E. X.; SILVA, F. J. A.; VIEIRA, P. B. Solventes para extração do líquido da castanha de caju e compatibilidade ambiental. **Rev. Tecnol. Fortaleza**, v.29, n.1, p.101-109, 1998

MATOS, J.E.X.; SILVA, F.J.A.; VIEIRA, P.B. Solventes para extração do líquido da castanha de caju (LCC) e compatibilidade ambiental. **Tecnol. Fortaleza**, v.29, n.1, p.101-109, 2008.

MAZZETTO, J.E.X., LOMONOACO, D., MELE, G. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. **Quim. Nova**, v. 32, n.3, p.732-741, 2009.

MOREIRA, L. F. B.; GONZÁLEZ, G.; LUCAS, E. F. Estudo da interatividade entre moléculas asfálticas e compostos estabilizantes: LCC e Cardanol. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.8, n.3, p.46-54, 1998.

MROZ, Z. Organic acids as potential alternatives to antibiotic growth promoters for pigs. **Advances in Pork Production**, v.16, p.169-182, 2005.

MURATA, M .; IRIE, J .; HOMMA, S. A inibição da síntese de lípidos de bactérias, levedurase células animais por ácidos anacárdicos, inibidores da glicerol-3-fosfato desidrogenase a partir de ginkgo. **Food Sei .Technol .**, v.30, p. 458-463, 1997.

MUROI, H.; KUBO, I. Antibacterial activity of anacardic acid and totarol, alone and in combination with methicillin, against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. **JAppl Bacteriol.**, v.80, p.387-394, 1996.

NARASIMHAN, B., PANGHAL, A.; SINGH, N.; DHAKE.A. Efficiency of anacardic acid as preservative in tomato products. **J. Food Process. Preserv.**, v. 32, n.4, p.600-609, 2008.

OSTERMANN, D.; SANFEKUCE, A. M.; VIEIRA, S. L. Metabolismo e bases conceituais para a ação benéfica de ácidos orgânicos para frangos de corte. In: **Ave World: A Revista do Agricultor Moderno**. São Paulo, ano 3, n.15, p. 28-31, 2005.

ÖZEK, K.; WELLMANN, K.T.;ERTEKIN, B.; TARIM, B. Effects of dietary herbal essential oil mixture and organic acid preparation on laying traits, gastrointestinal tract characteristics, blood parameters and immune response of laying in a hot summerseason. **J Anim Feed Sci.**, v.20, p.575-586, 2011.

PANDA, B.; SINGH, R.P. Developments in processing quail meat and eggs. **Worlds Poult Sci J.**, v.46, 219- 234, 1990.

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. **J Agric Food Chemistry**, v.49, p. 2548-2551, 2001.

PARK K.W.; RHEE, J.S.; UM, J.S.; PAIK, I.K. Effect of dietary available phosphorus and organic acids on the performance and egg quality of laying hens. **J Appl Poultry Res.**, v.18, p.598–604, 2009.

PARTANEN, K.H.; MROZ, Z. Organic acids for performance enhancement in pig diets. **Nutr. Res. Rev.**, v.12, n.1, p. 117-145, 1999.

PASQUALI, G. M.; PIMENTA, G. E. M. Aditivos fitogênicos: uma alternativa ao uso de antibióticos promotores de crescimento na alimentação de aves. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p.147. 2014

REZENDE, M.J.M., FLAUZINA P.L., MCMANUS, C., OLIVEIRA, M.Q.L. Desempenho produtivo e biometria das vísceras de codornas francesas alimentadas com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta. [s.l.]: **Acta Sci. Anim. Sci.**, v.26, n.3, p. 353- 358, 2004.

ROCHA, J.S.R., BARBOSA, V.M., LARA, L.J.C., BAIÃO, N.C., CANÇADO, S.V., LANA, A.M.Q., POMPEU, M.A., VASCONCELOS, R.J.C., MACHADO, A.L.C., MIRANDA, D.J.A., FERNANDES, M.N.S., & MENDES, P.M.M.. (2013). Efeito do armazenamento e da cantaxantina dietética sobre a qualidade do ovo fértil e o desenvolvimento embrionário. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 65(3), 792-800.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; ABREU, M. L. T.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4a Ed, 2017

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007, 283p.

SANTOS, REBECA CRUS DOS. **Anacardato de cálcio como fonte de ácido anacárdico na alimentação de codornas japonesas em postura**. 2014. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrária, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2014.

SCHIMIDT, G.S.; FIGUEIREDO, E.A.P.; AVILA, V.S. Incubação: estocagem de ovos férteis. Brasília, DF: **Embrapa**, 2002. p.1-5. (Comunicado Técnico, 303).

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

SOLTAN, M.A. Effect of dietary organic acid supplementation on egg production, egg quality and some blood serum parameters in laying hens. **Int. J. Poult. Sci.**, v.7, n.6, p. 613-621, 2008.

SOUZA, F.G.; SILVA, O.J.C.; SOUZA, G.C.; TAVARES, J.M.N. Qualidade e desempenho

de ovos contendo ácidos orgânicos na dieta de poedeiras em fase final de produção. 28° Congresso Brasileiro de Zootecnia, 2018. [s.l.]: **Anais...** Disponível em: <http://www.adaltech.com.br/anais/zootecnia2018/resumos/trab-2509.pdf>. Acesso em: 02/11/2019.

Software Statistical Analysis System (SAS ®) 2000

SUGIURA, S.H.; DONG, F.M.; HARDY, R.W. Effects of dietary supplements on the availability of minerals in fish meal; preliminary observations. **Aquac.**, v. 160, n. 3, p. 283-303, 1998.

ŚWIĄTKIEWICZ, S.; KORELESKI, J.; ARCZEWSKA, A. Laying performance and eggshell quality in laying hens fed diets supplemented with prebiotics and organic acids. **Czech J. Anim. Sci.**, v.55, n.7, p. 294-306, 2010.

THOMPSON, K.; HILTON, M. Anti bacterial activity of formic acid and propionic acid in the diets of hens on Salmonella in the crop. **Br Poult Sci** 1997; 38: 59-65.

TOYOMIZU, M., NAKAI, Y.; NAKATSU, T.; AKIBA, Y. Inhibitory effect of dietary anacardic acid supplementation on cecal lesion formation following chicken coccidial infection. **Anim. Sci. J.**, v. 74, n. 2, p. 105-109. 2003.

TREVISAN, M.T.S.B. PFUNDSTEIN, B.; HAUBNER, R.; WÜRTELE, G.; SPIEGELHALDER, B.; BARTSCH, H.; OWEN, RW .. Characterization of alkyl phenols in cashew (*Anacardium occidentale*) products and assay of their antioxidant capacity. **Food Chem Toxicol.**, v. 44, p. 188–197. 2006.

VALENTIM, JEAN & CHAVES DE PAULA, KARYNNE LUANA & GERALDO, ADRIANO & MIRANDA, DIOGO & LEMKE, SARA & OLIVEIRA, MARLLON & OLIVEIRA, JEFERSON. (2018). Use of probiotics in diets of wild-type chickens and its effects on performance. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. 19. 315-323.

VIEIRA, S.L.; MORAN JR, E.T. Broiler yields using chicks from extremes in breeder age and dietary propionate. **J Appl Poultry Res.**, v.7, p.320-327, 1998.

VIOLA, EDUARDO SPILLARI. **Uso de acidificantes em dietas de frangos de corte: resíduos no trato digestivo e efeitos sobre o desempenho animal e morfologia intestinal**. 2006. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrária, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2006.

WANG, Y., D. RIND, C.R. TREPTE, G.S. KENT, G.K. YUE, AND K.M. SKEENS, 1998: An empirical model study of the tropospheric meridional circulation based on SAGE II observations. **J. Geophys. Res.**, 103, 13801-13818

YESILBAG D.; ÇOLPAN, I. Effects of organic acid supplemented diets on growth performance, egg production and quality and on serum parameters in laying hens. **Rev Med Vet-Toulouse**, v.157, p.280–284, 2006.

YOUSSEF, A.W.; HASSAN, H.M.A.; ALI, H.M.; MOHAMED, M.A. Effect of probiotics, prebiotics and organic acids on layer performance and egg quality. **Asian J Poultry Sci.**, v. 7, n.2, p.65-74, 2013.

ZHANG, X.Y; LI, L.P.; MIAO, N.N. Effects of in ovo feeding of cationic amino acids on hatchability, hatch weights, and organ developments in domestic pigeon squabs (*Columba livia*). **Poult Sci.**, v. 97, p.110–117, 2018.