

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ASSOCIAÇÃO DE DIFERENTES FONTES MINERAIS E
ÓLEO DE ALECRIM NA ALIMENTAÇÃO DE POEDEIRAS
SEMIPESADAS

Acadêmica: Natália Ramos Batista

Aquidauana-MS
Fevereiro/2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ASSOCIAÇÃO DE DIFERENTES FONTES MINERAIS E
ÓLEO DE ALECRIM NA ALIMENTAÇÃO DE POEDEIRAS
SEMIPESADAS

Acadêmica: Natália Ramos Batista
Orientadora: Dr^a. Elis Regina de Moraes Garcia

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia”

Aquidauana-MS
Fevereiro/2015

B337a Batista, Natália Ramos

Associação de diferentes fontes minerais e óleo de alecrim na
alimentação de poedeiras semipesadas/ Natália Ramos Batista.
Aquidauana, MS: UEMS, 2015.

75f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Zootecnia – Universidade Estadual de
Mato Grosso do Sul, 2015.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Elis Regina de Moraes Garcia.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
PRODUÇÃO ANIMAL NO CERRADO-PANTANAL



NATÁLIA RAMOS BATISTA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 25/02/2015.

Dra. Elis Regina de Moraes Garcia (UEMS)
Orientadora.

Dr. Charles Kiefer (UFMS)

Dra. Karina Márcia Ribeiro de Souza (UFMS)

“– Não há finais felizes, amigo. *“La vida es muy bonita pero al fin siempre se acaba”*.”

– Tens razão. Não há finais felizes, mas há finais que anunciam tempos melhores.”

(José Eduardo Agualusa. O ano em que Zumbi tomou o Rio, 2002, p. 290)

À minha querida e amada avó,

Luiza Gonçalves Ribeiro

Pelo apoio incondicional em minha caminhada e carinho transmitido em toda
minha vida

Às minhas amadas irmãs,

Nara, Rafaela e Gabriela

como um incentivo para nunca desistirem dos seus sonhos.

Ao meu amado,

Cristiano Bergamo Chaves

pelo apoio incondicional e grande incentivo

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela dádiva da vida e por, em muitos momentos aflitivos, proporcionar-me paz e serenidade para enfrentar os obstáculos e superar os desafios.

À Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Unidade Universitária de Aquidauana pela oportunidade da realização do curso de Pós graduação em Zootecnia.

À CAPES, pela bolsa de mestrado, a qual permitiu que eu vivesse com dignidade enquanto desenvolvia parte deste trabalho.

À Prof^a. Dr^a. Elis Regina de Moraes Garcia pela orientação, ensinamentos, incentivos e acima de tudo, pela enorme paciência e confiança depositada em mim desde a graduação. Por cada “puxão de orelha” e “sermão da montanha”. Obrigada por cada vez que segurou a minha mão e por ter me ensinado a voar mais alto do que poderia imaginar!

À empresa Vet Science® pelo fornecimento dos aditivos utilizados neste experimento.

À Professora Nanci Cappi pela disponibilidade do laboratório de Resíduos de Origem Animal e de Qualidade de Água.

À Prof^a. Dr^a. Tatiana Carlesso dos Santos pela disponibilidade, paciência e ensinamentos durante a execução da análise de poros.

Ao Prof. Dr. Carlos Antonio Lopes de Oliveira pelo auxílio e orientação durante a realização das análises estatísticas.

Aos colegas de trabalho que me ajudaram na execução desse e de vários outros experimentos, compartilhando de boas risadas independente das condições climáticas, de saúde ou até mesmo de humor: Rosemary P. P. Souza, Laura R. de Ávila, Flávia K. Cruz, e William B. Feliciano. Em especial à minha querida amiga Naiara N. Arguelo, pela enorme ajuda, conselhos, incentivos e milhares de caronas!

Aos professores Dr^a. Tânia Mara Baptista dos Santos e Dr. André Luiz Julien Ferraz pela grande contribuição durante a correção deste trabalho.

Aos funcionários da UEMS, em especial: Renato, Carmelita, Robson, Sr. Ademar, Sr. Leonardo, Sr. Julio e Cícero, o auxílio de vocês foi fundamental!

À minha querida e amada avó Luiza Gonçalves Ribeiro, pela confiança e carinho durante toda a minha vida.

Ao meu grande amor, Cristiano Bergamo Chaves por estar comigo em todos os momentos, horários e situações, abdicando parte de seus compromissos para atender os meus. Por ter paciência para ouvir todos os meus desabaços, crises e explicações sobre galinhas, tendo carinho para enxugar as minhas lágrimas e compartilhar dos meus sorrisos. Você é uma pessoa especial!

Aos meus pais, Leonice Auxiliadora Gonçalves Ramos e Waltercides Ferreira Batista, pela criação, carinho e compreensão pela minha ausência durante todos esses anos.

À minha querida amiga Josilaine Ap. Lima, que embora distante, soube me acalmar nos momentos de angústia e desespero, além de me proporcionar inúmeros momentos de boas risadas! “Amigos são irmãos que Deus nos permitiu escolher”.

Às queridas galinhas que contribuíram com a árdua tarefa de botar os ovos que se tornaram a preciosidade para a realização desse trabalho.

A todos que direta ou indiretamente me ajudaram e puderam conviver cada minuto desta jornada. Foram anos de dedicação, trabalho, acertos e erros, mas principalmente de bons momentos.

Muito Obrigada!!

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I		Página
Figura 1.	Fases do mecanismo de auto oxidação lipídica	24
Figura 2.	Mecanismos de ação para antioxidantes primários, onde $\text{ROO}^\bullet$ e $\text{R}^\bullet$ – radicais livres; AH – antioxidante com um átomo de hidrogênio ativo e $\text{A}^\bullet$ – radical inerte	27

LISTA DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO II	
Tabela 1. Composições percentual e calculada das rações experimentais	37
Tabela 2. Consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), porcentagem de postura (PP) e massa dos ovos (MO) de poedeiras vermelhas alimentadas com diferentes fontes minerais (FM) e níveis de óleo de alecrim (OA)	40
Tabela 3. Peso do ovo (PO), unidade Haugh (UH), índice de gema (IG), pH da gema e albúmen e coloração de gema crua de ovos (CGC) de poedeiras vermelhas alimentadas com diferentes fontes minerais (FM) e níveis de óleo de alecrim (OA)	41
Tabela 4. Peso médio de ovos de poedeiras alimentadas com diferentes fontes minerais e níveis de óleo de alecrim	41
Tabela 5. Coloração de gema crua de ovos de poedeiras alimentadas com diferentes fontes minerais e níveis de óleo de alecrim	42
Tabela 6. Porcentagem de casca, albúmen e gema, gravidade	43

específica (GE), espessura de casca (EC), volume, área e poros de ovos provenientes de poedeiras vermelhas alimentadas com diferentes fontes minerais (FM) e níveis de óleo de alecrim (OA)

Tabela 7.	Composição percentual de albúmen proveniente de ovos de poedeiras alimentadas com diferentes fontes minerais e níveis de óleo de alecrim	43
Tabela 8.	Composição percentual de gema proveniente de ovos de poedeiras alimentadas com diferentes fontes minerais e níveis de óleo de alecrim	44

CAPÍTULO III

Tabela 1.	Composições percentual e calculada das rações experimentais	54
Tabela 2.	Concentração de malonaldeído (MDA), peso do ovo (PO), unidade Haugh (UH), índice de gema (IG), pH do albúmen e gema, coloração de gema crua (CGC) e perda de peso (PP) de ovos armazenados por diferentes períodos de armazenamento (PA) em temperatura controlada (25,0°C), provenientes de poedeiras vermelhas alimentadas com diferentes fontes microminerais (FM) e níveis de óleo de alecrim (OA)	56
Tabela 3.	Peso do ovo de poedeiras vermelhas alimentadas com diferentes fontes microminerais e níveis de óleo alecrim, armazenados por até 30 dias em temperatura controlada (25,0°C)	57
Tabela 4.	Unidade Haugh de poedeiras vermelhas alimentadas com diferentes fontes microminerais e níveis de óleo alecrim, armazenados por até 30 dias em temperatura controlada (25,0°C)	58
Tabela 5.	pH do albúmen de ovos de poedeiras vermelhas alimentadas com diferentes fontes microminerais e níveis de óleo de alecrim, armazenados por até 30	59

	dias em temperatura controlada (25,0°C)	
Tabela 6.	Índice de gema de ovos de poedeiras vermelhas alimentadas com diferentes fontes microminerais e níveis de óleo de alecrim, armazenados por até 30 dias em temperatura controlada (25,0°C)	59
Tabela 7.	Concentração de malonaldeído (MDA), peso do ovo (PO), unidade Haugh (UH), índice de gema (IG), pH do albúmen e gema, coloração de gema crua (CGC) e perda (PP) de peso de ovos armazenados por diferentes períodos de armazenamento (PA) em temperatura refrigerada (5,0°C), provenientes de poedeiras vermelhas alimentadas com diferentes fontes microminerais (FM) e níveis de óleo de alecrim (OA)	62

SUMÁRIO

	Página
Resumo	xi
Abstract	xii
CAPÍTULO I	
1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	
2.1. Objetivo Geral	15
2.2. Objetivos Específicos	16
3. REVISÃO DE LITERATURA	
3.1. Minerais na alimentação de aves	16
3.2. Alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	19
3.3. Óleos essenciais	20
3.4. Oxidação lipídica e defesa antioxidante	22
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
CAPÍTULO II	
DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE POEDEIRAS	34

VERMELHAS ALIMENTADAS COM FONTES MINERAIS E NÍVEIS DE ÓLEO DE ALECRIM	
Resumo	34
Abstract	34
Introdução	35
Material e Métodos	36
Resultados e Discussão	39
Conclusão	45
Referências Bibliográficas	45
CAPÍTULO III	
FONTES DE MICROMINERAIS E ÓLEO DE ALECRIM NA ALIMENTAÇÃO DE POEDEIRAS: QUALIDADE E ESTABILIDADE LIPÍDICA	50
Resumo	50
Abstract	51
Introdução	51
Material e Métodos	52
Resultados e Discussão	55
Conclusão	64
Referências Bibliográficas	64
CAPÍTULO IV	
CONSIDERAÇÕES FINAIS	70

RESUMO

Com o objetivo de avaliar os efeitos do óleo de alecrim (OA) e fontes minerais (FM) sobre o desempenho, qualidade e estabilidade oxidativa de ovos de poedeiras vermelhas, 288 poedeiras da linhagem Hy Line Brown com 30 semanas de idade foram distribuídas em um DIC em esquema fatorial 2x3 (FM x OA) com seis tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram ração contendo minerais inorgânicos (MI) ou orgânicos (MO) sem ou com a adição de OA (100 e 200 mg/kg). As variáveis analisadas foram consumo de ração (CR), conversão alimentar (kg/kg e kg/dz) (CA), porcentagem de postura (PP), massa dos ovos (MOV), peso médio dos ovos (PO), unidade Haugh (UH), índice de gema (IG), gravidade específica (GE), pH do albúmen (pALB) e da gema (pGEM), porcentagem e espessura de casca (EC), coloração de gema (CGC), porcentagem de albúmen (%ALB) e gema (%GEM), área e volume do ovo e número de poros da casca (NPC). Para avaliação da qualidade e da estabilidade lipídica os ovos foram realizados em dois experimentos. No experimento I foram coletados 20 ovos/tratamento e armazenados em temperatura controlada (TC) (25,0°C), analisados frescos, com 15 e 30 dias, avaliando-se: malonaldeído (MDA), peso do ovo (PO), unidade Haugh (UH), índice de gema (IG), pH do albúmen (pALB) e gema, coloração de gema (CGC) e perda de peso. Adotou-se um DIC em esquema fatorial 2x3x3 (FM x OA x período de armazenamento). O experimento II assemelhou-se ao anterior, porém os ovos foram armazenados sob refrigeração (TR) (5,0°C). Para o desempenho e qualidade dos ovos, os tratamentos apresentaram interação para PO, CGC, %ALB e %GEM, com resultados expressivos pela utilização de MO em relação ao MI. A adição de 200 mg/kg OA às rações aumentou ($P<0,05$) a PP, MOV e GE e POR em relação aos demais tratamentos. Para ovos em TC, houve interação entre os tratamentos para PO, UH e pALB. O uso de MO melhorou os resultados para todas as variáveis analisadas, exceto CGC. A adição de 200 mg/kg de OA reduziu o MDA e aumentou a UH, IG e CGC. Ovos em TR, a UH melhorou com 200 mg/kg de OA na ração. Conclui-se que a utilização de 200 mg/kg de OA nas rações contribui para a melhoria do desempenho de poedeiras de ovos vermelhos. A associação de MO e 100

mg/kg de OA nas dietas de poedeiras aumenta a CGC e %ALB. A utilização de MO é superior à MI por melhorar a qualidade dos ovos, aumentando o PO, CGC e %ALB. O avanço do armazenamento piorou a qualidade interna e a estabilidade lipídica dos ovos. A qualidade interna dos ovos armazenados em TC (25,0°C) e TR (5,0°C) é prejudicada pelo aumento do período de estocagem, porém minimizada pela inclusão de MO e 200 mg/kg de OA. A estabilidade lipídica de ovos de poedeiras vermelhas armazenados em TC (25,0°C) aumenta com a utilização de MO e 200 mg/kg de OA, porém não é alterada quando os ovos são mantidos em TR (5,0°C).

Palavras-chave: antioxidante natural, estabilidade oxidativa, microminerais, mineral inorgânico, mineral orgânico, *Rosmarinus officinalis*

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of rosemary oil (OA) and microminerals sources (FM) on performance and egg quality of red laying hens, we used 288 hens distributed in a completely randomized design in a factorial 2x3 (MS x RO) with six different diets and six replicates. Diets were formulated containing inorganic minerals (IM) or organic minerals (OM) with or without the addition of RO (100 e 200 mg/kg). The variables analyzed were: feed intake, feed conversion ratio, egg production (PP), egg mass (EM), average egg weight (AEW), Haugh unit, yolk index, specific gravity (SG), pH of albumen and yolk, percentage and shell thickness, yolk color (YC), percentage of albumen (ALB%) and yolk (GEM%), egg volume and numbers of pores on the shell (POR). Were performed two experiments in order to evaluate the effect of rosemary oil (OA) and microminerals sources (FM) on internal quality and lipid stability of eggs of red laying hens. Treatments were diets containing inorganic minerals (IM) or organic (OM) with or without the addition of RO (100 e 200 mg.kg⁻¹). In the first experiment the eggs were collected and stored temperature (CT) (25.0°C), analyzed fresh, with 15 and 30 days, by evaluating: malondialdehyde (MDA), egg weight (EW), Haugh unit (HU), yolk index (YI), pH albumen (pALB) and yolk, yolk color (YC) and weight loss. We adopted a completely randomized design in a factorial 2x3x3 (MS x RO x storage period). The second experiment

was similar to the previous one, but the eggs were stored under refrigeration (RT) (5.0°C). For eggs on CT, there was interaction between treatments for EW, UH and pALB. The use of OM improved the results for all variables. The addition of 200 mg/kg RO reduced MDA and increased HU, YI and YC. Eggs in TR, HU improved with 200 mg/kg RO in the feed. The storage advance reduced the internal quality and lipid stability of eggs. We concluded that the use of 200 mg/kg of rosemary oil improves the performance of red laying hens' eggs. The association between OM and 100 mg/kg RO in laying diets increases YC and ALB%. The use of OM is superior to IM to improve the quality of eggs, increasing the AEW, YC and ALB%. The internal quality of the eggs stored in CT (25.0°C) and RT (5.0°C) is minimized with the inclusion of OM and 200 mg/kg RO in red laying diets. The lipid stability of eggs stored in CT increases with the use of OM and 200 mg/kg of RO, but it is not changed when the eggs are stored at RT (5.0°C).

Key words: inorganic mineral, natural antioxidant, organic mineral, oxidative stability, *Rosmarinus officinalis*

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Com um plantel composto por aproximadamente 80 milhões de aves e produção anual de 34,1 milhões de ovos, o Brasil está entre os 10 maiores produtores mundiais de ovos. Cerca de 99% da produção brasileira está voltada para o mercado interno, com consumo de 169 ovos *per capita* por ano em 2013 (ABPA, 2014).

No entanto, o grande desafio na produção de poedeiras ainda está em minimizar as perdas relacionadas a qualidade externa dos ovos, a casca a qual é a embalagem natural do ovo e responsável pela integridade e manutenção da qualidade do seu conteúdo, uma vez que 10 a 15% do total de ovos produzidos não são comercializáveis por problemas de casca (ROBERTS, 2004; COUTTS et al., 2007).

A genética, idade da ave, ambiente e nutrição são alguns fatores que podem influenciar a qualidade dos ovos (CARVALHO et al., 2007). Porém, uma das mais importantes limitações nutricionais para poedeiras é a deficiência mineral, uma vez que as matérias primas (milho e soja) utilizadas na fabricação das rações, geralmente, não atendem as exigências dos animais (ARAÚJO et al., 2008), desta forma, sendo comumente suplementadas por minerais de origem geológica que apresentam baixo custo como sulfatos, carbonatos e óxidos.

Estudos demonstraram que minerais orgânicos são 30% mais biodisponíveis em relação à fontes inorgânicas de mineral, por serem compostos por um íon metálico ligado a uma molécula orgânica, como aminoácidos, carboidratos ou até mesmo proteínas (BAO et al., 2007).

A substituição total dos minerais na forma inorgânica por orgânica pode proporcionar aumento no peso dos ovos, maior quantidade de albúmen depositada, maior resistência de casca e óssea, além de reduzir a excreção mineral, reduzindo assim o impacto ambiental gerado (KLECKER et al., 2002; BRITO et al. 2006; NUNES et al., 2013).

Estudos recentes demonstraram que o efeito dos minerais podem ser otimizados em função do sinergismo com outros aditivos da dieta, entre eles, compostos fenólicos provenientes de óleos essenciais e extratos vegetais, demonstrando que essa combinação pode ser mais eficaz do que quando utilizados isoladamente, já que quanto maior a quantidade de compostos fenólicos presentes na dieta maior é a absorção de minerais pelo organismo (STEF & GERGEN, 2012).

A suplementação de minerais traços (ferro, manganês, zinco e cobre) com extratos vegetais na alimentação de frangos de corte demonstrou que a interação entre estes compostos foi capaz de aumentar a deposição dos minerais no fígado, peito e coxas em relação ao tratamento composto por dieta contendo apenas minerais (STEF & GERGEN, 2012).

Além disso, os óleos essenciais apresentam funções digestivas (BRENES & ROURA, 2010), antioxidantes (OZCAN & ASLAN, 2011) e antimicrobianas (MITSCH et al., 2004) influenciando na saúde e produtividade das aves. Entre os óleos essenciais, destaca-se o proveniente do alecrim (*Rosmarinus officinalis*), com grande quantidade de diterpenos fenólicos como o ácido carnósico, ácido rosmarínico e carnosol capazes de reduzir e impedir a oxidação lipídica sendo potencialmente transferíveis para a gema dos ovos via alimentação da ave (BOTSOGLU et al., 2005).

Assim como os compostos antioxidantes do alecrim, os minerais possuem a capacidade de ativação de diversas enzimas antioxidantes no organismo, como a glutathione peroxidase ativada pelo selênio, superóxido dismutase pelo cobre e zinco e a catalase pelo ferro (ANDRADE & MARREIRO, 2011).

Este fato torna-se relevante, já que os ovos são considerados uma excelente fonte de ácidos graxos essenciais, sendo sua fração lipídica constituída em sua maior parte por ácidos graxos insaturados, os quais são susceptíveis à oxidação, principalmente durante a estocagem, havendo alterações das características organolépticas e nutricionais (HAYAT et al., 2010).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito da associação do óleo de alecrim e fontes de minerais na alimentação de poedeiras sobre o desempenho, a qualidade e estabilidade oxidativa dos ovos.

2.2 Objetivos Específicos

- Comparar a utilização de dietas contendo minerais orgânicos e inorgânicos associados ou não ao óleo de alecrim sobre o desempenho de poedeiras semipesadas.
- Avaliar a qualidade interna e externa de ovos produzidos por poedeiras semipesadas alimentadas com dietas contendo fonte mineral orgânica e inorgânica associadas ou não ao óleo de alecrim.
- Analisar o efeito da utilização de minerais orgânicos e inorgânicos associados ou não ao óleo de alecrim em dietas de poedeiras sobre a qualidade interna de ovos frescos, com 15 e 30 dias de armazenamento em temperatura ambiente controlada (25,0°C) e refrigerada (5,0°C).

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Minerais na alimentação de aves

Participantes de diversos processos bioquímicos no metabolismo (SECHINATO et al., 2006), os minerais representam cerca de 5% do corpo do animal e são essenciais para a reprodução, crescimento, sistema imunológico (RIBEIRO et al., 2008) entre outras funções necessárias para uma boa produtividade.

Os minerais são classificados como macro (cálcio, fósforo, sódio, cloro e potássio, magnésio, enxofre) e micro elementos (ferro, cobre, iodo, manganês, cobalto e selênio, zinco, níquel, molibdênio, cromo, flúor, estanho, sílica, vanádio e arsênico), distinguindo-se pelo seu nível de inclusão, porém ambos são igualmente essenciais para as poedeiras (VIERA, 2004; ARAÚJO et al., 2008).

A suplementação mineral na dieta das aves, comumente é realizada por meio de fontes inorgânicas, as quais apresentam baixa biodisponibilidade, de modo que, para serem absorvidos, inicialmente devem ser solubilizados. No entanto, estando na forma iônica os minerais podem se complexar com outros componentes da dieta como lipídios, fibra, taninos formando compostos insolúveis, dificultando a absorção ou tornando-os indisponíveis aos animais.

Além disso, alguns íons minerais, por exemplo cobre, zinco e ferro, competem pelo mesmo sítio de absorção, de modo que o excesso de um mineral pode causar a deficiência de outros. Desta forma, devido às incertezas da absorção, os minerais

inorgânicos são adicionados em quantidades superiores ao mínimo exigido nas dietas (ARAÚJO et al., 2008).

Os sintomas da deficiência mineral em aves, dependendo da severidade pode ser apresentada em até sete dias, sendo caracterizada pela redução do consumo de ração e do crescimento corporal, podendo ser revertida com correta suplementação independente da fonte mineral a ser utilizada. Porém, desempenho superior pode ser observado em aves suplementadas com minerais na forma orgânica (BAO et al., 2007).

O manganês possui função ativadora de enzimas e atua como constituinte de metaloenzimas envolvidas na síntese de mucopolissacarídeos e glicoproteínas que também estão relacionados ao controle da estrutura e resistência da casca dos ovos e matriz orgânica óssea (NYS et al., 2003), sendo muito pouco absorvido pelo intestino delgado, apresentando-se em grandes quantidades nos ossos seguido pelo fígado (LEESON & SUMMERS, 2001).

O nível da suplementação de manganês para poedeiras está diretamente relacionado com a sua concentração na tíbia, sendo os níveis entre 22 e 27 ppm de manganês suficientes para manter uma boa produção de ovos nas fases de postura e pós pico de produção, podendo ser adicionado até 120 ppm em ambas as fases de produção, sem alteração do desempenho, porém com qualidade de casca superior (FASSANI et al., 2000).

O zinco assim como o manganês é ativador metálico de enzimas, compõe cerca de 0,33% da enzima anidrase carbônica, participando da fixação do cálcio sob a forma de carbonato de cálcio nos ossos e nos ovos, controlando a transferência dos íons bicarbonato do sangue para o útero (LEESON & SUMMERS, 2001; MABE, 2001).

Além disso, o zinco está relacionado com o metabolismo de hormônios como a prostaglandinas, metabolismo dos lipídios e carboidratos, ação antioxidante nas membranas das células e associação ao crescimento de tecidos e função do sistema imune, tendo o sistema ósseo como sua fonte de reserva no organismo (LEESON & SUMMERS, 2001; GOMES et al., 2008; TRINDADE NETO et al., 2011).

Estudos demonstram que desempenho zootécnico de poedeiras pode ser otimizado com a utilização de 20 ou 40% de Mn e Zn orgânico em substituição a fontes inorgânicas destes mesmos minerais (KLECKER et al., 2002).

O selênio faz parte da ativação da enzima superóxido dismutase, uma das principais enzimas antioxidantes do organismo, atuando contra a formação e redução de radicais

livres que podem causar danos nas membranas lipídicas, além de reduzir o requerimento de Vitamina E (LEESON & SUMMERS, 2001).

Ao suplementar galinhas poedeiras com selênio orgânico, Pan et al. (2010) demonstraram que os ovos produzidos apresentavam maior qualidade interna, por meio dos valores de unidade Haugh. Resultados positivos também foram encontrados por Fernandes et al. (2008) sobre o peso da gema quando alimentou poedeiras com selênio, zinco e manganês orgânico.

O cobre (Cu) está presente na ação de biossíntese de colesterol hepático, defesa antioxidante do organismo e atua na ativação de enzimas como lisil oxidase com capacidade de formação da elastina e colágeno, enzima citocromo oxidase responsável pela respiração celular, constituição de proteínas responsáveis pela liberação de ferro, com estímulo da síntese de hemoglobina (KIM et al., 1992; LEESON & SUMMERS, 2001; NYS et al., 2003).

Segundo Guo et al. (2001), os efeitos do cobre sobre a qualidade da casca ainda são desconhecidas, porém este mineral está em grande quantidade no ístimo e sua deficiência reduz a qualidade da casca.

O ferro (Fe) no metabolismo animal está presente na composição da hemoglobina e mioglobina responsável pelo transporte de oxigênio celular, além de ser constituinte dos citocromas e catalase (ARAÚJO et al., 2008). Compõe cerca de 1,5 mg do ovo, tornando dessa forma, necessária sua suplementação na dieta de poedeiras já que para a deposição são utilizados 25% das reservas de Fe disponíveis no fígado (CAO et al., 1996).

Avaliando a suplementação de 20, 40, 60, e 80 ppm de Fe na alimentação de poedeiras, foi verificado que não alterou o desempenho e a qualidade dos ovos, porém conforme aumentou a suplementação de Fe na dieta, houve aumento similar da sua deposição na gema dos ovos (BERTECHINI et al., 2000).

As melhorias observadas no desempenho produtivo e qualidade dos ovos com a utilização de minerais orgânicos estão relacionados a sua alta biodisponibilidade (NOLLET et al., 2008), por serem íons metálicos ligados quimicamente a uma molécula orgânica, formando estruturas com características únicas de estabilidade e de alta biodisponibilidade mineral (AAFCO, 1997).

Desta forma, a absorção é realizada por carreadores intestinais de aminoácidos e peptídeos não havendo competição pelos sítios de ligação com outros minerais (ARAÚJO et al., 2008).

Segundo a AAFCO (1997) os minerais orgânicos podem ser classificados como quelato metal-aminoácido, complexo aminoácido-metal (Fe-aminoácido), complexo aminoácido específico-metal (Zn-metionina, Zn-lisina, Mn-metionina, Cu-lisina), metal proteinado (proteinado de zinco, proteinado de manganês), complexo metal-polissacarídeo (complexo zinco-polissacarídeo).

A diferença entre complexos e quelatos está na quantidade de ligantes, ou seja os quelatos são quando um mineral está ligado a duas ou três moléculas de aminoácidos, já o complexo são produtos formados pela reação de um íon metálico com uma molécula ou íon que contenha um átomo que possua um único par de elétrons. Desta forma, todos os quelatos serão um complexo, porém nem todo complexo é um quelato (RUTZ & MURPHY, 2009).

No entanto, resultados de estudos com minerais orgânicos na alimentação de aves ainda é contraditório, como evidenciado por Sechinato et al. (2006) ao suplementarem poedeiras com Mn, Zn, I, Se, Cu e Fe orgânico isoladamente ou em associações, que não observaram benefícios sobre os parâmetros de produção. Resultados semelhantes aos obtidos por Saldanha et al. (2009) que não observaram alterações na qualidade dos ovos quando poedeiras foram alimentadas com Zn, Fe, Mn, Cu, I, e Se, orgânicos em substituição a 110, 100, 90, 80, 70% dos minerais inorgânicos na dieta de poedeiras.

3.2 Alecrim (*Rosmarinus officinalis*)

A espécie *Rosmarinus officinalis* L., conhecida popularmente como alecrim, é frequentemente utilizada na indústria alimentícia, medicinal, farmacêutica e cosmética (HRAS et al., 2000), em função das suas principais atividades biológicas: antibacteriana (BÖLÜKBAŞI et al., 2007), antimicrobiana (ABRAMOVIČ et al., 2012), anti-inflamatória (RAU et al., 2006), anticarcinogênica (YESIL-CELIK TAS et al., 2010); hepatoprotetora, antimutagênica, expectorante (SOYAL et al., 2007) e antioxidante (BOTSOGLOU et al., 2005; LEITE et al., 2012).

Composto principalmente por 1,8-cineol, cânfora, borneol, acetato de bornila, canfeno, α -pineno, p-cimeno, mirceno, sabineno, β -felandreno, β -pineno, dipenteno e β -cariofileno (SOLIMAN et al., 1994), o alecrim apresenta alta atividade antioxidante, atribuídas a

presença dos diterpenos fenólicos como o carnosol, rosmanol, epirosmanol e isorosmanol, rosmaridifenol, e rosmariquinona, ácidos fenólicos como ácido carnósico e cafeico e flavonóides como genkwanina e cirsimarina (REZAIE, et al., 2012; FRESCURA et al., 2013).

Na fração dos compostos fenólicos presente no alecrim, o ácido carnósico é o composto majoritário e mais efetivo na ação antioxidante, atuando efetivamente na eliminação de radicais peroxi (HOPIA et al., 1996). Por outro lado, este ácido apresenta alta susceptibilidade à degradação pelo aquecimento, resultando na formação de carnosol (metil éster do ácido carnósico), que se degrada em rosmanol, epirosmanol e 7-metilrosmanol, que apresentam atividade menos efetiva ao combate da oxidação lipídica (SEÑORÁNS et al., 2000; BACKLEH et al., 2003; THORSEN et al., 2003).

Empregado na alimentação animal, os óleos e extratos de alecrim estão apresentando efeitos positivos quando a produção e a capacidade antioxidante no produto final.

3.3 Óleos essenciais

Os óleos essenciais também conhecidos como óleos voláteis ou etéreos, podem ser definidos como substâncias voláteis, lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas (KOHLERT et al., 2000), diferindo-se dos extratos vegetais principalmente pelo método de extração utilizado. Apesar de serem considerados como extratos vegetais, os óleos essenciais são obtidos apenas pelo método de extração a vapor (LUCCHESI et al., 2007).

Produzidos pelo metabolismo secundário das plantas com a finalidade de defesa contra fatores ambientais, predatórios e patógenos, a localização dos óleos essenciais varia conforme a espécie da planta e sua composição química em função da sua localização no vegetal, embora todos os órgãos vegetativos possam acumular óleos essenciais (GOBBO-NETO & LOPES, 2007).

A proibição da utilização de antibacterianos na produção animal pela União Européia no ano de 2006, pelos possíveis riscos causados a saúde humana devido à resistência microbiana, despertou o interesse por pesquisas voltadas a utilização de agentes não menos efetivos, como os prebióticos, ácidos orgânicos (MILBRADT et al., 2014), enzimas (JACKSON et al., 2004) e extratos vegetais (GARCÍA et al., 2007), com a finalidade de atender as exigências internacionais de exportação e as legislações vigentes (SANTANA et al., 2011).

Classificados como aditivos fitogênicos (LEITE et al., 2012), os óleos essenciais são utilizados na alimentação animal em função de suas ações antimicrobiana (MITSCH et al., 2004), antibacteriana (BURT, 2004), antifúngica, imunomodulatória (QURESHI, 2002), antioxidante, estímulo da produção de secreções digestivas e circulação sanguínea (BRENES & ROURA, 2010), conferindo aos animais aumento no desempenho e melhor palatabilidade ao produto final (JANG et al., 2008).

Efeitos benéficos como promotores de crescimento foram observados por Alçiçek et al. (2003) em perus de 1 até 42 dias de idade, utilizando uma mistura de óleos essenciais (orégano, folha de louro, folha de sálvia, folha de murta, sementes de erva-doce e casca de frutas cítricas) com diferentes níveis de inclusão (24, 48 e 72 g/kg) em comparação com o tratamento contendo avilamicina (10 mg/kg).

O princípio ativo dos óleos essenciais atuam na camada fosfolipídica da célula bacteriana por meio da coagulação e desnaturação proteica, alterando a permeabilidade seletiva da membrana plasmática devido ao caráter lipofílico que os óleos essenciais apresentam, impedindo o transporte de elétrons, translocação de proteínas, etapas da fosforilação e reações dependentes de enzimas (DORMAN & DEANS, 2000).

Além disso, a ação antioxidante dos compostos naturais pode atuar diretamente na proteção do sistema imunológico, uma vez que as diversas células que fazem parte da proteção do organismo estão compostas por ácidos graxos poliinsaturados e lipoproteínas que apresentam alta susceptibilidade a lipoperoxidação e comprometimento da funcionalidade da célula (DJORDJEVIĆ, 2004).

O óleo de alecrim está sendo amplamente utilizado em estudos relacionados à prevenção da oxidação lipídica, tanto no animal como no produtos produzidos, como ovos e carnes. Por outro lado, ainda são poucos os trabalhos utilizando óleo essencial de alecrim e seus efeitos na alimentação de poedeiras, sendo a maior parte utilizando apenas extratos.

Estevez & Cava (2006) ao analisarem a capacidade de prevenção à oxidação lipídica do óleo de alecrim (150, 300 e 600 ppm) adicionado em salsichas armazenadas por até 60 dias contendo carne suína com diferentes quantidades de gordura, constaram que o menor nível de inclusão já foi o suficiente para obter resultados positivos contra a formação de ranço.

Ao adicionar 0,6 mg/kg de óleo de alecrim na dieta de cordeiros durante a fase de engorda, Bañon et al. (2012) demonstraram que a suplementação foi eficaz em reduzir a

oxidação lipídica e contaminação microbiana dos cortes cárneos mantidos em refrigeração, prolongando desta forma o período de armazenamento deste alimento.

Em estudos sobre o desempenho e estabilidade oxidativa de ovos de codornas, Yesilbag et al. (2013) relataram que o uso de 200 mg/kg de óleo de alecrim promoveu maior produção e melhorou a conversão alimentar, e qualidade interna dos ovos, com maior proteção antioxidante.

Avaliando a estabilidade lipídica dos ovos submetidos ao armazenamento por zero, 15, 30, 45 e 60 dias em ambiente refrigerado (4°C) Botsoglou et al. (2005) observou que o fornecimento (5g/kg) de extrato de alecrim, orégano e açafrão para poedeiras reduziu os valores de malonaldeído presente nos ovos em comparação ao tratamento controle.

Florou-Paneri et al. (2006) ao utilizar extrato de alecrim na alimentação de poedeiras para verificar a estabilidade lipídica de ovos armazenados por 20, 40 e 60 dias, observaram que os princípios ativos presentes no alecrim (10 g/kg) foram altamente eficientes para reduzir a formação dos compostos resultantes da degradação de hidroperóxidos. Por outro lado, Galobart et al. (2001) ao suplementar galinhas com 500 e 1000 mg/kg de extrato de alecrim não observaram efeito sobre os parâmetros de oxidação lipídica avaliados em ovos enriquecidos com ácidos graxos poli-insaturados da série ômega-3.

O sinergismo benéfico que podem resultar entre compostos, confere aos óleos essenciais vantagem sobre os produtos sintéticos tradicionais utilizados isoladamente. No entanto, ainda não existe padronização sobre o nível de óleos essenciais para utilização em substituição a antibióticos e antioxidantes sintéticos, bem como os mecanismos pelos quais esses óleos melhoram o desempenho das aves, necessitando de pesquisas para elucidar estes fatos.

3.4 Oxidação lipídica e defesa antioxidante

Considerada como um fenômeno natural, a oxidação lipídica nos alimentos é iniciada por fatores como luz, calor, exposição à radiação ionizante, ultravioleta, ondas eletromagnéticas e cocção, mas também pode ser iniciada por fatores de reações redox catalisadas por metais de transição ou enzimas como peroxidases e dioxigenases (FERRARI, 1998; ATOUI et al., 2005; RAMALHO & JORGE, 2006).

Entre as reações de iniciação da lipoperoxidação está a formação de radicais livres como radicais superóxido ($O_2^{\cdot-}$), hidroxil ($OH^{\cdot}$), hidroperoxil ($HOO^{\cdot}$), peroxil ($ROO^{\cdot}$) e alkoxil

(RO $\cdot$) (SCHNEIDER & OLIVEIRA, 2004; BARREIROS et al., 2006), sendo altamente reativos e instáveis e responsáveis pelas reações em cadeias que promovem as alterações indesejáveis de sabor, aroma e coloração nos alimentos (HAAK et al., 2006).

A oxidação lipídica é constituída por três fases distintas: iniciação, propagação e terminação (FERRARI, 1998; RAMALHO & JORGE, 2006) (Figura 1). A fase de iniciação caracteriza-se pela sequestro do hidrogênio do carbono metilênio adjacente à ligação dupla *cis* do ácido graxo poliinsaturado (RH) da membrana celular pelos radicais livres, dando origem à radicais alílicos (R $\cdot$).

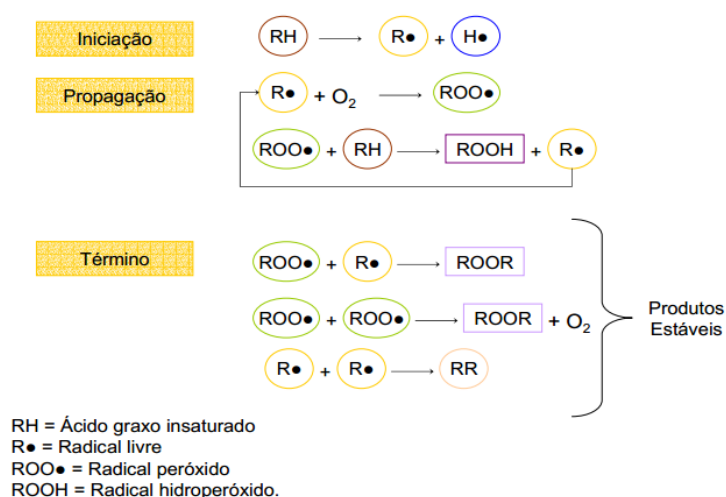


Figura 1. Fases do mecanismo de auto oxidação lipídica
Fonte: Ramalho & Jorge (2006)

A etapa de propagação é a formação de radical peroxila (ROO $\cdot$) pelo radical alélico já formado, que por sua vez possui capacidade de sequestro de um hidrogênio de outro ácido graxo, propagando uma reação em cadeia, formando os hidroperóxidos (ROOH), que por incisão pode formar radicais alcóxil (RO $\cdot$) e hidroxila (HO $\cdot$), sendo este último considerado como o radical mais reativo entre os sistemas biológicos com alta velocidade de reação exercendo danos em proteínas e no DNA (FERREIRA & MATSUBARA, 1997).

Desta forma, as reações em cadeia são inicializadas e são apenas finalizadas quando esgotadas as reservas de ácidos graxos insaturados e oxigênio presente no alimento, originando produtos não radiculares, ou seja, estáveis e não reativos (FERRARI, 1998; RAMALHO & JORGE, 2006).

Íons de ferro e cobre também são participantes das reações de óxido-redução e produção de radicais livres, atuando como catalisador nas reações de Haber-Weiss e

atuando como reagente na reação de Fenton, ambos com geração de radical $\text{OH}^\bullet$ (FERREIRA & MATSUBARA, 1997; BARREIROS et al., 2006; BARBOSA et al., 2010).

Os produtos originários da oxidação primária como os hidroperóxidos não alteram as características organolépticas do alimento, porém, produtos secundários (álcoois, cetonas, aldeídos, ésteres e outros hidrocarbonetos) formados pela degradação dos compostos primários influenciam diretamente no sabor e aroma, resultando em rancidez e compostos citotóxicos, inviabilizando o consumo (SAKANAKA et al., 2005), além de causar graves danos teciduais com perda de suas funções biológicas e morte celular (BIANCHI & ANTUNES, 1999).

No entanto, a produção contínua de radicais livres, com estresse oxidativo moderado estimula o organismo à mecanismos de defesa antioxidante enzimáticos, podendo apresentar maior efetividade quando o organismo apresenta antioxidantes exógenos de origem dietética (BIANCHI & ANTUNES, 1999; BARBOSA et al., 2010).

A prevenção e redução da oxidação lipídica nas células pode ser realizada por meio do sistema de defesa antioxidante, formado por compostos enzimáticos e não enzimáticos. O sistema enzimático é composto por diversas enzimas com caráter antioxidante, sendo principalmente por superóxidos dismutase (SOD) que catalisam a dismutação do ânion radical superóxido ($\text{O}_2^{\bullet-}$) a peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e O_2 , as catalases que reduzem peróxido de hidrogênio a O_2 e água e as glutathionas peroxidase com ação sobre os peróxidos (VASCONCELOS et al., 2007).

No mecanismo de defesa não-enzimático fazem parte as proteínas de metais de transição como a transferrina e ceruloplasmina (transportadoras de ferro e cobre, respectivamente), vitaminas (C, E e A), flavonóides (ácido elágico, curcumina, quecetina, etc.) e minerais (selênio, zinco, manganês, cobre e zinco) que atuam na ativação de enzimas antioxidantes (BIANCHI & ANTUNES, 1999; LEITE & SARNI, 2003).

O uso de antioxidantes também é uma forma de combater os radicais livres formados no curso do metabolismo normal do animal. Diversos estudos estão sendo voltados à adição de antioxidantes naturais na dieta de poedeiras, com a finalidade de substituir parcial ou totalmente os antioxidantes sintéticos nas rações (THERON et al., 2003; COIMBRA et al., 2007; SOUSA et al., 2007; ABRAMOVIČ et al., 2012), uma vez que os compostos naturais são livres de resíduos químicos e reconhecidos pelos consumidores como seguros e comumente usados na indústria alimentícia (BRENES & ROURA, 2010).

A presença de compostos fenólicos na composição química de extratos e óleos essenciais conferem aos mesmos poder antioxidante capaz de prevenir a oxidação tanto na fase de iniciação como de propagação, em função da sua propriedade redutora e estrutura química que promovem facilidade na doação de hidrogênio de sua estrutura aromática para um radical livre, sendo assim, capazes de neutralizar ou sequestrar radicais livres e a quelação de metais de transição (SOUSA et al., 2007).

Os antioxidantes podem ser classificados conforme seu mecanismo de ação, sendo os compostos fenólicos considerados como antioxidantes primários com ação na fase de iniciação impedindo a formação de radicais livres ou a interação dessas formas reativas com a célula, por meio da doação de hidrogênio para as moléculas reativas (Figura 2) (RAMALHO & JORGE, 2006).

Os antioxidantes secundários agem com complexação de íons metálicos, principalmente ferro e cobre que são catalisadores da oxidação lipídica, sequestro de oxigênio, tornando-os indisponíveis para propagação da oxidação e decomposição de hidroperóxidos (RAMALHO & JORGE, 2006; LUZIA & JORGE, 2009), desta forma não agem diretamente nos radicais livres, mas reduzem a velocidade de oxidação.

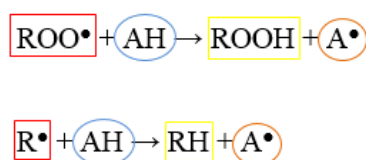


Figura 2. Mecanismos de ação para antioxidantes primários, onde $\text{ROO}^\bullet$ e $\text{R}^\bullet$ – radicais livres; AH – antioxidante com um átomo de hidrogênio ativo e $\text{A}^\bullet$ – radical inerte
Fonte: Ramalho & Jorge (2006)

Estudos realizados com aves têm demonstrado os efeitos benéficos da suplementação de dietas com antioxidantes naturais sobre a produção e a qualidade dos produtos gerados. Entre os antioxidantes naturais destacam-se os óleos essenciais de alecrim (FLOROU-PANERI et al., 2006), orégano (RADWAN NADIA et al., 2008) e açafraão (KERMANSNAHI & RIASI, 2006).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAFCO - ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIAL. **Official Publication**. Atlanta. 1997.
- ABPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual 2014**. 107.Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/8ca705e70f0cb110ae3aed67d29c8842.pdf>>. Acesso em: 12 de agosto de 2014.
- ABRAMOVIČ, H.; TERPINC, P.; GENERALIC, I. et al. Antioxidant and antimicrobial activity of extracts obtained from rosemary (*Rosmarinus officinalis*) and vine (*Vitis vinifera*) leaves. **Croatian Journal of Food Science and Technology**, v.4, n.1, p.1-8, 2012.
- ALÇIÇEK, A.; BOZKURT, M.; ÇABUK, M. The effect of an essential oil combination derived from selected herbs growing wild in Turkey on broiler performance. **South African Journal of Animal Science**, v.33, n.2, p. 89-94, 2003.
- ANDRADE, L. S.; MARREIRO, D. N. Aspectos sobre a relação entre exercício físico, estresse oxidativo e zinco. **Revista de Nutrição**, v.24, n.4, p. 629-640, 2011.
- ARAÚJO, J. A.; SILVA, J. H. V.; AMÂNCIO, A. L. L. et al. Fontes de minerais para poedeiras. **Acta Veterinária Brasilica**, v.2, n.3, p.53-60, 2008.
- ATOUI, A. K.; MANSOURI, A.; BOSKOU, G. et al. Tea and herbal infusions: their antioxidant activity and phenolic profile. **Food Chemistry**, v. 89, n. 1, p. 27-36, 2005.
- BACKLEH, M.; LEUPOLD, G.; PARLAR, H. Rapid quantitative enrichment of carnosic acid from Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) by isoelectric focused adsorptive bubble chromatography. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.5, p.1297-1301, 2003.
- BAÑON, S.; MÉNDEZ, L.; ALMEIDA, E. Effects of dietary rosemary extract on lamb spoilage under retail display conditions. **Meat Science**, v.90, n.3, p.579-583, 2012.
- BAO, Y. M.; CHOCT, M.; IJI, P. A. et al. Effect of Organically Complexed Copper, Iron, Manganese, and Zinc on Broiler Performance, Mineral Excretion, and Accumulation in Tissues. **Journal of Applied Poultry Research**, v.16, n.3, p. 448-455, 2007.
- BARBOSA, K. B. F.; COSTA, N. B. M.; ALFENAS, R. C. G. et al. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista Nutrição**, v.23, n.4, p.629-643, 2010.

- BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p.113-123, 2006.
- BERTECHINI, A. G.; FASSANI, E. J.; FIALHO, E. T. et al. Suplementação de ferro para poedeiras comerciais de segundo ciclo de produção. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.2, n.3, 2000.
- BIANCHI, M.; ANTUNES, L. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista da Nutrição**, v.12, p.123-30, 1999.
- BÖLÜKBAŞI, Ş.C.; ERHAN, M.K. et al. Effect of dietary thyme (*thymus vulgaris*) on laying hens performance and *Escherichia coli* (e. coli) concentration in feces. **International Journal of Natural and Engineering Sciences**, v.1, n.2, p.55-58, 2007.
- BOTSOGLOU, N.; FLOROU-PANERI, P.; BOTSOGLOU, E. et al. The effect of feeding rosemary, oregano, saffron and α -tocopheryl acetate on hen performance and oxidative stability of eggs. **South African Journal of Animal Science**. v.35, n.3, p. 143-151, 2005.
- BRENES, A.; ROURA, E. Essential oils in poultry nutrition: main effects and modes of action. **Animal Feed Science and Technology**, v.158, p.1-14, 2010.
- BRITO, J.A.G.; BERTECHINI, A.G.; FASSANI, É.J. et al. Uso de microminerais sob a forma de complexo orgânico em rações para frangas de reposição no período de 7 a 12 semanas de idade. **Revisita Brasileira de Zootecnia**. v.35, p.1342-1348, 2006.
- BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. **International Journal of Food Microbiology**, v.94, n.4, p.223–253, 2004.
- CAO, J.; LUO, X.G.; HENRY, P.R. et al. Effect of dietary iron concentration, age and length of iron feeding on feed intake and tissue iron concentration of broiler chicks for use as a bioassay supplemental iron sources. **Poultry Science**, v.75, p.495-504, 1996.
- CARVALHO, F. B.; STRINGUINI, J. H.; JARDIM FILHO, R. M. et al. Qualidade interna e da casca para ovos de poedeiras comerciais de diferentes linhagens e idades. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.1, p. 25-29, 2007.
- COIMBRA, M.C.; BRUNO, F.; GALLO, F. et al. Aplicação de extrato de alecrim em óleo de soja e sua relação com o perfil lipídico *in vivo*. **Alimentos e Nutrição**, v.18, n.3, p. 309-314, 2007.

- COUTTS, J.A.; WILSON, G.C.; FERNANDEZ, S. **Optimum egg quality – A practical approach**. Sheffield: 5M Enterprises, 2007, 66p.
- DJORDJEVIĆ, V. B. Free Radicals in cell biology. **International Review of Cytology**, v.237, p.57-89, 2004.
- DORMAN, H.J.D.; DEANS, S.G. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. **Journal of Applied Microbiology**, v.88, p.308–316, 2000.
- ÉSTEVEZ, M.; CAVA, R. Effectiveness of rosemary essential oil as an inhibitor of lipid and protein oxidation: Contradictory effects in different types of frankfurters. **Meat Science**, v.72, n.2, p.348-355, 2006.
- FASSANI, E.J.; BERTECHINI, A.G.; OLIVEIRA, B. L. et al. Manganês na Nutrição de poedeiras no Segundo ciclo de produção. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, n.2, p.468-478, 2000.
- FERNANDES, J.I.M.; MURAKAMI, A.E.; SAKAMOTO, M.I. et al. Effects of organic mineral dietary supplementation on production performance and egg quality of white layers. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.10, p.59-65, 2008.
- FERRARI, C. K. B. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas. **Revista de Nutrição**, v.11, n.1, p.3-12, 1998.
- FERREIRA, A. L. A.; MATSUBARA, L. S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v.43, n.1, p. 61-8, 1997.
- FLOROU-PANERI, P.; DOTAS, D.; MITSOPOLUS, I. et al. Effect of feeding Rosemary and α -Tocopheryl acetate on hen performance and egg quality. **The Journal of Poultry Science**, v.43, p.143-149, 2006.
- FRESCURA, V. D-S.; BOLIGON, A. A.; ATHAYDE, M. L. et al. Compostos fenólicos em extratos de *Rosmarinus officinalis* L. sob cultivo for a do solo. **Enciclopédia Biosfera**, n. 17, p.755-761, 2013.
- GALOBART, J.; BARROETA, A.C.; BAUCCELLS, M.D. et al. Effect of dietary supplementation with rosemary extract and α -tocopheryl acetate on lipid oxidation in eggs enriched with 3-fatty-acids. **Poultry Science**, v.40, p. 460-467, 2001.

- GARCÍA, V.; CATALÁ-GREGORI, P.; HERNÁNDEZ, F.; et al. Effect of formic acid and plant extracts on growth, nutrient digestibility, intestine mucosa morphology, and meat yield of broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v.16, n.4, p.555-562, 2007.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N.P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v.30, n.2, p.374-381, 2007.
- GOMES, P. C.; RIGUEIRA, D. C. M.; ROSTAGNO, H. S. et al. Exigências nutricionais de zinco para frangos de corte machos e fêmeas na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.79-83, 2008.
- GUO, R.; HENRY, P.R.; HOLWERDA, R.A. et al. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic copper sources for poultry. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1132-1141, 2001.
- HAAK, L.; RAES, K.; SMET, K. et al. Effect of dietary antioxidante and fatty acid supply on the oxidative stability of fresh and cooked pork. **Meat Science**, v.74, n.3, p.476-486, 2006.
- HAYAT, Z.; CHERIAN, G.; PASHA, T.N. et al. Oxidative stability and lipid components of eggs from flax-fed hens: effect of dietary antioxidants and storage. **Poultry Science**, v.89, p.1285-1292, 2010.
- HOPIA, A.; HUANG, S. W.; SCHWARZ, K. et al. Effect of different lipid systems on antioxidant activity of rosemary constituents carnosol and carnosic acid with and without α -tocopherol. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, n. 8, p. 2030-2036, 1996.
- HRAS, A.R.; HADOLIN, M.; KNEZ, Z. et al. Comparison of antioxidative and synergistic effects of rosemary extract with α -tocopherol, ascorbyl palmitate and citric acid in sunflower oil. **Food Chemistry**, v.71, n.2, p.229-233, 2000.
- JACKSON, M.E.; GERONIAN, K.; KNOX, A. et al. A dose-response study with the feed enzyme β -mannanase in broilers provided with corn-soybean meal based diets in the absence of antibiotic growth promoters. **Poultry Science**, v.83, p.1992-1996, 2004.
- JANG, A.; LIU, X.D.; SHIN, M.H. et al. Antioxidative potential of raw breast meat from broiler chicks fed a dietary medicinal herb extract mix. **Poultry Science**, v.87, n.11, p.2382-2389, 2008.
- KERMANSHAHI, H.; RIASI, A. Effect of tumeric rizhome poder (*Curcuma longa*) and soluble NSP degrading enzyme on some blood parameters of laying hens. **International Journal of Poultry Science**, v.5, n.5, p.494-498, 2006.

- KIM, S.; CHAO, P. Y.; ALLEN, G. D. A. Inhibition of elevated hepatic glutathione abolishes copper deficiency cholesterolemia. **FASEB Journal**, v.6, n.7, p.2467-2471, 1992.
- KLECKER D.; ZEMAN L.; JELINEK P. et al. Effect of manganese and zinc chelates on the quality of eggs. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, v.50, p.59–68, 2002.
- KOHLERT, C.; VAN RENSEN, I.; MARZ, R. et al. Bioavailability and pharmacokinetics of natural volatile terpenes in animals and humans. **Plant Medica**, v.66, p.495-505, 2000.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the chickens**. 4. ed. Guelph: University Books, 2001. 591p.
- LEITE, H. P.; SARNI, R. C. Radicais Livres, Antioxidantes e Nutrição. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 18, n.2, p. 87-94, 2003.
- LEITE, P.R.S.C.; MENDES, F.R.; PEREIRA, M.L.R. et al. Aditivos fitogênicos em rações de frangos. **Enciclopédia biosfera**, v.8, n.15, p. 9-26, 2012.
- LUCCHESI, M.E; SMADJA, J.; BRADSHAW, S. et al. Solvent free microwave extraction of *Elletaria cardamomum* L.: A multivariate study of a new technique for the extraction of essential oil. **Journal of Food Engineering**, v.73, n.3, p.1079-1086, 2007.
- LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. Ação antioxidante do extrato de sementes de limão (*Citrus limon*) adicionado ao óleo de soja sob processo de termoxidação. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impr.)**, v.68, n.1, p.58-63, 2009.
- MABE, I. **Efeitos da suplementação dietética com quelatos de Zinco e Manganês na produção, qualidade de ovos e morfologia intestinal de galinhas poedeiras**. 2001. 94f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências 509 Farmacêuticas, São Paulo.
- MILBRADT, E.L.; OKAMOTO, A.S.; RODRIGUES, J.C.Z. et al. Use of organic acids and competitive exclusion product as an alternative to antibiotic as a growth promoter in the raising of commercial turkeys. **Poultry Science**, v.93, n.7, p.1855-1861, 2014.
- MITSCH, P.; ZITTERL-EGLESEER, K.; KOHLER, B. et al. The effect of two different blends of essential oil components on the proliferation of *Clostridium perfringens* in the intestines of broiler chickens. **Poultry Science**, v.83, n.4, p. 669–675, 2004.
- NOLLET, L.; HUYGHEBAERT, G.; SPRING, P. Effect of different levels of dietary organic (Bioplex) trace minerals on live performance of broiler chickens by growth phases. **Poultry Science**, v.17, p.109-115, 2008.

- NUNES, J. K.; SANTOS, V. L.; ROSSI, P. et al. Qualidade de ovos e resistência óssea de poedeiras alimentadas com minerais orgânicos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.2, 2013.
- NYS, Y.; REVY, P.S.; JONDREVILLE, C. Zinc, cuivre et manganese en aviculture: role, disponibilite et risque pour l'environnement. JOURNÉES DE LA RECHERCHE AVICOLE, 2003, Tours. **Anais...** Tours, 2003.
- OZCAN, M. M.; ARSLAN, D. Antioxidant effect of essential oils of rosemary, clove and cinnamon on hazelnut and poppy oils. **Food Chemistry**, v.129, n.1, p.171-174, 2011.
- PAN, E.A.; RUTZ, F.; DIONELLO, N.J.L. et al. Desempenho de poedeiras semipesadas arraçadas com a suplementação de selênio orgânico. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.16, p.83-89, 2010.
- QURESHI, M. A. Interação entre nutrição e o sistema imune e produtividade das aves. In: CONFERÊNCIA APINCODE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2002, Campinas, São Paulo. **Anais...** Campinas: FACTA, 2002, v.2, p.243-251.
- RADWAN NADIA, L.; HASSAN, R.A; QOTA, E.M. et al. Effect of natural antioxidant on oxidative stability of eggs and productive and reproductive performance of laying hens. **International Journal of Poultry Science**, v.7, n.2, p. 134-150, 2008.
- RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v.29, n.4, p.755-760, 2006.
- RAU, O.; WURGLICS, M.; PAULKE, A. et al. Carnosic acid and carnosol, phenolic diterpene compounds of the labiate herbs rosemary and sage, are activators of the human peroxisome proliferator-activated receptor gamma. **Planta Medica**, v.72, n.10, p.881-887, 2006.
- REZAIE, T.; MCKERCHER, S.R.; KOSAKA, K. et al. Protective effect of carnosic acid, a pro-electrophilic compound, in models of oxidative stress and light-induced retinal degeneration. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v.53, n.12, p. 7847-7854. 2012.
- RIBEIRO, A. M. L.; VOGT, L. K.; CANAL, C. W. et al. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos e sua ação sobre a imunocompetência de frangos de corte submetidos a estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.4, p.633-644, 2008.

- ROBERTS, J. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. **The Journal of Poultry Science**, v.41, n.3, p.161-177, 2004.
- RUTZ, F.; MURPHY, R. Minerais orgânicos para aves e suínos. In: I Congresso Internacional sobre Uso da Levedura na Alimentação Animal, 2009. **Anais...** São Paulo: Campinas, 2009, p.21-35.
- SAKANAKA, S.; TACHIBANA, Y.; ISHIHARA, N. et al. Antioxidant properties of casein calcium peptides and their effects on lipid oxidation in beef homogenates. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v.53, p.464-468, 2005.
- SALDANHA, E. S. P. B.; GARCIA, E. A.; PIZZOLANTE, C. C. et al. Effect of organic mineral supplementation on the egg quality of semi-heavy layers in their second cycle of lay. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.11, n.4, p.215-222, 2009.
- SANTANA, E.S.; OLIVEIRA, F.H.; SOUZA, A.C. Uso de antibióticos e quimioterápicos na avicultura. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, p. 1-25, 2011.
- SCHNEIDER, C. D.; OLIVEIRA, A. R. Radicais livres de oxigênio e exercício: mecanismos de formação e adaptação ao treinamento físico. **Revista Brasileira de Medicina e Esporte**, v.10, n.4, 2004.
- SECHINATO, A. S.; ALBUQUERQUE, R.; NAKADA, S. Efeito da suplementação dietética com micro minerais orgânicos na produção de galinhas poedeiras. **Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science**, v.43, p.159-166, 2006.
- SEÑORÁNS, F. J.; IBAÑEZ, E.; CAVERO, S. et al. Liquid chromatographic–mass spectrometric analysis of supercritical-fluid extracts of rosemary plants. **Journal of Chromatography A**, v.870, n.1-2, p.491-499, 2000.
- SOLIMAN, F.M. et al. Analysis and biological activity of the essential oil of *Rosmarinus officinalis* from Egypt. **Flavour and Fragrance Journal**, v.9, n.1, p.29-33, 1994
- SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA-JR, G. M. et al. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p.351-355, 2007.
- SOYAL, D.; JINDAL, A.; SINGH, I. et al. Modulation of radiation-induced biochemical alterations in mice by rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract. **Phytomedicine**, v.14, p.701-705, 2007.
- STEF, D. S.; GERGEN, I. Effect of mineral-enriched diet and medicinal herbs on Fe, Mn, Zn, and Cu uptake in chicken, **Chemistry Central Journal**, v. 6, p. 2-9, 2012

- THERON, H.; VENTER, P.; LUES, J.F.R. Bacterial growth on chicken eggs in various storage environments. **Food Research International**, v. 36, p. 969-975, 2003.
- THORSEN, M.A.; HILDEBRANDT, K.S. Quantitative determination of phenolic diterpenes in rosemary extracts - Aspects of accurate quantification. **Journal of Chromatography A**, v.995, n.1-2, p.119-125, 2003.
- TRINDADE NETO, M.A.; PACHECO, B.H.C.; ALBUQUERQUE, R. et al. Lysine and zinc chelate in diets for brown laying hens: effects on egg production and composition. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.2, p.377-384, 2011.
- VASCONCELOS, S. M. L.; GOULART, M. O, F.; MOURA, J. B. F. et al. Espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio, antioxidantes e marcadores de dano oxidativo. **Química Nova**, v.30, n.4, p. 1323-1338, 2007.
- VIEIRA, S.L. Minerais quelatados na nutrição animal. In: **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS**. CBNA – Campinas, SP, pg. 51-70. 2004.
- YESILBAG, D.; GEZEN, S.S.; BIRICIK, H. et al. Effects of dietary rosemary and oregano volatile oil mixture on quail performance, egg traits and egg oxidative stability. **British Poultry Science**, v.54, n.2, p.231-237, 2013.
- YESIL-CELIK TAS, O., SEVIMLI, C.; BEDIR, E. et al. Inhibitory effects of rosemary extracts, carnosic acid and rosmarinic acid on the growth of various human cancer cell lines. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.65, p.158-163, 2010.

CAPÍTULO II

Artigo elaborado segundo adaptações das normas da Revista Semina

DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE POEDEIRAS VERMELHAS ALIMENTADAS COM FONTES MINERAIS E NÍVEIS DE ÓLEO DE ALECRIM¹

PERFORMANCE AND EGGS QUALITY OF RED LAYING HENS FED WITH MINERAL SOURCES AND ROSEMARY OIL LEVELS¹

Natália Ramos Batista² & Elis Regina de Moraes Garcia³

Resumo: Com o objetivo de avaliar os efeitos do óleo de alecrim (OA) e fontes minerais (FM) sobre o desempenho e a qualidade dos ovos, 288 poedeiras foram distribuídas em um DIC em esquema fatorial 2x3 (FM x OA) com seis tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram ração contendo minerais inorgânicos (MI) ou orgânicos (MO) sem ou com a adição de OA (100 e 200 mg/kg). As variáveis analisadas foram: consumo de ração (CR), conversão alimentar (kg/kg e kg/dz), porcentagem de postura (PP), peso (PO) e massa dos ovos (MOV), unidade Haugh, índice de gema, gravidade específica (GE), pH do albúmen e gema, porcentagem e espessura de casca, coloração de gema (CGC), porcentagem de albúmen (%ALB) e gema (%GEM), volume e área do ovo e números de poros da casca (POR). Os tratamentos apresentaram interação para PO, CGC, %ALB e %GEM, com resultados expressivos pela utilização de MO em relação ao MI. A adição de 200 mg/kg OA às rações aumentou ($P<0,05$) a PP, MOV e GE e POR em relação aos demais tratamentos. Conclui-se que a utilização de 200 mg/kg de OA nas rações contribui para a melhoria do desempenho de poedeiras de ovos vermelhos. A associação de MO e 100 mg/kg de OA nas dietas de poedeiras aumenta a CGC e %ALB. A utilização de MO é superior à MI por melhorar a qualidade dos ovos, aumentando o PO, CGC e %ALB.

Palavras-Chave: consumo de ração, espessura de casca, mineral quelatado, poros da casca, *Rosmarinus officinalis*, unidade Haugh

Abstract: In order to evaluate the effect of rosemary oil (OA) and microminerals sources (FM) on performance and egg quality of red laying hens, we used 288 hens distributed in a completely randomized

¹ Estudo financiado pela Fundação de Apoio ao desenvolvimento do Ensino, Ciência e tecnologia do estado de Mato Grosso do Sul – FUNDECT.

² Acadêmica do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS, Aquidauana, MS, Brasil

³ Professora Adjunta do Curso de Zootecnia e do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS – Rodovia Aquidauana/UEMS – Km 12 – CEP: 79200-000 – Aquidauana, MS, Brasil. E-mail:ermgarcia@uems.br. Autor para correspondência.

design in a factorial 2x3 (MS x RO) with six different diets and six replicates. Diets were formulated containing inorganic minerals (IM) or organic (OM) with or without the addition of RO (100 e 200 mg/kg). The variables analyzed were: feed intake, feed conversion ratio, egg production (PP), egg mass (EM), average egg weight (AEW), Haugh unit, yolk index, specific gravity (SG), pH of albumen and yolk, percentage and shell thickness, yolk color (YC), percentage of albumen (ALB%) and yolk (GEM%), egg volume and numbers of pores on the shell (POR). The treatments showed interaction for AEW, YC, ALB% and %GEM, with significant results by the use of OM compared to IM. The addition of 200 mg/kg RO in diets improved ($P<0.05$) PP, EM, SG, POR when compared to other treatments. We concluded that the use of 200 mg/kg of rosemary oil improves the performance of red laying hens' eggs. The association between OM and 100 mg/kg RO in laying hens' diets increases YC and ALB%. The use of OM is superior to IM to improve the quality of eggs, increasing the AEW, YC and ALB%.

Key Words: chelated mineral, feed intake, Haugh unit, pores of the shell, *Rosmarinus officinalis*, shell thickness

Introdução

A suplementação mineral na dieta de poedeiras é utilizada como forma de amenizar os prejuízos econômicos relacionados à qualidade externa dos ovos e atender uma das principais limitações nutricionais para esta categoria animal, já que as rações fornecidas possuem como base em sua formulação o milho e farelo de soja, ingredientes que apresentam baixa concentração mineral.

A fonte mineral a ser suplementada torna-se um fator a ser considerado, já que é possível encontrar no mercado fontes orgânicas constituídas por íons metálicos ligados a moléculas como aminoácidos, peptídeos e proteínas apresentando maior biodisponibilidade em relação a fontes inorgânicas (ARAÚJO et al., 2008) que são usualmente utilizadas como os óxidos, sulfatos e carbonatos e adicionadas em níveis superiores às dietas pelas incertezas de absorção (BAO et al., 2007).

Diversos estudos relacionados com a substituição total ou parcial das fontes inorgânicas por orgânicas demonstraram que em função da maior biodisponibilidade, os minerais orgânicos podem melhorar o desempenho produtivo das aves (KLECKER et al., 2002; RICHARDS et al., 2010) e a qualidade da casca dos ovos (GRAVENA et al., 2011), além de contribuir para a redução da excreção de microminerais para o ambiente e a contaminação ambiental (OSMAN et al., 2010).

Além disso, o efeito dos minerais pode ser otimizado em função do sinergismo com outros aditivos da dieta, entre eles, compostos fenólicos provenientes de óleos essenciais e extratos vegetais, demonstrando que essa combinação pode ser mais eficaz do que quando utilizados isoladamente, uma vez que a quelatação ocorrida entre estes compostos aumentam a absorção e utilização dos minerais (STEF e GERGEN, 2012).

Compostos fenólicos presentes no alecrim (*Rosmarinus officinalis*) como o ácido caféico podem atuar como um forte agente quelante com íons de ferro devido a sua estrutura química (ANDJELKOVIC et al., 2006). Outros compostos fenólicos como o carnosol, ácido carnósico e rosmarínico presentes no alecrim

possuem a capacidade de reduzir o crescimento bacteriano (KLANČNIK et al., 2009), estimular a digestão e melhorar a absorção dos nutrientes dietéticos (HERNÁNDEZ et al., 2004; AL-KASSIE et al., 2011), além de possuir alta ação antioxidante (TRAESEL et al., 2011) podendo ser utilizado como substituto aos antioxidantes sintéticos nas rações.

Quando adicionados às rações de poedeiras, os princípios ativos presentes no óleo de alecrim podem melhorar a produção de ovos e a qualidade da casca (ÇABUK et al., 2006), além de aumentar o peso (AL-KASSIE et al., 2011) e a massa dos ovos com consequente melhoria na conversão alimentar das aves (RADWAN NADIA et al., 2008).

Desta forma, realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar os efeitos da associação do óleo de alecrim e fontes minerais sobre o desempenho e a qualidade dos ovos de poedeiras vermelhas.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido no Setor de Avicultura e Laboratório de Qualidade de Produtos de Origem Animal da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana. Foram utilizadas 288 poedeiras vermelhas da linhagem Hy Line Brown com 30 semanas de idade, durante o período de 112 dias, divididos em quatro ciclos de 28 dias cada.

As aves foram alojadas duas a duas, em gaiolas de arame galvanizado com quatro divisões de 25 x 40 x 45 cm, em galpão convencional de postura com cobertura de telhas de fibrocimento. O bebedouro utilizado foi do tipo calha com água corrente percorrendo toda a extensão frontal das gaiolas, lavado diariamente. O fornecimento de ração foi *ad libitum* às 8h:00m e 16h:00m, em comedouros dispostos sob os bebedouros um para cada unidade experimental.

O programa de iluminação adotado foi de 17 horas por dia (iluminação natural + artificial). Foi realizada a averiguação das condições térmicas do aviário por meio de termohigrômetro às 8 e 16:00 horas, obtendo-se os valores de temperatura média (30,6°C), mínima (24°C $\pm$ 0,8°C), máxima (35,8°C $\pm$ 2,7°C) e umidade relativa do ar (83,8% $\pm$ 6%) e calculados os valores do índice de temperatura do globo negro e umidade - ITGU (81,68) (BUFFINGTON et al., 1977) e carga térmica de radiação - CTR (476,63) (ESMAY, 1969).

Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 3 (fontes de minerais x níveis de óleo de alecrim) com seis tratamentos, seis repetições e oito aves por unidade experimental.

Os tratamentos foram dispostos na seguinte forma: ração contendo minerais inorgânicos sem a adição de óleo de alecrim; minerais inorgânicos com a adição de 100 mg/kg óleo de alecrim; minerais inorgânicos com a adição de óleo de 200 mg/kg de óleo de alecrim; minerais orgânicos sem a adição de óleo de alecrim; minerais orgânicos com a adição de 100 mg/kg de óleo de alecrim; minerais orgânicos com a adição de 200 mg/kg de óleo de alecrim.

As rações experimentais foram baseadas em milho e farelo de soja e formuladas para serem isoenergéticas e isonutrientes (Tabela 1), de forma a atenderem as exigências nutricionais das aves segundo o Manual da linhagem (HY LINE, 2014) e Rostagno et al. (2011). O óleo de alecrim foi suplementado na forma de pó juntamente com a adição dos suplementos mineral e vitamínico às rações. Os minerais utilizados na forma orgânica foram: Cu, Fe, Mn, Zn (complexo metal – aminoácido) e Se (selênio levedura).

Os diferentes níveis de inclusão dos suplementos mineral e vitamínico contendo minerais inorgânicos ou orgânicos se devem as diferenças nas concentrações dos minerais das fontes utilizadas.

Tabela 1. Composições percentual e calculada das rações experimentais

Ingredientes	Mineral inorgânico*			Mineral orgânico*		
	Óleo de alecrim (mg/kg) **					
	0	100	200	0	100	200
Milho, grão	62,08	62,08	62,08	62,08	62,08	62,08
Farelo de soja, 45%	25,34	25,34	25,34	25,34	25,34	25,34
Óleo de soja	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Calcário calcítico	9,97	9,97	9,97	9,97	9,97	9,97
Fosfato bicálcico	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
L-lisina HCl	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
DL-metionina	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Sal comum	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Suplemento mineral e vitamínico****	0,15	0,15	0,15	0,35	0,35	0,35
Inerte	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados						
EM (kcal/kg)	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750
PB (%)	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00
Metionina + cistina digestíveis (%)	0,704	0,704	0,704	0,704	0,704	0,704
Lisina digestível (%)	0,774	0,774	0,774	0,774	0,774	0,774
Cálcio (%)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
Fósforo disponível (%)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Ácido linoleico (%)	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60

*Composição: mineral inorgânico - Cu, 25%; Fe, 28%; Mn, 31%; Se, 45%; Zn, 35%; mineral orgânico - Cu, 10%; Fe, 6%; Mn, 8%; Se, 0,2%; Zn, 10%.

**A adição do óleo de alecrim foi realizada em substituição ao veículo inerte do suplemento mineral e vitamínico.

***Composição por kg de ração: Vitamina A, 7.000 UI; Vitamina D₃, 1.600 UI; Vitamina E, 8 UI; Vitamina K₃, 1,0 mg; Vitamina B₁, 1,0 mg; Vitamina B₂, 4,0 mg; Ácido nicotínico, 20 mg; Ácido pantotênico, 7 mg; Vitamina B₆, 1,0 mg; Vitamina B₁₂, 0,010 mg; Ácido fólico, 0,300 mg; Biotina, 0,020 mg; Colina, 200 mg; Cu, 10 mg; Fe, 50 mg; I, 0,8 mg; Mn, 65 mg; Se, 0,30 mg; Zn, 60 mg.

O desempenho zootécnico foi avaliado por meio do consumo de ração (g/ave/dia), porcentagem de postura, massa dos ovos (g/ave) e conversão alimentar (kg/kg e kg/dz).

O consumo de ração foi registrado semanalmente e calculado por meio da diferença entre a quantidade de ração fornecida e a de sobras ao término de cada semana que compôs o ciclo.

Os ovos foram coletados e contados diariamente, obtendo ao final de cada ciclo a produção total de ovos, porcentagem de postura e massa de ovos de cada unidade experimental. Sendo que a massa de ovos foi obtida pela relação entre a produção total e o peso médio dos ovos (produção total de ovos x peso médio dos ovos) e expressa em gramas.

A conversão alimentar foi calculada dividindo-se a ração consumida (kg) pelo peso total de ovos (kg) e pelo número de ovos produzidos (dz), respectivamente, em cada unidade experimental.

Para avaliação da qualidade dos ovos, nos últimos três dias de cada ciclo foram selecionados seis ovos aleatoriamente para mensuração do peso médio (g) e gravidade específica (g/cm^3). Destes, três ovos foram utilizados para avaliar espessura de casca, porcentagens de casca, albúmen, gema e pH da gema e albúmen. Os ovos restantes foram utilizados para mensurar a Unidade Haugh, índice de gema (mm) e coloração de gema crua.

Com base nos dados de peso total e número de ovos da unidade experimental, obteve-se o peso médio dos ovos. Os ovos destinados à análise de composição e pH foram pesados e quebrados separadamente em recipientes de poliestireno atóxico, previamente identificados e pesados, havendo a separação total entre o albúmen, gema e casca. Cada constituinte foi pesado separadamente e calculado o seu percentual em relação ao peso do ovo, sendo dividido o peso do albúmen, da gema e da casca, pelo peso do ovo (g) e o resultado multiplicado por 100.

Em seguida, com um pHmetro de bancada (HANNA Instruments®) foi determinado o pH do albúmen e da gema.

Para a análise de qualidade, os ovos coletados foram pesados separadamente por meio de balança semi-analítica ($\pm 0,001\text{g}$) e posteriormente mergulhados em solução salina com diferentes densidades, variando de 1,070 a 1,102, para averiguação da gravidade específica. A técnica é baseada no princípio da flutuação, onde os ovos foram imersos em recipiente contendo soluções salinas em ordem crescente de densidade. Considerou-se a densidade do ovo aquela em que o mesmo flutuou.

Os ovos foram quebrados em superfície plana e lisa de vidro e com o auxílio de um paquímetro digital, as medidas de altura do albúmen e da gema foram determinadas e expressas em milímetros (mm). Por meio da medida da altura de albúmen (mm) e peso unitário do ovo (g), foram calculados os valores da unidade Haugh determinada pela equação descrita por Silversides e Budgell (2004): $UH = 100\log(H+7,75-1,7P^{0,37})$; Em que, H = altura do albúmen (mm) e P = peso do ovo (g).

Posteriormente, com um paquímetro digital ($\pm 0,05\text{ mm}$), foi mensurado o diâmetro da gema no sentido horizontal e, com base na média dos valores obtidos calculou-se o índice de gema (mm) (altura/diâmetro).

A análise de coloração da gema crua foi efetuada por meio de um leque colorimétrico DSM (Yolk Color Fan)®, numa escala de 1 a 15, variando respectivamente a tonalidade amarela de um tom claro até um amarelo escuro (tonalidade laranja).

Em seguida, as cascas foram lavadas e submetidas à secagem ambiente por 48 horas e pesadas para a determinação da qualidade externa, por meio do peso da casca (g) e espessura da casca (mm).

A espessura de casca, incluindo as membranas foi medida por meio da leitura de quatro pontos distintos da região equatorial utilizando micrômetro digital ($\pm 0,001\text{mm}$) e transformados em um valor médio por unidade experimental.

No último ciclo foram coletados 12 ovos de cada tratamento para a avaliação das variáveis geométricas e a quantidade de poros na casca do ovo. As variáveis geométricas, volume (V) e área do ovo (S), foram determinadas conforme a metodologia proposta por Narushin (2005): $V = (0,6057 - 0,0018d)Dd^2$; $S = (3,155 - 0,0136D + 0,00155d)Dd$; Em que, V = volume; S = área do ovo; D = diâmetro maior; d = diâmetro menor.

O número de poros da casca nas diferentes regiões do ovo (apical, meridional e basal) foi determinado utilizando-se o método de Rahn et al. (1981). As imagens foram capturadas por meio de microscopia de luz utilizando o sistema analisador de imagens computadorizado Motic Images Plus®. Para cada região por ovo foram capturadas 10 imagens e considerada a média para o número de poros.

Os dados foram submetidos à análise de normalidade *Shapiro-Wilk*. Para as variáveis cujos resíduos apresentaram distribuição normal, aplicou-se a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,01$ e $P < 0,05$). Para as demais variáveis que não apresentaram distribuição normal foi utilizado o método de modelos lineares generalizados e assumiu-se a distribuição *gamma* com função de ligação inversa e as médias comparadas pelo Teste T ($P < 0,01$ e $P < 0,05$).

Resultados e Discussão

Não houve interação ($P > 0,05$) entre os tratamentos para as variáveis relacionadas ao desempenho zootécnico das aves. Da mesma forma, as diferentes fontes minerais não influenciaram ($P > 0,05$) o desempenho das poedeiras, evidenciando que tanto a fonte orgânica quanto a inorgânica atendeu as exigências nutricionais e a manutenção das características produtivas das aves, concordando com resultados obtidos por Sechinato et al. (2006) (Tabela 2).

No entanto, a substituição de 8, 17 e 33% de minerais inorgânicos (cobre, zinco, manganês e ferro) por fonte mineral orgânica na ração de poedeiras não alterou o peso e massa dos ovos, bem como a produção e conversão alimentar (BORUTA ET AL., 2003), assim como o uso de 0,250 e 0,500 ppm de zinco, manganês e selênio orgânico (FERNANDES ET AL., 2008).

Somente foi observado efeito isolado ($P < 0,05$) do óleo de alecrim sobre a porcentagem de postura e massa de ovos, em que a inclusão de 200 mg/kg de óleo de alecrim proporcionou melhores resultados sem relação ao demais tratamentos.

Tabela 2. Consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), porcentagem de postura (PP) e massa dos ovos (MO) de poedeiras vermelhas alimentadas com diferentes fontes minerais (FM) e níveis de óleo de alecrim (OA)

Variáveis	CR (g/ave/dia)	CA		PP (%)	MO (g/ave)
		(kg/kg)	(kg/dz)		
(FM)					
Inorgânico	104,40	1,94	1,42	89,62	54,83
Orgânico	103,61	1,90	1,40	89,52	54,82
(OA mg/kg de ração)					
0	104,05	1,95	1,44	88,13b	54,09b
100	103,32	1,90	1,39	89,75ab	54,83ab
200	104,65	1,91	1,40	90,83a	55,55a
Média ¹	104,00	1,92	1,41	89,57	54,82
EPM	0,50	0,01	0,01	0,44	0,23
Normalidade*	0,143	0,604	0,433	1,581	0,622
Valores de P					
FM	0,451	0,088	0,197	0,914	0,973
OA	0,580	0,104	0,141	0,045	0,036
FM x OA	0,433	0,200	0,388	0,510	0,298

¹Erro padrão da média; *Valores com $P > 0,05$ apresentam distribuição normal pelo teste Shapiro Wilk; Letras distintas na coluna são significativas à 5% de probabilidade.

Os melhores resultados para a porcentagem de postura e massa dos ovos ($P < 0,05$) foram obtidos com a inclusão de 200 mg/kg de óleo de alecrim. Estes resultados, possivelmente estejam relacionados com o ácido carnósico e rosmarínico presentes no alecrim que, por apresentarem ação antimicrobiana (MORENO et al., 2006) e estimularem a secreção de enzimas pancreáticas com aumento da produção de suco gástrico e pepsina (HERNANDEZ et al., 2004; JANG et al., 2004; AL-KASSIE et al., 2011), podem ter aumentado a digestibilidade e o aproveitamento dos nutrientes da dieta.

A interação ($P < 0,01$) (Tabela 3) entre as fontes minerais e os níveis de óleo de alecrim demonstrou que o peso dos ovos aumenta com o fornecimento de ração contendo minerais orgânicos sem a adição de óleo de alecrim em relação à fonte inorgânica para poedeiras (Tabela 3). Por outro lado, as dietas elaboradas com a fonte mineral orgânica sem a inclusão de óleo de alecrim proporcionaram ovos maiores quando comparadas àquelas baseadas na fonte mineral orgânica associada com 100 mg/kg de óleo de alecrim, sem diferir da fonte orgânica com 200 mg/kg de óleo de alecrim (Tabela 4)

Tabela 3. Peso do ovo (PO), unidade Haugh (UH), índice de gema (IG), pH da gema e albúmen e coloração de gema crua de ovos (CGC) de poedeiras vermelhas alimentadas com diferentes fontes minerais (FM) e níveis de óleo de alecrim (OA)

Variáveis	PO (g)	UH	IG (mm)	Gema	Albúmen	CGC
				pH		
(FM)						
Inorgânico	61,20	101,27	0,457	6,03	8,01	5,09
Orgânico	61,26	101,03	0,458	6,03	8,01	5,05
(OA mg/kg de ração)						
Controle	61,40	100,71	0,455	6,02	8,01	5,09
100	61,10	100,98	0,457	6,05	8,00	5,17
200	61,19	101,76	0,460	6,03	8,03	4,94
Média	61,23	101,15	0,457	6,03	8,01	5,07
EPM ¹	0,21	0,25	0,00	0,01	0,01	0,03
Normalidade*	0,579	0,168	0,181	0,348	0,294	0,792
Valor de P						
FM	0,871	0,639	0,691	0,849	0,975	0,315
OA	0,792	0,221	0,436	0,218	0,323	<0,01
FM x OA	0,005	0,505	0,661	0,333	0,696	<0,01

¹ Erro padrão da média; *Valores com P>0,05 apresentam distribuição normal pelo teste Shapiro Wilk; Letras distintas na coluna são significativas à 1 e 5% de probabilidade

Tabela 4. Peso médio de ovos de poedeiras alimentadas com diferentes fontes minerais e níveis de óleo de alecrim

Fonte mineral	Óleo de alecrim (mg/kg de ração)		
	Controle	100	200
Inorgânica	60,53bA	61,84aA	61,22aA
Orgânica	62,26aA	60,35bB	61,16aAB

Letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha são significativas à 1% de probabilidade

O maior peso dos ovos atribuído ao uso de minerais na forma orgânica nas rações sem adição de óleo de alecrim pode estar relacionado com o aumento do conteúdo de gema e albúmen em reflexo ao melhor aproveitamento dos nutrientes, assim como observado por Fernandes et al. (2008) e Nunes et al. (2013).

Ao avaliarem os níveis de substituição (33, 66 e 100%) de minerais inorgânicos por fontes orgânicas na dieta de poedeiras, Figueiredo Júnior et al. (2013) observaram que 33% de substituição resultaram em ovos mais pesados. Bölükbaşı et al. (2008), ao utilizarem óleos essenciais (sálvia, alecrim e tomilho) na alimentação de poedeiras, observaram que a adição de 200 mg/kg de ração de óleo de alecrim, bem como o

de tomilho, melhoraram o peso dos ovos. No entanto, Çabuk et al. (2006) não observaram efeito da suplementação dietética de óleos essenciais sobre essa variável.

A interação ($P < 0,01$) entre os tratamentos avaliados para coloração de gema crua demonstrou que a cor foi acentuada com a utilização de minerais orgânicos, no entanto, a associação entre a fonte mineral inorgânica e 100 mg/kg de óleo de alecrim aumentou a coloração da gema em comparação a mesma fonte mineral sem ou associada a 200 mg/kg de óleo de alecrim (Tabela 5).

Tabela 5. Coloração de gema crua de ovos de poedeiras alimentadas com diferentes fontes minerais e níveis de óleo de alecrim

Fonte mineral	Óleo de alecrim (mg/kg de ração)		
	0	100	200
Inorgânica	5,08bB	5,32aA	4,87bC
Orgânica	5,10aA	5,03bA	5,01aA

Letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha são significativas à 1% de probabilidade

A intensificação na cor obtida com o uso de minerais orgânicos possivelmente está relacionada com a melhor absorção dos minerais, entre eles o ferro, o qual é responsável pelo amarelo intenso na gema (PAIK et al., 2009). Os compostos fenólicos presentes nos óleos essenciais também podem disponibilizar uma maior quantidade de ferro à ave já que possuem a capacidade de quelação com os íons deste mineral e do cobre, sendo que, quanto maior a quantidade de polifenóis maior é absorção dos minerais e seu acúmulo no fígado da ave (STEF e GERGEN, 2012), explicando dessa forma o resultado encontrado para a coloração de gema com o uso de minerais inorgânicos e 100 mg/kg de óleo de alecrim.

A unidade Haugh, índice de gema e pH do albúmen e gema dos ovos não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos tratamentos avaliados (Tabela 3), concordando com os resultados encontrados por Florou-Paneri et al. (2006) que, ao avaliarem o efeito da adição de extrato de alecrim (5 e 10g/kg) e vitamina E no desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras, não verificaram efeito sobre a unidade Haugh, índice de gema, espessura de casca dos ovos. Resultados semelhantes foram verificados por Saldanha et al. (2009) e Figueiredo Júnior et al. (2013) que não observaram efeito do uso de minerais orgânicos nas dietas de poedeiras sobre a qualidade interna dos ovos.

Na avaliação percentual dos constituintes do ovo constatou-se interação ($P < 0,05$) entre os tratamentos avaliados somente para as porcentagens de albúmen e gema (Tabela 6).

Os ovos produzidos por poedeiras alimentadas com minerais orgânicos apresentaram maior percentual de albúmen quando comparadas àquelas que receberam fonte inorgânica somente quando não houve adição de óleo de alecrim nas rações (Tabela 7). No entanto, a associação de minerais inorgânicos com 200 mg/kg de óleo de alecrim na dieta das aves aumentou a quantidade de albúmen dos ovos, não diferindo do

tratamento com 100 mg/kg de ração de óleo de alecrim associado a mesma fonte mineral, que por outro lado não diferiu do tratamento composto pela fonte inorgânica sem o uso de óleo de alecrim.

Tabela 6. Porcentagem de casca, albúmen e gema, gravidade específica (GE), espessura de casca (EC), volume, área e poros de ovos provenientes de poedeiras vermelhas alimentadas com diferentes fontes minerais (FM) e níveis de óleo de alecrim (OA)

Variáveis	Casca	Albúmen	Gema	GE	EC	Volume	Área	Poros
	(%)			g/cm³	(mm)	(cm³)	(cm²)	(mm²)
(FM)								
Inorgânico	9,38	62,66	24,57	1,091	0,374	57,81	61,12	1,08a
Orgânico	9,47	62,65	24,65	1,090	0,377	57,64	61,14	0,97b
OA (mg/kg)								
Controle	9,43	62,29	24,68	1,086b	0,374	57,42	60,98	1,02ab
100	9,48	62,52	24,74	1,090ab	0,375	58,23	61,40	0,98b
200	9,37	63,14	24,35	1,096a	0,377	57,52	61,00	1,08a
Média	9,42	62,65	24,61	1,090	0,375	57,72	61,12	1,02
EPM¹	0,03	0,17	0,11	0,00	0,00	0,50	0,30	0,02
Normalidade*	0,567	0,082	0,035	<0,01	0,613	<0,01	<0,01	<0,01
Valor de P								
FM	0,194	0,969	0,496	0,856	0,383	0,869	0,977	<0,01
OA	0,455	0,079	0,177	0,05	0,833	0,775	0,810	<0,01
FM x OA	0,704	0,012	<0,01	0,472	0,152	0,325	0,321	0,647

¹ Erro padrão da média; *Valores com P>0,05 apresentam distribuição normal pelo teste Shapiro Wilk; Letras distintas na coluna são significativas à 1 e 5% de probabilidade

Tabela 7. Composição percentual de albúmen proveniente de ovos de poedeiras alimentadas com diferentes fontes minerais e níveis de óleo de alecrim

Fonte mineral	Óleo de alecrim (mg/kg de ração)		
	0	100	200
Inorgânica	61,45bB	62,57aAB	63,30aA
Orgânica	62,78aA	62,31aA	62,25aA

Letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha são significativas à 5% de probabilidade

Esses resultados inferem que o fornecimento das rações contendo fonte mineral orgânica às poedeiras, possivelmente em função da maior biodisponibilidade, pode ter favorecido a síntese de proteínas que constituem o albúmen (PAN et al., 2009). Além disso a utilização de selênio na forma orgânica na dieta de

poedeiras com 21 a 39 semanas de idade promove dilatação das glândulas e melhor preservação do epitélio ciliar do magno, istmo e glândula da casca, resultando em maior quantidade de albúmen depositado (CAVALCANTI et al., 2009).

Por meio da interação ($P < 0,01$) obtida entre as fontes minerais e o óleo essencial de alecrim, observou-se que a quantidade de gema depositada nos ovos foi maior em função da utilização da fonte mineral inorgânica somente quando não estava associada ao óleo de alecrim em comparação à fonte orgânica. No entanto, a utilização de 100 mg/kg de óleo de alecrim associado ao mineral orgânico foi suficiente para aumentar a porcentagem de gema nos ovos (Tabela 8). Possivelmente os efeitos benéficos do óleo de alecrim sobre a digestibilidade (AL-KASSIE et al., 2011) podem ter promovido maior absorção dos minerais, bem como outros nutrientes da dieta, proporcionando desta forma a produção de gemas maiores.

Tabela 8. Composição percentual de gema proveniente de ovos de poedeiras alimentadas com diferentes fontes minerais e níveis de óleo de alecrim

Fonte mineral	Óleo de alecrim (mg/kg de ração)		
	0	100	200
Inorgânica	25,07aA	24,38bA	24,28aA
Orgânica	24,25bB	25,17aA	24,57aAB

Letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha são significativas à 1% de probabilidade

Bozkurt et al. (2012) relataram redução do percentual de albúmen nos ovos de poedeiras criadas em clima quente e alimentadas com a mistura de óleos essenciais e mananoligossacarídeos. Segundo os autores, o uso destes aditivos aumentou a qualidade da casca e, portanto, as aves não conseguiram manter a qualidade interna dos ovos. O mesmo foi relatado por Bölükbaşı et al. (2008), para os valores de porcentagem de gema quando poedeiras foram alimentadas com 200 mg/kg de óleo de alecrim e tomilho.

Não houve interação entre os tratamentos ($P > 0,05$) para as principais características de qualidade externa dos ovos (Tabela 6). No entanto, a inclusão de 200 mg/kg ração de óleo de alecrim aumentou ($P < 0,05$) os valores de gravidade específica dos ovos. Por melhorar a digestibilidade dos nutrientes em função da maior ação enzimática (AL-KASSIE et al., 2011), possivelmente a inclusão de óleo de alecrim nas rações também pode ter proporcionado maior retenção dos minerais, aumentando desta forma os valores de gravidade específica dos ovos, porém não o suficiente para melhorar a espessura de casca.

Avaliando a suplementação de um *blend* de óleos essenciais (24 mg/kg) como forma de amenizar os adversos efeitos causados pelo estresse térmico sazonal no desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras, Bozkurt et al. (2012) observaram aumento no peso, espessura e força de ruptura da casca dos ovos quando estes foram comparados a dieta controle.

A inclusão da fonte mineral orgânica nas rações proporcionou menor número de poros da casca dos ovos ($P<0,01$). Por outro lado, a adição de 200 mg/kg de óleo de alecrim nas dietas aumentou ($P<0,01$) a quantidade de poros, não diferindo do tratamento sem a adição de óleo de alecrim.

Os poros são considerados como áreas de cristalização incompleta durante a calcificação da casca do ovo, formando canais que penetram as camadas de cristal e terminam em aberturas adjacentes aos botões mamilares (múltiplas estruturas em forma de cone) (ROMANOFF; ROMANOFF, 1949).

Estudos realizados por Stefanello et al. (2014) demonstraram que a suplementação crescente de microminerais orgânicos (Mn, Zn, Cu) na dieta de poedeiras reduziu linearmente o número de botões mamilares por mm² de casca, indicando melhoria na qualidade da casca uma vez que a alta densidade de botões mamilares resultam em cascas com menor resistência por possuírem desarranjo, fissuras e arranhões na superfície interna (VAN TOLEDO et al., 1982). Desta forma, possivelmente a redução do número de botões mamilares resultou na redução da formação de poros, já que estes são formados entre os botões mamilares.

Os microminerais estão diretamente envolvidos na qualidade e formação da casca dos ovos, como o zinco e cobre que estão diretamente envolvidos na ativação das enzimas anidrase carbônica e lisil oxidase, respectivamente, responsáveis pela formação da casca e as ligações cruzadas de colágeno presentes na membrana orgânica da casca dos ovos. Além disso, o zinco também é ativador de enzimas envolvidas na formação de glicosaminoglicanos e glicoproteínas que são constituintes da matriz orgânica da casca (LEESON; SUMMERS, 2001).

Conclusão

A utilização de 200 mg/kg de óleo de alecrim nas rações contribui para a melhoria do desempenho zootécnico de poedeiras vermelhas.

A associação de fonte mineral inorgânica e 100 mg/kg de óleo de alecrim nas dietas de poedeiras melhora a qualidade dos ovos, por aumentar a coloração de gema crua e o percentual de albúmen.

Os efeitos dos minerais orgânicos é superior à fonte mineral inorgânica por melhorar a qualidade dos ovos, aumentando o peso médio, coloração de gema crua e percentual de albúmen.

Referências Bibliográficas

AL-KASSIE, G.A.M.; ABD-AL-JALEEL, R.A.; MOHSEEN, A.M. The effect of a mixture of anise and rosemary on broiler performance. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v.2, n.9, p.1279-1282, 2011.

- ANDJELKOVIC, M.; CAMP, J.V.; MEULENAER, B.; DEPAEMELAERE, G.; SOCACIU, C.; VERLOO, M.; VERHE, R. Iron-chelation properties of phenolic acids bearing catechol and galloyl groups. **Food Chemistry**, v.98, n.1, p.23-31, 2006.
- ARAÚJO, J.A.; SILVA, J.H.V.; AMÂNCIO, A.L.L.; LIMA, C.B.; OLIVEIRA, E.R.A. Fontes de minerais para poedeiras. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.2, n.3, p.53-60, 2008.
- BAO, Y.M.; CHOCT, M.; IJI, P. A.; BRUERTON, K. Effect of Organically Complexed Copper, Iron, Manganese, and Zinc on Broiler Performance, Mineral Excretion, and Accumulation in Tissues. **Journal of Applied Poultry Research**, v.16, n.3, p.448-455, 2007.
- BÖLÜKBAŞI, S.C.; ERHAN, M.K.; KAYNAR, O. The effect of feeding thyme, sage and rosemary oil on laying hen performance, cholesterol and some proteins ratio of egg yolk and Escherichia Coli count in feces. **Archiv Geflügelk**, v.72, n.5, p.231–237, 2008.
- BORUTA, A.; SWIERCZEWSKA, E.; GLEBOCKA, K.; NOLLET, L. Trace organic minerals as a replacement of inorganic sources for layers: effects on productivity and mineral excretion. **Revista Científica Eletrônica De Medicina Veterinária**, v.13, p.2013.
- BOZKURT, M.; KUÇUKYILMAZ, K.; ÇATLI, A.U.; ÇINAR, M.; BINTAS, E.; ÇOVEN, F. Performance, egg quality, and immune response of laying hens fed diets supplemented with mannan-oligosaccharide or an essential oil mixture under moderate and hot environmental conditions. **Poultry Science**, v.91, n.6, p.1379-1386, 2012.
- BUFFINGTON, D.E., COLLAZO-AROCHO, A., CANTON, G.H.; PITT, D.; THATCHER, W.W.; COLLIER, R.J. Black Globe humidity comfort index for dairy cows. **American Society Agricola Engenier**, 19p. (paper 77-4517), 1977.
- ÇABUK, M.; BOZKURT, M.; ALÇİÇEK, A.; ÇATLI, A.U.; BAŞER, K.H.C. Effect of a dietary essential oil mixture on performance of laying hens in the summer season. **South African Journal of Animal Science**, v.4, n.36, p.215-221, 2006.
- CAVALCANTI, M.B.T.; SILVA, J.L.; CORREIA, G.M.G.; AGUIAR, J.F.C.; MEDEIROS, J.P.; EVÊNCIO NETO, J. Avaliação dos aspectos produtivos e morfológicos do oviduto de poedeiras comerciais (*Gallus gallus*), tratadas com selênio orgânico, **Arquivos do Instituto Biológico**, v.71, p.196, 2009.
- ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. Westport: CT. Avi. Publishing. 1969. 325p.
- FERNANDES, J.I.M.; MURAKAMI, A.E.; SAKAMOTO, M.I., SOUZA, L.M.G.; MALAGUIDO, A.; MARTINS, E.N. Effects of organic mineral dietary supplementation on production performance and egg quality of white layers. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.10, n.1, p.59-65, 2008.

FIGUEIREDO JÚNIOR, J.P.; COSTA, F.G.P.; GIVISIEZ, P.E.N.; LIMA, M.R.; SILVA, J.H.V.; FIGUEIREDO-LIMA, D.F.; SARAIVA, E.P.; SANTANA, M.H.M. Substituição minerais inorgânicos por orgânicos na alimentação de poedeiras semipesadas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.2, p.513-518, 2013.

FLOROU-PANERI, P.; DOTAS, D.; MITSOPOLUS, I.; BOTSOGLOU, E.; NIKOLAKAKIS, I.; BOTSOGLOU, N. Effect of feeding Rosemary and α -Tocopheryl acetate on hen performance and egg quality. **The Journal of Poultry Science**, v.43, n.2, p.143-149, 2006.

GRAVENA, R.A.; MARQUES, R.H.; PICARELLI, J.; SILVA, J.D.T.; ROCCON, J.; HADA, F.H.; QUEIROZ, S.A; MORAES, V.M.B. Suplementação da dieta de codornas com minerais nas formas orgânicas sobre o desempenho e a qualidade dos ovos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.6, p. 14-53-1460, 2011.

HERNÁNDEZ, F.; MADRID, J.; GARCÍA, V.; ORENGO, J.; MEGÍAS, M.D.; Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility and digestive organ size. **Poultry Science**, v.83, n.2, p.169-174, 2004.

HY LINE. Manual de manejo poedeiras comerciais. 2014, 40 p. Disponível em: http://www.hylinedobrasil.com.br/hyline/download/guia_brown_2014.pdf. Acesso em: 02 abr. 2014.

JANG, I.S.; KO, Y.H.; YANG, H.Y. ; HA, J.S.; KIM, J.Y.; KANG, S.Y.; YOO, D.H.; NAM, D.S.; KIM, D.H.; LEE, C.Y. Influence of essential oil components on growth performance and the functional activity of the pancreas and small intestine in broiler chickens. **Asian-australasian Journal Animal Sciences**, v.17, p.394-400, 2004.

KLANČNIK, A.; GUZEJ, B.; KOLAR, M.H.; ABRAMOVIC, H.; MOZINA, S.S. In vitro antimicrobial and antioxidant activity of commercial rosemary extract formulations. **Journal of Food Protection**, v.72, n.8, p.1744-1752, 2009.

KLECKER D.; ZEMAN L.; JELINEK P.; BUNESOVA, A. Effect of manganese and zinc chelates on the quality of eggs. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, v.50, n.1, p.59–68, 2002.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the chickens**. 4.ed. Guelph: University Books, 2001. 591p.

MORENO, S., SCHEYER, T.; ROMANO C.S; VOJNOV, A.A. Antioxidant and antimicrobial activities of rosemary extracts linked to their polyphenol composition. **Free Radical Research**, v.40, n.2, p.223-231, 2006.

- NARUSHIN, V.G. Egg geometry calculation using the measurements of length and breadth. **Poultry Science**, v.84, p.482-484, 2005.
- NUNES, J.K.; SANTOS, V.L.; ROSSI, P.; ANCIUTI, M.A.; RUTZ, F.; MAIER, J C.; SILVA, J.G.C. Qualidade de ovos e resistência óssea de poedeiras alimentadas com minerais orgânicos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.2, p.610-618, 2013.
- OSMAN, A.M.R.; ABDEL WAHED, H.M.; RAGAB, M.S. Effects of supplementing laying hens diets with organic selenium on egg production, egg quality, fertility and hatchability. **Egyptian Poultry Science**, v.30, n.3, p.893-915, 2010.
- PAIK, I.; LEE, H.; PARK, S. Effects of organic iron supplementation on the performance and iron content in the egg yolk of laying hens. **Journal of Poultry Science**, v.46, p.198-202, 2009.
- PAN, E.A.; RUTZ, F.; DIONELLO, N.J.L.; ANCIUTI, M.; KRABBE, E.L. Desempenho de poedeiras semipesadas arraçadas com a suplementação de selênio orgânico. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.16, n.4, p.83-89, 2010.
- RADWAN NADIA, L.; HASSAN, R.A; QOTA, E.M.; FAYEK, H.M. Effect of natural antioxidant on oxidative stability of eggs and productive and reproductive performance of laying hens. **International Journal of Poultry Science**, v.7, n.2, p.134-150, 2008.
- RAHN, H. Changes in shell conductance, pores, and physical dimensions of egg and shell during the first breeding cycle of turkey hens. **Poultry Science**, v.60, p.2536-2541, 1981.
- RICHARDS, J.D.; ZHAO, J.; HARRELL, R.J.; ATWELL, A.A.; DIBNER, J. Trace mineral nutrition in poultry and swine. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.23, n.11, p.15-27-1534, 2010.
- ROMANOFF, A.L.; ROMANOFF, A.J. **The avian egg**. New York: John Wiley and Sons, 1949. 543p.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELLE, J.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ª Ed. Viçosa: UFV, 2011, 252p.
- SALDANHA, E.S.P.B.; GARCIA, E.A.; PIZZOLANTE, C.C.; FAITTARONE, A.B.G.; SECHINATO, A.; MOLINO, A.B.; LAGANÁ, C. Effect of organic mineral supplementation on the egg quality of semi-heavy layers in their second cycle of lay. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.11, n.4, p.215-222, 2009.
- SECHINATO, A.S.; ALBUQUERQUE, R.; NAKADA, S. Efeito da suplementação dietética com micro minerais orgânicos na produção de galinhas poedeiras. **Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science**, v.43, n.2, p.159-166, 2006.

SILVERSIDES, F.G.; BUDGELL, K. The relationships among measures of egg albumen height, pH, and whipping volume. **Poultry Science**, v.83, p.1619-1623, 2004.

STEF, D.S.; GERGEN, I. Effect of mineral-enriched diet and medicinal herbs on Fe, Mn, Zn, and Cu uptake in chicken, **Chemistry Central Journal**, v.6, p.2-9, 2012.

STEFANELLO, C.; SANTOS, T.C.; MURAKAMI, A.E.; MARTINS, E.N.; CARNEIRO, T.C. Productive performance, eggshell quality, and eggshell ultrastructure of laying hens fed diets supplemented with organic trace minerals. **Poultry Science**, v.93, n.1, p.104-113, 2014.

TRAESEL, C.K.; LOPES, S.T.A.; WOLKMER, P.; SCHIMIDT, C.; SANTURIO, J. M.; ALVEZ, 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.

VAN TOLEDO, B.; PARSONS, A.H.; COMBS, G.F. Role of ultrastructure in determining eggshell strength. **Poultry Science**, v.61, p.569–572, 1982.

CAPÍTULO III

Artigo elaborado segundo adaptação das normas da Revista Caatinga.

FONTES DE MICROMINERAIS E ÓLEO DE ALECRIM NA ALIMENTAÇÃO DE POEDEIRAS: QUALIDADE E ESTABILIDADE LIPÍDICA¹

MICROMINERALS SOURCES AND ROSEMARY OIL IN LAYERS OF FEED: QUALITY AND STABILITY LIPID¹

Natália Ramos Batista¹ & Elis Regina de Moraes Garcia²

RESUMO: Foram realizados dois experimentos com o objetivo de avaliar o efeito do óleo de alecrim (OA) e fontes microminerais (FM) sobre a qualidade interna e estabilidade lipídica dos ovos de poedeiras vermelhas. Os tratamentos foram ração contendo minerais inorgânicos (MI) ou orgânicos (MO) sem ou com a adição de OA (100 e 200 mg.kg⁻¹). No experimento I os ovos foram coletados e armazenados em temperatura controlada (TC) (25,0°C), analisados frescos, com 15 e 30 dias, avaliando-se: malonaldeído (MDA), peso do ovo (PO), unidade Haugh (UH), índice de gema (IG), pH do albúmen (pALB) e gema, coloração de gema (CGC) e perda de peso. Adotou-se um DIC em esquema fatorial 2x3x3 (FM x OA x período de armazenamento). O experimento II assemelhou-se ao anterior, porém os ovos foram armazenados sob refrigeração (TR) (5,0°C). Para ovos em TC, houve interação entre os tratamentos para PO, UH e pALB. O uso de MO melhorou os resultados para todas as variáveis analisadas. A adição de 200 mg.kg⁻¹ de OA reduziu o MDA e aumentou a UH, IG e CGC. Ovos em TR, a UH melhorou com 200 mg.kg⁻¹ de OA na ração. A redução da qualidade interna dos ovos armazenados em TC (25,0°C) e TR (5,0°C) pelo armazenamento é minimizada pela inclusão de MO e 200 mg.kg⁻¹ de OA nas dietas. A estabilidade lipídica de ovos de poedeiras vermelhas armazenados em TC aumenta com a utilização de MO e 200 mg.kg⁻¹ de OA, porém não é alterada quando os ovos são mantidos em TR.

Palavras-chave: Armazenamento. Malonaldeído. Mineral quelatado. Oxidação lipídica. *Rosmarinus officinalis*

¹ Estudo financiado pela Fundação de Apoio ao desenvolvimento do Ensino, Ciência e tecnologia do estado de Mato Grosso do Sul – FUNDECT.

² Acadêmica do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS, Aquidauana, MS, Brasil.

³ Professora Adjunta do Curso de Zootecnia e do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS – Rodovia Aquidauana/UEMS – Km 12 – CEP: 79200-000 – Aquidauana, MS, Brasil. E-mail:ermgarcia@uems.br. Autor para correspondência.

MICROMINERALS AND ROSEMARY OIL IN LAYERS FEEDING: QUALITY AND STABILITY LIPID OF EGGS

ABSTRACT: Were performed two experiments in order to evaluate the effect of rosemary oil (OA) and microminerals sources (FM) on internal quality and lipid stability of eggs of red laying hens. Treatments were diets containing inorganic minerals (IM) or organic (OM) with or without the addition of RO (100 e 200 mg.kg⁻¹). In the first experiment the eggs were collected and stored temperature (CT) (25.0°C), analyzed fresh, with 15 and 30 days, by evaluating: malondialdehyde (MDA), egg weight (EW), Haugh unit (HU), yolk index (YI), pH albumen (pALB) and yolk, yolk color (YC) and weight loss. We adopted a completely randomized design in a factorial 2x3x3 (MS x RO x storage period). The second experiment was similar to the previous one, but the eggs were stored under refrigeration (RT) (5.0°C). For eggs on CT, there was interaction between treatments for EW, UH and pALB. The use of OM improved the results for all variables. The addition of 200 mg.kg⁻¹ RO reduced MDA and increased HU, YI and YC. Eggs in TR, HU improved with 200 mg.kg⁻¹ RO in the feed. The storage advance reduced the internal quality and lipid stability of eggs. The internal quality of the eggs stored in CT (25.0°C) and RT (5.0°C) is minimized with the inclusion of OM and 200 mg.kg⁻¹ RO in red laying diets. The lipid stability of eggs stored in CT increases with the use of OM and 200 mg.kg⁻¹ of RO, but it is not changed when the eggs are stored at RT (5.0°C).

Key Words: Chelated mineral. Lipid oxidation. Malondialdehyde. *Rosmarinus officinalis*. Storage. Yolk index.

INTRODUÇÃO

Considerado como uma excelente fonte de ácidos graxos essenciais, o ovo apresenta a fração lipídica localizada na gema, constituída em sua maior parte por ácidos graxos insaturados, os quais são susceptíveis à oxidação, principalmente durante a estocagem (HAYAT et al., 2010).

Por ser um fenômeno espontâneo e inevitável que ocasiona perdas de sabor, aroma e qualidade nutricional ao alimento, a oxidação lipídica e métodos que possam retardá-la vêm sendo estudados, com ênfase à pesquisa de possíveis antioxidantes presentes em produtos naturais (THERON; VENTER; LUES, 2003, COIMBRA et al., 2007; ABRAMOVICH et al., 2012), uma vez que estes são livres de resíduos químicos e reconhecidos pelos consumidores como seguros e comumente usados na indústria alimentícia (BRENES; ROURA, 2010).

Com capacidade de retardar a oxidação lipídica, inibir o crescimento microbiano e proporcionar melhor digestibilidade dos nutrientes (HERNÁNDEZ et al., 2004; JANG et al., 2004; KLANČNIK et al., 2009), o óleo essencial de alecrim vem se apresentando como alternativa aos antioxidantes e antimicrobianos sintéticos nas rações.

Além disso, os compostos antioxidantes presentes no alecrim possuem a capacidade de transferência para os ovos via alimentação da ave, como constatado por Botsoglou et al. (2005) ao avaliarem o uso de extratos de alecrim (5g.kg^{-1}), açafrão (20 mg.kg^{-1}) e orégano (5 g.kg^{-1}) na dieta de poedeiras.

A utilização de óleos essenciais na alimentação animal evidenciou a capacidade de quelação destas substâncias com minerais presentes na dieta, favorecendo a absorção e melhor aproveitamento mineral pela ave (STEF; GERGEN, 2012). Possivelmente desta forma, a capacidade de ativação de enzimas antioxidantes no organismo da ave bem como a transferência destas para os ovos são superiores, uma vez que os minerais estão envolvidos diretamente com a capacidade de ativação de enzimas como a glutathione peroxidase (GSH) pelo selênio (Se), a catalase (CA) pelo ferro (Fe) e superóxido dismutase (SOD) pelo zinco (Zn), cobre (Cu) e manganês (Mn) (ANDRADE; MARREIRO, 2011).

A suplementação mineral na dieta de poedeiras é utilizada como forma de atender uma das principais limitações nutricionais para esta categoria animal, já que as rações fornecidas possuem como base em sua formulação milho e farelo de soja, ingredientes que apresentam baixa concentração mineral.

A utilização de microminerais orgânicos nas dietas de poedeiras está sendo avaliada como uma alternativa à substituição parcial ou completa dos minerais inorgânicos que são comumente utilizados na formulação de rações, uma vez que a forma orgânica apresenta maior biodisponibilidade e capaz de melhorar o desempenho produtivo das aves (KLECKER et al., 2002; RICHARDS et al., 2010), a qualidade da casca dos ovos (GRAVENA et al., 2011), além de contribuir para a redução da excreção de microminerais para o ambiente e a contaminação ambiental (OSMAN et al., 2010).

Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito da utilização do óleo de alecrim e diferentes fontes microminerais na dieta de poedeiras vermelhas sobre a qualidade interna e estabilidade oxidativa dos ovos armazenados em temperatura controlada ($25,0^{\circ}\text{C}$) e refrigerada ($5,0^{\circ}\text{C}$).

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Setor de Avicultura e no Laboratório de Qualidade de Produtos de Origem Animal da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana. Foram utilizadas 288 poedeiras de ovos vermelhos da linhagem Hy Line Brown com 30 semanas de idade, durante quatro ciclos de 28 dias cada.

O trabalho foi dividido em dois experimentos e todas as aves foram alimentadas com ração contendo microminerais inorgânicos (convencionais) sem a adição de óleo de alecrim; microminerais inorgânicos com a adição de óleo de alecrim (100 mg.kg^{-1}); microminerais inorgânicos com a adição de óleo de alecrim (200 mg.kg^{-1}); microminerais orgânicos sem a adição de óleo de alecrim; microminerais orgânicos com a adição de óleo de alecrim (100 mg.kg^{-1}); microminerais orgânicos com a adição de óleo de alecrim (200 mg.kg^{-1}).

As rações experimentais foram baseadas em milho e farelo de soja e formuladas para serem isoenergéticas e isonutrientes (Tabela 1), de forma a atenderem as exigências nutricionais das aves segundo o Manual da linhagem (HY LINE, 2014) e Rostagno et al. (2011).

O óleo de alecrim foi suplementado na forma de pó juntamente com a adição dos suplementos mineral e vitamínico às rações. Os minerais utilizados na forma orgânica foram: Cu, Fe, Mn, Zn (complexo metal – aminoácido) e Se (selênio levedura). Os diferentes níveis de inclusão dos suplementos mineral e vitamínico contendo minerais inorgânicos ou orgânicos se devem as diferenças nas concentrações dos minerais das fontes utilizadas.

No primeiro experimento após 112 dias de fornecimento das rações experimentais, durante quatro dias, todos os ovos produzidos foram coletados e destes, 20 ovos/tratamento/dia foram selecionados com base na ausência de rachaduras, manchas ou sujeiras na casca. Os ovos foram identificados, colocados em bandeja de papelão, acondicionados em temperatura ambiente controlada ($25,0^{\circ}\text{C}$ e $63,03\%$ UR) e submetidos a diferentes períodos de armazenamento (0,15 e 30 dias).

Os ovos foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial $2 \times 3 \times 3$ (fonte micromineral x níveis de óleo de alecrim x período de armazenamento), com medidas repetidas no tempo. Para cada período de armazenamento foram selecionados dois ovos/tratamento/dia para a avaliação da qualidade interna por meio da unidade Haugh, índice de gema, coloração da gema, pH albúmen e da gema.

A mensuração da oxidação lipídica (método TBARS) segundo adaptação da metodologia descrita por Ramanathan e Das (1992), foi determinada em três ovos/tratamento/dia em cada período de armazenamento.

Para a análise de qualidade, os ovos coletados foram pesados separadamente por meio de balança semi-analítica ($\pm 0,001\text{g}$) e posteriormente quebrados em superfície plana e lisa de vidro. Para o pH, utilizou-se pHmêtro de bancada com a introdução direta do eletrodo na gema e no albúmen.

Tabela 1. Composições percentual e calculada das rações experimentais

Ingredientes	Micromineral inorgânico*			Micromineral orgânico*		
	Óleo de alecrim (mg.kg ⁻¹)					
	0	100	200	0	100	200
Milho, grão	62,08	62,08	62,08	62,08	62,08	62,08
Farelo de soja, 45%	25,34	25,34	25,34	25,34	25,34	25,34
Óleo de soja	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Calcário calcítico	9,97	9,97	9,97	9,97	9,97	9,97
Fosfato bicálcico	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
L-lisina HCl	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
DL-metionina	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Sal comum	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Suplemento mineral e vitamínico**	0,15	0,15	0,15	0,35	0,35	0,35
Inerte	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados						
EM (kcal/kg)	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750
PB (%)	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00
Metionina + cistina digestíveis (%)	0,704	0,704	0,704	0,704	0,704	0,704
Lisina digestível (%)	0,774	0,774	0,774	0,774	0,774	0,774
Cálcio (%)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
Fósforo disponível (%)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Ácido linoleico (%)	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60

*Composição: micromineral inorgânico - Cu, 25%; Fe, 28%; Mn, 31%; Se, 45%; Zn, 35%; micromineral orgânico - Cu, 10%; Fe, 6%; Mn, 8%; Se, 0,2%; Zn, 10%.

**Composição por kg de ração: Vitamina A, 7.000 UI; Vitamina D₃, 1.600 UI; Vitamina E, 8 UI; Vitamina K₃, 1,0 mg; Vitamina B₁, 1,0 mg; Vitamina B₂, 4,0 mg; Ácido nicotínico, 20 mg; Ácido pantotênico, 7 mg; Vitamina B₆, 1,0 mg; Vitamina B₁₂, 0,010 mg; Ácido fólico, 0,300 mg; Biotina, 0,020 mg; Colina, 200 mg; Cu, 10 mg; Fe, 50 mg; I, 0,8 mg; Mn, 65 mg; Se, 0,30 mg; Zn, 60 mg.

Com o auxílio de um paquímetro digital, as medidas de altura do albúmen e da gema foram determinadas e expressas em milímetros (mm). Por meio da medida da altura de albúmen (mm) e peso unitário do ovo (g), foram calculados os valores da unidade Haugh determinada pela equação descrita por Silversides e Budgell (2004): $UH = 100\log(H+7,75-1,7P^{0,37})$; Em que, H = altura do albúmen (mm) e P = peso do ovo (g). Posteriormente, com um paquímetro digital ($\pm 0,05$ mm), foi mensurado o diâmetro da gema no sentido horizontal e, com base na média dos valores obtidos calculou-se o índice de gema (mm) (altura/diâmetro).

A análise de coloração da gema crua foi efetuada por meio de um leque colorimétrico DSM (Yolk Color Fan)®, numa escala de 1 a 15, variando respectivamente a tonalidade amarela de um tom claro até um amarelo escuro (tonalidade laranja).

No segundo experimento os ovos foram armazenados em ambiente refrigerado (5,0°C e 41,32% UR), o delineamento experimental adotado e as variáveis analisadas foram as mesmas relatadas no primeiro experimento.

Para cada experimento os dados foram submetidos à análise de normalidade Shapiro-Wilk. Para as variáveis cujos resíduos apresentaram distribuição normal, aplicou-se a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,01$ $P < 0,05$). Para as demais variáveis que não apresentaram distribuição normal utilizou-se o método de modelos lineares generalizados e assumiu-se a distribuição *gamma* com função de ligação inversa e as médias comparadas pelo Teste T ($P < 0,01$ e $P < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento I

Para ovos armazenados em temperatura controlada (25,0°C) (Tabela 2) observou-se que as fontes microminerais e os níveis de óleo de alecrim apresentaram interação ($P < 0,01$) para o peso do ovo, verificando que os ovos provenientes de poedeiras que receberam dietas contendo microminerais orgânicos sem a adição de óleo de alecrim apresentaram maior peso em relação à fonte inorgânica, enquanto houve redução no peso dos ovos somente com a associação entre 100 mg.kg⁻¹ de óleo de alecrim e a fonte micromineral orgânica (Tabela 3).

O maior peso dos ovos com a suplementação de microminerais orgânicos pode ser um reflexo do aumento da gema e do albúmen proveniente do melhor aproveitamento dos nutrientes, assim como observado por Fernandes et al. (2008) e Nunes et al. (2013) utilizando minerais orgânicos para poedeiras. Da mesma forma, a inclusão de óleo de alecrim nas dietas contendo fonte

micromineral inorgânica pode ter favorecido a absorção dos nutrientes pelas poedeiras (HERNANDEZ et al., 2004; AL-KASSIE; ABD-AL-JALEEL; MOHSEEN, 2011).

Tabela 2. Concentração de malonaldeído (MDA), peso do ovo (PO), unidade Haugh (UH), índice de gema (IG), pH do albúmen e gema, coloração de gema crua (CGC) e perda de peso (PP) de ovos armazenados por diferentes períodos de armazenamento (PA) em temperatura controlada (25,0°C), provenientes de poedeiras vermelhas alimentadas com diferentes fontes microminerais (FM) e níveis de óleo de alecrim (OA)

Variáveis	MDA (mg.kg ⁻¹)	PO (g)	UH	IG (mm)	pH		PP (%)	CGC
					Gema	Albúmen		
(FM)								
Inorgânica	0,243a	59,89	54,46	0,299	6,48 ^a	8,92	2,86a	4,93
Orgânica	0,226b	59,90	69,13	0,327	6,23b	8,57	2,55b	4,98
(OA mg.kg ⁻¹ de ração)								
0	0,242a	60,93	58,52	0,303b	6,35	8,75	2,66	4,87b
100	0,235ab	58,86	61,94	0,311b	6,37	8,76	2,68	4,93ab
200	0,225b	59,90	64,93	0,324 ^a	6,34	8,73	2,78	5,06a
PA (dias)								
Frescos	0,196a	61,58a	101,65	0,446	5,88c	7,50	0,00c	5,06a
15	0,229b	59,18b	47,76	0,268	6,42b	9,31	2,83b	5,00a
30	0,278c	58,93b	35,98	0,225	6,75 ^a	9,43	5,28a	4,81b
Normalidade*	0,045	0,555	0,006	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Média	0,234	59,89	61,79	0,313	6,35	8,74	2,70	4,95
EPM ¹	0,00	0,39	2,55	0,01	0,04	0,08	0,16	0,03
Valor de P								
FM	<0,01	0,984	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,250
OA	<0,01	0,071	0,054	<0,01	0,925	0,686	0,735	0,01
PA	<0,01	0,005	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
FM x OA	0,391	0,023	0,755	0,519	0,717	0,771	0,625	0,558
FM x PA	0,061	0,955	<0,01	<0,01	0,454	<0,01	0,172	0,532
OA x PA	0,497	0,318	0,056	0,138	0,289	0,174	0,771	0,087
FM x OA x PA	0,945	0,120	0,298	0,303	0,231	0,751	0,753	0,400

¹Erro padrão da média; *Valores com P>0,05 apresentam distribuição normal pelo teste Shapiro Wilk; Letras distintas na coluna são significativas à 1 e 5% de probabilidade

Tabela 3. Peso do ovo de poedeiras vermelhas alimentadas com diferentes fontes microminerais e níveis de óleo alecrim, armazenados por até 30 dias em temperatura controlada (25,0°C)

Fonte micromineral	Óleo de alecrim (mg.kg ⁻¹ de ração)		
	0	100	200
Inorgânica	59,52bA	59,80aA	60,35aA
Orgânica	62,34aA	57,93aB	59,45aAB

Letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha são significativas à 1% de probabilidade

Ao avaliarem os níveis de substituição (33, 66 e 100%) de microminerais inorgânicos por fontes orgânicas na dieta de poedeiras, Figueiredo Júnior et al. (2013) observaram que 33% de inclusão resultou em maior peso dos ovos. Bölükbaşı et al. (2008), ao utilizarem óleos essenciais (sálvia, alecrim e tomilho) na alimentação de poedeiras, constataram que a adição de 200 mg.kg⁻¹ de óleo de alecrim, bem como o de tomilho, promoveram maior peso dos ovos.

Para o período de armazenamento observou-se que até 15 dias de armazenamento houve redução ($P < 0,01$) do peso dos ovos e esses valores permaneceram similares até 30 dias de estocagem. A perda de peso do ovo possivelmente esteja correlacionada com a redução da quantidade de água presente no albúmen, perdida por meio dos poros da casca durante o processo de trocas gasosas (saída de umidade e dióxido de carbono) que ocorre continuamente após postura, podendo ser acelerada por condições inadequadas de armazenamento principalmente quando associadas às altas temperaturas (FREITAS et al., 2011).

Em estudo avaliando a estocagem de ovos por até 35 dias, Barbosa et al. (2008) observaram redução em média de 9,20% do peso do ovo quando armazenado em ambiente com temperatura e umidade elevadas. O mesmo foi relatado por Figueiredo et al. (2011), que durante o armazenamento à 21°C verificaram aumento da perda de peso dos ovos de 0,65 para 1,03g com cinco e 10 dias de armazenamento, respectivamente.

Para os valores de unidade Haugh, por meio da interação ($P < 0,01$) entre as fontes minerais e o período de armazenamento observou-se que o uso da fonte micromineral orgânica nas dietas proporcionou valores superiores para esta variável até 30 dias de armazenamento em relação à fonte inorgânica, porém, independente das fontes microminerais utilizadas, houve redução crescente da unidade Haugh com o avanço da estocagem dos ovos (Tabela 4).

Resposta parcialmente semelhante foi encontrada por Alleoni e Antunes (2001), que relataram perdas da unidade Haugh de até 53,5% quando os ovos foram armazenados por sete dias. Resultados similares também foram evidenciados em estudos com armazenamento de ovos por 16, 35 e 21 dias (SANTOS et al., 2009; GARCIA et al., 2010; FREITAS et al., 2011).

Tabela 4. Unidade Haugh de poedeiras vermelhas alimentadas com diferentes fontes microminerais e níveis de óleo alecrim, armazenados por até 30 dias em temperatura controlada (25,0°C)

Fonte micromineral	Período de armazenamento (dias)		
	Frescos	15	30
Inorgânica	97,22bA	40,77bB	25,39bC
Orgânica	106,08aA	54,7aB	46,57aC

Letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha são significativas à 1% de probabilidade

A utilização de microminerais na dieta de poedeiras pode favorecer a produção dos constituintes internos do ovo, sendo que a inclusão de selênio na forma orgânica promove dilatação das glândulas e melhor preservação do epitélio ciliar do magno, istmo e glândula da casca, resultando no aumento da altura de albúmen, unidade Haugh, espessura de casca e índice de pigmentação da gema (CAVALCANTI et al., 2009; ATTIA et al., 2010). Efeitos positivos sobre a deposição de albúmen também foram relatados por Nunes et al. (2013), ao suplementarem poedeiras com níveis intermediários de microminerais orgânicos.

Por outro lado, a redução da unidade Haugh durante a estocagem é inevitável e ao longo do armazenamento o ácido carbônico (H_2CO_3), um dos componentes do sistema tampão do albúmen, dissocia-se formando água e gás carbônico. As perdas de dióxido de carbono (CO_2) e umidade para o ambiente por meio dos poros da casca, proporcionam o aumento do pH do albúmen de 6,5 para 9,5 e consequente hidrolização das cadeias de aminoácidos presentes em seu sistema proteico constituído por fibras de ovomucina e proteínas globulares (STADELMAN; COTTERILL, 1995).

A quebra das ligações dos O-glicosídeos das cadeias de polipeptídeos da ovomucina resulta na perda parcial das propriedades de geleificação, além da fluidificação e redução da viscosidade do albúmen mais denso, influenciando diretamente na redução dos valores de unidade Haugh (SGARBIERI, 1996).

A interação observada ($P < 0,01$) entre a fonte micromineral e o período de armazenamento para pH do albúmen reforçam os efeitos positivos do microminerais orgânicos encontrados para unidade Haugh. Observou-se que somente quando as aves foram alimentadas com fonte micromineral inorgânica houve aumento crescente dos valores desta variável com o aumento do armazenamento, porém, o pH dos ovos provenientes do tratamento contendo micromineral orgânico aumentou até o 15º dia, mantendo-se estável até o final do período de estocagem (Tabela 5).

Tabela 5. pH do albúmen de ovos de poedeiras vermelhas alimentadas com diferentes fontes microminerais e níveis de óleo de alecrim, armazenados por até 30 dias em temperatura controlada (25,0°C)

Fonte micromineral	Período de armazenamento (dias)		
	Frescos	15	30
Inorgânica	7,64aC	9,40aB	9,73aA
Orgânica	7,37bB	9,22bA	9,12bA

Letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha são significativas à 1% de probabilidade

Ovos que possuem grande quantidade de albúmen denso apresentam menores perdas de umidade durante a estocagem (BRAKE et al., 1997) minimizando desta forma, as alterações bruscas de pH do albúmen e gema, bem como a perda de peso dos ovos ao longo do armazenamento.

Para o índice de gema foi observado interação ($P < 0,01$) entre as fontes microminerais e o período de armazenamento, ocorrendo redução dos valores com o avanço da estocagem, independente da fonte micromineral utilizada, porém, com menores perdas quando se utilizou fonte micromineral orgânica na dieta das aves (Tabela 6).

Tabela 6. Índice de gema de ovos de poedeiras vermelhas alimentadas com diferentes fontes microminerais e níveis de óleo de alecrim, armazenados por até 30 dias em temperatura controlada (25,0°C)

Fonte micromineral	Período de armazenamento (dias)		
	Frescos	15	30
Inorgânica	0,417bA	0,246bB	0,207bC
Orgânica	0,438aA	0,278aB	0,234aC

Letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha são significativas à 1% de probabilidade

Os maiores valores de índice de gema encontrados para ovos do tratamento com microminerais orgânicos, possivelmente esteja relacionado com a maior gema produzida em função do melhor aproveitamento dos nutrientes durante a digestão (NUNES et al., 2013). Desta forma, gemas maiores possuem perdas menos expressivas em função do período de armazenamento.

Com a desnaturação proteica ocorrida no albúmen, a água liberada é transferida para a gema por osmose aumentando seu conteúdo, porém tornando-a flácida e achatada, com membrana vitelínica fragilizada e alta susceptibilidade de rompimento durante manipulação (GARCIA et al.,

2010). Os resultados obtidos estão de acordo com os encontrados por Garcia et al. (2010) e Jin et al. (2011) ao armazenarem ovos em temperatura ambiente por 16 e 10 dias, respectivamente.

Para o índice de gema também foi observado efeito isolado ($P < 0,01$) da adição do óleo de alecrim nas dietas, de forma que a inclusão de 200 mg.kg^{-1} de óleo de alecrim resultou nos maiores valores para esta variável. Os efeitos benéficos do óleo de alecrim sobre a absorção dos nutrientes (AL-KASSIE; ABD-AL-JALEEL; MOHSEEN, 2011) podem ter proporcionado aumento no peso da gema como reflexo do maior aproveitamento dos nutrientes da dieta. Além disso, possivelmente a inclusão de óleo de alecrim pode ter proporcionado redução da oxidação dos ácidos graxos no metabolismo da ave, principalmente o ácido linoleico, uma vez que este estimula a secreção de proteínas no oviduto (WHITEHEAD; BOWMAN; GRIFFIN, 1993), aumentando assim o peso da gema.

As fontes microminerais, os níveis de óleo de alecrim e o período de armazenamento apresentaram efeito isolado ($P < 0,01$) para os valores de malonaldeído na gema dos ovos. Os resultados demonstraram que a oxidação lipídica foi reduzida com a utilização de microminerais orgânicos ou com adição de 200 mg.kg^{-1} de óleo de alecrim nas rações das poedeiras. Porém, com o avanço do período de armazenamento, os valores de malonaldeído aumentaram constantemente, evidenciando o efeito negativo da estocagem sobre a estabilidade lipídica dos ovos.

O malonaldeído é considerado um dos principais produtos da decomposição de hidroperóxidos de ácidos graxos poli-insaturados durante a oxidação lipídica e sua concentração é utilizada para estimar a oxidação dos alimentos e sistemas biológicos por meio do teste de TBARS (substâncias reativas no ácido 2-tiobarbitúrico). Em elevadas concentrações este composto pode prejudicar o sabor e aroma do alimento inviabilizando o consumo (OSAWA et al., 2005).

A utilização dos microminerais na forma orgânica na dieta, possivelmente promoveu maior ativação das enzimas antioxidantes como glutathione peroxidase no interior dos ovos, uma vez que estas são mineral-dependentes (ANDRADE; MARREIRO, 2011) e capazes de reduzir a decomposição dos hidroperóxidos e a concentração de malonaldeído que são produtos secundários da oxidação (FERREIRA; MATSUBARA, 1997).

Da mesma forma, os compostos ativos no alecrim como o carnosol e ácido carnósico são capazes de finalizar as reações de radicais livres e sequestrar as espécies reativas de oxigênio (SÁNCHEZ-ESCALANTE et al., 2001) evitando a oxidação dos ácidos graxos presentes na gema, uma vez que estes compostos antioxidantes podem ser transferidos para o ovo via alimentação da ave (BOTSOLOU ET AL., 2005).

As fontes microminerais e o período de armazenamento apresentaram efeito isolado ($P < 0,01$) sobre o pH da gema e perda de peso dos ovos, demonstrando que a utilização da fonte micromineral orgânica melhorou o pH e proporcionou menor perda de peso em relação a fonte micromineral inorgânica. Porém, houve aumento contínuo dos valores de pH e perda de peso conforme o avanço do período de armazenamento que provavelmente seja reflexo da exposição à maior temperatura e menor umidade dos ovos armazenados à temperatura controlada, o que, possivelmente, potencializou a perda de peso devido as trocas gasosas entre o ovo e o ambiente, aumentando assim os valores de pH da gema.

Para a coloração de gema crua observou-se que a inclusão de 200 mg.kg^{-1} de óleo essencial nas rações das poedeiras intensificou a cor das gemas dos ovos. Por outro lado, a coloração reduziu ($P < 0,01$) com o progresso do armazenamento.

Compostos fenólicos presentes nos óleo essenciais apresentam a capacidade de quelação de íons metálicos como ferro e cobre e, quanto maior a quantidade de polifenóis maior é absorção dos minerais e seu acúmulo no fígado da ave (STEF; GERGEN, 2012). Desta forma, provavelmente o uso de 200 mg.kg^{-1} de óleo de alecrim possibilitou maior absorção de ferro, já que este mineral é responsável pela coloração amarela intensa da gema (PAIK; LEE; PARK, 2009).

No entanto, durante o armazenamento ocorre transferência de ferro da gema para o albúmen com queda expressiva da coloração, como mencionado por Santos et al. (2009). Além disso, a redução da coloração também pode estar relacionada com a oxidação lipídica durante a estocagem dos ovos, em que os radicais livres podem reagir com os carotenoides, produzindo o aspecto esbranquiçado ao alimento (WOODALL et al., 1997).

Experimento II

Não foi constatada interação ($P > 0,05$) entre as fontes microminerais e o óleo de alecrim para as principais características de qualidade interna dos ovos (Tabela 7). A concentração de malonaldeído presente na gema dos ovos aumentou ($P < 0,05$) constantemente com o progresso do período de armazenamento, possivelmente em função da auto-oxidação dos lipídios ocorrida pela reação espontânea do oxigênio com os ácidos graxos insaturados presentes na gema (RAMALHO; JORGE, 2006).

Com o armazenamento de ovos de poedeiras por sete, 14 e 21 dias, Giampietro et al (2008) observaram que a oxidação lipídica da gema de ovos tornou-se mais expressiva com o avanço do período de estocagem, sendo que ovos frescos apresentaram menores valores de malonaldeído.

Tabela 7. Concentração de malonaldeído (MDA), peso do ovo (PO), unidade Haugh (UH), índice de gema (IG), pH do albúmen e gema, coloração de gema crua (CGC) e perda (PP) de peso de ovos armazenados por diferentes períodos de armazenamento (PA) em temperatura refrigerada (5,0°C), provenientes de poedeiras vermelhas alimentadas com diferentes fontes microminerais (FM) e níveis de óleo de alecrim (OA)

Variáveis	MDA (mg.kg ⁻¹)	PO (g)	UH	IG (mm)	pH		PP	CGC (%)
					Gema	Albúmen		
(FM)								
Inorgânico	0,218	57,93	86,95b	0,411b	6,37	8,63a	5,07	1,73
Orgânico	0,217	58,28	94,41a	0,443a	6,26	8,37b	5,15	1,80
(OA mg.kg ⁻¹ de ração)								
0	0,226	59,06	88,71b	0,422	6,30	8,52	5,04	1,76
100	0,215	57,28	90,48b	0,428	6,33	8,50	5,10	1,68
200	0,212	57,99	92,84a	0,431	6,32	8,49	5,18	1,87
PA (dias)								
Frescos	0,195c	60,90a	101,65a	0,445a	5,88b	7,50b	5,14	0,00c
15	0,215b	57,24b	89,05b	0,418b	6,52a	8,98a	5,14	1,75b
30	0,242a	56,17b	81,34c	0,417b	6,55a	9,03a	5,04	3,56a
Média	0,217	58,10	90,68	0,427	6,31	8,50	5,11	1,76
EPM ¹	0,00	0,41	0,86	0,00	0,04	0,06	0,03	0,10
Normalidade*	<0,01	0,512	0,004	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Valor de P								
FM	0,107	0,621	<0,01	<0,01	0,061	<0,01	0,097	0,347
OA	0,888	0,130	<0,01	0,163	0,923	0,797	0,059	0,151
PA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,146	<0,01
FM x OA	0,423	0,159	0,407	0,507	0,549	0,754	0,218	0,405
FM x PA	0,343	0,471	0,797	0,104	0,875	0,503	0,808	0,420
OA x PA	0,208	0,137	0,386	0,455	0,787	0,790	0,433	0,064
FM x OA x PA	0,452	0,125	0,654	0,442	0,169	0,782	0,330	0,070

¹Erro padrão da média; *Valores com P>0,05 apresentam distribuição normal pelo teste Shapiro Wilk;

Letras distintas na coluna são significativas à 1 e 5% de probabilidade

O peso do ovo reduziu (P<0,01) com o aumento do período de armazenamento, de forma que os ovos frescos apresentaram valores superiores em comparação aos armazenados por 15 e 30 dias de estocagem. Estes resultados assemelham-se aos encontrados para ovos armazenados em temperatura controlada, demonstrando o efeito negativo dos longos períodos de estocagem sobre o peso dos ovos.

As diferentes fontes microminerais, os níveis de óleo de alecrim e o período de armazenamento apresentaram efeito isolado (P<0,01) para a unidade Haugh. A utilização da fonte

micromineral orgânica, bem como o uso de 200 mg.kg⁻¹ de óleo de alecrim aumentaram os valores para esta variável, porém, houve redução gradativa da unidade Haugh com o contínuo avanço do armazenamento.

O uso da fonte micromineral orgânica nas dietas possivelmente, em função da sua maior biodisponibilidade, pode ter favorecido a síntese de proteínas que constituem o albúmen, como a seleniocisteína que é constituída pelo selênio (PAN et al., 2009). Além disso, o uso de 200 mg.kg⁻¹ de óleo de alecrim, possivelmente por sua ação digestiva, melhorou a absorção de nutrientes com maior deposição de albúmen e gema.

A utilização de microminerais orgânicos na dieta das poedeiras proporcionou aumento ($P<0,01$) do índice de gema dos ovos, porém houve redução ($P<0,01$) dos valores desta variável até 15 dias permanecendo com valores constantes até o 30º dia de armazenamento (Tabela 7). Resultados semelhantes foram obtidos para o pH do albúmen dos ovos, com melhores valores obtidos pela adição de microminerais orgânicos na dieta das aves ($P<0,01$), porém houve redução da qualidade do albúmen em função do aumento do pH até o 15º de armazenamento.

Estes resultados assemelham-se aos encontrados para ovos armazenados em temperatura controlada em que, provavelmente, a utilização de fontes microminerais orgânicas promoveu aumento do conteúdo interno dos ovos e melhor qualidade do albúmen dificultando as trocas gasosas.

O pH da gema e a perda de peso dos ovos foram influenciados ($P<0,01$) pelo período de armazenamento. Assim como o pH do albúmen, os valores para o pH da gema aumentaram até o 15º dia de estocagem, porém a partir desse período permaneceram constantes até o 30º dia de armazenamento. Já para a porcentagem de perda de peso dos ovos verificou-se aumento contínuo conforme o progresso do armazenamento.

A constante perda de qualidade ocasionada ao longo do período de armazenamento é inevitável, principalmente em função das alterações físico-químicas do albúmen e gema, porém pode ser menos expressivas quando os ovos são mantidos em temperatura refrigerada, fato este que pode explicar a estabilização dos valores de índice de gema, pH do albúmen e da gema a partir do 15º dia de armazenamento. Por outro lado não houve efeito ($P>0,05$) dos tratamentos avaliados para a coloração de gema crua dos ovos.

Oliveira et al. (2009) observaram maior perda de qualidade interna em ovos armazenados a 25°C do que em 6°C durante 30 e 50 dias, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Figueiredo et al. (2011) ao armazenarem ovos por até 15 dias em diferentes temperaturas (2,6°C±0,9°C e 25,6°C±1,7°C).

CONCLUSÃO

A qualidade interna dos ovos armazenados em temperatura controlada (25,0°C) e refrigerada (5,0°C) é prejudicada pelo aumento do período de estocagem, porém pode ser minimizada pela inclusão de fonte micromineral orgânica e 200 mg.kg⁻¹ de óleo de alecrim nas dietas de poedeiras de ovos vermelhos.

A estabilidade lipídica de ovos armazenados em temperatura controlada (25,0°C) aumenta com a utilização de microminerais orgânicos e 200 mg.kg⁻¹ de óleo de alecrim nas dietas de poedeiras de ovos vermelhos.

A estabilidade lipídica de ovos mantidos em ambiente refrigerado não é influenciada pela inclusão de fontes microminerais inorgânica ou orgânica e de óleo de alecrim nas rações de poedeiras de ovos vermelhos.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do estado do Mato Grosso do Sul (FUNDECT) pelo apoio financeiro e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMOVIČ, H. et al. Antioxidant and antimicrobial activity of extracts obtained from rosemary (*Rosmarinus officinalis*) and vine (*Vitis vinifera*) leaves. **Croatian Journal of Food Science and Technology**, v. 4, n. 1, p.1-8, jul.2012.

AL-KASSIE, G. A. M.; ABD-AL-JALEEL, R. A.; MOHSEEN, A. M. The effect of a mixture of anise and rosemary on broiler performance. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v. 2, n. 9, p. 1279-1282, set.2011.

ALLEONI, A. C. C.; ANTUNES, A. J. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 4, p. 681-685, out./dez.2001.

ANDRADE, L. S.; MARREIRO, D. N. Aspectos sobre a relação entre exercício físico, estresse oxidativo e zinco. **Revista de Nutrição**, v. 24, n. 4, p. 629-640, jul./ag.2011.

ATTIA, Y. A. et al. Effect of inorganic or organic selenium supplementation on productive performance, egg quality and some physiological traits of dual-purpose breeding hens. **Czech of Journal Animal Science**. v. 55, n. 11, p. 505-519, 2010.

BARBOSA, N. A. A. et al. Qualidade de ovos comerciais provenientes de poedeiras comerciais armazenados sob diferentes tempos e condições de ambientes. **ARS Veterinária**, v.24, n. 2, 127-133, 2008.

BÖLÜKBAŞI, S.C.; ERHAN, M.K.; KAYNAR, O. The effect of feeding thyme, sage and rosemary oil on laying hen performance, cholesterol and some proteins ratio of egg yolk and Escherichia Coli count in feces. **Archiv Geflügelk**, v. 72, n. 5, p. 231–237, jan.2008.

BOTSOGLU, N. et al. The effect of feeding rosemary, oregano, saffron and α -tocopheryl acetate on hen performance and oxidative stability of eggs. **South African Journal of Animal Science**, v. 35, n. 3, p. 143-151, 2005.

BRAKE, J.T. et al. Egg handling and storage. **Poultry Science**, v. 76, p. 144-151, jan.1997.

BRENES, A.; ROURA, E. Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. **Animal Feed Science and Technology**, v. 158, p. 1-14, abr.2010.

CAVALCANTI, M.B.T. et al. Avaliação dos aspectos produtivos e morfológicos do oviduto de poedeiras comerciais (*Gallus gallus*), tratadas com selênio orgânico. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 71, p. 196, 2009.

COIMBRA, M. C. et al. Aplicação de óleo de alecrim em óleo de soja e sua relação com o perfil lipídico in vivo. **Alimentos e Nutrição**, v. 18, n. 3, p. 309-314, jul./set.2007.

FERNANDES, J. I. M. et al. Effects of organic mineral dietary supplementation on production performance and egg quality of white layers. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 10, n. 1, p. 59-65, jan./mar.2008.

FERREIRA, A.L.A.; MATSUBARA, L.S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 61-8, jan./mar.1997.

FIGUEIREDO JÚNIOR, J. P. et al. Substituição minerais inorgânicos por orgânicos na alimentação de poedeiras semipesadas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 2, p. 513-518, abr.2013.

FIGUEIREDO, T. C. et al. Qualidade de ovos comerciais submetidos a diferentes condições de armazenamento. **Arquivo Brasileiro de medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 3, p. 712-720, jun.2011.

FREITAS, L. W. et al. Aspectos qualitativos de ovos comerciais submetidos a diferentes condições de armazenamento. **Revista Agrarian**, v. 4, n. 11, p. 66-72, jan./mar.2011.

GARCIA, E.R.M. et al. Qualidade de ovos de poedeiras semipesadas armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v. 11, n. 2, p. 505-518, abr./jun.2010.

GIAMPIETRO, A. et al. Estudo da metodologia de TBARS em ovos. Departamento de Tecnologia – Unesp, 2008. Disponível em: <http://www.avisite.com.br/cet/img/20080506_alinetbars.pdf>. Acesso em: 15 de agosto de 2014.

GRAVENA, R. A. et al. Suplementação da dieta de codornas com minerais nas formas orgânicas sobre o desempenho e a qualidade dos ovos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 6, dez.2011.

HAYAT, Z. et al. Oxidative stability and lipid components of eggs from flax-fed hens: effect of dietary antioxidants and storage. **Poultry Science**, v. 89, n. 6, p. 1285-1292, jun.2010.

HERNÁNDEZ, F. et al. Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility, and digestive organ size. **Poultry Science**, v. 83, n. 2, p. 169-174, fev.2004.

HY LINE. Manual de manejo poedeiras comerciais. 2014, 40 p. Disponível em: http://www.hylinedobrasil.com.br/hyline/download/guia_brown_2014.pdf. Acesso em: 02 abr. 2014.

JANG, A. et al. Antioxidative potential of raw breast meat from broiler chicks fed a dietary medicinal herb extract mix. **Poultry Science**, v. 87, n. 11, p. 2382-2389, nov.2008.

JIN, Y.H.; LEE, K.T.; LEE, W.I.; HAN, Y.K. Effects of Storage Temperature and Time on the Quality of Eggs from Laying Hens at Peak Production. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 24, n. 2, p. 279-284, fev.2011.

KLANCNIK, A. et al. In vitro antimicrobial and antioxidant activity of commercial rosemary extract formulations. **Journal of Food Protection**, v. 72, n. 8, p. 1744-1752, ago.2009.

KLECKER D. et al. Effect of manganese and zinc chelates on the quality of eggs. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, v. 50, n 1, p 59–68, 2002.

NUNES, J. K. et al. Qualidade de ovos e resistência óssea de poedeiras alimentadas com minerais orgânicos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 2, p. 610-618, abr.2013.

OLIVEIRA, G. E. et al. Bioactive amines and quality of egg from dekalb hen under different storage conditions. **Poultry Science**, v. 88, n. 11, p. 2428-2434, nov.2009.

OSAWA, C.C.; FELÍCIO, P. E.; GONÇALVES, L. A. G. Teste de tba aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, v. 28, n. 4, p. 655-663, jul./ago.2005.

OSMAN, A. M. R.; ABDEL WAHED, H. M.; RAGAB, M. S. Effects of supplementing laying hens diets with organic selenium on egg production, egg quality, fertility and hatchability. **Egyptian Poultry Science**, v. 30, n. 3, p. 893-915, set.2010.

PAN, E.A. et al. Desempenho de poedeiras semipesadas arraçoadas com a suplementação de selênio orgânico. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 16, n. 4, p. 83-89, jan./dez.2010.

PAIK, I.; LEE, H.; PARK, S. Effects of organic iron supplementation on the performance and iron content in the egg yolk of laying hens. **Journal of Poultry. Science**, v. 46, p. 198-202, 2009.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 755-760, jul./ago.2006.

RAMANATHAN, L.; DAS, N. P. Studies on the control of lipid oxidation in ground fish by some polyphenolic natural products. **Journal of Food Chemistry**, v. 40, n. 1, p. 17-21, jan.1992.

RICHARDS, J. D. et al. Trace mineral nutrition in poultry and swine. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 23, n. 11, p. 15-27-1534, out.2010.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ª Ed. Viçosa: UFV, 2011, 252p.

SANCHEZ-ESCALANTE, A. et al. The effects of ascorbic acid, taurine, carnosine and Rosemary powder on colour and lipid stability of beef patties packaged in modified atmosphere. **Meat Science**, v. 58, n. 4, p. 421-429, ago.2001.

SANTOS, M.S.V. et al. Efeito da temperatura e estocagem em ovos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, p. 513-517, jul./set.2009.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações**. São Paulo: Varela, 1996, 517p.

SILVERSIDES, F.G.; BUDGELL, K. The relationships among measures of egg albumen height, pH, and whipping volume. **Poultry Science**, v.83, p.1619-1623, out.2004.

STADELMAN, W.J. et al. Pasteurization of eggs in the shell. **Poultry Science**, v. 75, n. 9, p. 1122-1125, set.1996.

STEF, D. S.; GERGEN, I. Effect of mineral-enriched diet and medicinal herbs on Fe, Mn, Zn, and Cu uptake in chicken. **Chemistry Central Journal**, v. 6, p. 2-9, mar.2012.

THERON, H.; VENTER, P.; LUES, J.F.R. Bacterial growth on chicken eggs in various storage environments. **Food Research International**, v. 36, n. 9. p. 969-975, jan.2003.

WHITEHEAD, C.C.; BOWMAN, A.S.; GRIFFIN, H.D. Regulation of plasma oestrogen by dietary fats in the laying hen: relationships with egg weight. **British Poultry Science**, v. 34, p. 999-1010, jun.1993.

WOODALL, A. A. et al. Oxidative of carotenoids by free radicals: relationship between structure and reactivity. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1336, n. 1, p. 33-42, jul.1997.

CAPÍTULO IV

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado expressivo encontrado neste estudo com aumento de 2,7% na produção de ovos em função da alimentação de poedeiras comerciais com óleo de alecrim torna-se um fato interessante, podendo contribuir com aumento significativo do lucro nas avícolas de postura.

Além disso, o lucro gerado pode ser maximizado com a associação entre o óleo de alecrim e minerais orgânicos na dieta das poedeiras, já que os resultados demonstram haver aumento no peso dos ovos, uma vez que o valor do ovo destinado à comercialização é agregado em função do seu peso e tamanho.

Da mesma forma, a associação estabelecida entre os minerais orgânicos e o óleo de alecrim na dieta das aves, pode contribuir com o aumento da *shelf life* dos ovos, garantido que os ovos armazenados possuam uma maior qualidade interna por um período prolongado, proporcionando ao consumidor um produto de qualidade principalmente em ovos estocados em temperatura ambiente, como é o caso na maioria dos estabelecimentos comerciais brasileiros.

É importante ressaltar a relevância da temperatura de armazenamento dos ovos para a manutenção da qualidade interna, principalmente quando armazenados por longos períodos e temperatura elevada. Desta maneira, apesar de diversos respaldos científicos sobre a influência negativa do armazenamento inadequado de ovos, necessita-se a implementação de normas para o armazenamento no comércio, garantindo o direito do consumidor de obter um alimento saudável por maior tempo.

No entanto, faz-se necessário estudos mais detalhados sobre a utilização de minerais orgânicos na alimentação das aves, não avaliando somente o efeito dos minerais, mas também as condições térmicas que as poedeiras estão submetidas bem como o seu custo-benefício, uma vez que não foi observado efeito da inclusão dessa fonte mineral sobre o desempenho das

aves neste estudo, demonstrando que apesar de diversos estudos realizados, estes resultados demonstram-se contraditórios.

Estudos são necessários para averiguar a interação entre os compostos fenólicos presentes na dieta com minerais orgânicos e seus efeitos sobre a morfologia intestinal e absorção de nutrientes da dieta pelas poedeiras, bem como as alterações nutricionais que essa associação pode conferir ao ovo.