

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS

PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS E ENERGIA
METABOLIZÁVEL APARENTE DE DIFERENTES
FONTES LIPÍDICAS PARA GALINHAS POEDEIRAS

Robert Guaracy Aparecido Cardoso Araujo
Zootecnista

2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS

**PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS E ENERGIA
METABOLIZÁVEL APARENTE DE DIFERENTES
FONTES LIPÍDICAS PARA GALINHAS POEDEIRAS**

Robert Guaracy Aparecido Cardoso Araujo

Orientadora: Profa. Dra. Valquíria Cação Cruz-Polycarpo

Co-orientador: Gustavo do Valle Polycarpo

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT) – UNESP, Câmpus de Dracena, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

Dracena/SP

Janeiro/2017

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação
Campus de Dracena

A663p

Araujo, Robert Guaracy Aparecido Cardoso.

Perfil de ácidos graxos e energia metabolizável aparente de diferentes fontes lipídicas para galinhas poedeiras / Robert Guaracy Aparecido Cardoso. -- Dracena: [s.n.], 2017.

56 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena. Área do conhecimento: Produção Animal, 2017.

Orientadora: Valquíria Cação Cruz-Polycarpo

Co-orientador: Gustavo do Valle Polycarpo

Inclui bibliografia.

1. Digestibilidade. 2. Óleo de girassol. 3. Óleo de linhaça. 4. Óleo de peixe. 5. Óleo de soja. I. Título.



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Perfil de ácidos graxos e energia metabolizável aparente de diferentes fontes lipídicas para galinhas poedeiras.

AUTOR: ROBERT GUARACY APARECIDO CARDOSO ARAUJO

ORIENTADORA: VALQUIRIA CAÇÃO CRUZ-POLYCARPO

COORIENTADOR: GUSTAVO DO VALLE POLYCARPO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA E TECNOLOGIA ANIMAL, área: PRODUÇÃO ANIMAL pela Comissão Examinadora:


Prof. Dra. VALQUIRIA CAÇÃO CRUZ-POLYCARPO
Curso de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena


Prof. Dr. DANIEL NICODEMO
Curso de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena


Prof. Dr. JOSE ROBERTO SARTORI
Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal / Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu

Dracena, 17 de janeiro de 2017.

CERTIFICAÇÃO DE ÉTICA



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Dracena



Comissão de Ética em Uso de Animais

Certificado

Tendo em vista o Protocolo CEUA 09/2016, certificamos que o Projeto intitulado "**Perfil de ácidos Graxos e Energia Metabolizável Aparente de Diferentes Fontes Lipídicas para Galinhas Poedeiras (Fatty Acid Profile and Apparent Metabolizable Energy of Different Lipid Sources for Laying Hens)**", sob a responsabilidade do(a) Prof(a). Dr(a). **Valquíria Cação Cruz-Polycarpo** está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Ética em Uso de Animais – CEUA, da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da UNESP - Câmpus de Dracena, e foi aprovado pela referida Comissão.

Dracena, 01 de abril de 2016.

Prof. Dr. Danilo Domingues Millen
Presidente da Comissão de Ética em Uso de Animais

Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - DTA
Rod. Cmte. João Ribeiro de Barros, km 651- Bairro das Antas – CEP: 17900-000 – Dracena/SP - Brasil

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Robert Guaracy Aparecido Cardoso Araujo – Nascido em 09 de Fevereiro de 1991, na cidade de Sorocaba/SP – Brasil, filho de Nilza Cardoso da Silva e Guaracy Araujo. Em Dezembro de 2014, concluiu a graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita filho” – UNESP - Campus de Dracena/Brasil. Em Março de 2015, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Animal, área de concentração Produção Animal na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Programa interunidades do campus de Dracena e Ilha Solteira, realizando estudo na área de “Nutrição e Produção Animal”.

“Caminhe com alegria e com o coração aberto e sincero. E quando não conseguir manter esta santa alegria, ao menos nunca perca a confiança em Deus.”

Santo Padre Pio

**Dedico este trabalho aos meus pais e irmãos, que são as pessoas que mais torcem
por mim e são partes essenciais de tudo realizado até este momento.**

Com todo meu amor, dedico!

|

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, por me proteger e dar forças para seguir em frente; é à Ele que entrego as rédeas da minha vida. Obrigado Pai.

À minha mãe Nilza Cardoso, que é meu exemplo de vida, obrigado pelo mais belo e puro amor incondicional, cada momento ao seu lado vale mais que toda eternidade. Se hoje ergo minha cabeça e olho sempre para o horizonte é porque meus olhos refletem a você.

Ao meu amado pai Guaracy Araujo, por sempre me apoiar e acreditar nos meus objetivos e que mesmo distante sempre esteve ao meu lado me dando forças para continuar.

Aos meus irmãos que são meus heróis, obrigado por me aceitarem e deixarem fazer parte da vida de vocês. Eu não consigo encontrar uma palavra para descrever o que vocês representam para mim. Obrigado pelos momentos de alegria e companherismo.

Aos demais familiares, por sempre acreditarem em mim e em meus sonhos e torcerem verdadeiramente pelo meu sucesso e felicidade.

A minha orientadora Profª. Dra. Valquíria Cação Cruz-Polycarpo. Essa conquista se concretiza em minha vida graças a sua ajuda, por mais uma vez ter aceitado me orientar, pelas ajudas nos momentos que mais precisei. Amadureci de diversas maneiras, aprendi a entender e respeitar o momento das pessoas, aprendi o quanto sou capaz de resolver os meus problemas e aprendi a trabalhar duro e a enfrentar a vida. Desde o início mostrou o quanto confiava em mim, me mostrando o quanto eu sou capaz de buscar meus próprios objetivos na vida. De todo meu coração, muito obrigado!

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Gustavo do Valle Polycarpo, por acreditar em mim. Obrigado pelos conselhos, ensinamentos, descontração em alguns momentos de frustração, que sem dúvida nenhuma me levaram a um grande enriquecimento profissional e mais sede de conhecimento.

Ao prof. Dr. Ricardo da Fonseca pela amizade, risadas e conversas jogadas fora, ajuda, força e muitas vezes motivação quando pensava em desistir de tudo, obrigado pelas inúmeras vezes que me disse “calma, vai dar tudo certo”. E deu, rs. Além de deixar usar seu laboratório, o Lucca-Z, me proporcionando um ambiente de trabalho tão prazeroso.

Ao Prof. Dr. Dante Pazzanese D. Lanna e a toda equipe do Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal, sediado na Escola Superior de Agricultura “Luiz de

Queiroz” (ESALQ/USP), em Piracicaba/SP, pela contribuição com o desenvolvimento da técnica de cromatografia gasosa.

Ao prof. Dr. Messias Alves da Trindade Neto e toda equipe de Laboratório de Bromatologia do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – FMVZ – USP – Pirassununga/SP, pela orientação e auxílio nas análises laboratoriais.

À toda equipe de laboratório de Alimentos de Bromatologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnologias – UNESP – Dracena/SP, pelo auxílio concedido e ajuda com as análises bromatológicas.

À equipe do setor de Avicultura da Faculdade de Ciência e Tecnologia Animal da Universidade Estadual Paulista – FCAT/UNESP, Gabrieli Lima, Barbára, Gabriela Ventura, Victor Amaral, Henrique Centenario, Luana Camargo, Bianca Cunha, Caroline, Larissa Lima, Janaina Alves pela dedicação, amizade e paciência necessária para realização e sucesso deste trabalho, sem ajuda de vocês nada disso teria acontecido.

À minha turma de pós-graduação.

À indústria de óleos vegetais “Longa Vida”, pela doação do óleo de linhaça.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo auxílio financeiro (Processo 2015/14423-6).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado concedida, sem a qual não seria possível a execução deste trabalho.

À todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal, que de alguma forma contribuíram com meu crescimento profissional e pessoal.

Aos membros da minha banca de qualificação e defesa, Prof. Dr. Leonardo Sussumu Takahashi, Profa. Dra. Maria Luiza Poiatti, Prof. Dr. Daniel Nicodemo e Prof. Dr. José Roberto Sartori, pelas considerações importantes que contribuíram muito para a melhoria do meu trabalho.

À todos os funcionários da UNESP de Dracena.

E a todos os demais que torceram por mim e que fizeram parte de alguma maneira para a realização deste trabalho, serei eternamente grato.

Muito obrigado!

PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS E ENERGIA METABOLIZÁVEL APARENTE DE DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS PARA GALINHAS POEDEIRAS

RESUMO

É importante a determinação atualizada dos valores nutricionais dos alimentos para a prática de formulação de rações para aves. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o perfil de ácidos graxos e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) de diferentes fontes de óleos (soja, girassol, linhaça e peixe) para galinhas poedeiras da linhagem Hysex White, com 24 semanas de idade. As dietas experimentais consistiram de: T1 – ração basal, T2 – ração basal + 10% de inclusão de óleo de soja, T3 – ração basal + 10% de inclusão de óleo de girassol, T4 – ração basal + 10% de óleo de linhaça e T5 – ração basal + 10% de óleo de peixe, distribuídas num delineamento inteiramente casualizado com sete repetições e oito aves por unidade experimental. O perfil de ácidos graxos das fontes lipídicas foi analisado por cromatografia gasosa. O ensaio de digestibilidade foi realizado pelo método de coleta total de excretas, utilizando-se 280 poedeiras em 35 gaiolas experimentais, incluindo aves do grupo controle. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de tukey à 5% de probabilidade. Os maiores níveis de ácidos graxos insaturados foram encontrados nas fontes de origem vegetal, com mais de 80% enquanto o óleo de peixe apresentou 58,38%. Os valores de EMAn na matéria natural foram: 9.334 kcal/kg para o óleo de soja; 10.533 kcal/kg para o óleo de girassol; 10.928 kcal/kg para o óleo de linhaça e 9.005 kcal/kg para o óleo de peixe. Os valores de EMAn entre as fontes lipídicas foram diferentes entre si, ressaltando a importância de haver uma matriz nutricional individual para cada óleo nos livros e tabelas sobre informações nutricionais dos ingredientes.

Palavras-chave: digestibilidade; óleo de girassol; óleo de linhaça; óleo de peixe; óleo de soja.

FATTY ACID PROFILE AND APPARENT METABOLIZABLE ENERGY OF DIFFERENTS LIPID SOURCES FOR LAYING HENS

ABSTRACT

It is important to determine the current nutritional values of ingredients for the practice of feed formulations for birds. The objective of this research was to determine the fatty acid profile and evaluate the apparent metabolizable energy corrected for nitrogen balance (AMEn) of different lipid sources (soybean, sunflower, linseed and fish) for laying hens of Hysex White at 24 weeks of age. The experimental diets were: T1 – basal diet, T2 - basal diet + 10% soybean oil addition, T3 - basal diet + 10% sunflower oil addition, T4 - basal diet + 10% linseed oil and T5 - basal diet + 10% fish oil, in a completely randomized design with seven replicates with eight birds per experimental unit. The fatty acid profile of lipid sources was analyzed by gas chromatography. The digestibility trial was held by the total excreta collection method, using 280 birds in 35 experimental cages, including the birds of the control group. The results were submitted to analysis of variance and the means of treatments were compared by the tukey test at 5% probability. The highest levels of unsaturated fatty acids among the four lipid sources were found in sources of vegetable origin, with more than 80% while fish oil had 58.38%. The AMEn in natural matter were: 9.334 kcal / kg for soybean oil; 10.533 kcal / kg for sunflower oil; 10.928 kcal / kg for linseed oil and 9.005 kcal / kg for fish oil. The AMEn values among the lipid sources were different, emphasizing the importance of having an individual nutritional matrix for each oil in the books and tables on nutritional information of the ingredients.

Keywords: digestibility; fish oil; linseed oil; soybean oil; sunflower oil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ácidos graxos poliinsaturados das séries ômega 6 e 3.	19
Figura 2. Esquema da utilização de energia pelas aves e exemplos aproximados das	21
Figura 3. Síntese de ácidos graxos insaturados.	28
Figura 4. Setor de avicultura da UNESP/Dracena/SP.	30
Figura 5. Média diária das temperaturas Instantânea, Máxima e Mínima.	32
Figura 6. Média diária das temperaturas de Globo Negro, Bulbo Seco, Bulbo Úmido e Umidade Relativa.	33
Figura 7. Ração com óxido férrico.	34
Figura 8. Gaiolas experimentais.	35
Figura 9. Bandeja de aço revestida com plástico usada para recolhimento das excretas.	35
Figura 10. Excretas armazenadas em sacos plásticos.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição percentual e valor nutricional calculado da ração referência.....	31
Tabela 2. Matéria seca (MS), energia bruta (EB) e energia metabolizável aparente corrigida pela retenção de nitrogênio (EMAn) e coeficiente de metabolizabilidade (CM) de diferentes fontes de óleo para galinhas poedeiras.	40
Tabela 3. Perfil de ácidos graxos das fontes lipídicas.	44
Tabela 4. Somatório e relações de ácidos graxos das fontes lipídicas.....	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Perfil de Ácidos Graxos de Óleos e Gorduras	17
2.2 Energia Metabolizável.....	20
2.3 Lipídios na Dieta de Galinhas Poedeiras.....	22
2.4 Fontes Lipídicas	25
3 OBJETIVO GERAL	29
4 OBJETIVO ESPECÍFICO	29
5 HIPÓTESE	29
6 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
6.1 Metabolizabilidade.....	33
6.2 Perfil de Ácidos Graxos	38
6.3 Análise Estatística	39
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
8 CONCLUSÃO	46
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

Sob a ótica da nutrição, a energia da dieta está entre os pontos de maior relevância nas formulações de rações para galinhas poedeiras, representando a somatória de todos os nutrientes, com consequência sobre a qualidade dos ovos (COSTA et al., 2009). Na prática, é importante que o nutricionista utilize óleo vegetal e/ou gordura animal para atingir o nível adequado de energia das dietas. A utilização de óleos e/ou gorduras na alimentação das aves é um tema amplamente discutido, pois ao mesmo tempo em que proporciona grandes benefícios, representa alto custo na ração, inclusive porque a alimentação é o fator que mais onera custo de criação, representando em torno de 60 a 70% do capital despendido (TEIXEIRA et al., 2005).

Os óleos e as gorduras não somente colaboram com a energia da dieta, mas representam ingredientes que contribuem com consideráveis parcelas de nutrientes muito importantes para um equilíbrio nutricional adequado, fornecendo os substratos necessários para o bom funcionamento do organismo. Alguns ácidos graxos essenciais, como o ômega 3 e 6, são necessários para manter sob condições normais, as membranas celulares, as funções cerebrais e a transmissão de impulsos nervosos. Esses ácidos graxos também participam da transferência do oxigênio atmosférico para o plasma sanguíneo, da síntese da hemoglobina e da divisão celular, sendo denominados essenciais por não serem sintetizados pelo organismo advindo da dieta (YOUUDIM et al., 2000; YEHUDA et al., 2002). O óleo de soja, girassol, linhaça e peixe, representam ingredientes naturalmente estratégicos, por apresentarem um perfil de ácidos graxos bastante definidos. Os óleos de soja e girassol são ricos em ácido graxo linoleico (Ω -6) e os óleos de linhaça e peixe, ricos em ácido graxo linolênico (Ω -3), considerados essenciais para as aves e obtidos exclusivamente por meio dos lipídios contidos na ração

ou produzidos pelo organismo a partir dos ácidos linoléico e alfa-linolênico (MARTIN et al., 2006).

Outras justificativas de se usar óleos e gorduras na dieta é por apresentarem grande densidade energética, melhorar a palatabilidade, aumentar o consumo de ração, melhorar a digestibilidade, melhorar a conversão alimentar, diminuir a pulverulência da ração, reduzir o estresse calórico das aves, além de melhorar a absorção das vitaminas lipossolúveis (SWENSON & REECE, 1996; BAIÃO & CANÇADO, 2001; PUCCI et al., 2003; LARA et al., 2005).

O conhecimento dos valores de energia metabolizável das fontes lipídicas é de extrema importância, uma vez que o cálculo da energia das dietas, aplicado na formulação de rações, é feito com base na energia metabolizável. Os óleos e as gorduras são ingredientes adicionados às rações com o intuito principal de balancear a energia, exigindo valores precisos e atualizados.

Com a escassa literatura (VIEIRA et al., 2002; ANDREOTTI et al., 2004; NASCIF et al., 2004; FERREIRA et al., 2005; JUNQUEIRA et al., 2005; SILVA et al., 2009; IRANDOUST et al., 2012) sobre digestibilidade do óleo de soja, girassol, linhaça e peixe para galinhas poedeiras, objetivou-se determinar o perfil de ácidos graxos e avaliar a energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio dessas fontes lipídicas para galinhas poedeiras.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Perfil de Ácidos Graxos de Óleos e Gorduras

A energia bruta dos lipídios é em média 2,25 vezes superior à dos carboidratos (NRC, 1994) e de baixo incremento calórico. Os óleos e as gorduras são ingredientes ricos em energia por conter longas cadeias com ligações entre carbonos e entre carbonos

e hidrogênio. Essas longas moléculas de hidrocarbonetos, ligadas ao grupo carboxila, são denominadas de ácidos graxos. Os ácidos graxos são encontrados na natureza principalmente na forma de triglicerídeos, que são moléculas compostas de três ácidos graxos ligados a uma molécula de glicerol por meio de ligações ésteres (NELSON & COX, 2014). Os ácidos graxos são formados por cadeias hidrocarbonadas hidrofóbicas de tamanho variado de 4 a 36 átomos de carbono, demonstrados com um par de átomos de carbono sendo saturados quando há ligações simples entre carbonos ou insaturados quando há uma ou mais duplas ligações na cadeia carbônica e entre os ácidos graxos insaturados se tem os ácidos graxos monoinsaturados com uma insaturação e os ácidos graxos poliinsaturados com mais de duas insaturações. Os ácidos graxos saturados têm somente ligações simples em sua molécula, os insaturados apresentam ligações duplas (APPOLINÁRIO et al., 2011, NELSON & COX, 2014).

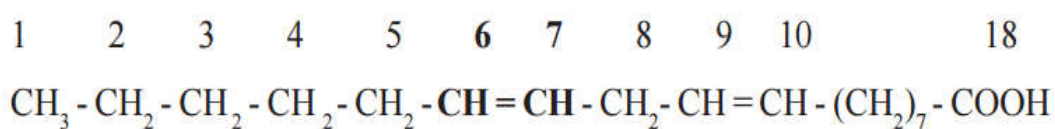
Segundo Gonzalez & Silva (2006) os ácidos graxos de cadeia curta são mais suscetíveis de absorção do que os de cadeia longa, assim como os ácidos graxos de cadeia insaturada são melhor absorvidos do que os de cadeia saturada.

Os ácidos graxos são nomeados de acordo com suas estruturas químicas e são classificados como saturados ou insaturados, conforme o número de duplas ligações.

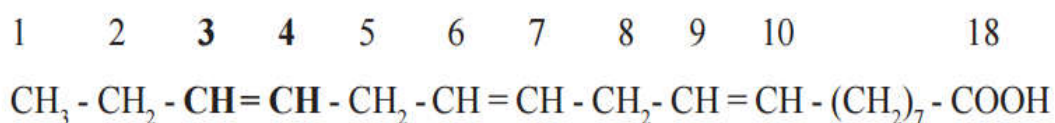
As famílias de ácidos graxos ômega-3 (w-3 ou n-3) e ômega-6 (w-6 ou n-6), consistem de ácidos graxos poliinsaturados contendo de 18 a 22 carbonos. A designação de ômega tem relação com a posição da primeira dupla ligação, contando a partir do grupo metílico final da molécula de ácido graxo. Os ácidos graxos n-3 apresentam a primeira dupla ligação entre o terceiro e o quarto átomo de carbono, enquanto os ácidos graxos n-6 têm a primeira dupla ligação entre o sexto e o sétimo átomo de carbono (WILEY e SONS, 1979).

Os ácidos graxos poli-insaturados possuem dois representantes principais, ácido graxo linolênico (C18:3) (n-3) e ácido graxo linoléico (C18:2n-6c) (n-6), (Figura 1).

Nos ácidos graxos insaturados, a isometria em torno da dupla ligação determina se a configuração é *cis* ou *trans*. Os ácidos graxos insaturados podem apresentar-se na forma *cis* ou *trans*. Na configuração *cis* os hidrogênios que estão próximos à ligação dupla encontram-se no mesmo lado da cadeia, já na configuração *trans*, os hidrogênios estão em lados opostos.



Ácido linoléico (w6 ou n - 6)



Ácido a - linolênico (w3 ou n - 3)

Figura 1. Ácidos graxos poliinsaturados das séries ômega 6 e 3.

Fonte: Sant'Ana (2004).

Conforme citado por Lara et al. (2005), o comprimento da cadeia carbônica, o número de duplas ligações, a configuração das duplas ligações (*cis* e *trans*), a presença de ácido graxo livre ou agrupados em triglicerídeos, posição do ácido graxo na molécula de glicerol e a relação de ácidos graxos insaturados e saturados na mistura de ácidos graxos são características químicas dos lipídios que influenciam a digestibilidade e a energia que é aproveitada pela ave. Por isso, é de suma importância conhecer o perfil de

ácidos graxos das fontes lipídicas, que é um dos principais pontos de discussão e justificativa sobre os efeitos nutricionais de fontes lipídicas.

2.2 Energia Metabolizável

A energia não é exatamente um nutriente, mas uma propriedade dos nutrientes que ao serem oxidados resultam em energia liberada na forma de calor ou armazenada para posterior uso nos processos metabólicos dos animais (MURAKAMI & FURLAN, 2002; OLIVEIRA & ALMEIDA, 2004), impactando diretamente sobre o custo da dieta.

A quantidade de energia em rações para aves é um ponto decisivo que influencia o consumo de ração, o desempenho e a produção de ovos, e servem como base nas matrizes nutricionais de programas de formulação de dieta. A energia representa a soma das propriedades de todos os nutrientes, caracterizando-se pelo valor total da energia liberada pelos nutrientes durante a oxidação metabólica (NRC, 1994).

O nível de energia é comumente utilizado como parâmetro inicial durante as formulações de rações, servindo de referência para estabelecer os níveis dos nutrientes (FARIA & SANTOS, 2005). Isso porque a energia dos ingredientes está envolvida nos diversos processos metabólicos e atrelada à ingestão de alimentos (FISCHER JÚNIOR et al., 1998). Por essa razão, a definição precisa da quantidade de energia dos alimentos, principalmente de fontes lipídicas que são grandes fornecedoras de energia, é fundamental para se atender adequadamente as exigências nutricionais das aves.

Moura et al. (2008) relataram que energia metabolizável é uma estratégia nutricional em criações de animais que recebem dietas à vontade, devido à regulação do consumo alimentar que é feito pela densidade calórica da ração podendo determinar a eficiência produtiva e econômica da atividade.

O conceito de energia na avicultura é particionado, recebendo diferentes definições: energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável verdadeira (EMV) e energia líquida (EL) (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007) (Figura 2).

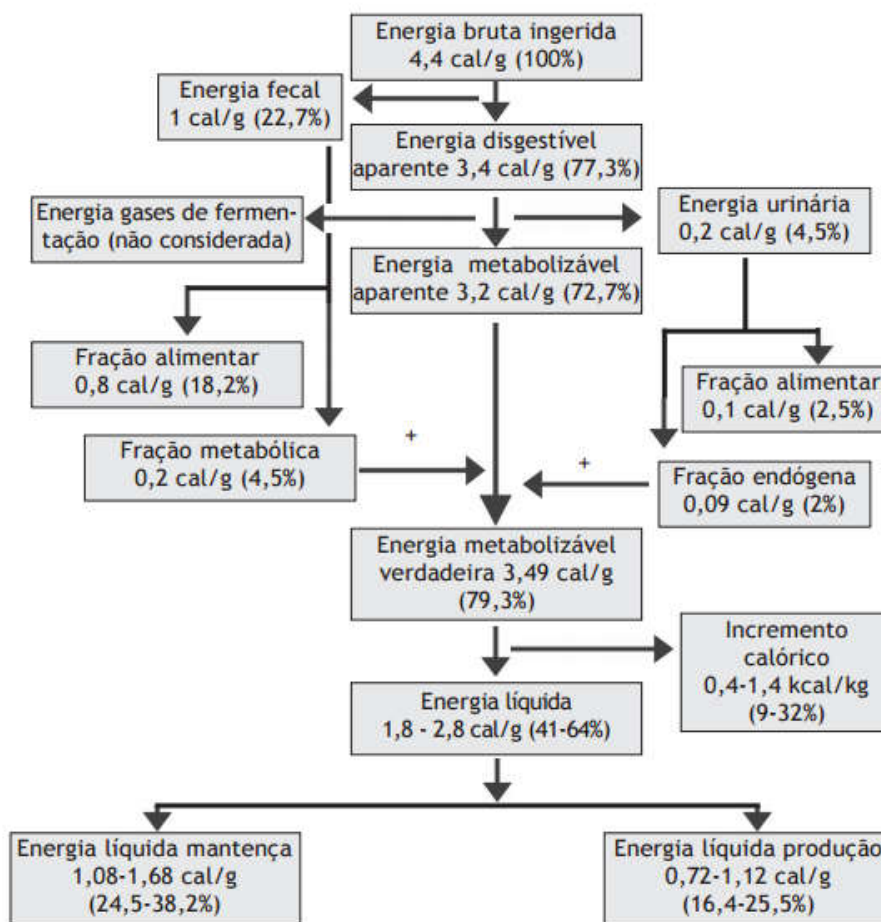


Figura 2. Esquema da utilização de energia pelas aves e exemplos aproximados das perdas de energia da dieta.

Fonte: Sakomura & Rostagno (2007).

A energia contida nos alimentos é chamada de energia bruta, sendo aquela liberada pela queima total do ingrediente. No entanto, a energia bruta não é utilizada em formulações por não ser completamente aproveitada pela ave, havendo diferença na taxa

de metabolização entre os diferentes ingredientes devido às propriedades que os constituem. Em outras palavras, a energia bruta indica a quantidade de energia contida no alimento, sem considerar o quanto dessa energia é utilizada pela ave. A energia dos alimentos que é usada pelo organismo começa a ser considerada nos cálculos dos valores de energia digestível, que é a diferença entre a energia bruta do alimento menos a energia liberada nas fezes. No entanto, uma boa parcela da energia não metabolizada, que é expelida na urina, permanece não contabilizada. Além disso, como as aves excretam urina junto com as fezes, a energia digestível é difícil de ser determinada e muito pouco utilizada (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007).

Já a energia metabolizável é atualmente a principal partição energética dos alimentos que é usada nas formulações de rações avícolas. Esta é calculada pela diferença entre a energia bruta do ingrediente e a energia bruta perdida nas fezes, urina e gases produzidos na digestão. Em aves, a energia perdida na forma de gases é muito baixa, tendo sido desprezada nos cálculos da energia metabolizável (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007). Assim, a utilização dos valores de energia metabolizável dos ingredientes contempla todas as perdas metabólicas durante a digestão (com exceção do incremento calórico), representando uma forma muito mais precisa e fidedigna de expressar a quantidade de energia que está contida nos alimentos, considerando o aproveitamento biológico da ave.

2.3 Lipídios na Dieta de Galinhas Poedeiras

A utilização de lipídios na alimentação animal é um assunto bem discutido atualmente, sendo estes nutrientes grandes fornecedores de energia prontamente disponível, sendo utilizados para aumentar a densidade energética das rações, além de contribuir com o fornecimento de ácidos graxos essenciais (JUNQUEIRA et al., 2005),

Duarte et al. (2010) mencionaram outros benefícios resultantes da adição de lipídios na dieta, classificando-os como efeitos extra calórico, destacando-se dentre eles, a melhora na digestão e absorção dos nutrientes e a redução do incremento calórico.

A quantidade dos lipídios adicionados à ração altera a produção de ovos, sendo, portanto, fator que deve ser investigado. Costa et al. (2008) observaram interação entre níveis de inclusão e fontes lipídicas, concluindo que o aumento dos níveis de óleo de soja beneficiou a produção de poedeiras semi-pesadas, enquanto que o aumento dos níveis do óleo de canola não trouxe grandes benefícios. Harms et al. (2004) relataram que o decréscimo de óleo na dieta resulta em ovos mais leves pelo fato da galinha poedeira não ajustar o consumo de ração para compensar o decréscimo calórico. No mesmo sentido, o aumento no tamanho de ovos com maiores níveis de óleo na dieta foi observado por Merkel et al. (2002).

Outros atributos das fontes lipídicas utilizadas em dieta de poedeiras estão ligados à qualidade nutricional do ovo. Estudos estão sendo conduzidos para atender a crescente parcela da população que se preocupa em consumir alimentos funcionais que beneficiam a saúde. Oliveira et al. (2011) demonstraram claramente que o perfil de ácidos graxos da gema do ovo varia em função das fontes lipídicas que são adicionadas na ração, acrescentando que a idade da galinha também é um fator determinante nessa relação existente entre os lipídios da dieta e da gema. Gül et al. (2012) verificaram aumento da coloração amarela da gema do ovo à medida que se aumentaram os níveis de óleo na ração.

Além do nível de inclusão, a qualidade da fonte lipídica também irá refletir no teor nutricional dos ovos que são produzidos por poedeiras. Oliveira et al. (2010) mostraram que galinhas alimentadas com óleo de soja produziram ovos com maiores quantidades de ácidos graxos polinsaturados n-6, enquanto que ovos provenientes de

galinhas que receberam óleo de linhaça apresentaram maiores quantidade de ácidos graxos polinsaturados n-3. Ceylan et al. (2011) observaram aumento no teor de ácido linolênico e de ácido docosaexaenoico em ovos de galinhas alimentadas com óleo de linhaça e de peixe, respectivamente. Esses resultados confirmam, portanto, que a qualidade nutricional dos ovos pode ser beneficiada pela qualidade da fonte lipídica adicionada na dieta, se caracterizando como alternativa viável para produzir alimentos mais saudáveis e com maior valor agregado.

A relação n-6/n-3 é outra característica bastante importante em foco de estudos que avaliam em humanos os efeitos benéficos dos ácidos graxos polinsaturados. Diante disso, existe a possibilidade de utilizar o óleo de linhaça para enriquecer os ovos em n-3 e assim melhorar essa relação (PETROVIĆ et al., 2012). Outro destaque deve-se a acessibilidade do ovo para consumidores com menor poder aquisitivo, que, apesar do maior valor em relação ao ovo convencional, a aquisição de ovos enriquecidos em n-3 é mais viável do que outras fontes nutricionais como a carne.

O óleo de girassol é uma fonte lipídica rica em ácidos graxos n-9 e n-6, com baixíssima quantidade de n-3, apresentando uma alternativa quando a intenção, por algum motivo, for elevar os níveis dietéticos da relação n-6/n-3. A combinação do óleo de girassol com o óleo de linhaça e/ou de peixe permite balancear dietas para poedeiras com diferentes relações n-6/n-3, modulando a relação n-6/n-3 do ovo. O balanço entre n-6 e n-3 recomendado para o consumo humano está em torno de 5 ou 4/1 (MARTIN et al., 2006).

Os ácidos araquidônico, di-homo-gamalinoléico (20:3 n-6, ADGL), e eicosapentaenóico (20:5 n-3, AEP) são precursores dos prostanoídes das séries 1, 2 e 3 e dos leucotrienos das séries 4, 5 e 6, respectivamente. Os prostanoídes são obtidos pela enzima cicloxigenase, que converte esses ácidos graxos livres em endoperóxidos

cíclicos, originando as prostaglandinas e tromboxanos. Os leucotrienos são obtidos pela ação da enzima lipoxigenase, que também está relacionada com a produção das lipoxinas (ALBERTAZZI, 2002; YODIM, 2000).

Tanto os prostanóides como os leucotrienos agem de forma autócrina e parácrina, influenciando inúmeras funções celulares que controlam mecanismos fisiológicos e patológicos no organismo (SMITH, 1992). Entre os prostanóides, a maior afinidade do AA pela ciclo-oxigenase resulta em uma maior probabilidade de obtenção das prostaglandinas e tromboxanos da série 2. A essa série pertencem o tromboxano A₂ e as prostaglandinas E₂ e I₂, que participam de inúmeros processos inflamatórios no organismo. Contudo, os seus correspondentes da série n-3 possuem propriedades anti-inflamatórias. Em função dessas diferenças fisiológicas tem-se proposto que a produção excessiva de prostanóides da série 2 está relacionada com a ocorrência de desordens imunológicas, doenças cardiovasculares e inflamatórias, sendo recomendado aumentar a ingestão de ácidos graxos n-3 para elevar a produção de prostanóides da série 3 (SIMOPOULOS, 2004).

2.4 Fontes Lipídicas

Como a maioria dos demais óleos, o óleo de soja é obtido principalmente pelo processo de extrusão, onde os grãos recebem o calor originado da pressão da extrusora, sendo em seguida esmagados em prensa de alta pressão, que separa a soja do óleo. Há também o processo de extração de óleo por meio de solventes, contudo apresenta preços mais elevados.

A estimativa da produção de óleo de soja para 2016 foi fechada em mais de 8,05 milhões de toneladas, alta de 0,6% em comparação ao ano de 2015 (ABIOVE, 2016). O óleo de soja é a principal fonte de energia utilizada na avicultura, apresentando em sua

composição cerca de 85% de ácidos graxos insaturados, contendo principalmente ácido linoleico (C18:2 n-6 *cis*-9, 12). Por apresentar grandes quantidades de ácidos graxos polinsaturados, é uma fonte lipídica de alta digestibilidade.

Segundo Rostagno et al. (2011) o óleo de soja possui 8.790 kcal/kg de energia metabolizável aparente para aves. Por ser um óleo que apresenta digestibilidade e valores de energia metabolizável bastante conhecido, e também possuir padrão de qualidade bastante regular, a determinação da energia metabolizável do óleo de soja neste experimento serviu também como um indicador da qualidade experimental do presente trabalho. Brandão (2008) relatou que o óleo de soja pode ser utilizado na tentativa de conseguir menor custo de produção, mantendo a qualidade do produto final.

O óleo de soja bruto é rico em fosfolipídios que são um grupo especial de lipídios essenciais na utilização das gorduras pelo organismo animal visto que atuam formando a interface entre a água os demais lipídios. A lecitina, formada por fosfolipídios (principalmente a fosfatidilcolina), quando suplementada na dieta pode trazer benefícios a saúde das aves melhorando a digestibilidade e a absorção de gorduras e auxiliam na qualidade e desenvolvimento de frangos de corte sendo o principal componente das membranas celulares (RABER et al., 2009).

Trabalho realizado por Rabello et al. (2007) mostrou resultados satisfatórios no peso dos ovos com o uso de 2% de óleo de soja nas rações a base de milho e farelo de soja. Já na produção de ovos, 3% de óleo de soja mostra piores resultados em comparação aos outros níveis de óleo.

O óleo de girassol é um lipídio rico em ácidos graxos monoinsaturados, com predominância do ácido oleico (C18:1 n-9 *cis*-9), apresentando consideráveis quantidades de ácido linoleico. O óleo de girassol, assim como o óleo de linhaça e de peixe, carece de informações sobre sua energia metabolizável.

O óleo de girassol é uma fonte lipídica que pode se apresentar como estratégia nutricional durante a formulação de dietas. Esse óleo possui baixíssimas quantidades de ácido α -linolênico, fornecendo alta relação n-6/n-3. Quando a finalidade for aumentar a relação n-6/n-3 da dieta para ajustar um nível adequado nessa relação, o óleo de girassol pode ser uma boa alternativa. Além disso, o óleo de girassol apresenta altas quantidades de vitamina E, caracterizando-se como uma fonte natural para suplementar essa vitamina lipossolúvel na dieta.

Poucos são os trabalhos encontrados na literatura sobre o óleo de girassol. Desta forma, Mazzali et al. (2004) em seu estudo, testaram 3% de óleo de girassol, linhaça, peixe e canola e observaram que não houve diferença na percentagem de ovos, podendo ser explicado pelas aves estarem consumindo muita energia e pouca proteína bruta.

O óleo de linhaça possui alto valor econômico devido às altas quantidades de ácido α -linolênico (C18:3 n-3 *cis*-9, 12, 15). Essa fonte lipídica tem sido cada vez mais utilizada para poedeiras com o intuito de produzir ovos enriquecidos com ácido graxo da família ômega 3 (CASTON & LEESON, 1990), além dos benefícios que essa fonte lipídica pode proporcionar para o organismo das aves (SCHUMANN et al., 2000), gerando possíveis melhoras na qualidade de ovos.

No óleo de peixe, os principais ácidos graxos encontrados são da família n-3 sendo o ácido linolênico, ácido eicosapentaenóico e o ácido docosahexaenóico, enquanto os principais da família n-6 são o ácido linoléico e o ácido araquidônico (Figura 3) (KINSELLA, 1990; MAYSER et al., 1998).

Os ácidos linoléico n-6 geram eicosanóides das séries 2 e 4 e os ácidos linolênico n-3, eicosanóides das séries 3 e 5. Dependendo da procedência dos eicosanóides, o efeito fisiológico no organismo será diferente. O ácido linoléico converte-se em longas cadeias, tal como o ácido g-linolênico e o ácido araquidônico,

através do processo de dessaturação e alongação. O ácido graxo α -linolênico é convertido em ácido eicosapentaenóico (EPA) e em ácido docosahexaenóico (DHA). A taxa de conversão é muito baixa em humanos e diminui ainda mais à medida que a quantidade de ácido linolêico aumenta, pois os dois substratos competem pelo mesmo sistema enzimático. Portanto, as fontes de n-3 obtidas através da ingestão de alimentos são muito importantes (FAO/ WHO, 1994; WARD, 1995; NEWTON, 1996).

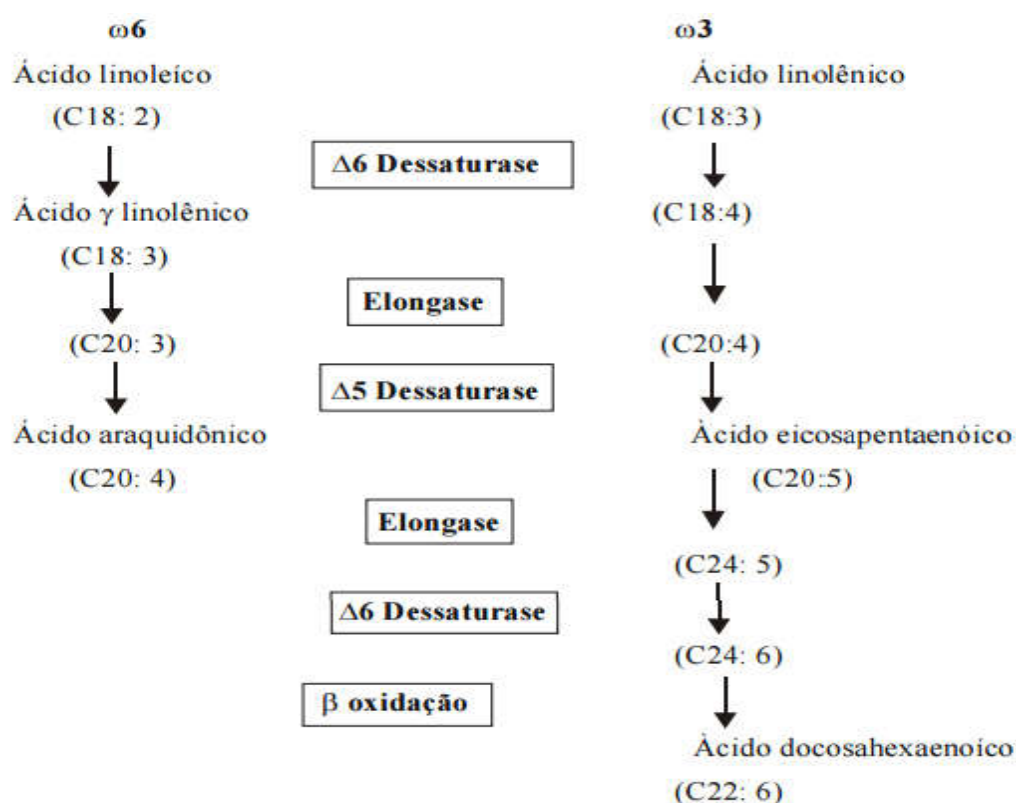


Figura 3. Síntese de ácidos graxos insaturados.

Fonte: Sant'Ana (2004).

De acordo com Basmacioglu et al. (2003), a inclusão de óleo de peixe na dieta de galinhas poedeiras diminui o colesterol e enriquece a quantidade de ômega 3 do ovo. Nessa pesquisa citada, os resultados demonstram que o perfil de ácidos graxos do ovo pode ser claramente manipulado pela dieta, indicando que o uso de óleo de peixe na

ração de poedeiras pode produzir ovos com maior valor biológico, implicando em possibilidade de obtenção de maior retorno econômico.

3 OBJETIVO GERAL

O objetivo desta pesquisa foi determinar o perfil de ácidos graxos e o valor energético do óleo de soja, girassol, linhaça e peixe para galinhas poedeiras.

4 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Avaliar a energia metabolizável aparente do óleo de soja, do óleo de girassol, do óleo de linhaça e do óleo de peixe para galinhas poedeiras.
- Comparar os valores de energia metabolizável aparente de diferentes fontes lipídicas com potencial de utilização na avicultura de postura.
- Determinar o perfil de ácidos graxos das fontes lipídicas propostas, para gerar informações de caráter fundamental para a compreensão dos coeficientes de digestibilidade.
- Atualizar e gerar informações relativas ao perfil de ácidos graxos das fontes lipídicas que foram estudadas, a fim de fornecer subsídio para trabalhos futuros.

5 HIPÓTESE

A hipótese do presente estudo, é que o perfil de ácidos graxos e os valores de energia metabolizável aparente são diferentes entre as fontes lipídicas.

6 MATERIAL E MÉTODOS

- O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas
- Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, Campus de

Dracena, no galpão para galinhas poedeiras do Setor de Avicultura (Figura 4), estando de acordo com os princípios e regulamentos do comitê de ética para uso de animais – CEUA/UNESP (Registro nº 09, 2016).



Figura 4. Setor de avicultura da UNESP/Dracena/SP.

Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado com cinco dietas experimentais, sete repetições e oito aves por unidade experimental. A ração basal deste experimento foi composta à base de milho e farelo de soja, sem inclusão de fontes lipídicas e de acordo com a composição de alimentos e exigências nutricionais estabelecidas por Rostagno et al. (2011). As dietas-teste foram obtidas pela substituição de 10% da ração basal pela fonte lipídica, onde segundo Sakomura & Rostagno (2007), para esse tipo de ensaio de digestibilidade o melhor nível é 10%. As dietas experimentais consistiram de: T1 – ração basal, T2 – ração basal + 10% de inclusão de óleo de soja, T3 – ração basal + 10% de inclusão de óleo de girassol, T4 – ração basal + 10% de óleo de linhaça e T5 – ração basal + 10% de óleo de peixe (Tabela 1). Água e ração foram fornecidas *ad libitum*.

Tabela 1. Composição percentual e valor nutricional calculado da ração referência.

Ingredientes	%
Milho	66,6120
Farelo de soja	17,1915
Glúten de milho 60	4,5172
Fosfato bicálcico	1,1378
Calcário calcítico	9,4393
Sal	0,3500
Bicarbonato de sódio	0,2290
L-lisina	0,1452
DL-metionina	0,1668
L-treonina	0,0122
Valina	0,0066
Cloreto de colina 60	0,0423
Premix vitamínico ¹	0,1000
Premix mineral ²	0,0500
Total	100
Valores calculados	
EM (kcal/kg)	2.850
PB (%)	16,02
Metionina dig. (%)	0,420
Metionina + Cistina dig. (%)	0,652
Lisina dig. (%)	0,717
Treonina dig. (%)	0,545
Triptofano (%)	0,165
Colina (mg/kg)	220,00
Valina dig. (%)	0,681
Sódio (%)	0,218
Cálcio (%)	3,900
Fósforo disp. (%)	0,291
Ácido linoléico (%)	1,4253

¹Suplemento vitamínico para aves poedeiras (níveis de garantia por kg de ração)/M Cassab[®]: Vitamina A: 8.000 UI, vitamina D3: 2.300 UI, Vitamina E: 15 UI, Ácido Pantotênico: 6,44 mg, Biotina 0,015 mg, Ácido fólico: 0,5 mg, Niacina: 0,02 g, Vitamina B6: 1,7 mg, Vitamina B2: 3 mg, Vitamina B1: 0,2 mg, Vitamina B12: 10 µg, Vitamina K3: 1 mg e Selênio: 0,25 mg. ²Suplemento mineral para aves poedeiras (níveis de garantia por kg de ração)/M Cassab[®]: Ferro 30 mg, Cobre: 9 mg, Manganês 60 mg, Zinco 60 mg e Iodo: 1 mg.

Foram utilizados o óleo de soja e de girassol na forma refinada e o óleo de linhaça e peixe foi bruto. O óleo de peixe utilizado foi extraído de espécies de água salgada (sardinha, atum e salmão), que são peixes de água fria, em que a concentração de ômega 3 se dá pela própria característica genética da espécie, além da alimentação que pode influenciar na concentração desses ácidos graxos no organismos destes peixes.

Foram utilizados termômetros de máxima, mínima, bulbo seco, bulbo úmido e de globo negro, para controle da temperatura e umidade relativa do ar. Os dados foram aferidos diariamente às 8h00, 12h00 e 17h00 horas na parte central do galpão experimental. As médias das temperaturas foram: instantânea, $23,6 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$; máxima, $27,5 \pm 1,8^{\circ}\text{C}$; mínima, $18,5 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$, (Figura 5); globo negro, $25,9 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$; bulbo seco, $22,2 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$; bulbo úmido, $15,8 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar, $56,8 \pm 6,8\%$ (Figura 6). O programa de luz adotado foi de 17 horas de luz por dia (natural + artificial).

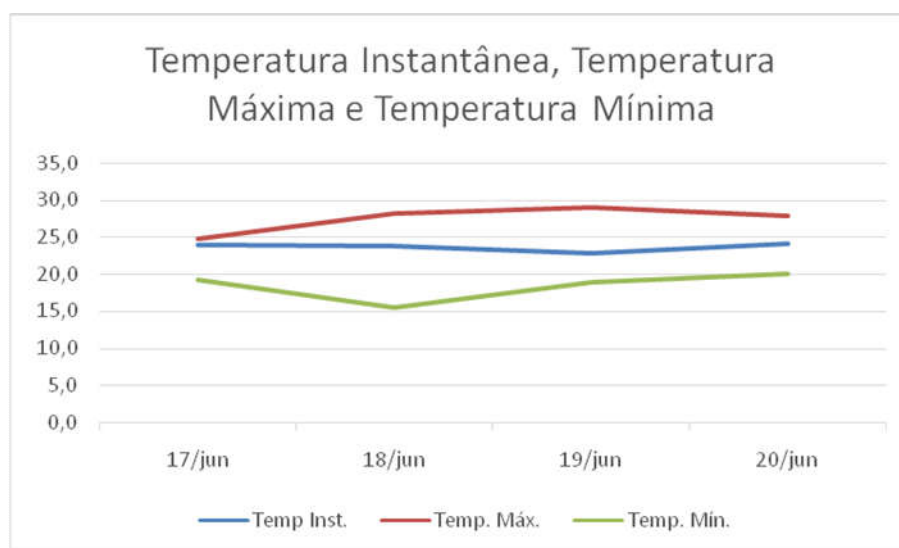


Figura 5. Média diária das temperaturas Instantânea, Máxima e Mínima.

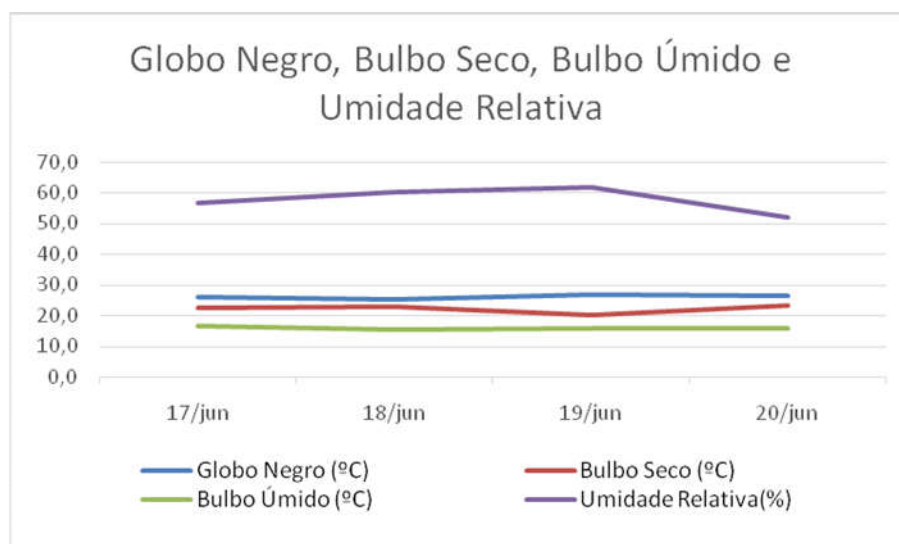


Figura 6. Média diária das temperaturas de Globo Negro, Bulbo Seco, Bulbo Úmido e Umidade Relativa.

6.1 Metabolizabilidade

A avaliação das fontes lipídicas foi realizada por meio do método de coleta total de excretas. O ensaio metabólico iniciou-se às 24 semanas de idade das aves, com quatro dias para adaptação às dietas experimentais e quatro dias para o recolhimento de excretas. Após o período de adaptação, adicionou-se 0,5% de óxido férrico como marcador em todas as rações no início e final do período de coleta das excretas (Figura 7).



Figura 7. Ração com óxido férrico.

Um total de 280 aves poedeiras da linhagem Hysex White, provenientes da granja Mayra de Patrocínio/MG, foram alojadas em 35 gaiolas experimentais de arame galvanizado, com dimensão de $1,00 \times 0,50$ m, munidas de comedouro frontal e bebedouros do tipo *nipple* (Figura 8). Todas as gaiolas foram equipadas com uma bandeja de aço previamente preparada e revestida com plástico para o recolhimento das excretas (Figura 9), que ocorreram duas vezes por dia às 07h00 e às 16h00 para evitar fermentação e alterações na composição.



Figura 8. Gaiolas experimentais.



Figura 9. Bandeja de aço revestida com plástico usada para recolhimento das excretas.

As excretas foram acondicionadas em sacos plásticos (Figura 10), identificadas por repetição e armazenadas em freezer a -16°C . Ao final do período experimental foi determinada a quantidade de ração consumida bem como a quantidade total de excretas produzidas, que foram descongeladas e homogeneizadas. Uma alíquota de cada repetição foi retirada e pesada, sendo em seguida colocada em estufa com ventilação forçada à temperatura de 55°C por 72 horas, a fim de se proceder a pré-secagem. Posteriormente, as amostras foram expostas ao ar para que houvesse equilíbrio com a temperatura e umidade ambiente. Em seguida foram pesadas, moídas em moinhos tipo faca, com peneira de 18 *mesh* e crivos de 1 mm e acondicionadas em recipientes para as análises laboratoriais.



Figura 10. Excretas armazenadas em sacos plásticos.

Os teores de umidade e nitrogênio das excretas e das rações foram determinados segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002) no Laboratório de

Bromatologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – FCAT – UNESP, campus de Dracena/SP. A energia bruta das dietas, das fontes lipídicas e das excretas foi obtida por meio de bomba calorimétrica (IKA[®]) sendo estas análises realizadas no Laboratório de Cromatografia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – FMVZ, USP – Pirassununga/SP. Os valores de EMAn foram determinados utilizando as equações propostas por Matterson et al. (1965) e recalculados para confirmação de seus valores utilizando o software ENERGCALC desenvolvido pela EMBRAPA Suínos e Aves de Concórdia/SC.

- EMAn da DT ou RB (kcal/kg)= $(EB \text{ ingerida} - (EB \text{ excreta} \pm 8,22 \times BN)) / \text{Ingestão de alimento}$.
- EMAn da fonte lipídica (kcal/kg)= $EMAn \text{ RB} + (EMAn \text{ DT} - EMAn \text{ RB}) / \% \text{ de substituição}$.

Em que:

EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pela retenção de nitrogênio,

DT = dieta teste,

RB = ração basal,

EB = energia bruta,

BN = balanço de nitrogênio = N ingerido – N excretado.

O coeficiente de metabolizabilidade (CM) da EMAn foi determinado pela razão entre o valor da EMAn e a de EB, expresso em percentagem, segundo a equação.

- $CM \text{ da EMAn} = EMAn / EB \times 100$

Em que:

EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pela retenção de nitrogênio,

EB= energia bruta.

6.2 Perfil de Ácidos Graxos

O perfil de ácidos graxos das fontes lipídicas foi realizado no Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal, na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), Piracicaba/SP, Brasil.

A gordura passou pelo processo de transmetilação conforme método descrito por Christie (1982). Os ácidos graxos foram quantificados por cromatografia gasosa (modelo Focus CG- Finnigan), com detector de ionização de chama e coluna capilar CP-Sil 88 (Varian) com 100m de comprimento por 0,25 μ m de diâmetro interno e 0,20 μ m de espessura do filme. O hidrogênio foi utilizado como gás de arraste, numa vazão de 1,8 mL/minuto. O programa de temperatura do forno inicialmente foi de 70°C e tempo de espera de 4 minutos; posteriormente houve aumento de 13°C/minuto até atingir 175°C e tempo de espera de 27 minutos; em seguida houve aumento de 4°C/minuto até atingir 215°C e tempo de espera de 9 minutos e finalmente aumento de 7°C/minuto até atingir 230°C e tempo de espera de 5 minutos, totalizando 65 minutos. A temperatura do vaporizador foi de 250°C e a do detector de 300°C. Uma alíquota de 1 μ L do extrato esterificado foi injetada no cromatógrafo.

A identificação dos ácidos graxos foi feita pela comparação dos tempos de retenção e as porcentagens dos ácidos graxos foram obtidas através do “software” Chromquest 4.1 (Thermo Electron, Italy). Identificaram-se os ácidos graxos por comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com padrões de

ácidos graxos e se quantificou os ácidos graxos por normalização das áreas dos ésteres metílicos onde os resultados foram expressos em percentual de área (%). Analisou-se o perfil de 44 ácidos graxos (C8:0, C10:0, C11:0, C12:0, C13:0 ISO, C13:0, C14:0 ISO, C14:0, C14:1 C9, C15:0 ISO, C15:0 ANTEISO, C15:0, C16:0 ISO, C16:0, C16:1 C9, C17:0 ISO, C17:0, C17:1 C10, C18:0, C18:1 T9, C18:1 C9, C18:1 C11, C18:1 C12, C18:1 C13, C18:1 C15, C18:1 T16, C18:2 C9-C12, C18:3 n6, C18:3 n3, C20:0, C20:1, C20:2, C20:3 n6, C20:3 n3, C20:4, C20:5, C21:0, C22:0, C22:1, C22:5, C22:6, C23:0, C24:0, C24:1).

6.3 Análise Estatística

A análise dos dados foi realizada com o auxílio do pacote estatístico SAS (2012), com critério de 5% de significância. A homogeneidade das variâncias e a normalidade dos resíduos foram verificadas pelo procedimento UNIVARIATE. Os valores de EMAn das diferentes fontes lipídicas foram submetidos à análise de variância (PROC GLM), e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey. O modelo estatístico que foi adotado está representado a seguir:

$$Y_{ij} = \mu + a_i + e_{ij}$$

Onde: Y_{ij} = variável resposta das aves, que foi os valores de EMA ou EMAn das diferentes fontes lipídicas (i). μ = efeito geral da média. a_i = efeito fixo dos tratamentos (fontes lipídicas). e_{ij} = efeito aleatório (resíduo).

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores médios da MS do óleo de soja, girassol e linhaça apresentaram os mesmos valores (100%), ficando bem próximos ao de Franqueira et al. (1979); Albino et al. (1982); Albino & Fialho (1984); EMBRAPA (1985); EMBRAPA (1991); Compêndio Brasileiro de Nutrição Animal (2004); Silva et al. (2009); Rostagno et al. (2005); Rostagno et al. (2011). Já, o óleo de peixe apresentou menor valor de MS, com 1,79% de umidade (Tabela 2).

Tabela 2. Matéria seca (MS), energia bruta (EB), energia metabolizável aparente corrigida pela retenção de nitrogênio (EMAn) e coeficiente de metabolizabilidade (CM) de diferentes fontes de óleo para galinhas poedeiras.

Variáveis	Óleos				EPM ³	Probabilidade
	Soja	Girassol	Linhaça	Peixe		
MS (%)	100	100	100	98,21	-	-
EB (kcal/kg)	9.333	9.332	9.324	9.298	-	-
EMAn ¹ (kcal/kg)	9.334b ²	10.533a	10.928a	9.005b	202,69	<0,001
CM (%)	100,01b	112,86a	117,21a	96,85b	2,16	<0,001

¹EMAn: kcal/kg, valores expressos na matéria natural.

²Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

³EPM: erro padrão da média.

Os valores de EB das fontes lipídicas tiveram pouca variação. O óleo de peixe apresentou na matéria natural 9.298 kcal/kg, contudo, apresentou maior valor de EB na matéria seca em comparação aos demais óleos testados, com valor de 9.467 kcal/kg. A EB do óleo de soja foi a mesma encontrada por Rostagno et al. (2011). Silva et al. (2009) encontraram valores maiores de EB para o óleo de soja (9.851 kcal/kg), no entanto, é importante destacar que o óleo testado por Silva et al. (2009) foi o óleo de soja bruto, diferindo do óleo de soja avaliado no presente trabalho, o qual passou pelo

processo de refinamento. Porém, o valor encontrado foi inferior ao da EMBRAPA (1985), 9.592 kcal/kg; EMBRAPA (1991), 9.730 kcal/kg; Junqueira et al. (2005), 9.866 kcal/kg; Silva et al. (2009), 9.851 kcal/kg. Os valores da EB dos óleos de girassol (9.332 kcal/kg) e peixe (9.298 kcal/kg) apresentaram-se menores que os de Junqueira et al. (2005), que foram de 9.835 e 9.969 kcal/kg, respectivamente.

Os valores de EMAn foram diferentes entre as fontes lipídicas, em que a EMAn do óleo de soja (9.334 kcal/kg) e peixe (9.005 kcal/kg) não apresentaram diferenças entre si mostrando os menores valores. Já, os óleos de girassol (10.533 kcal/kg) e linhaça (10.928 kcal/kg) apresentaram os maiores valores de EMAn, sendo semelhantes entre si. O óleo de peixe foi a fonte lipídica que apresentou o menor valor de EMAn entre as fontes lipídicas, apresentando valor de EB maior (9.298 kcal/kg) que a EMAn (9.005 kcal/kg). Este fato ocorreu devido ao óleo de peixe ser uma fonte lipídica com mais ácidos graxos saturados, sendo mais difícil sua digestibilidade quando comparado às outras fontes lipídicas.

A EMAn obtida para o óleo de peixe foi superior à de Junqueira et al. (2005), 8.715 kcal/kg. Leskanich & Noble (1999), explicam que pode haver diferenças nos valores energéticos encontrados por vários autores para o óleo de peixe em função da procedência e processamento deste óleo uma vez que óleo de peixe de água salgada contém mais ácidos graxos linolênico do que de peixes de água doce, e essa diferença está relacionada ao tipo de alimentação desses peixes, além, das diferenças existentes no perfil de ácidos graxos entre os diferentes tipos de óleo de peixe que existem hoje no mercado.

Neste estudo, as fontes de origem vegetal apresentaram valores de EMAn maiores que a EB. Não é comum isso acontecer em ensaio de digestibilidade com outros alimentos (NERY et al., 2007; NUNES et al., 2008; SILVA et al., 2009; SANTOS et

al., 2013; TRONI et al., 2016) mas quando se trata de óleos isso pode ocorrer. Segundo Andreotti et al. (2004) a taxa de passagem do alimento pelo sistema digestório pode também ajudar na digestibilidade dos outros ingredientes da ração, assim, esses valores podem ter sido influenciados pela utilização de outros componentes da dieta, resultando em um aumento aparente da utilização da energia (CULLEN et al., 1961) acrescentado na EMAn. Alguns pesquisadores enfatizam o efeito extra-calórico de algumas fontes lipídicas de melhorar seus valores energéticos, ou seja, valores que extrapolam os seus conteúdos em energia bruta (JUNQUEIRA et al., 2005). Além disso, as fontes de origem vegetal possuem melhor composição para se utilizar na avicultura devido a seu perfil de ácidos graxos ser rico em formas insaturadas (oléico, linoléico e linolênico) que têm melhor assimilação do ponto de vista metabólico. As fontes de origem animal apresentam uma maior variação quanto a sua composição e uma proporção maior de ácidos graxos saturados.

Comparando com dados da literatura, a EMAn do óleo de soja (9.334 kcal/kg) ficou próxima à de Junqueira et al. (2005), 9.201 kcal/kg; mas, superior ao valor encontrado por Andreotti et al. (2004), 8.307 kcal/kg; EMBRAPA (1991), 7.620 kcal/kg; Cardoso et al. (2000), 8.331 kcal/kg; Andreotti (2002), 9.201 kcal/kg; Silva et al. (2009), 8.314 kcal/kg e Rostagno et al. (2011), 8.790 kcal/kg.

O óleo de girassol e linhaça apresentaram valores de EMAn superiores aos óleos de soja e peixe. Sabe-se, que os mesmos tiveram uma melhor digestibilidade (112,86% e 117,21%, respectivamente), quando comparado com as outras fontes lipídicas (100,01%, óleo de soja e 96,85%, óleo de peixe).

Os coeficientes de metabolizabilidade das fontes de origem vegetal foram diferentes entre si, ficando acima de 100%. Isso já era esperado visto que a EMAn apresentou-se maior que a EB. Apenas o óleo de peixe apresentou coeficiente abaixo de

100% (96,85%), sendo explicado pelo fato de ser uma fonte lipídica com maiores teores de ácidos graxos saturados, sendo mais difícil de ser digerido e absorvido em comparação às fontes de origem vegetal.

A Tabela 3 apresenta os ácidos graxos identificados por cromatografia gasosa, onde se observaram ácidos graxos com maior destaque entre as quatro fontes lipídicas, dentre elas o C16:0; C18:1 *cis* 9; C18:2 *cis* 9, 12, C18:3 *cis* 9, 12, 15; C20:5 *cis* 5, 8, 11, 14, 17 e C22:6 *cis* 4, 7, 10, 13, 16, 19. Entre os ácidos graxos saturados, a maior concentração (23,126%) de ácido palmítico (C16:0) foi encontrada no óleo de peixe, por ser uma fonte de óleo de origem animal. Observou-se concentrações acentuadas de ácido graxo oléico (C18:1 *cis* 9) nas três fontes lipídicas de origem vegetal.

Os valores mais altos de ácido graxo linoléico (C18:2 *cis* 9, 12) foram para o óleo de soja (53,392%) e girassol (50,783%), devido ao fato destes óleos conterem alta concentração de ômega 6. Já, o óleo de linhaça foi a única fonte lipídica que apresentou mais de 50% do ácido graxo linolênico (C18:3 *cis* 9, 12, 15), por ser uma fonte rica em ômega 3.

O ácido araquidônico C20:4 *cis* 5, 8, 11, 14 é sintetizado a partir do ácido linoléico e o ácido eicosapentaenóico C20:5 *cis* 5, 8, 11, 14, 17 (EPA) e docosahexaenoico C22:6 *cis* 4, 7, 10, 13, 16, 19 (DHA) são sintetizados a partir do ácido linolênico (NETTLETON, 1994; STEVEN & GERMAN, 1998), porém, podem ser alongados e dessaturados pelo sistema enzimático para produzir DHA e EPA (BURR e BURR, 1929; CUNNANE, 1999; CHAWFORD, 1992; CONNOR, 2000).

Tabela 3. Perfil de ácidos graxos das fontes lipídicas.

g / 100g de ácidos graxos	Fontes Lipídicas			
	Óleo de Soja	Óleo de Girassol	Óleo de Linhaça	Óleo de Peixe
C8:0	-	0,004	-	-
C10:0	-	-	-	0,004
C11:0	-	-	-	0,004
C12:0	0,002	0,002	0,003	0,143
C13:0 <i>iso</i>	-	0,001	-	0,019
C13:0	-	-	-	0,077
C14:0 <i>iso</i>	-	-	-	0,057
C14:0	0,062	0,047	0,038	8,350
C14:1 <i>cis</i> -9	-	-	-	0,017
C15:0 <i>iso</i>	-	-	-	0,377
C15:0 <i>anteiso</i>	-	-	-	0,100
C15:0	0,011	0,012	0,017	1,171
C16:0 <i>iso</i>	0,009	0,001	-	0,074
C16:0	10,677	5,429	5,748	23,126
C16:1 <i>cis</i> -9	0,081	0,074	0,069	4,966
C17:0 <i>iso</i>	-	-	-	0,203
C17:0	0,065	0,039	0,052	0,802
C17:1 <i>cis</i> -10	0,031	0,015	0,024	0,081
C18:0	3,532	3,525	4,595	4,735
C18:1 <i>trans</i> -9	0,007	0,024	0,008	0,620
C18:1 <i>cis</i> -9	20,884	32,598	19,106	6,793
C18:1 <i>cis</i> -11	2,193	3,026	1,581	1,777
C18:1 <i>cis</i> -12	1,198	1,315	0,761	1,184
C18:1 <i>cis</i> -13	0,560	0,640	0,407	0,478
C18:1 <i>cis</i> -15	-	-	-	0,200
C18:1 <i>trans</i> -16	-	-	-	0,036
C18:2 <i>cis</i> -9, 12	53,392	50,783	14,093	3,907
C18:3 <i>cis</i> -6, 9, 12	0,037	0,021	0,019	0,121
C18:3 <i>cis</i> -9, 12, 15	5,191	0,118	50,102	1,963
C20:0	0,284	0,229	0,059	0,324
C20:1 <i>cis</i> -11	0,411	0,169	2,482	1,544
C20:2 <i>cis</i> -11, 14	0,026	0,004	0,015	0,160
C20:3 <i>cis</i> -8, 11, 14	0,363	0,659	0,092	0,184
C20:3 <i>cis</i> -11, 14, 17	-	-	0,025	0,066
C20:4 <i>cis</i> -5, 8, 11, 14	-	-	-	2,646
C20:5 <i>cis</i> -5,8,11,14,17	-	-	-	12,016
C21:0	0,023	-	-	0,037
C22:0	0,007	-	-	0,089
C22:1 <i>cis</i> -13	-	-	-	0,434
C22:5 <i>cis</i> - 7,10, 13, 16, 19	-	-	-	1,428
C22:6 <i>cis</i> -4,7,10,13, 16,19	0,008	-	-	17,077
C23:0	0,024	0,018	0,013	-
C24:0	0,150	0,352	0,074	0,115
C24:1 <i>cis</i> -15	-	-	0,006	0,689
Outros	0,77	0,89	0,61	1,81
Σ	100	100	100	100

Outros: Outros ácidos graxos não analisados.

Ao analisar-se o perfil de ácidos graxos das fontes lipídicas (Tabela 4), observou-se que os níveis de ácidos graxos insaturados foram os mais altos entre as quatro fontes lipídicas sendo 89,45% para o óleo de girassol, 88,79% para o óleo de linhaça e 84,38% para o óleo de soja. A qualidade e a digestibilidade dos óleos vegetais são determinados pela quantidade e composição em ácidos graxos insaturados (LUZIA et al., 2010). Entre os ácidos graxos saturados, o óleo de peixe foi a fonte lipídica que apresentou quantidade significativa (39,81%) de ácidos graxos saturados. Este valor se deve à maior concentração de ácido palmítico dentre as quatro fontes lipídicas estudadas.

Quando o lipídio é adicionado à dieta das aves pode haver diferença em seu aproveitamento dependendo do tipo de óleo (insaturado ou saturado). De acordo com Freeman et al. (1968) apud WISEMAN et al. (1986), quanto maior é o grau de insaturação dos ácidos graxos de um lipídio, maior é o potencial de formação de micelas no lúmen intestinal, resultando assim, em melhora no processo digestivo e consequentemente elevação nos valores energéticos. Desta maneira observa-se na Tabela 4 a seguinte ordem decrescente de insaturação: óleo de girassol (89,45%), linhaça (88,79%) e soja (84,38%).

Tabela 4. Somatório e relações de ácidos graxos das fontes lipídicas.

g / 100g de ácidos graxos	Fontes Lipídicas			
	Óleo de Soja	Óleo de Girassol	Óleo de Linhaça	Óleo de Peixe
Saturados	14,846	9,659	10,599	39,807
Insaturados	84,382	89,446	88,790	58,387
Monoinsaturados	25,365	37,861	24,444	18,819
Polinsaturados	59,017	51,585	64,346	39,568
Insaturados/saturados	5,68	9,26	8,38	1,47
ω -9	21,302	32,791	21,602	9,391
ω -7	2,305	3,115	1,674	6,824
ω -6	55,016	52,782	14,980	8,891
ω -3	5,199	0,118	50,128	33,369
ω -6/3	10,58	447,31	0,298	0,266

8 CONCLUSÃO

Os valores de EMAn do óleo de soja, óleo de girassol, óleo de linhaça e óleo de peixe para aves poedeiras, respectivamente, foram: 9.334 kcal/kg, 10.533 kcal/kg, 10.928 kcal/kg e 9.005 kcal/kg. Os valores de energia metabolizável entre as fontes lipídicas são diferentes entre si, ressaltando a importância de haver uma matriz nutricional individual para cada óleo nos livros e tabelas sobre informações nutricionais de ingredientes para aves, possibilitando formulações de rações mais apropriadas e precisas.

O perfil de ácidos graxos apresenta-se diferente entre as fontes lipídicas - fontes vegetais apresentam insaturação evidenciada, enquanto o óleo de peixe apresenta concentração marcante de ácidos graxos saturados, quando comparado às demais fontes lipídicas estudadas.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIOVE. **Produção Brasileira de Soja 2015/2016 em 99,4 mi de toneladas**. 2015. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/noticias/soja/producao-brasileira-soja-2015-2016-994-toneladas-60069>>. Acesso em: 16/12/2016.

ALBERTAZZI, P. & COUPLAND, K. Polyunsaturated fatty acids: Is there a role in postmenopausal osteoporosis prevention. **Maturitas**. v.42, n.1,p.3- 22, 2002.

ALBINO, L.F.T.; FIALHO, E.T. Avaliação química e biológica de alguns alimentos usados em rações para frangos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 13, n. 3, p. 291-300, 1984.

ALBINO, L.F.T.; FERREIRA, A.S.; FIALHO, E.T.; CESAR, S.S. Determinação dos valores de energia metabolizável e matéria seca aparentemente metabolizável de alguns alimentos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 11, n. 2, p. 207-221, 1982.

ANDREOTTI, M.O. **Valor nutricional de diferentes fontes lipídicas para frangos de corte**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2002. 74f. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Estadual Paulista.

ANDREOTTI, M. O. et al. Energia metabolizável do óleo de soja em diferentes níveis de inclusão para frangos de corte nas fases de crescimento e final. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1145-1151, 2004.

APPOLINÁRIO, P. P. et al. Metabolismo, oxidação e implicações biológicas do ácido docosahexaenoico em doenças neurodegenerativas. **Química Nova**, v.34, n.8, p.1-8, 2011.

BAIÃO, N.C.; CANÇADO, S.V. **Artifícios biológicos para aliviar o estresse calórico em frangos de corte**. Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária (UFMG), Belo Horizonte, n.34, p. 15-22, 2001.

BASMACIOĞLU, H.; ÇABUK, M.; ÜNAL, K.; ÖZKAN, K.; AKKAN, S.; YALÇIN, H. Effects of dietary fish oil and flaxseed on cholesterol and fatty acid composition of egg yolk and blood parameters of laying hens. **South African Journal of Animal Science.**, v. 33, p. 265-273, 2003.

BRANDÃO, T.M. **Diferentes tipos de óleos de soja e níveis de energia em dietas de frango de corte: desempenho e característica de carcaça.** 2008. 47f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

BURR, G.O. & BURR, M.M. A new deficiency disease produced by rigid exclusion of fat from the diet. **The Journal of Biological Chemistry.**, v.82, p.345-367, 1929.

CARDOSO, C.C.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Determinação da energia metabolizável de alguns óleos e gorduras para pintos de corte de 21 a 30 dias de idade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p.269.

CASTON, L.; LEESON, S. Research note: Dietary flax and egg composition. **Poultry Science**, v. 69, n.9, p.1617-1620, 1990.

CHAWFORD, M.A. The role of dietary fatty acids in biology: Their place in the evolution of the human brain. **Nutrition Reviews.**, v.50, p.3-11, 1992.

CHRISTIE, W. W. A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesterol esters. **Journal of Lipid Research**, v. 23, p. 1072-1075, 1982.

CEYLAN, N.; CIFTÇI, I.; MIZRAK, C.; KAHRAMAN Z.; EFIL, H. Influence of different dietary oil sources on performance and fatty acid profile of egg yolk in laying hens. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v.20, n.1, p.71-83, 2011.

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. São Paulo: Sindirações/Anfal; Campinas: CBNA/SDR/MA, 2004. 298 p.

COSTA, F. G. P.; SOUZA, C. J.; GOULART, C. C.; LIMA NETO, R. C.; COSTA, J. S.; PEREIRA, W. E. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras semipesadas alimentadas com dietas contendo óleos de soja e canola. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, p.1412-1418, 2008.

CONNOR, W.E. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. The **American Journal of Clinical Nutrition**., v.71, 171-175, 2000.

COSTA, F. G. P.; QUIRINO, B. J. S.; GIVISIEZ, P. E. N.; SILVA, J. H. V.; ALMEIDA, H. H. S.; COSTA, J. S.; OLIVEIRA, C. F. S.; GOULART, C. C. poedeiras alimentadas com diferentes níveis de energia e óleo de soja na ração. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 223, p. 405-411, 2009.

CULLEN, M.P. et al. Metabolizable energy value and utilization of different types and grades of fat by the chick. **Journal American Meat Institute**., n. 217, p. 360-367, 1961.

CUNNANE, S.C. Modeling human infant requirements for long-chain polyunsaturated fatty acids. **British Journal of Nutrition**, v.82, p.163-164, 1999.

DUARTE, F. D.; LARA, L. J. C.; BAIÃO, N. C.; CANÇADO, S. V.; TEIXEIRA, J. L. Efeito da inclusão de diferentes fontes lipídicas em dietas para frangos de corte sobre o desempenho, rendimento e composição da carcaça. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 2, p. 439-444, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA - CNPSA. **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3. ed. Concórdia: [s.n], 1991. p.97.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA - CNPSA. **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 2. ed. Concórdia: [s.n], 1985. p.29.

FAO/WHO. **Lipids in early development in fats and oil in human nutrition**. n.57. p.49-55, 1994.

FARIA, D. E.; SANTOS, A. L. Exigências nutricionais de galinhas poedeiras. In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 2005, Viçosa. **Anais...**Viçosa: UFV, 2005. p. 229-315.

FERREIRA, A.F.; ANDREOTTI, M.O., CARRIJO, A.S.; SOUZA, K.M.R.; FASCINA, V.B.; RODRIGUES, E.A. Valor nutricional do óleo de soja, do sebo bovino e de suas combinações em rações para frangos de corte. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 27, n. 2, p. 213-219, 2005.

FISCHER JÚNIOR, A. A.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, R. S.; GOMES, P. C. Determinação dos valores de energia metabolizável de alguns alimentos usados na alimentação de aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 2, p. 314-318, 1998.

FRANQUEIRA, J.M. ROSTAGNO, H.S.; SILVA, D.J.; FONSECA, J.B.; SOARES, P.R. Tabela brasileira de composição de alimentos concentrados. III Valores de composição química e de energia metabolizável determinados com poedeiras. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 8, n. 4, p. 697-708, 1979.

GÜL, M.; YÖRÜK, M. A.; AKSU, T.; KAYA, A.; KAYNAR, O. The effect of different levels of canola oil on performance, egg shell quality and fatty acid composition of laying hens. **International Journal of Poultry Science**, v.11, n.12, p.769-776, 2012.

GONZALEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. 2 Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 364p, 2006.

HARMS, R. H.; RUSSEL, G. B.; BOHNSACK, C. R.; MERKEL, W. D. The effect of corn oil reduction in the diet on laying hen performance. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.6, n.3, p.183-186, 2004.

IRANDOUST, H. et al. Influence of source of fat and supplementation of the diet with vitamin E and C on performance and egg quality of laying hens from forty four to fifty six weeks of age. **Animal Feed Science and Technology**. v.177, p. 75-85, 2012.

JUNQUEIRA, O. M.; ANDREOTTI, M. O.; ARAÚJO, L. F.; DUARTE, K. F.; CANCHERINI, L. C.; RODRIGUES, E. A. Valor energético de algumas fontes lipídicas determinado com frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2335-2339, 2005.

KINSELLA, J.E. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms. **The American Journal Clinical Nutrition**., v.52, p.1-28, 1990.

LARA, L. J. C.; BAIÃO, N. C.; AGUILAR, C. A. L.; CANÇADO, S. V.; FIUZA, M. A.; RIBEIRO, B. R. C. Efeito de fontes lipídicas sobre o desempenho de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. 6, p. 792-798, 2005.

LESKANICH, C.O.; NOBLE., R.C. The comparative roles of polyunsaturated fatty acids in pig neonatal development. **British Journal Nutrition**, v.81, n.1, p.87-106, 1999.

LUZIA, D. M. M; BERTANHA, B. J; JORGE N. Sementes de pitanga (*Eugenia uniflora* L.): potencial antioxidante e perfil de ácidos graxos. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. v.69, n.2, p.175-180, 2010.

MARTIN, C. A.; ALMEIDA, V. V.; RUIZ, M. R.; VISENTAINER, J. E. L.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 6, p. 761-770, 2006.

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W.; SINGSEN, E. P. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Connecticut: Uniconn Press, 1965. 11 p.

MAZALLI, M. R. et al. A comparison of the feeding value of different sources of fats for laying hens: Lipid, cholesterol, and vitamin E profiles of egg yolk. **Journal Applied of Poultry Research**, v.13, p.280-290, 2004.

MAYSER, P.; et al. Omega-3 fatty acid-based lipid infusion in patients with chronic plaque psoriasis: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled, multicenter trial. **Journal of the American Academy Dermatology**. v.38, p.421-424, 1998.

MERKEL, W. D.; HARMS, R. H.; BOHNSACK, C. R.; RUSSELL, G. B. Performance of commercial layers when fed diets with corn oil added from 24 to 36 weeks of age. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.11, n.4, p.418-423, 2002.

MOURA, G. S. et al. Dietas de diferentes densidades energéticas mantendo constante a relação energia metabolizável: nutrientes para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, n.9, p.1628-1633, 2008.

MURAKAMI, A. E.; FURLAN, A. C. Pesquisas na nutrição e alimentação de codornas em postura no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL COTURNICULTURA, 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras/NECTA, 2002, p.1-5.

NASCIF, C. C. C., et al. Determinação dos Valores Energéticos de Alguns Óleos e Gorduras para Pintos de Corte Machos e Fêmeas aos 21 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.33, n.2, p.375-385, 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9th ed. Washington, DC: National Academy of Sciences, 1994. 155 p.

NELSON, L. D.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 6. ed. São Paulo: Sarvier, 2014. 1336 p.

NERY, L. R.; et al. Valores de energia metabolizável de alimentos determinados com frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**., v.36, n.5, p.1354-1358, 2007.

NETTLETON J. A. Omega 3 **fatty acids and health**. New York: [s.n], p.355, 1994.

NEWTON, I.S. Food enrichment with long-chain n-3 PUFA. **Food Technology**, v.7, n.2, p.169-177, 1996.

NUNES, R. V.; et al. Coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta de diferentes ingredientes para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**., v.37, n.1, p.89-94, 2008.

OLIVEIRA, D. D.; BAIÃO, N. C.; CANÇADO, S. V.; GRIMALDI, R.; SOUZA, M. R.; LARA, L. J. C.; LANA, A. M. Q. Effects of lipid sources in the diet of laying hens on the fatty acid profiles of egg yolks. **Poultry Science**, v.89, n.11, p.2484-2490, 2010.

OLIVEIRA, E. G.; ALMEIDA, M. I. M. Algumas informações sobre nutrição de codornas de corte. In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL E I CONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA, 2004, Lavras. **Anais...**, Lavras: Universidade Federal de Lavras/NECTA, p.53-66.

OLIVEIRA, D. D.; BAIÃO, N. C.; CANÇADO, S. V.; OLIVEIRA, B. L.; LANA, A. M. Q.; FIGUEIREDO, T.C. Effects of the use of soybean oil and animal fat in the diet of laying hens on production performance and egg quality. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.5, p.995-1001, 2011.

PETROVIĆ, M.; GAČIĆ, M.; KARAIĆ, V.; GOTTSTEIN, Ž.; MAZIJA, H.; MEDIC, H. Enrichment of eggs in n-3 polyunsaturated fatty acids by feeding hens with different amount of linseed oil in diet. **Food Chemistry**, v.135, n.3, p.1563-1568, 2012.

PUCCI, L. E. A.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; BERTECHINI, A. G.; CARVALHO, E.M. Níveis de óleo e adição de complexo enzimático na ração de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 909-917, 2003.

RABELLO, C. B.V. et al. Níveis de óleo de soja na dieta de poedeiras comerciais criadas em região de alta temperatura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.2, p.174-182, 2007.

RABER, M.R.; RIBEIRO, A.M.L.; KESSLER, A.M.; ARNAIZ, V. Suplementação de glicerol ou de lecitina em diferentes níveis de ácidos graxos livres em dietas para frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 3, p. 745- 753, 2009.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa: UFV/DZO, 2005. v. 1. 186 p.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252 p.

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

SANT'ANA, L. S. Mecanismos bioquímicos envolvidos na digestão, absorção e metabolismo dos ácidos graxos ômega. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, v. 17, n.4, p.211-216, 2004.

SANTOS, M. J. B.; et al. Composição química e valores de energia metabolizável de ingredientes alternativos para frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v. 14, n. 1 (2013).

SCHUMANN, B. E.; SQUIRES, E. J.; LEESON, S. Effect of dietary flaxseed, flax oil and n-3 fatty acid supplement on hepatic and plasma characteristics relevant to fatty liver haemorrhagic syndrome in laying hens. **British Poultry Science**, v. 41, n. 4, p. 465-472, 2000.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 165 p.

SILVA, E. P., et al. Valores energéticos de ingredientes convencionais para aves de postura comercial. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 1, p. 91- 100, 2009.

SIMOPOULOS, A. P. Omega-6/omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. **Food Rev Int.**, v.20, n.1, p.77-90, 2004

SMITH, W. L. Prostanoid biosynthesis and mechanism of action. **Am. J. Physiol. Renal Physiol.** v.263, p.181-191, 1992.

STATISTICAL ANALISYS SYSTEM. (SAS). Institute Inc. **User's Guide**. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc, 2012.

STEVEN M. W., & GERMAN J. B. Food lipids chemistry nutrition, and biotechnology, In: 18. Ed. CASIMIR, C.; AKOH, E., DAVID B. Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Technology: Min, Marcel Dekker, Inc, New York, 816p, 1998.

SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Dukes: fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 856p.

TEIXEIRA, C. A.; OLIVEIRA FILHO, D; LACERDA FILHO, A. F.; MARTINS, J. H. Racionalização do uso de força motriz em fábrica de ração. **Engenharia agrícola**. 25:330-340. 2005.

TRONI, A. R.; et al. Composição química e energética de alimentos para frangos de corte. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 755-760, 2016.

VIEIRA, S. L. et al. Utilização da Energia de Dietas para Frangos de Corte Formuladas com Óleo Ácido de Soja. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. V.4, n.2, 2002.

WARD, O.P. Microbial production of long-chain PUFAs. **Biotechnology Inform**, v.6, n.6, p.683-687, 1995.

WILEY, J. & SONS. **Bailey's industrial oil and fat products**. In: SWERN, D. Ed. Structure and composition of fats and oils. v.1, 1979, 841p.

WISEMAN, J. et al. Apparent metabolizable energy values of fats for broiler chicks. **British Poultry Science.**, v. 27, p. 561–576, 1986.

YEHUDA, S; RABINOVITZ, S; CARASSO, R. L; MOSTOFISKY, D. L. The role of polyunsaturated fatty acids in restoring the aging neuronal membrane. **Neurobiol Aging**. v.23, n.5, p.843-853, 2002.

YODIM, K. A; MARTIN, A; JOSEPH, J. A. Essential Fatty acids and the brain: possible health implication. **International Journal of Developmental Neuroscience**. v.18, n.4/5, p. 383-399, 2000.