

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**CLEISON DE SOUZA**

**GLICERINA BRUTA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM  
DIFERENTES IDADES**

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

**2016**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**CLEISON DE SOUZA**

**GLICERINA BRUTA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM  
DIFERENTES IDADES**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção Animal, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes

Coorientador: Prof. Dr. Luís Daniel Giusti Bruno

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

**2016**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**CLEISON DE SOUZA**

**GLICERINA BRUTA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM  
DIFERENTES IDADES**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção Animal, para obtenção do título de “Mestre”.

Marechal Cândido Rondon, 18 de março de 2016.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cinthia Eyng

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sabrina Endo Takahashi

## DEDICATÓRIA

*Ao meu criador, Jesus Cristo  
À minha família, meus pais  
Pedro e Lidia de Souza,  
Meu irmão, Cleverson de Souza,  
que me apoiaram e deram forças  
para que eu superasse as dificuldades...*

*À minha namorada,  
Eliane Figura, pelo amor,  
incentivo, ajuda, amizade,  
puxões de orelha  
e apoio incondicional...*

*A todos os amigos que fiz,  
nestes anos acadêmicos...*

*Com todo amor e gratidão dedico este trabalho  
e todas as conquistas que virão...*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida, pela saúde, por iluminar meus caminhos.

Aos meus pais, Pedro e Lidia, e ao meu irmão, Cleverson, por sempre estarem ao meu lado, por esta e todas as outras oportunidades na minha vida.... Obrigado por tudo!

À Eliane Figura, pelo companheirismo, apoio, e torcida por mim nesta caminhada.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Ricardo Vianna Nunes, pela orientação, ensinamentos e amizade e por ter acreditado em mim.

Aos Professores Cinthia Eyng e Tiago Junior Pasquetti, pelos ensinamentos e contribuição na realização deste trabalho.

Ao secretário do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Paulo Henrique Morsch, pela dedicação e paciência.

À equipe do grupo de pesquisa GEMADA, pela dedicação e colaboração na realização dos experimentos. Em especial aos colegas e amigos de trabalho Heloíse Trautenmuller, Idiana Mara da Silva, Israel Costa Pires Filho, Jomara Broch, Jansller Luiz Genova e Lucas Wachholz, obrigado pelo auxílio, responsabilidade e amizade.

E a todos aqueles que de alguma maneira, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta conquista.

## GLICERINA BRUTA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM DIFERENTES IDADES

**Resumo** – Esse estudo foi realizado com o objetivo de determinar a composição química, os valores energéticos e avaliar a inclusão de glicerina bruta (GB) sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos, características de carcaça e qualidade da cama de frangos de corte. Para isso foram realizados dois ensaios de metabolismo e um de desempenho. Nos ensaios de metabolismo as aves foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com uma ração referência (0% de GB) e três rações testes (substituição de 5, 10 e 15% da RR por GB), totalizando quatro tratamentos, com cinco repetições, dez aves por unidade experimental no primeiro ensaio e cinco aves no segundo. No ensaio I foram utilizados 200 pintos de corte machos, de 11 a 21 dias de idade, já no ensaio II utilizou-se 100 pintos de corte machos, de 31 a 41 dias de idade. O período experimental teve duração de dez dias, sendo cinco dias de adaptação e cinco dias de coleta. Posteriormente, as amostras de excreta foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C, submetidas à análise de matéria seca (MS), energia bruta (EB) e nitrogênio. Após, foram determinados os valores energéticos pelo método de Matterson e o de Adeola. A composição química da GB foi de 90,3% de MS, 88,1% de glicerol, 0,20% de proteína bruta, 3.591 kcal kg<sup>-1</sup> de EB, 3,76% de metanol, 5,3% de matéria mineral, 0,98% de sódio, 0,03% de potássio, na matéria natural. Os valores médios de energia metabolizável aparente (EMA), EMA corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMA<sub>n</sub>), coeficiente de metabolizabilidade da EB (CMAEB) e o corrigido para o balanço de nitrogênio (CMAEB<sub>n</sub>) da GB, na matéria natural, para a fase de 11 a 21 dias pelo método de Matterson foram de 2.408 kcal kg<sup>-1</sup>, 2.397 kcal kg<sup>-1</sup>, 67,06% e 66,74%, respectivamente. Na fase de 31 a 41 dias, foram de 2.479 kcal kg<sup>-1</sup>, 2.452 kcal kg<sup>-1</sup>, 69,02% e 62,24%, respectivamente. Segundo o método de Adeola, o valor de EMA<sub>n</sub> estimado foi 2.505 kcal kg<sup>-1</sup> para o ensaio I e 2.431 kcal kg<sup>-1</sup> para o ensaio II. No experimento de desempenho, as aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado. Foram utilizados seis tratamentos (seis níveis de inclusão de GB: 0, 1, 3, 5, 7 e 9%) na fase inicial, oito repetições e 22 aves por unidade experimental. Na fase de crescimento, cada tratamento utilizado na fase inicial foi desmembrado em dois tratamentos. As análises de colesterol, triglicerídeos (TAG), glicose, bilirubina total, creatinina, aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT) e GamaGT do sangue foram realizadas aos 21 e 42 dias. Aos 42 dias de idade, quatro aves por unidade experimental foram abatidas para determinação do rendimento de carcaça, peito, coxa, sobrecoxa, asa, fígado, moela, porcentagem de gordura abdominal, determinação da composição de carcaça e avaliação

da qualidade da carne. A inclusão de 5, 7 e 9% de GB proporcionou um melhor ganho de peso (GP), em comparação ao tratamento controle na fase de 1 a 21 dias de idade. O grupo que recebeu GB no período total (1 a 42 dias) apresentou maior GP, e menor consumo de ração e melhor conversão alimentar comparado ao grupo que recebeu GB só até os 21 dias de idade. Pelo Teste F, foram observadas diferenças para o colesterol e ALT, sendo que o grupo que recebeu GB na dieta até os 21 apresentou maior concentração, quando comparados às aves que receberam até os 42 dias. Na fase de 1 a 21 dias de idade e no período total (1 a 42 dias), a glicerina bruta pode ser incluída nas dietas de frangos de corte até o nível de 9%.

**Palavras-chave:** coproduto, desempenho, qualidade de carne, valor energético.

## CRUDE GLYCERIN IN BROILER FEEDING IN DIFFERENT AGES

**Abstract** – This study was accomplished with the objective of determine the chemical composition, the energy values and evaluate the inclusion of crude glycerin (CG) on the performance, blood parameters, carcass characteristics and quality of broiler bed. For that two metabolism trials were accomplished, where in both birds were distributed in a completely randomized design with a reference diet (0% CG) and three test diets (substitution 5, 10 and 15% of the RR per CG), totaling four treatments with five replicates, ten birds per experimental unit in the first trial and five birds in the second. In the first trial 200 male Cobb-500 broiler chicks (11-to-21 days old) were used. In the second trial, 100 male Cobb-500 broiler chicks (31-to-41 days old) were used. The trial period lasted ten days, five days of adaptation and five days of collect. Subsequently the samples of feces were dried in forced-air oven at 55°C, subjected to analysis of dry matter (DM), gross energy (GE) and nitrogen. After, the energy values by Matterson method and the Adeola were determined. The chemical composition of CG was 90.3% DM, 88.1% glycerol, 0.20% crude protein, 3,591 kcal kg<sup>-1</sup> of GE, 3.76% methanol, 5.3% of raw mineral oil, 0.98% sodium, 0.03% potassium in the natural matter. The mean values of apparent metabolizable energy (AME), AME corrected for nitrogen balance (AME<sub>n</sub>), metabolization coefficient of EB (CMAGE) and corrected for nitrogen balance (CMAGE<sub>n</sub>) CG, in natural matter, for the phase from 11 to 21 days by Matterson method were 2,408 kcal kg<sup>-1</sup>, 2,397 kcal kg<sup>-1</sup>, 67.06% and 66.74%, respectively. In the phase 31 to 41 days of age, were 2,479 kcal kg<sup>-1</sup>, 2,452 kcal kg<sup>-1</sup>, 69.02% and 62.24%, respectively. According to Adeola method, AME<sub>n</sub> value estimated was 2,505 kg<sup>-1</sup> kcal for the trial I and 2,431 kcal kg<sup>-1</sup> for test II. In trial of performance the birds were distributed in a completely randomized design. Six treatments (GB inclusion levels: 0, 1, 3, 5, 7 and 9%) were used in the initial phase, eight replicates and 22 birds per experimental unit. In the growth phase each treatment used in the initial phase was dismembered in two treatments. For evaluation of blood parameters at 21 and 42 days old, four birds each were fasted for 6 hours, for blood brachial puncture. At 42 days old, four birds per treatment were slaughtered to determine carcass yield, breast, thigh, drumstick, wing, back, liver, gizzard and abdominal fat, determination of carcass composition and evaluation of meat quality. The inclusion of 5, 7 and 9 GB% resulted in a higher weight average end (WAE) and weight gain (WG) compared to the control at the stage of 1 to 21 days of age. The group that received CG total period (1-42 days) showed higher WAE and WG, and lower feed intake and feed conversion compared with the group receiving only CG up to 21 days old. By F test, differences were observed for cholesterol and ALT, and the group that

received dietary CG to 21 showed the highest concentration compared to birds that received up to 42 days. From 1 to 21 days of age and total period (1 to 42 days), the crude glycerin can be included in the diets of broiler chickens to the level of 9%.

**Key-words:** co-product, performance, energy value, quality meat.

## LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO III	Página
Tabela 1. Composição química e energética da ração referência utilizada nos ensaios de metabolismo (11 a 21 e 31 a 41 dias de idade) .....	33
Tabela 2. Caracterização nutricional e parâmetros físicos da glicerina bruta utilizada nas dietas experimentais, na matéria natural.....	35
Tabela 3. Valores energéticos e coeficientes de metabolizabilidade da glicerina bruta para frangos de corte em diferentes idades alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina, expressos com base na matéria natural .....	37
CAPÍTULO IV	Página
Tabela 1 Composição das dietas experimentais utilizadas nos experimentos de desempenho, de 1 a 21 dias de idade .....	48
Tabela 2. Composição das dietas experimentais utilizadas nos experimentos de desempenho, de 21 a 42 dias de idade .....	49
Tabela 3. Desempenho e qualidade da cama de frangos de corte, alimentados com níveis de inclusão de glicerina bruta (GB), no período de 1 a 21 dias de idade .....	52
Tabela 4. Desempenho de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina bruta (período de 1 a 21 dias e de 1 a 42 dias de idade).....	56
Tabela 5. Parâmetros bioquímicos sanguíneos de frangos de corte, alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina bruta (GB), no período de 1 a 21 dias de idade .....	58
Tabela 6. Parâmetros bioquímicos sanguíneos de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina bruta (período de 1 a 21 e de 1 a 42 dias de idade).....	60
Tabela 7. Rendimento de carcaça e dos órgãos de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina bruta (período de 1 a 21 e de 1 a 42 dias de idade).....	62
Tabela 8. Composição química corporal de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina bruta (período de 1 a 21 e de 1 a 42 dias de idade) .....	64

Tabela 9. Qualidade da carne do peito de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina bruta (período de 1 a 21 e de 1 a 42 dias de idade)

..... 66

Tabela 10. Coloração da carne do peito de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina bruta (período de 1 a 21 e de 1 a 42 dias de idade)

..... 67

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. Revisão .....	13
2.1 Produção do biodiesel e glicerina bruta .....	13
2.2 Caracterização da glicerina .....	15
2.3 Glicerol: absorção e metabolismo .....	17
2.4 Valor energético da glicerina bruta para frangos de corte .....	19
2.5 Fatores limitantes na utilização de glicerina bruta .....	20
2.6 Utilização da glicerina bruta na dieta de aves .....	22
2.7 Referências Bibliográficas .....	23
3. DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALORES ENERGÉTICOS DA GLICERINA BRUTA .....	29
3.1 Introdução .....	31
3.2 Material e métodos .....	32
3.3 Resultados e discussão .....	34
3.4 Conclusão .....	40
3.5 Referências bibliográficas .....	40
4 DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO GLICERINA BRUTA .....	44
4.1 Introdução .....	46
4.2 Material e métodos .....	47
4.3 Resultados e discussão .....	51
4.4 Conclusão .....	68
4.5 Referências bibliográficas .....	68

## 1. INTRODUÇÃO

A produção brasileira de biodiesel no ano de 2015 alcançou a marca de 3.937 m<sup>3</sup>. No acumulado de 2016, foram produzidos 1.552 m<sup>3</sup>, o que representa uma queda de 3,6% em relação ao ano anterior, porém 23,8% maior que a produção de 2014. Esse aumento na produção se deve a elevação do percentual de mistura do biodiesel no óleo diesel para 7%, ocorrido em novembro/2014 (MME, 2016).

Apesar de uma ligeira queda de produção em 2016, a produção poderá aumentar caso o Projeto de Lei do Senado PLS 613/2015, que prevê o aumento da adição do biodiesel no óleo diesel, passando para 8% em até 12 meses, 9% em até 24 meses e 10% em até 36 meses, seja aprovado.

O biodiesel é produzido a partir de gordura animal e óleos vegetais, que passam por um processo de transesterificação, dando origem ao biodiesel e ao coproduto do processo, denominado glicerina bruta (GB), que corresponde a aproximadamente 10% do produto final da produção (DASARI et al., 2005). Este coproduto é caracterizado por apresentar em sua composição 65 a 85% de glicerol, 2 a 10% de sal (sódio ou potássio), 8 a 15% de água, 0,5 de ácidos graxos e 0,5% de metanol (KERR, DOZIER; BREGENDAHL, 2007).

Diante do crescente aumento na produção de GB torna-se necessário encontrar outras formas de utilização desta, evitando o seu descarte de forma incorreta. A utilização da GB na alimentação de aves e suínos torna-se interessante, pois apresenta um alto teor de energia bruta (4320 kcal Kg<sup>-1</sup>), ainda sua utilização pode proporcionar o retorno de parte das matérias-primas empregadas na produção de energia à cadeia alimentar, dando origem a produtos de elevado valor nutritivo (SILVA et al., 2012).

O setor avícola é essencial para o agronegócio brasileiro, com uma produção de 13,146 milhões de toneladas (sendo destas mais de 4,304 milhões exportadas) no ano de 2015, o Brasil ocupa o segundo lugar em produção e o primeiro em exportação no cenário mundial (ABPA, 2016). Dentre os fatores que interferem no setor, a nutrição apresenta um papel fundamental, visto que representa a maior parte dos custos, aproximadamente 70% (COSTA et al., 2007).

Neste contexto, a realização de estudos com alimentos alternativos, é uma questão importante para os nutricionistas (KHEMPAKA et al., 2009). O emprego da glicerina na sua forma bruta como um alimento energético (SILVA et al., 2012; SEHU et al., 2013) vem sendo estudado como uma alternativa para a redução do custo com a alimentação animal, além de proporcionar um destino ambientalmente correto a esse coproduto.

De acordo com dados apresentados na literatura a GB apresenta uma energia

metabolizável aparente (EMA) entre 3.353 e 3.815 kcal kg<sup>-1</sup>, valores estes que se assemelham aos determinados para o milho, 3.381 kcal kg<sup>-1</sup> (ROSTAGNO et al., 2011; HENZ et al., 2014a), ingrediente comumente utilizado na formulação das dietas para aves. Porém, os valores energéticos e a composição da GB, encontrados na literatura apresentam grande variação (JUNG; BATAL, 2011a), isso porque no processo de produção do biodiesel podem ser utilizadas diferentes matérias primas bem como processos.

A fim de avaliar os efeitos da inclusão da GB na dieta de frangos de corte Suchý et al. (2011) testaram três níveis de inclusão, e observaram um aumento no desempenho das aves que receberam 5 e 10% de GB. Em experimento realizado por Cerrate et al. (2006) concluíram que o nível de 10% de inclusão de GB afetou negativamente a conversão e o peso vivo das aves. Em um segundo experimento realizado pelo mesmo autor, testando níveis de inclusão de 0, 2,5 e 5%, estes observaram que o desempenho não foi afetado por nenhum dos níveis de GB, no entanto, o rendimento de peito e o peso da carcaça foram maiores nas aves que receberam 2,5 e 5% de GB na dieta.

Visto a grande heterogeneidade de resultados encontrados na literatura se faz necessário avaliar possíveis fatores antinutricionais, bem como os valores energéticos e nutritivos deste ingrediente. A GB pode apresentar altas concentrações de metanol e sal (sódio ou potássio), devido à utilização do metanol e hidróxido de sódio ou potássio durante o processo de transesterificação (MENTEN et al., 2010). Ao ter conhecimento dessas especificações, a concentração destes compostos, deve ser considerada na formulação das rações, devido a seus possíveis efeitos deletérios ao animal (JUNG; BATAL, 2011a).

Neste contexto, é necessário o entendimento da capacidade da utilização da GB e seus possíveis efeitos adversos em frangos de corte. Diante disso, objetivou-se com este trabalho determinar a composição química e os valores energéticos da GB bem como avaliar diferentes níveis de inclusão dietética sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos, características de carcaça de frangos de corte e qualidade da cama.

## **2. Revisão**

### **2.1 Produção do biodiesel e glicerina bruta**

Os biocombustíveis vêm ganhando destaque como fontes energéticas renováveis, pois produzem menores quantidades de poluentes após sua queima, reduzindo a poluição ambiental.

No Brasil, foi sancionada a Lei nº 13.033, que elevou o percentual de mistura do biodiesel no óleo diesel, de 6% para 7% a partir de novembro de 2014. O país fechou 2015 como o segundo maior produtor e consumidor (3,9 milhões de metros cúbicos) de biodiesel, ficando atrás apenas dos EUA. A produção acumulada de 2015 foi de 3.937 m<sup>3</sup>, superior em 15,1% em relação ao ano anterior (MME, 2016).

Uma grande variedade de matérias-primas pode ser utilizada para a produção de biodiesel, dentre estas as gorduras animais (sendo a principal o sebo), os óleos vegetais (soja, palma, coco, amendoim, semente de colza/canola/algodão e outros) e os resíduos de óleos (geralmente óleos utilizados em frituras). A escolha da matéria-prima a ser utilizada depende da disponibilidade na região onde a indústria está localizada (KNOTHE et al., 2005).

O biodiesel pode ser obtido por dois processos, a transesterificação e o craqueamento catalítico, contudo a transesterificação é o mais frequente (COSTA; OLIVEIRA, 2006). No processo de transesterificação o biodiesel é produzido pela reação química da matéria-prima com um álcool (etanol ou metanol), na presença de um catalizador, normalmente utilizado uma base forte (hidróxido de sódio ou potássio) (VAN GERPEN, 2005). Ao final da reação, há formação de duas fases, fase leve constituída de ésteres metílicos, conhecida como biodiesel; e fase pesada, formada pelo glicerol e impurezas (Figura 1) (OLIVEIRA et al., 2013).

As moléculas de glicerol, que constituem a fase pesada, são facilmente separadas do biodiesel pelo processo de sedimentação ou centrifugação, por apresentarem maior densidade (VAN GERPEN, 2005), e juntamente com uma série de impurezas, constituem a glicerina bruta (GB) (OLIVEIRA et al., 2013), que se apresenta em temperatura ambiente na forma líquida, viscosa, com cor parda escura e uma concentração de glicerol que varia de 65 a 70% (OOI et al., 2004).

A técnica do craqueamento catalítico ou térmico é indicada para produção de combustível em pequena quantidade, devido ao alto gasto energético para atingir a temperatura necessária para que ocorra à reação. Este processo promove a quebra das moléculas complexas dos óleos e gorduras, por ação catalítica ou térmica (COSTA; OLIVEIRA, 2006).

Apesar da diferença entre os processos, os produtos finais de ambas as reações serão o biodiesel e a glicerina bruta (GB). Estima-se que para cada 90 m<sup>3</sup> de biocombustível produzido por reação de transesterificação, a partir dos óleos vegetais e gorduras de origem animal, são gerados 10 m<sup>3</sup> de GB (YAZDANI; GONZALEZ, 2007; SUN; CHEN, 2008). Considerando a produção brasileira de biodiesel em 2015, foram gerados 358,3 mil m<sup>3</sup> de GB, 14,8% superior ao ano de 2014 (ANP, 2015).

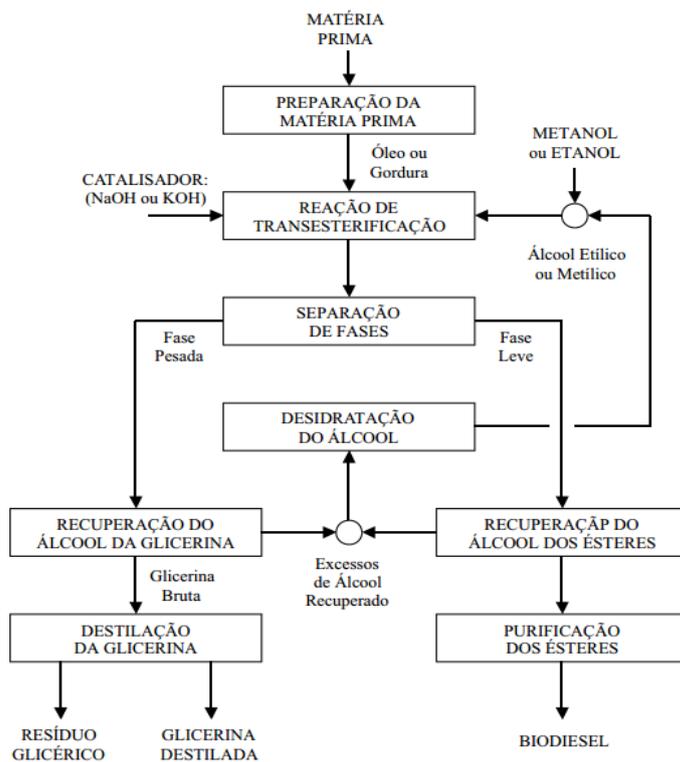


Figura 1. Fluxograma do processo de produção de biodiesel e glicerina pelo processo de transesterificação

Fonte: Parente, 2003.

A glicerina pode ser utilizada na indústria farmacêutica, na produção de cosméticos, na indústria de armas, indústria têxtil e alimentícia (SINGHABHANDHU; TEZUKA, 2010; SEHU et al., 2012), porém para ser utilizadas a glicerina precisa apresentar uma concentração de glicerol acima de 95%, com isso há a necessidade da GB passar por um processo de purificação (retirada as impurezas elevando a concentração de glicerol), no entanto esse processo é considerado de alto custo e de baixa viabilidade para usinas de pequeno e médio porte (THOMPSON; HE, 2006; GROESBECK et al., 2008). Em função disso, a exploração da glicerina na sua forma bruta é uma alternativa para a sua utilização.

## 2.2 Caracterização da glicerina

Apesar de inúmeros trabalhos referirem-se aos termos glicerol e glicerina, como sendo o mesmo composto (ou mesma substância) o glicerol é a molécula pura (1,2,3 – propanotriol) (Figura 2), e a glicerina purificada é um composto comercial que possui em sua fórmula

quantidade maior ou igual a 95% de glicerol (MOTA; SILVA; GONÇALVES, 2009).

Ao composto derivado da produção de biodiesel, com cerca de 80% de glicerol em sua composição dá-se o nome de glicerina bruta (DOZIER; KERR; REGENDAHL, 2008a). Tendo em conta que há uma grande variação na utilização desta nomenclatura entre os trabalhos, utilizaremos estas denominações no presente estudo.

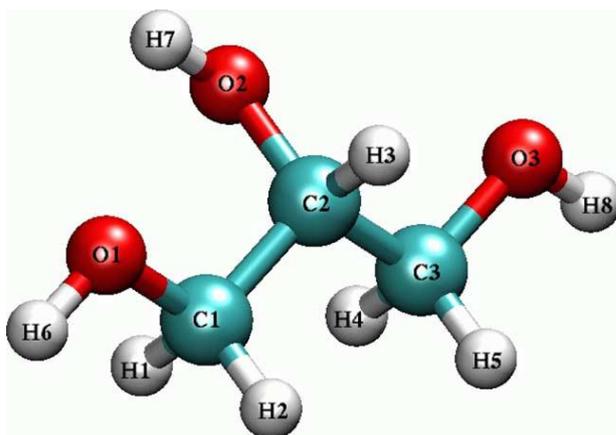


Figura 2. Estrutura molecular do glicerol.

Fonte: Adaptado de Blicek et al. (2005).

Apesar da ANVISA permitir o uso do glicerol como umectante na alimentação humana e animal, pela resolução 386/1999 (ANVISA, 1999), somente em 2010 o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), estabeleceu critérios mínimos de qualidade para que a GB possa ser utilizada como um alimento na dieta animal. Sendo assim, a GB deve apresentar em sua composição no máximo 13% de umidade, 150 mg kg<sup>-1</sup> de metanol, e no mínimo conter 80% de glicerol, já os valores mínimos da matéria mineral e sódio devem ser assegurados pelo fabricante, variando conforme a matéria-prima e processos utilizados na produção.

A GB apresenta em sua constituição impurezas como polímeros, catalisadores, ésteres, alcoóis que não reagiram, água, sabões, impurezas oriundas dos reagentes, monoésteres e propanodióis (FERRARI; OLIVEIRA; SCABIO, 2005; YANG; HANNA; SUN, 2012), resultantes do processo de produção do biodiesel.

As características físicas e a composição química da GB são altamente dependentes da matéria prima utilizada (óleo vegetal ou gordura animal) e da unidade de produção, em função do tipo de processamento utilizado na produção do biodiesel e eficiência dos equipamentos usados. Sua cor varia de acordo com pigmentos e diferentes compostos presentes na matéria-prima que são concentrados na GB, juntamente com as impurezas resultantes do processo de

produção (KERR, 2007).

O componente de maior valor e concentração presente na GB é o glicerol. Este composto é encontrado no metabolismo animal e nos alimentos e por ser altamente energético é considerado um possível substituto dos alimentos com alto teor de amido, utilizados na formulação de dietas animais (DEFRAIN et al., 2004; LAMMERS et al., 2008a).

O glicerol é caracterizado como um álcool, líquido em temperatura ambiente, higroscópico, viscoso, com sabor adocicado (KNOTHE et al., 2005), insolúvel em clorofórmio e éter, mas solúvel em álcool e água (RIVALDI et al., 2008). Componente natural de todos os óleos e gorduras vegetais e animais, ocorre na forma combinada com ácidos graxos, formando os triacilgliceróis (KNOTHE et al., 2005).

### **2.3 Glicerol: absorção e metabolismo**

O glicerol absorvido pelo trato gastrointestinal pode ser oriundo tanto da digestão dos triacilgliceróis, que sofrem a ação da lipase pancreática liberando moléculas de ácidos graxos livres e 2 mono-glicerol (BRODY, 1994), como de outras fontes exógenas como a glicerina. Independente da origem o glicerol, por ser solúvel em água, entra livremente no sistema sanguíneo (SAMBROOK, 1980). Segundo Hober e Hober (1937), a absorção do glicerol pelo intestino de ratos foi de 70 a 89%. Bartelt e Schneider (2002) verificaram que em galinhas poedeiras a absorção foi de aproximadamente 97%.

A alta taxa de absorção do glicerol é atribuída ao seu baixo peso molecular, pois são absorvidos de forma passiva, não necessitando formar micelas como os ácidos graxos (GUYTON; HALL, 2006). Além, da absorção intestinal há também uma pequena absorção pelo estômago, bem mais lenta que no intestino (TAO et al., 1983).

Dentro do grupo das proteínas intrínsecas, responsáveis pelo transporte de íons pela membrana celular, as aquagliceroporinas são responsáveis pelo transporte de glicerol e diversos solutos além da água (VERKMAN; MITRA, 2000; FUJIYOSHIA et al., 2002), sendo classificadas em aquaporinas 3, 7, 9 e 10 (KRUSE; UEHLEIN; KALDENHOFF, 2006).

Estudos realizados “*in situ*” por Yuasa et al. (2003) e Kato et al. (2004) demonstraram que a absorção intestinal do glicerol em ratos é realizada por meio de dois tipos de transporte, um ativo e outro passivo, sendo o transporte ativo Na-dependente e responsável por cerca de 75% do transporte quando o glicerol apresenta-se em baixas concentrações. Estes autores ainda verificaram que em concentrações mais elevadas de glicerol a absorção foi reduzida,

demonstrando que esta é saturável, atribuindo ao sistema passivo a maior absorção nestas condições.

O glicerol após ser absorvido, é transportado pela corrente sanguínea para o fígado, onde é fosforilado a glicerol-3-fosfato pela enzima glicerol quinase, após é oxidado pela enzima glicerol-3-fosfato-desidrogenase a diidroxiacetona-fosfato (fig. 3), um importante intermediário da gliconeogênese, lipogênese, via glicolítica e do ciclo do ácido cítrico (CHAMPE; HARVEY; FERRIE, 2006).

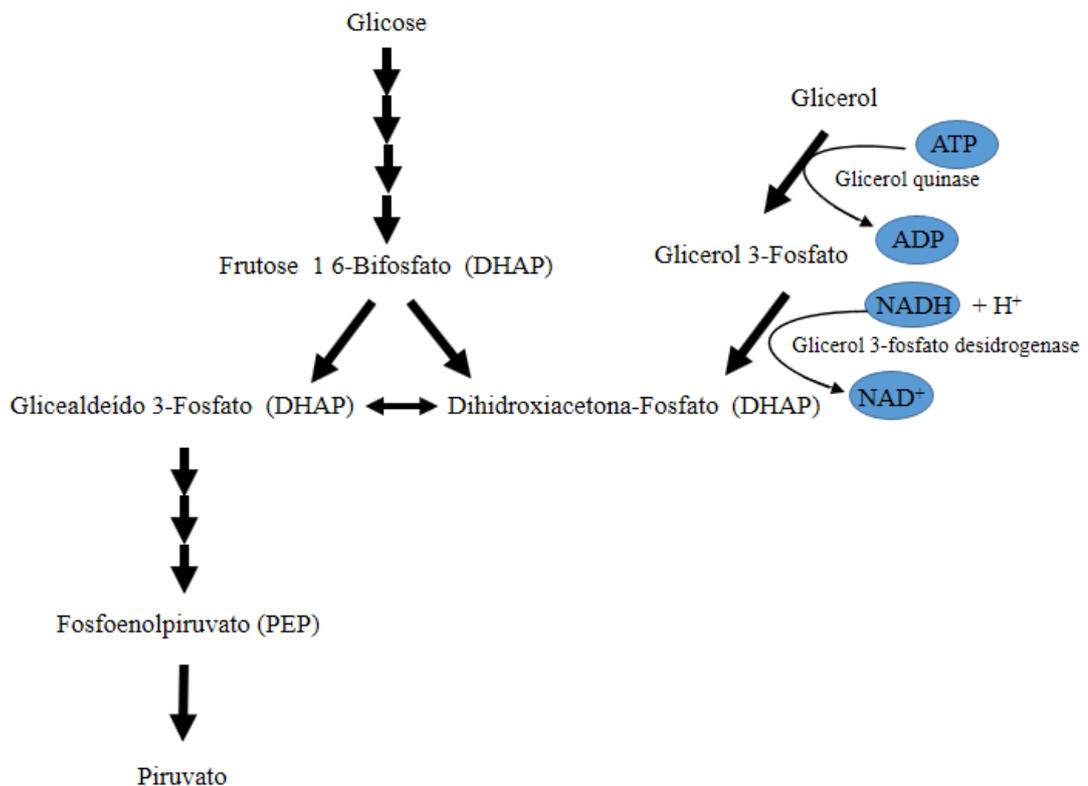


Figura 3. Metabolização do glicerol.

Fonte: Adaptado de Nelson; Cox, 2006.

No tecido adiposo a diidroxiacetona-fosfato é reduzida a glicerol-3-fosfato através da enzima glicerol-3-fosfato-desidrogenase, em função de não haver a presença da enzima glicerol quinase neste tecido (CHAMPE; HARVEY; FERRIE, 2006). O tecido muscular também não possui essa enzima, contudo consegue metabolizar o glicerol a glicerol-3-fosfato, por meio da enzima glicerol redutase, uma enzima NADPH dependente (TOEWS, 1996).

Estudos têm demonstrado que a utilização da molécula de glicerol pelas aves é limitada, isso porque a enzima glicerol quinase apresenta um ponto de saturação, limitando assim a transformação do glicerol em glicerol-3-fosfato (MIN et al., 2010). Esse glicerol que não sofre

a metabolização é eliminado pelos rins na urina (DASARI, 2007), por ser hidrofílico ao ser excretado carrega junto consigo água, acarretando no aumento na produção de urina (GIANFELICI et al., 2011).

O estado energético do animal definirá como o glicerol será utilizado. Cada mol de glicerol oxidado gera aproximadamente 22 ATPs (BEST, 2006). Cerca de 3/4 da metabolização do glicerol é realizada pelo fígado, enquanto o rim tem um papel muito importante na reabsorção do glicerol, evitando que o excesso seja eliminado na urina, sendo responsável por 1/5 da capacidade de fosforilação do glicerol (LIN, 1977).

#### **2.4 Valor energético da glicerina bruta para frangos de corte**

Em estudos recentes a GB tem se apresentado como uma fonte energética promissora e alternativa na alimentação de não ruminantes (CERRATE et al., 2006; DOZIER et al., 2008b; LAMMERS et al, 2008b; HENZ et al. 2014a).

Henz et al. (2014a) determinaram a energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio ( $EMA_n$ ) da GB para frangos de corte em diferentes fases (11 a 20; 21 a 30 e 31 a 40 dias de idade), com níveis de 3, 6, 9, 12 e 15% de inclusão na ração referência e observaram valores médios de 3.353, 3.815 e 3.667 kcal  $kg^{-1}$  de  $EMA_n$  para as respectivas idades estudadas. E coeficientes de metabolizabilidade (CM) de 75,10, 85,50 e 82,84%, respectivamente. O CM representa o quanto a  $EMA_n$  representa da EB do alimento, ou seja, a porcentagem da energia, obtida dos nutrientes, que realmente foi utilizada pelas aves.

Para avaliar a  $EMA_n$  da GB (87% de glicerol, 0,03% de metanol, 9% de umidade e 3.625 kcal  $kg^{-1}$  de energia bruta (EB) para frangos de corte em diferentes idades, Dozier et al. (2008b) realizaram três ensaios de metabolismo. No primeiro, os tratamentos consistiram de duas dietas, uma sem a inclusão de GB e outra com 6% de GB, para a fase de quatro a 11 dias. No segundo ensaio a GB foi avaliada em aves de 17 a 25 dias e no terceiro ensaio de 38 a 45 dias, sendo que ambos possuíam quatro níveis de inclusão (0; 3; 6; e 9%). Estes autores encontram valores médios de  $EMA_n$  de 3.621; 3.331; e 3.349 kcal  $kg^{-1}$ , respectivamente, com um coeficiente de metabolizabilidade média CM de 95%.

Em outro estudo, Jung e Batal (2011a) determinaram a  $EMA_n$ , para galos Leghorn, de sete amostras de GB de diferentes indústrias dos Estados Unidos, com uma composição nutricional média de 63,7% de glicerol, 1,33% de metanol, 18,2% de umidade e 4.648 kcal  $kg^{-1}$  EB. Os valores encontrados para  $EMA_n$  variaram de 2.950 a 6.711 kcal  $kg^{-1}$ , com uma média

de 4.206 kcal kg<sup>-1</sup>, proporcionando um CM de aproximadamente 89%.

Avaliando GB oriundas de diferentes matérias primas e indústrias, Dozier et al. (2011) encontraram valores de 3.254 a 4.134 kcal kg<sup>-1</sup> EMA<sub>n</sub>, para frangos de corte ROSS com idade de 17 a 22 dias.

Em um experimento com galinhas poedeiras, foram testadas quatro dietas formuladas a partir de uma dieta basal com 15% de glicose e 1% de celite (utilizado para aumentar o teor de cinzas ácido insolúvel), onde foi substituída a glicose em 0, 5, 10 e 15% por GB (87% de glicerol, 0,03% de metanol, 9% de umidade e 3.625 kcal kg<sup>-1</sup> de EB). Os autores verificaram um aumento linear no valor de EMA<sub>n</sub>, com o aumento da porcentagem da GB, o valor estimado de 3805 kcal kg<sup>-1</sup> e um CM de 105%, demonstrando efetiva utilização da GB (LAMMERS et al., 2008b). Valores semelhantes com os relatados por Németh, Zsédely e Schmidt (2013), que encontraram o valor de 3.654 kcal kg<sup>-1</sup> de EMA<sub>n</sub> e o CM de 97% para galinhas poedeiras.

Zavarize et al. (2014) realizaram um ensaio de metabolismo para determinar a EMA<sub>n</sub> de quatro amostras de GB oriundas de indústrias brasileiras de diferentes matérias primas, para frangos de corte de 21 a 29 dias de idade. Estes autores observaram que a EMA<sub>n</sub> foi de 3.145, 5.026, 2.828 e 2.892 kcal kg<sup>-1</sup>, com um CM médio de 82%. Esta variância nos resultados foi atribuída à composição de glicerol e de ácidos graxos que variaram em cada GB.

Segundo Rostagno et al. (2011) o milho possui uma EMA de 3.381 kcal kg<sup>-1</sup>, o qual está próximo ao valor da EMA<sub>n</sub> atribuída a GB. Bem como o CM da glicerina se apresentam parecidos aos determinados para o milho por Nunes et al. (2008), 86% para frangos de corte de 21 dias de idade. Da mesma forma, Vieira et al. (2007) ao analisarem 13 híbridos de milho, observaram que o CM variou de 75 a 88%. Demonstrando que a GB pode ser um potencial substituto deste cereal na dieta de não ruminantes.

Estes autores atribuem as variações ocorridas nas características químicas e nutricionais entre as amostras de GB, as diferentes matérias-primas utilizadas, a técnica de catálise e processo utilizados na produção do biodiesel.

## **2.5 Fatores limitantes na utilização de glicerina bruta**

A maioria da produção do biodiesel no Brasil dá-se através da reação de transesterificação, entre um álcool e um lipídeo na presença de um catalisador. Dentre os alcoóis e catalisadores mais utilizados nas indústrias brasileiras se destacam o metanol e o hidróxido de sódio, como resultado a glicerina pode apresentar altas concentrações destas substâncias

(MENTEN et al., 2010).

De acordo com as normas determinadas pelas plantas produtoras brasileiras há um limite de 7% de inclusão deste sal na reação de transesterificação, deixando uma concentração residual média de 2,75% de sódio na GB. A inclusão de 10% de GB forneceria 0,275% de sódio na dieta (MENTEN et al., 2010), valor este que extrapola por si só as recomendações das tabelas brasileiras para aves (0,19 a 0,22%) (ROSTAGNO et al., 2011).

Devido a GB conter esse alto teor de sódio é necessário controlar a quantidade do mineral, que pode acarretar um desbalanço eletrolítico nas aves (CERRATE et al., 2006). Gonzáles e Silva (1999) destacam que o balanço eletrolítico é dependente do sódio, potássio, magnésio, cloro, bicarbonato e algumas proteínas. O balanço eletrolítico pode afetar o apetite, a resposta ao estresse térmico, o desenvolvimento ósseo, o crescimento e o aproveitamento de minerais, aminoácidos e vitaminas (PATIENCE, 1990). Outra questão a ser considerada quando do excesso de sal na dieta, é o aumento da umidade da cama, uma vez que as aves aumentam o consumo de água para tentar manter a homeostasia corporal (BARROS et al., 2004).

O excesso de metanol, não reagente no processo de produção do biodiesel, migra para a GB, em função de ambos apresentarem caráter polar (DASARI, 2007). Grande parte do metanol, presente na glicerina, é recuperado por meio da destilação e reutilizado no processo, toda via esse processo não retira todo o metanol da GB (MENTEN et al., 2010).

O metanol, após ser absorvido, é metabolizado no fígado pela ação da enzima álcool desidrogenase a formaldeído e posteriormente a ácido fórmico. O ácido fórmico pode ser oxidado a  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  e excretado pelos pulmões e rins (JACOBSEN; MCMARTIN, 1986).

O ácido fórmico tem ação direta sobre a atividade da enzima citocromo oxidase, um importante componente da cadeia transportadora de elétrons, comprometendo assim a produção de ATP pelas mitocôndrias (NICHOLLS, 1975). Segundo Soffritti et al. (2002), o seu acúmulo no organismo pode causar cegueira, depressão do sistema nervoso central, vômito, acidose metabólica grave, bem como problemas motores. Apesar do efeito tóxico atribuído ao metanol, Jung e Batal (2011b) observaram que a GB com até 3,1% de metanol pode ser incluída em até 10% nas dietas sem afetar o desempenho das aves. Apesar do trabalho não ter sido realizado no Brasil, a concentração do metanol se encontra acima do estabelecido pelo MAPA como nível máximo, para que a GB possa ser utilizada nas dietas animais.

Desta forma, como o metanol e sódio contidos na GB podem ocasionar efeitos deletérios ao organismo do animal, as concentrações destes compostos devem sempre ser ponderadas nas formulações das dietas contendo GB (JUNG; BATAL, 2011a).

## 2.6 Efeito da utilização da glicerina bruta sobre o desempenho de aves

Em função do seu potencial como ingrediente para as rações de não ruminantes, inúmeros trabalhos vêm sendo realizados para avaliar sua inclusão em dietas para aves.

Cerrate et al. (2006) realizaram dois experimentos para avaliar a inclusão de GB em dietas de frangos de corte. No primeiro experimento testaram a inclusão de 0, 5 e 10% de GB. As aves alimentadas com 5% não apresentaram diferença na conversão alimentar e ganho de peso, em comparação ao tratamento sem a inclusão. Já os animais que receberam a dieta com 10% de inclusão, apresentaram uma redução no consumo de ração e de ganho do peso, sendo que esse efeito negativo no desempenho pode ter sido em função da má fluidez da ração no comedouro, reduzindo o consumo pelos animais. Aliado a isso, foi verificado um aumento na umidade da cama em relação à dieta controle, evidenciando uma provável presença de diarreia. No segundo experimento os níveis de inclusão foram de 0, 2,5 e 5% e estes não apresentaram efeito sobre o desempenho das aves, porém os autores observaram um maior rendimento de peito nas aves que receberam 2,5 e 5% de GB.

Silva et al. (2012) trabalhando com GB (83,4% de glicerol, 208 ppm de metanol, e EMA<sub>n</sub> de 3.422 kcal kg<sup>-1</sup>) nos níveis de 2,5, 5, 7,5, e 10% para frangos de corte Cobb 500 descrevem uma redução no ganho de peso de 4,2% nas aves alimentadas com 10% de GB, recomendando o nível de 5% de inclusão.

Com o intuito de avaliar diferentes níveis de GB (0, 3, 6, 9, 12 e 15%) em dietas para frango de corte de 1 a 21 dias, Henz et al. (2014b) subdividiram os tratamentos em dois grupos de aves. Um grupo recebeu GB até os 10 dias e o outro até os 21 dias, ambos receberam posteriormente ração sem inclusão do ingrediente. Os autores observaram um efeito quadrático para ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e viabilidade, recomendando o nível de 6% para a fase de 1 a 21 dias. Os autores ainda destacam que as aves que receberam a ração contendo GB até os 21 dias, independente do nível de inclusão, apresentaram um desempenho inferior em comparação com as que receberam até os 10 dias.

Sehu et al. (2013) trabalhando com três níveis de inclusão de GB para frangos de corte de 1 a 42 dias de idade, destacaram que ao nível de 5 e 10% de inclusão as aves apresentaram um melhor peso corporal, ganho de peso e conversão alimentar, quando comparadas com aves alimentadas com ração controle.

Trabalhando com 0, 2, 4 e 6% de inclusão de GB para galinhas poedeiras, Swiatkiewicz e Koreleski (2009) não encontraram interferência da inclusão em parâmetros de qualidade do ovo e excreção e retenção de N, Ca e P, concluindo que é possível utilizar até 6% de GB para

poedeiras.

Ao se avaliar os resultados já encontrados a GB pode ser considerada uma fonte energética na formulação de dietas de não ruminante. Contudo, antes da sua utilização o nutricionista deve estar atento devido à variação observada na composição, aos efeitos antinutricionais de seus componentes e o seu nível de utilização nas rações.

## 2.7 Referências Bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA. Relatório Anual 2016. Disponível em: [http://abpa-br.com.br/storage/files/versao\\_final\\_para\\_envio\\_digital\\_1925a\\_final\\_abpa\\_relatorio\\_anual\\_2016\\_portugues\\_web1.pdf](http://abpa-br.com.br/storage/files/versao_final_para_envio_digital_1925a_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web1.pdf). Acessado em: 07/07/2016
- ANP – Agência Nacional de Petróleo. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=76798>. Acessado em: 25/06/2016.
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 386, de 5 de agosto de 1999**. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre aditivos utilizados segundo as boas práticas de fabricação e suas funções. [http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/0556e3004745787485bdd53fbc4c6735/RES\\_OLUCAO\\_386\\_1999.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/0556e3004745787485bdd53fbc4c6735/RES_OLUCAO_386_1999.pdf?MOD=AJPERES). Acessado em: 03/11/2015.
- BARROS, J.M.S.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; COSTA, L.F. Exigência de sódio para frangos de corte nas fases de crescimento (22 a 42 dias) e final (43 a 53 dias). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1721-1733, 2004
- BARTELT, J.; SCHNEIDER, D. Investigation on the energy value of glycerol in the feeding of poultry and pig. **In: Union for the Promotion of Oilseeds - Schriften Heft17. Union ZurFörderung Von Oel-Und Proteinplafalzen E.V., Berlin, Germany, p.15-36, 2002.**
- BEST, P. Increased biofuel production will grow supplies of by-products: glycerin gives an energy option. **Feed International**, v.55, n.12, p. 20-21, 2006.
- BLIECK, J.; AFFOUARD, F.; BORDAT, P.; LERBRET, A.; DESCAMPS, M. Molecular dynamics simulations of glycerol glass-forming liquid. **Chemical Physics**, v. 317, p. 253–257, 2005.
- BRODY, T. **Nutritional Biochemistry**. Acad. Press Inc., San Diego, CA, 1994.
- CERRATE, S.; YAN, F.; WANG, Z.; COTO, C.; SACAKLI, P.; WALDROUP, P.W. Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. **International Journal of Poultry Science**. v.11, p.1001-1007, 2006.
- CHAMPE, P.C.; HARVEY, R.A.; FERRIER, D.R. **Bioquímica Ilustrada**. 3. ed., Porto Alegre: Artmed, 2006. 544 p.

- COSTA, F.G.P.; SOUSA, W.G.; SILVA, J.H.V.; GOULART, C.C.; MARTINS, T.D.D. Avaliação do feno de maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii Paz & Hoffman*) na alimentação de aves caipiras. **Revista Caatinga**. v.20, n.3, p.42-48, 2007.
- COSTA, B.J.; OLIVEIRA, S.M.M. Produção de biodiesel. (Dossiê Técnico). [2006]. Instituto de Tecnologia do Paraná. Novembro, 2006. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABwGsAJ/producao-biodiesel?part=2>. Acesso em: 25 de julho de 2015.
- DASARI, M. Crude glycerol potential described. **Feedstuffs**, v.79, n.43, 2007.
- DASARI, M.A.; KIATSIMKUL, P.P.; SUTTERLIN, W.R.; SUPPES, G.J. Low-pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol. *Applied Catalysis A: General*, v.281, p.225-231, 2005.
- DEFRAIN, J.M.; HIPPEN, A.R.; KALSCHUR, K.F.; JARDON, T.W. Feeding glycerol to transition dairy cows: effects on blood metabolites and lactation performance. **Journal of Dairy Science**, v.87, n.12, p.4195-4206, 2004.
- DOZIER, W.A.; KERR, B.J.; BRANTON, S.L. Apparent metabolizable energy of crude glycerin originating from different sources in broiler chickens. **Poultry Science**, v.90, p.2528-2534, 2011.
- DOZIER, W.A.; KERR, B.J.; BREGENDAHL, K. Glycerin as an energy source in poultry diets. **Midwest Poultry Federation Convention**, 2008a.
- DOZIER, W.A.; KERR, B.J.; CORZO, A.; KIDD, M.T.; WEBER, T.E.; BREGENDAHLS, k. Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. **Poultry Science**, v.87, p.317-322, 2008b.
- FERRARI, R.A.; OLIVEIRA, V.S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja – Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.
- FUJIYOSHI, Y.; MITSUOKAA, K.; GROOT, B.L.; PHILIPPSEN, A.; GRUBMULLER, H.; AGRE, P.; ENGEL, A. Structure and Function of Water Channels. **Current Opinion in Structural Biology**. v.12, p.509-515, 2002.
- GIANFELICI, M.F.; RIBEIRO, A.M.L.; PENZ Jr., A.M.; KESSLER, A.M.; VIEIRA, M.M.; MACHINSKY, T. Determination of apparent metabolizable energy of crude glycerin in broiler chickens. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.13, p.255-258, 2011.
- GONZÁLES, F.H.D.; SILVA, S.C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. 1999.
- GROESBECK, C.N.; MCKINNEY, L.J.; DEROCHEY, J.M.; TOKACH, M.D.; GOODBAND, R.D.; DRITZ, S.S.; NELSSON, J.L.; DUTTLINGER, A.W.; FAHRENHOLZ, A.C.; BEHNKE, K.C. Effect of crude glycerol on pellet mill production and nursery pig growth performance. **Journal of Animal Science**, v.86, p. 2228-2236, 2008.

- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Textbook of medical physiology**. Philadelphia: Elsevier Saunders, 11<sup>ed</sup>. 2006.
- HENZ, J.R.; NUNES, R.V.; EYNG, C.; SILVA, Y.L.; SCHONE, R.A.; OLIVEIRA, T.M.M.; BERWANGER, E.; SANGALI, C.P. Energia metabolizável da glicerina bruta para frangos de corte de diferentes idades. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.6, p.3393-3400, 2014a.
- HENZ, J.R.; NUNES, R.V.; EYNG, C.; POZZA, P.C.; FRANK, R.; SCHONE, R.A.; OLIVEIRA, T.M.M. Effect of dietary glycerin supplementation in the starter diet on broiler performance. **Czech Journal of Animal Science**, v.59, n.12, p.557–563, 2014b.
- HOBBER, R.; HOBBER, J. Experiments on the absorption of organic solutes in the small intestine of rats. **Journal of Cellular and Comparative Physiology**.v.10, p.401–422, 1937.
- JACOBSEN, D.; MCMARTIN, K. Methanol and ethylene glycol poisonings. Mechanism of toxicity, clinical course, diagnosis and treatment. **Medical Toxicology**, v.1, n.5, p.309-34, 1986.
- JUNG, B.; BATAL, A.B. Nutritional and feeding value of crude glycerin for poultry. 1. Nutritional value of crude glycerin. **Journal of Applied Poultry Research**, V.20, p.162–167, 2011a.
- JUNG, B.; BATAL, A.B. Nutritional and feeding value of crude glycerin for poultry. 2. Evaluation of feeding crude glycerin to broilers. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.20, p.514–527, 2011b.
- KATO, T.; HAYASHI, Y.; INOUE, K.; YUASA, H. Functional Characterization of the Carrier-Mediated Transport System for Glycerol in Everted Sacs of the Rat Small Intestine. **Biological & Pharmaceutical Bulletin**.v.27, n.11, p.1826-1830, 2004.
- KERR, B.J.; DOZIER, W.A.; BREGENDAHL, K. Nutritional value of crude glycerin for nonruminants. In: Proceedings of the 23rd Annual Carolina Swine Nutrition Conference Raleigh, NC, p.6-18, 2007.
- KERR, B.J. **Feeding bioenergy coproducts to swine**. Sheffield: Iowa State University, University Extension, 2007. Disponível em: <<http://www.ipic.iastate.edu/publications/IPIC11b.pdf>> Acesso em: 19/10/2015.
- KHEMPAKA, S.; MOLEE, W.; GUILLAUME, M. Dried cassava pulp as an alternative feedstuff for broilers: Effect on growth performance, carcass traits, digestive organs, and nutrient digestibility. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.18, n.3, p.487-493, 2009.
- KNOTHE, G.; GERPEN, J.V.; KRAHL, J. **The Biodiesel Handbook**. AOCS Press: Campaign, Illinois, 2005.
- KRUSE, E.; UEHLEIN, N.; KALDENHOFF, R. The aquaporinas. **Genome Biology**, v.7, n.206, 2006.

- LAMMERS, P.J.; KERR, B.J.; WEBER, T.E.; DOZIER, W.A.; KIDD, M.T.; BREGENDAHL, K.; HONEYMAN, M.S. Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.86, n.3, p.602-608, 2008a.
- LAMMERS, P.J.; KERR, B.J.; HONEYMAN, M.S.; STALDER, K.; DOZIER, W.A.; WEBER, T.E.; KIDD, M.T.; BREGENDAHL, K. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. **Poultry Science**, v.87, p.104-107, 2008b.
- LIN, E.C.C. Glycerol utilization and its regulation in mammals. **Annual Review of Biochemistry**. v.46, p.765-795, 1977.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ministério da agricultura autoriza novo uso da glicerina. Disponível em: [http://www.sindiracoes.org.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=972&Itemid=1](http://www.sindiracoes.org.br/index.php?option=com_content&task=view&id=972&Itemid=1). Acesso em: 03/11/2015.
- MENTEN, J.F.M.; ZAVARIZE, K.C.; SILVA, C.L.S. Biodiesel: oportunidades do uso de glicerina na nutrição de aves. **In: IV Congresso Latino Americano de Nutrição Animal - IV CLANA**, 2010.
- MIN, Y.N.; YAN, F.; LIU, F.Z.; COTO, C.; WALDROUP, P.W. Glycerin - a new energy source for poultry. **International Journal of Poultry Science**, v.9, n.1, p.1-4, 2010.
- MME, Ministério de Minas e Energia. Boletim Mensal Dos Combustíveis Renováveis. Ed. nº96. Fevereiro, 2016. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gasnatural-e-combustiveis-renovaveis/publicacoes>. Acessado em: 10/03/2016.
- MOTA, C.J.A.; SILVA, C.X.A.; GONÇALVES, V.L.C. Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel. **Química Nova**, v. 32, n.3, p. 639-648, 2009.
- NELSON, D.L; COX, M.M. **Lehninger: princípios de bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 2006.
- NÉMETH, K.; ZSÉDELY, E.; SCHMIDT, J. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. **Annals of Animal Science**. v.13, n.4, p.829-836, 2013.
- NICHOLLS, P. Formate as an inhibitor of cytochrome c oxidase. **Biochemical and Biophysical Research Communications**. v.67, n.2, 1975.
- NUNES, R.V; ROSTAGNO, H.S.; GOMES, P.C.; NUNES, C.G.V.; POZZA, P.C.; ARAUJO, M.S. 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, J.S.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S.C.; MÜLLER, M.D. Composição química da glicerina produzida por usinas de biodiesel no Brasil e potencial de uso na alimentação animal. **Ciência Rural**, v.43, n.3, p.509-512, 2013.

- OLIVEIRA, L.B.; ARAUJO, M.S.M.; ROSA, L.P.; BARATA, M.; ROVERE, E.L.L. Analysis of the sustainability of using wastes in the Brazilian power industry. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v.12, p.883–890, 2006.
- OOI, T.L.; YONG, K.C.; HAZIMAH, A.H.; DZULKEFLY, K.; WAN YUNUS, W.M.Z. Glycerol residue – A rich source of glycerol and medium chain fatty acids. **Journal of Oleo Science**. v.53, n.1, p.29-33, 2004.
- PARENTE, E.J.S. **Biodiesel: Uma aventura Tecnológica num País Engraçado**. Fortaleza-CE, Ed. Unigráfica, 2003, 66 p.
- PATIENCE, J.E. A review of the role of acid-base balance in amino acid nutrition. **Journal Animal Science**, v.68, p.398-408, 1990.
- RIVALDI, J.D.; SARROUH, B.; FIORILO, R.; SILVA, S.S. Glicerol de biodiesel: Estratégias biotecnológicas para o aproveitamento do glicerol gerado da produção de biodiesel. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v.37, p.44-51, 2008.
- 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**. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2011, p. 252.
- SAMBROOK, I. E. Digestion and absorption of carbohydrate and lipid in the stomach and the small intestine of the pig. **In: Current Concepts of Digestion and Absorption in Pigs**. A. G. Low and I. G. Partridge, ed. Natl. Inst. Res. Dairying, Reading, UK.p.78–93, 1980.
- SEHU, A.; KUCUKERSAN, S.; COSKUN, B.; KOKSAL, B.H. Effects of graded levels of crude glycerine addition to diets on growth performance, carcass traits and economic efficiency in broiler chickens. **Journal of the Faculty of Veterinary Medicine**, v.19, n.4, p.569-574, 2013.
- SEHU, A.; KUCUKERSAN, S.; COSKUN, B.; KOKSAL, B.H.; CITIL, O.B. Effects of dietary glycerol addition on growth performance, carcass traits and fatty acid distribution in cloacal fat in broiler chickens. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v.163, n.4, p.194-200, 2012.
- SILVA, C.L.S.; MENTEN, J.F.M.; TRALDI, A.B.; PEREIRA, R.; ZAVARIZE, K.C.; SANTAROSA, J. Glycerine derived from biodiesel production as a feedstuff for broiler diets. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.14, n.3, p.159-232, 2012.
- SINGHABHANDHU, A.; TEZUKA, T.A. Perspective on incorporation of glycerin purification process in biodiesel plants using waste cooking oil as feedstock. **Energy**, v.35, p.2493-2504, 2010.
- SOFFRITTI, M.; BELPOGGI, F.; CEVOLANI, D.; GUARINO, M.; PADOVANI, M.; MALTONI, C. Results of long-term experimental studies on the carcinogenicity of methyl alcohol and ethyl alcohol in rats. **Annals New York Academy of Sciences**. v.982, p.46–69, 2002.
- SUCHÝ, P.; STRAKOVA, E.; KROUPA, K.; HERZIG, I. Pure and raw glycerol in the diet of

- broiler chickens, its effects on the production parameters and slaughter value. **Archiv Tierzucht**, v.54, p.308–318, 2011.
- SUN, F.; CHEN, H. Organosolv pretreatment by crude glycerol from oleochemicals industry for enzymatic hydrolysis of wheat straw. **Bioresource Technology**, v.99, p.5474–5479, 2008.
- SWIATKIEWICZ, S.; KORELESKI, J. Effect of crude glycerin level in the diet of laying hens on egg performance and nutrient utilization. **Poultry Science**, v.88, p.615–619, 2009.
- TAO, R.C.; KELLEY, R.E.; YOSHIMURA, N.N.; BENJAMIN, F. Glycerol: Its metabolism and use as an intravenous energy source. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, v.7, p.479–488, 1983.
- THOMPSON, J.C.; HE, B.B. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feed stocks. **Applied Engineering in Agriculture**, v.22, p.261–265, 2006.
- TOEWS, C.J. Evidence for the metabolism of glycerol by skeletal muscle and the presence of a muscle nicotinamide-adenine dinucleotide phosphate-dependent glycerol dehydrogenase. **Journal of Biochemistry**.v.98, p.27-29, 1966.
- VAN GERPEN, J. Biodiesel processing and production. **Fuel Process, Technol**, v.86, p.1097–1107, 2005.
- VERKMAN, A.S.; MITRA, A.K. Structure and function of aquaporin water channels. **American Journal of Physiology**, v.278, p. F13-F28, 2000.
- VIEIRA, R.O.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F.; NASCIMENTO, G.A.J.; SILVA, E.L.; HESPANHOL, R. Composição química e energia metabolizável de híbridos de milho para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.36, n.4, p.832-838, 2007.
- YANG, F.; HANNA, M.A.; SUN, R. Value-added uses for crude glycerol—a byproduct of biodiesel production. **Biotechnology for Biofuels**, v.5, n.13, p.1-10, 2012.
- YAZDANI, S.S. & GONZALEZ, R. Anaerobic fermentation of glycerol: a path to economic viability for the biofuels industry. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 18, p. 213–219, 2007.
- YUASA, H.; HAMAMOTO, K.; DOGU, S.; MARUTANI, T.; NAKAJIMA, A.; KATO, T.; HAYASHI, Y.; INOUE, K.; WATANABE, J. Saturable Absorption of Glycerol in the Rat Intestine. **Biological & Pharmaceutical Bulletin**. v.26, n.11, p.1633-1636, 2003.
- ZAVARIZE, K.C.; MENTEN, J.F.M.I.; PEREIRA, R.; FREITAS, L.W.; ROMANO, G.G.; BERNARDINO, M.; ROSA, A.S. Metabolizable energy of different glycerine sources derived from national biodiesel production for broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.16, n.4, p411-416, 2014.

### 3. DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALORES ENERGÉTICOS DA GLICERINA BRUTA

**Resumo** – O objetivo do trabalho foi determinar a composição química, valores energéticos e os coeficientes de metabolizabilidade da energia para a glicerina bruta (GB) em frangos de corte em diferentes idades, através de diferentes métodos. Para isso foram realizados dois ensaios, o primeiro no período 11 a 21 dias (ensaio I) e o segundo no período de 31 a 41 dias de idade das aves (ensaio II), e em ambos as aves foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com uma ração referência (RR, 0% de GB) e três rações testes (substituição de 5, 10 e 15% da RR por GB), totalizando quatro tratamentos, com cinco repetições, dez aves por unidade experimental no ensaio I e cinco aves no ensaio II. O período experimental teve duração de dez dias, sendo cinco dias de adaptação e cinco dias de coleta. As amostras das excretas foram submetidas à análise de matéria seca (MS), energia bruta (EB) e nitrogênio. Em posse dos valores, foram calculados os valores de energia metabolizável pelo método de Matterson e de Adeola. A composição química da GB foi de 90,3% de MS, 88,1% de glicerol, 0,20% de proteína bruta, 3.591 kcal kg<sup>-1</sup> de EB, 3,76% de metanol, 5,3% de matéria mineral, 0,98% de sódio, 0,03% de potássio, na matéria natural. Os valores médios de energia metabolizável aparente (EMA), EMA corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMA<sub>n</sub>), coeficiente de metabolizabilidade da EB (CMAEB) e o corrigido para o balanço de nitrogênio (CMAEB<sub>n</sub>) da GB, na matéria natural, para a fase de 11 a 21 dias pelo método de Matterson foram de 2.408 kcal kg<sup>-1</sup>, 2.397 kcal kg<sup>-1</sup>, 67,06% e 66,74%, respectivamente. Nesta fase, a inclusão de GB apresentou um efeito linear crescente para os CMAEB e os CMAEB<sub>n</sub>. Na fase de 31 a 41 dias, foram de 2.479 kcal kg<sup>-1</sup>, 2.452 kcal kg<sup>-1</sup>, 69,02% e 62,24%, respectivamente. De acordo com o método de Adeola, o valor de EMA<sub>n</sub> estimado foi de 2.505 kcal kg<sup>-1</sup> para o ensaio I e 2.431 kcal kg<sup>-1</sup> para o ensaio II. A amostra de GB analisada encontra-se dentro das especificações determinadas pelo MAPA, exceto o teor de metanol, que ficou acima do permitido.

**Palavras-chave:** avicultura, biodiesel, coproduto, metabolismo.

## DETERMINATION OF CHEMICAL COMPOSITION AND ENERGY VALUES CRUDE GLYCERIN

**Abstract** – The objective was to determine the chemical composition, energy values and energy metabolization coefficients for crude glycerin (CG) in broilers at different ages, using different methods. For this two metabolism trials were accomplished, where both birds were distributed in a completely randomized design with a reference diet (RD, 0% GB) and three test diets (substitution 5, 10 and 15% of the RD per GB), totaling four treatments with five replicates, ten birds per experimental unit in the first test and five birds in the second. In the first trial 200 male Cobb-500 broiler chicks (11-to-21 days old) were used. In the second trial, 100 male Cobb-500 broiler chicks (31-to-41 days old) were used. The trial lasted ten days, five days of adaptation and five days of collection. Subsequently the samples of feces were dried in forced-air ovens at 55°C, subjected to analysis of dry matter (DM), gross energy (GE) and nitrogen. In possession of the values were calculated metabolizable energy by Matterson method and the Adeola. The chemical composition of CG was 90.3% DM, 88.1% glycerol, 0.20% crude protein, 3,591 kcal kg<sup>-1</sup> of EB, 3.76% methanol, 5.3% of raw mineral oil, 0.98% sodium, 0.03% potassium in the natural matter. The mean values of apparent metabolizable energy (AME) AME corrected for nitrogen balance (AME<sub>n</sub>), metabolization coefficient of GE (CMAGE) and corrected for nitrogen balance (CMAGE<sub>n</sub>) of CG, the natural matter for stage 11 to 21 days by Matterson method were 2,408 kcal kg<sup>-1</sup>, 2,397 kcal kg<sup>-1</sup>, 67.06% and 66.74%, respectively. At this stage the inclusion of CG has an increasing linear effect for CMAEB and CMAEB<sub>n</sub>. In the phase 31 to 41 days of age, were 2,479 kcal kg<sup>-1</sup>, 2,452 kcal kg<sup>-1</sup>, 69.02% and 62.24%, respectively. According to Adeola method, AME<sub>n</sub> value was estimated to be 2,505 kcal kg<sup>-1</sup> for the trial I and 2,431 kcal kg<sup>-1</sup> for trial II. CG sample analyzed are within the specifications determined by MAPA, except the methanol content, which was higher than allowed.

**Key-words:** poultry, biodiesel, coproduct, metabolism.

### 3.1 Introdução

O milho é o principal alimento energético das rações para não ruminantes, constituindo cerca de 65 a 70% da dieta, no entanto, o mesmo apresenta uma grande variação de preço em função do período de entressafra, secas, produção de etanol e sua utilização na alimentação humana, onerando assim a produção animal (MIN et al., 2010; FERREIRA et al., 2014; ZAVARIZE et al., 2014).

Em função disso, torna-se crescente a busca por novos alimentos a serem empregados na produção animal que possam substituir os ingredientes comumente utilizados nas dietas, proporcionando assim uma redução dos custos de produção e aumento na oferta destes cereais para os outros setores da indústria, sendo a glicerina, coproduto da produção do biodiesel, um desses possíveis substitutos.

O processo de produção do biodiesel, pela reação de transesterificação onde, a gordura animal ou óleo vegetal, reage com um álcool na presença de um catalisador gera ésteres metílicos e glicerina bruta, que representa em torno de 10% do material obtido (DASARI et al., 2005; VAN GERPEN, 2005; THOMPSON; HE, 2006; SWIATKIEWICZ et al., 2009).

A glicerina bruta, após passar pelo processo de refinamento, pode ser empregada na indústria farmacêutica, na produção de cosméticos, na indústria de armas e alimentícia (THOMPSON; HE, 2006; SEHU et al., 2012). Contudo, esse processamento encarece o produto final (LAMMERS et al. 2008a). Neste sentido, pesquisas têm sido desenvolvidas com o intuito de analisar o uso da glicerina na sua forma bruta como uma alternativa aos alimentos energéticos da dieta de animais não ruminantes evitando, desta forma, o processo de refinamento (LAMMERS et al., 2008a; SILVA et al., 2012; HENZ et al., 2014).

O valor médio de energia bruta presente na glicerina bruta, de acordo com a quantidade de extrato etéreo residual, é de 3600 kcal kg<sup>-1</sup> (CERRATE et al., 2006; LAMMERS et al., 2008a). Segundo Dozier et al. (2008) e Jung e Batal (2011) o coeficiente de metabolizabilidade da glicerina está entre 80 a 99%.

Apesar de ser um alimento energético economicamente atraente, a composição química e mineral da glicerina sofre grandes variações entre as amostras (LAMMERS et al., 2008b; ZAVARIZE et al., 2014). Segundo Kerr et al. (2009) a energia da glicerina está relacionada com os teores de glicerol, metanol e composição de ácidos graxos. De acordo com Lammers et al. (2008b), a variação da energia entre as amostras ocorre devido ao seu grau de pureza, que varia em função das técnicas e equipamentos utilizados na produção do biodiesel.

Os valores de EM podem ser calculados por vários métodos, sendo o mais utilizado as equações propostas por Matterson et al. (1965). Entretanto, o valor energético dos alimentos pode sofrer influência de diversos fatores, como os níveis de inclusão do alimento, idade, sexo das aves e a metodologia utilizada em ensaios de metabolismo (BARTLET; SCHNEIDER, 2002; KUNRATH et al., 2010).

Outro método para a determinação da energia é o proposto Adeola. Este avalia a inclinação da reta para determinar o valor energético dos alimentos, tendo como principal vantagem da utilização de análise de regressão que envolve múltiplos níveis de inclusão (DOZIER et al., 2008).

Assim, é importante a caracterização da composição química e energética da glicerina bruta, antes de sua utilização como fonte energética alternativa, na alimentação de frangos de corte. Desta forma, o objetivo do trabalho foi determinar a composição química e os valores energéticos (EMA e EMA<sub>n</sub>) da glicerina bruta, através dos métodos de Matterson et al. (1965) e Adeola (2000), bem como seus respectivos coeficientes de metabolizabilidade para frangos de corte em diferentes idades.

### **3.2 Material e métodos**

Foram realizados dois experimentos no Laboratório de Fisiologia e Metabolismo de Aves da Universidade Estadual do Oeste do Paraná- UNIOESTE, *campus* de Marechal Cândido Rondon. A glicerina bruta (GB) foi adquirida da empresa BIOPAR® – Bioenergia do Paraná Ltda., localizada na cidade de Rolândia, Paraná, Brasil.

Os experimentos foram realizados em gaiolas metabólicas, para determinar os valores energéticos da glicerina bruta (GB) para frangos de corte, nos períodos de 11 a 21 e de 31 a 41 dias de idade. Amostras da GB foram encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal para determinação da energia bruta (EB), matéria mineral (MM), potássio (K) e sódio (Na), conforme as técnicas descritas por Silva e Queiroz (2005), e para o Laboratório de Alimentos do Instituto Tecnológico do Paraná (Tecpar) para a determinação do teor de umidade (Karl Fischer), e os teores de glicerol e metanol, pelo método de cromatografia gasosa.

No primeiro experimento foram utilizados 200 pintos de corte machos, Cobb 500, de 11 a 21 dias de idade. Já para o segundo utilizou-se 100 pintos de corte machos, Cobb 500, de 31 a 41 dias de idade. Em ambos os experimentos, os tratamentos foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com uma ração referência (RR) e três

rações testes, em que a RR foi substituída nos níveis de 5, 10 e 15% por GB, totalizando quatro tratamentos, com cinco repetições de dez aves no primeiro ensaio e cinco aves por unidade experimental no segundo. A dieta referência foi formulada à base de milho e farelo de soja, de acordo com as recomendações propostas por Rostagno et al. (2011), a fim de atender as exigências nutricionais de cada período (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química e energética da ração referência utilizada nos ensaios de metabolismo (11 a 21 e 31 a 41 dias de idade)

Ingrediente (%)	11 a 21 dias	31 a 41 dias
Milho	56,78	66,27
Farelo de soja (45%)	35,95	27,67
Óleo de soja	3,350	3,000
Fosfato monocálcico	1,360	0,947
Calcário calcítico	1,275	0,994
Sal comum	0,482	0,442
Suplemento Vitamínico <sup>1</sup>	0,100	0,100
Suplemento Mineral <sup>2</sup>	0,050	0,050
L-Lisina HCL (78%)	0,240	0,224
DL-Metionina (99%)	0,312	0,236
L-Treonina (99%)	0,081	0,047
BHT <sup>3</sup>	0,020	0,020
Total	100,00	100,00
<b>Composição calculada</b>		
EM (kcal/kg)	3052	3150
Proteína Bruta (%)	21,20	18,12
Cálcio (%)	0,841	0,638
Fósforo disponível (%)	0,401	0,298
Lisina Digestível (%)	1,217	1,010
Met + Cys Digestível (%)	0,876	0,737
Treonina Digestível (%)	0,791	0,656
Triptofano Digestível (%)	0,237	0,194
Cloro (%)	0,340	0,318
Sódio (%)	0,210	0,195
Potássio (%)	0,822	0,698

<sup>1</sup>Suplemento Vitamínico para aves (Lote BR00014639), Níveis de Garantia por Quilograma produto: Vit. A (min) 9000000,00 UI, Vit. D3 (min) 2500000,00 UI, Vit. E (min) 20000,00 UI, Vit. K3 (min) 2500,00 mg, Vit. B1 (min) 1500,00 mg, Vit. B2(min) 6000,00 mg, Vit. B6(min) 3000,00 mg, Vit. B12 (min) 12000,000 mg. Ácido Pantotênico (min) 12 g, Niacina (min) 25g, Ácido Fólico(min) 800,00 mg, Biotina (min) 60,0 mg, Selênio(min) 250,0 mg. <sup>2</sup>Suplemento Mineral para aves (Lote BR00013863), Níveis de Garantia por Quilograma do Produto: Cobre (min) 20g, Ferro (min) 100g, Manganês (min) 160g, Cobalto (min) 2000,0 mg, Iodo (min) 2000,0 mg, Zinco (min) 100g. <sup>3</sup>Antioxidante;

As aves foram criadas em galpão de alvenaria, no Setor de Avicultura da UNIOESTE, em piso de concreto revestido com cama de maravalha, sendo, posteriormente (aos 10 e 30 dias de idade), transferidas para gaiolas de metabolismo, recebendo água e ração *ad libitum* durante

todo o período experimental.

Os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio ( $EMA_n$ ) da glicerina para as diferentes idades, foram determinados pelo método de coleta total de excretas com pintos de corte em crescimento (SIBBALD; SLINGER, 1963).

O período experimental teve duração de dez dias, sendo cinco dias de adaptação e cinco de coleta, a qual foi realizada duas vezes ao dia, com um intervalo de 12 horas, para evitar fermentações. No período de coleta, as bandejas foram revestidas com plástico e colocadas sob as gaiolas para não haver perdas e contaminações, e as excretas acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Ao término do período experimental foram determinados o consumo de ração e a quantidade total de excretas produzidas por cada unidade experimental. Após as excretas serem descongeladas e homogeneizadas, uma amostra de aproximadamente 200g de cada repetição, foi submetida a pré-secagem em estufa de ventilação forçada a  $55^{\circ}\text{C}$  durante 72h para a determinação da amostra seca ao ar (ASA). Após a pré-secagem as amostras foram moídas e as análises de matéria seca (MS), energia bruta (EB) e nitrogênio (N), realizadas.

Com base nos resultados das análises e utilizando as equações propostas por Matterson et al. (1965) foram calculados os valores de EMA e  $EMA_n$ . Após a determinação dos valores de EM foram calculados os coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta para o alimento teste. Utilizando o método proposto por Adeola (2000) foram estimados os valores médios da  $EMA_n$  da GB por meio de uma equação de regressão linear, para posterior comparação com os valores de  $EMA_n$  da GB encontrado por meio do método de Matterson et al. (1965).

Como procedimento estatístico foi realizado análise de variância e posterior regressão polinomial entre os níveis de inclusão, excluindo a ração referência (0% de GB). As análises estatísticas dos coeficientes de metabolizabilidade foram realizadas utilizando o programa SAEG - Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 1999).

### **3.3 Resultados e discussão**

A falta de padronização dos processos e a variação das matérias-primas utilizadas na produção do biodiesel estão associadas diretamente com a composição química da glicerina bruta (GB) (ZAVARIZE et al., 2014) (Tabela 2). Contudo, em nível industrial observa-se que as técnicas de produção têm maior influência sobre a composição final da GB (THOMPSON; HE, 2006).

Deste modo, antes de ser utilizado na dieta dos animais, torna-se essencial a determinação da composição nutricional deste alimento alternativo. Neste sentido, se faz necessário a verificação das quantidades de metanol, glicerol, sódio e de extrato etéreo (ácidos graxos livres) contidos nas amostras, uma vez que este último pode afetar os valores de energia metabolizável (EM) (JUNG; BATAL, 2011).

Tabela 2. Caracterização nutricional da glicerina bruta utilizada nas dietas experimentais, na matéria natural

Composição	Glicerina bruta
Matéria Seca (%)	90,3
Glicerol (%)	88,10
Proteína bruta (%)	0,20
Energia bruta (kcal kg <sup>-1</sup> )	3.591
Metanol (%)	3,76
Matéria mineral (%)	5,3
Sódio (%)	0,98
Potássio (%)	0,03

Dados apresentados na literatura demonstram grande variação quanto a composição química entre diferentes amostras de GB. Oliveira et al. (2013) ao analisarem 41 amostras de GB de 16 plantas produtoras, oriundas de três tipos de matérias-primas diferentes, encontraram valores que variaram de 30,4 a 90,1% de glicerol, 0,8 a 26,6% de umidade, 0 a 37,7% de lipídeos totais, 2,3 a 12,1% de matéria mineral, 6,1 a 28,2 g kg<sup>-1</sup> de sódio e pH 2,3 a 12,7. Da mesma maneira, Kerr et al. (2009) analisando amostras obtidas de diferentes empresas e matérias-primas nos EUA, observaram que as amostras apresentaram variação de 51 a 83% de glicerol, 0,005 a 14% de metanol e 0,02 a 35% de ácidos graxos.

Os valores encontrados para a umidade e o teor de glicerol da GB utilizada neste estudo, estão de acordo com as normas emitidas pelo Ministério da Agricultura (MAPA, 2010). Para que a glicerina possa ser utilizada na alimentação animal, deve conter no máximo 12% de umidade e teor mínimo de 80% de glicerol. No entanto, o teor de metanol da amostra 3,76%, ficou acima do valor estipulado pelo MAPA de 0,015%.

As concentrações do metanol, sódio e potássio nas amostras de GB, dependem dos procedimentos utilizados na extração do biodiesel e na purificação da glicerina (ZAVARIZE et al., 2014). Segundo Soffritti et al. (2002), o metanol quando acumulado no organismo pode causar cegueira, depressão do sistema nervoso central, vômito, acidose metabólica grave, bem

como problemas motores nos animais.

Outra preocupação na utilização da GB é o teor de sódio, uma vez que este pode acarretar em um desbalanço eletrolítico nas aves (CERRATE et al., 2006). Gonzáles e Silva (1999) destacam que o balanço eletrolítico é dependente do sódio, potássio, magnésio, cloro, bicarbonato e algumas proteínas. O balanço eletrolítico pode afetar o apetite, a resposta ao estresse térmico, o desenvolvimento ósseo, o crescimento e o aproveitamento de minerais, aminoácidos e vitaminas (PATIENCE, 1990). No entanto, esta amostra apresentou baixa concentração de sódio e potássio, 0,98 e 0,03% respectivamente.

O valor encontrado para a energia bruta (EB) da GB ( $3.591 \text{ kcal kg}^{-1}$ ) assemelha-se ao do milho ( $3.925 \text{ kcal kg}^{-1}$ ) segundo Rostagno et al. (2011). A eficácia no processo de produção do biodiesel determina o valor energético de cada amostra de GB, quando há melhor utilização dos ácidos graxos no processo a EB da glicerina se apresenta mais baixa. Por outro lado, a GB apresenta uma EB mais elevada quando há uma ineficiência na produção, o que resulta em aumento da concentração de resíduos na GB, principalmente ácidos graxos (PENZ JR.; GIANFELICE, 2008).

No período de 11 a 21 dias não houve diferença para os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e a corrigida pelo balanço de nitrogênio ( $\text{EMA}_n$ ). No entanto a inclusão de GB apresentou um efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) para os coeficientes de metabolizabilidade aparente da energia bruta (CMAEB) e os corrigidos para o balanço de nitrogênio ( $\text{CMAEB}_n$ ), indicando melhor aproveitamento da EB contida na GB com o aumento da inclusão de GB na dieta (Tabela 3).

Segundo Dozier et al. (2008) a variação do valor de EMA e a  $\text{EMA}_n$ , para o menor nível de inclusão de GB (5%), pode ser atribuído a variabilidade em função do pequeno consumo de GB em relação a ingestão total de ração.

De acordo com Bartlet e Schneider (2002), o valor energético da GB pode variar em função do seu nível de inclusão na dieta, bem como devido a outros fatores como idade e sexo dos animais. Além disso, a composição da GB pode influenciar em seu valor energético, ou seja, seu conteúdo de glicerol, ácidos graxos e metanol (DOZIER et al., 2011).

Para o período de 31 a 41 dias de idade, a EMA,  $\text{EMA}_n$ , CMAEB e o  $\text{CMAEB}_n$  não apresentaram diferença ( $P > 0,05$ ) entre os níveis de inclusão da GB. Ao avaliarem dez amostras de GB oriundas de diferentes indústrias produtoras, Jung e Batal (2011) observaram uma relação inversamente proporcional entre a porcentagem de glicerol com a de gordura e metanol, ou seja, quanto maior a concentração de glicerol menor as concentrações de gordura e metanol.

Tabela 3. Valores energéticos e coeficientes de metabolizabilidade da glicerina bruta para frangos de corte em diferentes idades alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina, expressos com base na matéria natural

Inclusão (%)	EMA (kcal kg <sup>-1</sup> )	EMA <sub>n</sub> (kcal kg <sup>-1</sup> )	CMAEB (%)	CMAEB <sub>n</sub> (%)
11 a 21 dias de idade				
5	2217,95	2204,64	61,75	61,38
10	2503,34	2493,03	69,70	69,41
15	2504,15	2493,33	69,72	69,42
Média	2408	2397	67,06	66,74
EPM	55,73	51,65	1,55	1,44
P valor				
Linear	-	-	0,02	<0,01
Quadrática	-	-	0,14	0,08
31 a 41 dias de idade				
5	2483,24	2455,21	69,14	68,36
10	2511,40	2460,93	69,92	68,52
15	2441,47	2436,53	67,98	67,84
Média	2479	2451	69,02	68,24
EPM	37,17	33,23	1,03	0,93
P valor				
Linear	-	-	0,68	0,84
Quadrática	-	-	0,58	0,85
Equações de regressão polinomial de 11 a 21 dias				
CMAEB= 59,0914 + 0,796887GB; R <sup>2</sup> = 0,75				
CMAEB <sub>n</sub> = 58,7027 + 0,803804GB; R <sup>2</sup> = 0,75				

EPM: erro padrão da média; EMA: energia metabolizável aparente; EMA<sub>n</sub>: energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio; CMAEB: coeficiente de metabolizabilidade aparente da energia bruta; CMAEB<sub>n</sub>: coeficiente de metabolizabilidade aparente da energia bruta corrigido para balanço de nitrogênio

Henz et al. (2014) determinando a EMA<sub>n</sub> da GB para frangos de corte em diferentes fases (11 a 20; 21 a 30 e 31 a 40 dias de idade), observaram valores médios de 3.353, 3.815 e 3.667 kcal kg<sup>-1</sup> de EMA<sub>n</sub> para as respectivas idades estudadas. Sendo que os CMAEB<sub>n</sub> apresentaram comportamento linear decrescente para as duas primeiras fases, e crescente para a última fase, com valores médios de 75,10, 85,50 e 82,84%, respectivamente para cada fase.

Segundo Lammers et al. (2008a) e Dozier et al. (2008) o valor da EMA da GB, aumenta em função da sua porcentagem de glicerol. O mesmo não foi observado neste experimento, um vez que a GB utilizada possui uma porcentagem de glicerol alto, no entanto o valor de EMA<sub>n</sub> foi inferior a outros resultados encontrados na literatura, demonstrando que o valor energético da GB pode ser influenciado por outros fatores além do teor de glicerol.

Ao avaliarem amostras de GB originadas de óleo de soja, Dozier et al. (2011) observaram que amostras com uma concentração de ácidos graxos inferior a 0,5% possuem CM de aproximadamente 97,4%, enquanto em amostras que apresentavam de 25 a 30% de ácidos

graxos, o CM foi de 65,6%, indicando que glicerinas com teores de ácidos graxos livres, tem um aproveitamento menor pelas aves.

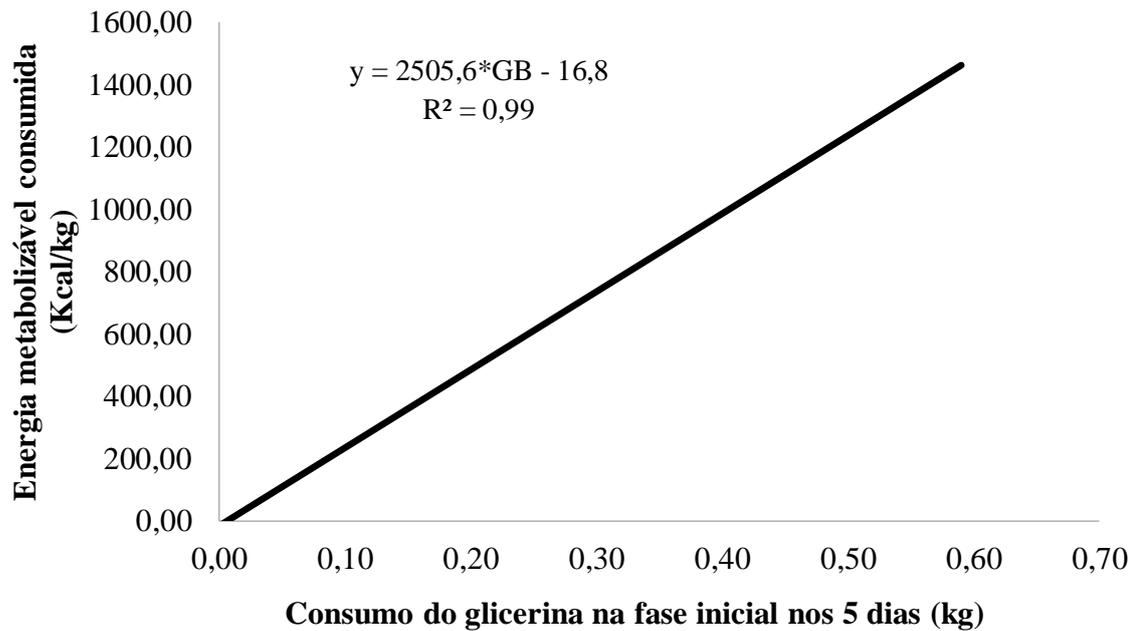
Ao determinarem a  $EMA_n$  de quatro amostras de GB de diferentes empresas do Brasil para frangos de 21 dias, Zavarize et al. (2014) encontraram valores energéticos de 3.145, 5.027, 2.669 e 2.892 kcal kg<sup>-1</sup> com o CM de 90, 81, 72 e 85%, esse alto valor de energia pode ser explicado pelos níveis de ácidos graxos da amostra. Pressupõe-se que a digestibilidade da gordura pode ser reduzida quando há uma alta concentração de ácidos graxos livres em sua composição (GAIOTTO et al., 2000)

Os valores de energia tendem a aumentar com a idade das aves, em função do desenvolvimento do trato digestivo, aumentando a capacidade de utilização dos nutrientes e da energia dos alimentos (ZAVARIZE et al., 2014; MELLO et al., 2009). O que não foi observado neste trabalho.

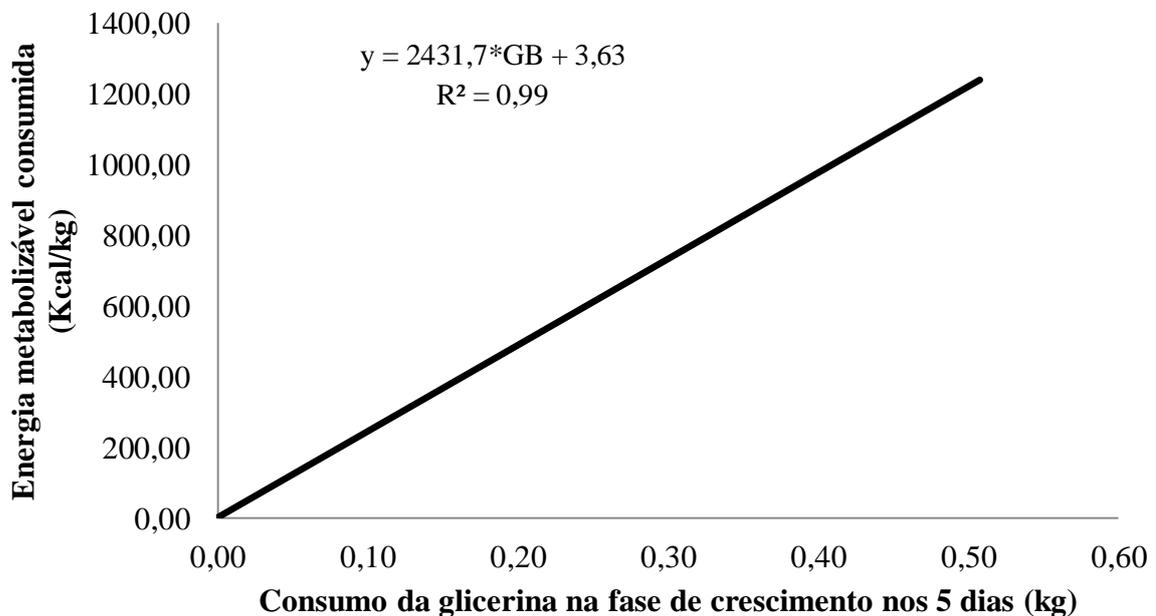
Segundo o método sugerido por Adeola (2000) para obter a  $EMA_n$  da GB, foi estimada a inclinação da relação linear entre o consumo de  $EMA_n$  vs o consumo da GB (Figura 1 e 2), resultando nas equações  $y = 2505,6*GB - 16,8$  ( $R^2=0,99$ ) e  $y = 2431,7*GB + 3,63$  ( $R^2=0,99$ ), para a fase 11 a 21 e 31 a 41 dias de idade das aves, respectivamente.

Os valores encontrados para  $EMA_n$  nas diferentes idades entre os métodos utilizados foram muito semelhantes, uma vez que, pelas fórmulas propostas por Matterson et al. (1965), o valor de  $EMA_n$  foi de 2.397 e 2.451 kcal kg<sup>-1</sup> e pelo método de Adeola os valores de  $EMA_n$  foram de 2.505 e 2.437 kcal kg<sup>-1</sup>, respectivamente, para a fase de 11 a 21 e 31 a 41 dias de idade.

Segundo Kunrath et al. (2010), o método empregado na determinação dos valores energéticos dos alimentos entre outros fatores, pode afetar os resultados obtidos. Assim a utilização do método proposto por Adeola (2000), apesar de já ser utilizado na suinocultura a um certo tempo, surge como mais uma ferramenta na determinação do valor da  $EMA_n$ , a ser empregada quando se avalia alimentos para aves. Uma vantagem desse método é gerar um valor mais preciso, uma vez que utiliza a análise de regressão que é a estimava de vários níveis de inclusão, ao invés de apenas estimar por nível.



**Figura 1** - Equação de regressão da energia metabolizável corrigida pelo balanço de nitrogênio ( $EMA_n$ ) da GB, obtido a partir da  $EMA_n$  ( $\text{kcal kg}^{-1}$ ) consumida vs. o consumo de GB (kg) para frangos de corte de 11 a 21 dias de idade (Método Adeola, 2000).



**Figura 2** - Equação de regressão da energia metabolizável corrigida pelo balanço de nitrogênio ( $EMA_n$ ) da GB, obtido a partir da  $EMA_n$  ( $\text{kcal kg}^{-1}$ ) consumida vs. o consumo de GB (kg) para frangos de corte de 31 a 41 dias de idade (Método Adeola, 2000)

Dozier et al. (2008) realizaram três experimentos para determinar o valor da  $EMA_n$  de uma amostra de GB, para aves em diferentes idades (7 a 10, 21 a 24 e 42 a 45 dias), e obtiveram os valores de 2.737, 2.979 e 3032 kcal  $kg^{-1}$  pelo método tradicional e 3.621, 3.331 e 3.349 kcal  $kg^{-1}$  pelo método proposto por Adeola (2000), respectivamente. Pode-se observar que os valores da EM apresentaram uma variação maior quando as aves eram menores, corroborando com o presente estudo.

### 3.4 Conclusão

A amostra de GB analisada encontra-se dentro das especificações determinadas pelo MAPA, exceto o teor de metanol, que ficou acima do permitido isso devido ao processamento utilizado na obtenção do biodiesel, sendo essencial sua determinação antes da utilização da GB na dieta de frangos de corte.

Os valores médios de  $EMA_n$  e  $CMAEB_n$  determinados entre 11 a 21 e 31 a 41 dias de idade para a glicerina bruta foram de 2397 kcal  $kg^{-1}$ , 66,74% e 2451 kcal  $kg^{-1}$ , 68,24%, respectivamente, segundo as equações propostas por Matterson. Já de acordo com o método de Adeola, os valores de  $EMA_n$  foram de 2505 e 2437 kcal  $kg^{-1}$ , para cada fase.

### 3.5 Referências bibliográficas

- ADEOLA, O. **Digestion and balance techniques in pigs**. In: LEWIS, A.J. and SOUTHERN, L.L., (Eds) Swine Nutrition, Manhattan, 2 ed. CRC Press, Washington: DC, 2000. p.903–916.
- BARTLET, J.; SCHNEIDER, D. Investigation on the energy value of glycerol in the feeding of poultry and pig. Union for the **Promotion of Oilseeds-Schriften Heft**, v.17, p.15-36, 2002.
- CERRATE, S.; YAN, F.; WANG, Z.; COTO, C.; SAKAKLI, P.; WALDROUP, P.W. Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. **International Journal of Poultry Science**. v.11, p.1001-1007, 2006.
- DASARI, M.A.; KIATSIMKUL, P.P.; SUTTERLIN, W.R.; SUPPES, G.J. Low-pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol. **Applied Catalysis A: General**, v.281, p.225-231, 2005.
- DOZIER, W.A.; KERR, B.J.; BRANTON, S.L. Apparent metabolizable energy of crude glycerin originating from different sources in broiler chickens. **Poultry Science**, v.90,

p.2528–2534, 2011.

DOZIER, W.A.; KERR, B.J.; CORZO, A.; KIDD, M.T.; WEBER, T.E.; BREGENDAHL, K. Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. **Poultry Science**, v. 87, n. 4, p. 317-322, 2008.

FERREIRA, A.H.C., LOPES, J.B., ABREU, M.L.T.D.; SANTANA Jr., H.A.; ARAÚJO, F.S.; SARAIVA, A. Whole scrapings of cassava root in diets for broilers from 1 to 21 days of age. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.36, n.4, p.357-362, 2014.

GAIOTTO, J.B.; MENTEN, J.F.M.; RACANICCI, A.M.C.; IAFIGLIOLA, M.C. Óleo de soja, óleo ácido de soja e sebo bovino como fontes de gordura em rações de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciências Avícolas**, v.2, p.219-227, 2000.

GONZÁLES, F.H.D.; SILVA, S.C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. 1999.

HENZ, J.R.; NUNES, R.V.; EYNG, C.; SILVA, Y.L.; SCHONE, R.A.; OLIVEIRA, T.M.M.; BERWANGER, E.; SANGALI, C.P. Energia metabolizável da glicerina bruta para frangos de corte de diferentes idades. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.6, p.3393-3400, 2014.

JUNG, B.; BATAL, A.B. Nutritional and feeding value of crude glycerin for poultry. 1. Nutritional value of crude glycerin. **Journal of Applied Poultry Research**, V.20, p.162–167, 2011.

KERR, B.J.; WEBER, T.E.; DOZIER III, W.A.; KIDD, M.T. Digestible and metabolizable energy content of crude glycerin originating from different sources in nursery pigs. **Journal of Animal Science**, v.87, p.4042–4049, 2009.

KUNRATH, M.A.; KESSLER, A.M.; RIBEIRO, A.M.L.; VIEIRA, M.M.; SILVA, G.L.; PEIXOTO, F.D.A. Metodologias de avaliação do valor nutricional do farelo de arroz desengordurado para suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.10, p.1172-1179, 2010.

LAMMERS, P.J.; KERR, B.J.; HONEYMAN, M.S.; STALDER, K.; DOZIER, W.A.; WEBER, T.E.; KIDD, M.T.; BREGENDAHL, K. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. **Poultry Science**, v.87, p.104–107, 2008a.

LAMMERS, P.J.; KERR, B.J.; WEBER, T.E.; DOZIER, W.A.; KIDD, M.T.; BREGENDAHL, K.; HONEYMAN, M.S. Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.86, n.3, p.602-608, 2008b.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ministério da agricultura autoriza novo uso da glicerina. Disponível em: [http://www.sindicacoes.org.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=972&Itemid=1](http://www.sindicacoes.org.br/index.php?option=com_content&task=view&id=972&Itemid=1). Acesso em: 03/11/2015.

MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Storrs, Connecticut, University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, **Research Report**, v.7, n.1, p.11-14, 1965.

- MELLO, H.H.C.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; SOUZA, R.M.; CALDERANO, A.A. Valores de energia metabolizável de alguns alimentos obtidos com aves de diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.863-868, 2009.
- MIN, Y.N.; YAN, F.; LIU, F.Z.; COTO, C.; WALDROUP, P.W. Glycerin - a new energy source for poultry. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v.9, n.1, p.1-4, 2010.
- OLIVEIRA, J.S.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S.C.; MÜLLER, M.D. Composição química da glicerina produzida por usinas de biodiesel no Brasil e potencial de uso na alimentação animal. **Ciência Rural**, v.43, n.3, p.509-512, 2013.
- PATIENCE, J.E. A review of the role of acid-base balance in amino acid nutrition. **Journal Animal Science**, v.68, p.398-408, 1990.
- PENZ JR., A.M.; GIANFELICE, M. O que fazer para substituir os insumos que podem migrar para a produção de biocombustível. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.36, Supl 1, p.107-117, 2008.
- 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**. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2011, p. 252.
- SEHU, A.; KUCUKERSAN, S.; COSKUN, B.; KOKSAL, B.H.; CITIL, O.B. Effects of dietary glycerol addition on growth performance, carcass traits and fatty acid distribution in cloacal fat in broiler chickens. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v.163, n.4, p.194-200, 2012.
- SIBBALD, I.R.; SLINGER, S.J. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. **Poultry Science**, v.59, p.1275-1279, 1963.
- SILVA, C.L.S.; MENTEN, J.F.M.; TRALDI, A.B.; PEREIRA, R.; ZAVARIZE, K.C.; SANTAROSA, J. Glycerine derived from biodiesel production as a feedstuff for broiler diets. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.14, n.3, p.159-232, 2012.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, J.S. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 2005. 235p.
- SOFFRITTI, M.; BELPOGGI, F.; CEVOLANI, D.; GUARINO, M.; PADOVANI, M.; MALTONI, C. Results of long-term experimental studies on the carcinogenicity of methyl alcohol and ethyl alcohol in rats. **Annals New York Academy of Sciences**. v.982, p.46-69, 2002.
- SWIATKIEWICZ, S.; KORELESKI, J. Effect of crude glycerin level in the diet of laying hens on egg performance and nutrient utilization. **Poultry Science**, v.88, p.615-619, 2009.
- THOMPSON, J.C.; HE, B.B. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feed stocks. **Applied Engineering in Agriculture**, v.22, p.261-265, 2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análise Estatísticas e Genéticas)**. Viçosa, MG: 1999. 59p

VAN GERPEN, J. Biodiesel processing and production. **Fuel Process, Technol**, v.86, p.1097–1107, 2005.

ZAVARIZE, K.C.; MENTEN, J.F.M.I.; PEREIRA, R.; FREITAS, L.W.; ROMANO, G.G.; BERNARDINO, M.; ROSA, A.S. Metabolizable energy of different glycerine sources derived from national biodiesel production for broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.16, n.4, p411-416, 2014.

#### 4 DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM RAÇÕES CONTENDO GLICERINA BRUTA

**Resumo** – O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adição de diferentes níveis de glicerina bruta (GB) a dietas de frangos de corte, sobre o desempenho, rendimento de carcaça, cortes, moela e fígado, parâmetros sanguíneos, qualidade da carne e qualidade da cama. As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado. Na fase inicial, foram utilizados seis tratamentos (seis níveis de inclusão de GB: 0, 1, 3, 5, 7 e 9%), oito repetições e 22 aves por unidade experimental. Na fase de crescimento, cada tratamento utilizado na fase inicial foi desmembrado em dois tratamentos, onde um grupo continuou recebendo o mesmo nível de inclusão e o outro passou a receber ração isenta de GB. Para avaliação dos parâmetros sanguíneos aos 21 e 42 dias de idade, quatro aves por unidade experimental foram mantidas em jejum por 6 horas, para coleta de sangue via punção braquial. Aos 42 dias de idade, quatro aves por unidade experimental foram abatidas para determinação do rendimento de carcaça, peito, coxa, sobrecoxa, asa, dorso, fígado, moela e porcentagem de gordura abdominal, determinação da composição de carcaça e avaliação da qualidade da carne. A inclusão de 5, 7 e 9% de GB proporcionou melhor ganho de peso (GP), comparado ao tratamento controle na fase de 1 a 21 dias de idade. A amônia da cama para a fase de 1 a 21 dias apresentou efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) em função dos níveis de GB da dieta. O grupo que recebeu GB no período total (1 a 42 dias) apresentou maior GP, e menor consumo de ração e melhor conversão alimentar comparado ao grupo que recebeu GB só até os 21 dias de idade. Pelo Teste F, foram observadas diferenças para o colesterol e ALT, sendo que o grupo que recebeu GB na dieta até os 21 dias apresentou maior concentração, quando comparados às aves que receberam até os 42 dias. Considerando a análise de regressão com relação aos parâmetros de qualidade de carne, a capacidade de retenção de água apresentou efeito quadrático para ambos os grupos. Na fase de 1 a 21 dias de idade e no período total (1 a 42 dias), a glicerina bruta pode ser incluída nas dietas de frangos de corte até o nível de 9% sem prejudicar o desempenho, qualidade da cama bem como os parâmetros qualitativos da carne.

**Palavras-chave:** coproduto, nutrição, parâmetros sanguíneos, qualidade de carne.

## **FED BROILER PERFORMANCE WITH FEED CONTAINING CRUDE GLYCERIN**

**Abstract** – The study aimed to evaluate the effect of adding different levels of crude glycerin (CG) on performance, carcass yield, cuts, gizzard and liver, blood parameters, meat quality and quality of broiler bed. The birds were distributed in a completely randomized design. In the initial phase six treatments (CG inclusion levels: 0, 1, 3, 5, 7 and 9%) were used, with eight replicates and 22 birds per experimental unit. In the growth phase each treatment used in the initial phase was dismembered in two treatments, where a group continued to receive the same level of inclusion and the other began to receive ration with 0% CG. For evaluation of blood parameters at 21 and 42 days old, four birds each were fasted for 6 hours, by blood brachial puncture. At 42 days old, four birds per treatment were slaughtered to determine carcass yield, breast, thigh, drumstick, wing, back, liver, gizzard and abdominal fat, determination of carcass composition and evaluation of meat quality. The inclusion of 5, 7 and 9% GB provide a higher weight average end (WAE) and weight gain (WG) compared to the control at the stage of 1 to 21 days of age. Ammonia from bed to stage 1 to 21 days showed linear increase ( $P < 0,05$ ) on the basis of the diet CG levels. The group that received CG total period (1 to 42 days) showed higher WAE and WG, and lower feed intake and feed conversion compared with the group receiving only CG up to 21 days old. By F test, differences were observed for cholesterol and ALT, and the group that received dietary CG to 21 showed the highest concentration compared to birds that received up to 42 days. Considering the regression analysis with respect to meat quality parameters, the water retention capacity was quadratic effect for both groups. From 1 to 21 days of age and total period (1 to 42 days), the crude glycerin may be included in the diets of broilers to the level of 9% without sacrificing performance, the bed quality and the parameters quality meat.

**Key-words:** coproduct, nutrition, blood parameters, quality meat.

## 4.1 Introdução

O interesse na produção de biodiesel, por ser uma fonte de energia renovável, provoca um aumento na oferta da glicerina bruta (GB), devido ao fato de esta ser um coproduto da produção deste biocombustível (HANCZAKOWSKA et al., 2010). Na produção do biodiesel, 10% do produto final é GB (DASARI et al., 2005).

A utilização da GB como ingrediente na formulação de rações para aves e suínos já foi alvo de estudos no passado (LIN et al., 1976; MOUROT et al., 1994; SIMON et al., 1996). É conhecida por ser um ingrediente muito utilizado na sua forma purificada pelas indústrias na produção de cosméticos, produtos farmacêuticos e alimentícios (THOMPSON; HE, 2006). Porém, em função de sua crescente oferta, acima da capacidade de utilização pelas indústrias e em função dos estímulos ocorridos na produção do biodiesel, atualmente, ocorreu um novo interesse da utilização deste coproduto na alimentação animal.

O glicerol é um composto orgânico altamente energético, encontrado nos alimentos e no organismo animal, considerado um dos principais componentes da GB, sendo concebido como um possível substituto dos cereais ou alimentos ricos em amido, na dieta de aves e suínos (DEFRAIN et al., 2004; LAMMERS et al., 2008).

Assim, sua utilização como alimento alternativo na produção animal, como uma fonte energética, parece uma saída promissora (SUCHÝ et al., 2011; SEHU et al., 2013). Outro fator que favorece o uso deste ingrediente na dieta animal são os constantes aumentos nos alimentos convencionais utilizados como base na formulação das dietas para aves e suínos, como é o caso do milho (PARSONS et al., 2009).

A GB, segundo a literatura, apresenta uma composição média de 74,4% de glicerol, 9,7% de umidade, 7,8 de lipídeos totais, 5,3% de cinzas, 20,8 g kg<sup>-1</sup> de sódio, 541 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo, 36,2 mg kg<sup>-1</sup> de cálcio e pH 7,2 (OLIVEIRA et al., 2013). O valor de EMA<sub>n</sub> presente na glicerina bruta é de aproximadamente 3579 kcal kg<sup>-1</sup>, sendo influenciada pela concentração de ácidos graxos e glicerol da amostra (DOZIER et al., 2011), valor esse que representa de 85 a 95% da sua energia bruta (LIN et al., 1976; DOZIER et al., 2008). Isso demonstra um grande aproveitamento da energia da GB pelos animais.

Com intuito de compreender os efeitos da inclusão da GB na dieta de frangos de corte, vários estudos estão sendo realizados. Suchý et al. (2011) observaram uma melhora no desempenho das aves que receberam 5 e 10% de GB. Em outro estudo, Henz et al. (2014) encontraram que até 6% de inclusão de GB na dieta para frangos na fase de 1 a 21 dias não ocasiona efeito adverso no desempenho durante esta fase. Segundo Jung e Batal (2011) e Silva

et al. (2012), a inclusão de até 5% de GB não afeta o desempenho de frangos de corte e umidade da cama. Em experimento realizado por Cerrate et al. (2006), os autores concluíram que o nível de 10% de inclusão de GB afetou negativamente a conversão e o peso vivo de frangos de corte de 1 a 42 dias.

Nesse contexto, pela contradição encontrada na literatura, do efeito da adição e dos níveis de glicerina na dieta de frangos de corte, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da adição de diferentes níveis de GB a dietas de frangos de corte, sobre o desempenho, rendimento de carcaça, cortes e órgãos, parâmetros sanguíneos, qualidade da carne e qualidade da cama.

## 4.2 Material e métodos

O experimento foi realizado no setor de Avicultura da Estação Experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. O aviário experimental utilizado foi construído em alvenaria com 20 metros de comprimento e 8 metros de largura, dividido em boxes de 1,76 m<sup>2</sup>. Cada box (unidade experimental – UE) dispunha de um comedouro tubular, bebedouro tipo *nipple*, fonte para aquecimento (lâmpadas 250 watts infravermelho) e piso de concreto, o qual foi recoberto com maravalha de pinus de terceiro uso.

A glicerina bruta (GB) foi adquirida da empresa BIOPAR<sup>®</sup> – Bioenergia do Paraná Ltda., localizada na cidade de Rolândia, Paraná, Brasil, e apresentava em sua composição 90,3% de MS, 3.951 kcal kg<sup>-1</sup> de EB, 88,10% de glicerol, 3,76% de metanol, 5,3% de matéria mineral, 0,98% de sódio, 0,03% de potássio e 0,20% proteína bruta na matéria natural (MN).

Foram utilizados 1.056 pintos de corte machos de um dia de idade, Cobb 500, provenientes de uma mesma linhagem e de matrizes entre 40 a 50 semanas de idade, vacinados no incubatório contra a doença de Marek, Gumboro, Bouda Aviária e Bronquite Infeciosa.

As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado. Na fase inicial (1 a 21 dias), as aves foram alocadas em seis tratamentos (seis níveis de inclusão de GB: 0, 1, 3, 5, 7 e 9%), oito repetições e 22 aves por UE. Na fase de crescimento (22 a 42 dias de idade) cada tratamento utilizado na fase inicial, foi desmembrado em dois tratamentos, de modo que um grupo de aves continuou recebendo o mesmo nível de inclusão de GB utilizado na fase anterior e o outro grupo passou a receber uma ração sem inclusão de GB, totalizando assim 11 tratamentos, quatro repetições e 22 aves por UE.

As dietas experimentais, isoproteicas e isocalóricas, foram formuladas à base de milho e

farelo de soja, de acordo com a composição dos alimentos e exigências nutricionais propostas por Rostagno et al. (2011), para as fases de 1 a 21 e 22 a 42 dias de idade para frangos de corte (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 Composição das dietas experimentais utilizadas nos experimentos de desempenho, de 1 a 21 dias de idade

Ingredientes (%)	Níveis de GB (%) - 1 a 21 dias de idade					
	0	1	3	5	7	9
Milho	56,28	54,86	52,10	49,41	46,77	44,29
Farelo de soja (45%)	36,50	36,74	37,20	37,65	38,10	38,51
Glicerina bruta	0,000	1,000	3,000	5,000	7,000	9,000
Óleo de soja	3,400	3,600	3,940	4,230	4,470	4,580
Fosfato bicálcico	1,551	1,553	1,556	1,560	1,563	1,566
Calcário calcítico	0,946	0,944	0,942	0,938	0,947	0,936
Sal comum	0,424	0,406	0,368	0,325	0,275	0,245
Suplemento Vitamínico <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento Mineral <sup>2</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
L-Lisina HCL (78%)	0,228	0,224	0,218	0,208	0,194	0,189
DL-Metionina (99%)	0,306	0,308	0,311	0,314	0,316	0,318
L-Treonina (99%)	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,072
Cloreto de colina (60%)	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
Coxistac <sup>3</sup>	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
Surmax <sup>4</sup>	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
BHT <sup>5</sup>	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<b>Composição calculada</b>						
EM (kcal/kg)	3050	3050	3050	3050	3050	3050
Proteína Bruta (%)	21,20	21,20	21,20	21,20	21,20	21,20
Cálcio (%)	0,841	0,841	0,841	0,841	0,841	0,841
Fósforo disponível (%)	0,401	0,401	0,401	0,401	0,401	0,401
Lisina Digestível (%)	1,21	1,217	1,217	1,217	1,217	1,217
Met + Cys Digestível (%)	0,876	0,876	0,876	0,876	0,876	0,876
Treonina Digestível (%)	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791
Triptofano Digestível (%)	0,244	0,245	0,246	0,248	0,249	0,250
Cloro (%)	0,284	0,271	0,246	0,190	0,186	0,170
Sódio (%)	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210
Potássio (%)	0,831	0,832	0,833	0,834	0,835	0,836
Balanço Eletrolítico (mEq)	223,78	227,70	235,01	251,06	252,45	257,21

<sup>1</sup>Suplemento Vitamínico para aves (Lote BR00014639), Níveis de Garantia por Quilograma produto: Vit. A (min) 9000000,00 UI, Vit. D3 (min) 2500000,00 UI, Vit. E (min) 20000,00 UI, Vit. K3 (min) 2500,00 mg, Vit. B1 (min) 1500,00 mg, Vit. B2(min) 6000,00 mg, Vit. B6(min) 3000,00 mg, Vit. B12 (min) 12000,000 mg. Ácido Pantotênico (min) 12 g, Niacina (min) 25g, Ácido Fólico(min) 800,00 mg, Biotina (min) 60,0 mg, Selênio(min) 250,0 mg. <sup>2</sup>Suplemento Mineral para aves (Lote BR00013863), Níveis de Garantia por Quilograma do Produto: Cobre (min) 20g, Ferro (min) 100g, Manganês (min) 160g, Cobalto (min) 2000,0 mg, Iodo (min) 2000,0 mg, Zinco (min) 100g. <sup>3</sup>Anticoccidiano; <sup>4</sup>Promotor de crescimento; <sup>5</sup>Antioxidante.

Tabela 2. Composição das dietas experimentais utilizadas nos experimentos de desempenho, de 21 a 42 dias de idade

Ingrediente (%)	Níveis de GB (%) - 21 a 42 dias de idade					
	0	1	3	5	7	9
Milho	59,74	58,39	55,73	53,13	50,54	47,93
Farelo de soja (45%)	32,42	32,67	33,14	33,59	34,04	34,50
Glicerina bruta	0,000	1,000	3,000	5,000	7,000	9,000
Óleo de soja	4,260	4,390	4,630	4,830	5,010	5,210
Fosfato bicálcico	1,337	1,335	1,337	1,341	1,345	1,347
Calcário calcítico	0,892	0,887	0,884	0,882	0,880	0,876
Sal comum	0,459	0,439	0,397	0,351	0,315	0,276
Suplemento Vitamínico <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento Mineral <sup>2</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
L-Lisina HCL (78%)	0,235	0,231	0,221	0,213	0,204	0,193
DL-Metionina (99%)	0,292	0,293	0,296	0,298	0,301	0,303
L-Treonina (99%)	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071
Cloreto de colina (60%)	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
Coxistac <sup>3</sup>	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
Surmax <sup>4</sup>	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
BHT <sup>5</sup>	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<b>Composição calculada</b>						
EM (kcal/kg)	3150	3150	3150	3150	3150	3150
Proteína Bruta (%)	19,80	19,80	19,80	19,80	19,80	19,80
Cálcio (%)	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758
Fósforo disponível (%)	0,354	0,354	0,354	0,354	0,354	0,354
Lisina Digestível (%)	1,131	1,131	1,131	1,131	1,131	1,131
Met + Cys Digestível (%)	0,826	0,826	0,826	0,826	0,826	0,826
Treonina Digestível (%)	0,735	0,735	0,735	0,735	0,735	0,735
Triptofano Digestível (%)	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220
Cloro (%)	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310
Sódio (%)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Potássio (%)	0,766	0,767	0,769	0,770	0,772	0,773
Balanco Eletrolítico (mEq)	195,40	195,70	196,20	196,50	197,00	197,30

<sup>1</sup>Suplemento Vitamínico para aves (Lote BR00014639), Níveis de Garantia por Quilograma produto: Vit. A (min) 9000000,00 UI, Vit. D3 (min) 2500000,00 UI, Vit. E (min) 20000,00 UI, Vit. K3 (min) 2500,00 mg, Vit. B1 (min) 1500,00 mg, Vit. B2(min) 6000,00 mg, Vit. B6(min) 3000,00 mg, Vit. B12 (min) 12000,000 mg. Ácido Pantotênico (min) 12 g, Niacina (min) 25g, Ácido Fólico(min) 800,00 mg, Biotina (min) 60,0 mg, Selênio(min) 250,0 mg. <sup>2</sup>Suplemento Mineral para aves (Lote BR00013863), Níveis de Garantia por Quilograma do Produto: Cobre (min) 20g, Ferro (min) 100g, Manganês (min) 160g, Cobalto (min) 2000,0 mg, Iodo (min) 2000,0 mg, Zinco (min) 100g. <sup>3</sup>Anticoccidiano; <sup>4</sup>Promotor de crescimento; <sup>5</sup>Antioxidante.

Os valores de energia metabolizável aparente corrigidas para balanço de nitrogênio (EMAn) das gliceras, utilizados para as formulações das rações de desempenho, foram 2.505 e 2.431 kcal kg<sup>-1</sup> na MN para a GB, respectivamente.

Foram utilizados dois termohigrômetros, distribuídos aleatoriamente em dois boxes com a finalidade de registrar a temperatura máxima e mínima, bem como a umidade relativa do

ar no interior do galpão.

O peso e o consumo de ração foram registrados aos 21 e 42 dias de idade, para avaliação do desempenho das aves. A mortalidade foi observada diariamente, para a realização das correções no consumo de ração e conversão alimentar, segundo Sakomura e Rostagno (2007).

Aos 21 e aos 42 dias de idade, quatro aves por UE escolhidas ao acaso, foram mantidas em jejum por seis horas, para coleta de sangue via punção braquial. Após este processo, o sangue foi centrifugado e o soro separado e congelado para as análises de colesterol, triglicerídeos (TAG), glicose, bilirubina total, creatinina, aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT) e GamaGT (GGT). As leituras foram realizadas com a utilização de “kits” comerciais (ELITech Clíenical Systems), utilizando espectrofotômetro automático, com calibração automática e leitura de alta performance.

Aos 42 dias de idade, quatro aves por UE, com peso médio ( $\pm 5\%$ ), após seis horas de jejum, foram individualmente pesadas e sacrificadas utilizando o deslocamento cervical e posterior sangria, em conformidade com a resolução nº 1000/2012 do CFMV, e de acordo com a Instrução Normativa nº3 de 17 de janeiro de 2000 da DSA/MAPA que estabelece os Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário.

Duas destas aves foram utilizadas para determinação da composição de carcaça. Após serem depenadas as carcaças inteiras (incluindo pés e cabeça) foram pesadas e moídas, para posterior determinação da TDG (taxa de deposição de gordura) e TDP (taxa de deposição de proteína).

As amostras de carcaça foram pré-secas em estufa com ventilação forçada a  $\pm 55^{\circ}\text{C}$ , durante 72 horas. As análises de extrato etéreo e de proteína bruta das amostras foram realizadas conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2005). Um grupo adicional de 20 aves com um dia de idade foi abatido, para determinação da composição corporal das aves no início do experimento. As deposições de gordura e de proteína na carcaça foram calculadas pela diferença entre a composição da carcaça das aves com 42 dias e com um dia de idade.

As outras duas aves foram utilizadas para determinar o rendimento de carcaça (sem pés e cabeça), de peito, coxa, sobrecoxa, asa e dorso, do fígado sem a vesícula biliar, moela vazia e de gordura abdominal (obtida através da gordura retirada da cloaca e ao redor da moela).

A qualidade da carne foi avaliada no músculo do peito (*pectoralis major*) direito e esquerdo de duas aves por UE e o pH determinado diretamente no filé do peito direito, 15 min e 24h “*post mortem*” (OLIVO et al., 2001a), com o auxílio do pHgâmetro portátil HI 99163.

A coloração da carne de peito foi mensurada 15 min “*post mortem*”, utilizando o colorímetro portátil CR-400 (Konica Minolta Sensing, São Paulo, Brasil). Os componentes L\*

(luminosidade – nível de escuro a claro),  $a^*$  (intensidade de vermelho/verde) e  $b^*$  (intensidade de amarelo/azul) foram expressos no sistema de cor Cielab, que foram medidos na parte mais espessa da superfície ventral no meio da secção cranial do músculo peitoral (VAN LAACK et al., 2000).

Os músculos do peito do lado esquerdo das aves foram utilizados para análise da capacidade de retenção de água na carcaça (CRA), perda de peso por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC). A CRA foi realizada de acordo com o método por centrifugação, proposto por Nakamura e Katok (1985).

Para tanto, as amostras de aproximadamente 1 g de músculo do peito (*pectoralis major*) “in natura” foram embrulhadas em papel filtro, centrifugadas a 2000 rpm durante 4 min, pesadas, secas em estufa a 70°C por 12h e pesadas novamente para o cálculo da CRA.

Para determinação da PPC (HONIKEL, 1998), os filés de peito após serem pesados, embalados em papel laminado e cozidos em chapa elétrica de modelo comercial, até atingirem a temperatura interna de 80°C, ficaram em repouso até estabilizarem a temperatura ambiente, sendo novamente pesadas, obtendo-se assim os valores da PPC.

Para as análises de FC, amostras foram cortadas em três retângulos (1,0 x 1,0 x 2,0 cm), e colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular à lâmina para determinação da FC em quilograma força ( $\text{kgf cm}^{-2}$ ) com o auxílio do equipamento Brookfield CT3 Texture Analyzer, acoplado com a probe TA 3/100, fixture TA - SBA, calibrado com força 0,01 kg, deformação 20 mm, velocidade do teste de  $2,5 \text{ mm s}^{-1}$ .

Para verificar a qualidade da cama, foi analisada a amônia da cama (AMC) e matéria seca da cama (MSC). Aos 21 e 42 dias de idade das aves, amostras de aproximadamente 100g de cama de cada UE foram coletadas para determinação da umidade, pela secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72h, e amônia, segundo a metodologia proposta por Hernandez e Cazetta (2001).

Os dados foram submetidos à análise de regressão polinomial em função dos níveis da GB, excluindo a ração controle (0% de GB). Adicionalmente utilizou-se o teste de Dunnett, a 5% de probabilidade, para os parâmetros de desempenho, rendimento de carcaça e órgãos, composição da carcaça, qualidade da cama, a fim de comparar a ração controle com os demais tratamentos. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa SAEG - Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 1999).

### **4.3 Resultados e discussão**

As temperaturas médias, máximas e mínimas, registradas durante o período experimental, foram de 31,4 e 22,5°C, respectivamente. A mortalidade apresentou uma distribuição uniforme entre os tratamentos, não ultrapassando 3%. Portanto, os tratamentos utilizados não afetaram a mortalidade do lote.

No período de 1 a 21 dias, o para peso médio final (PMF) e ganho de peso (GP) apresentaram comportamento linear crescente ( $P < 0,05$ ) em função dos níveis de glicerina bruta (GB) da dieta, descritos pelas equações  $PMF = 1038,28 + 6,667604GB$  ( $R^2 = 0,82$ ) e  $GP = 994,082 + 6,67239GB$  ( $R^2 = 0,82$ ). Já a conversão alimentar (CA) apresentou comportamento linear decrescente ( $P < 0,07$ ) em função dos níveis de GB da dieta, descrito pela equação  $CA = 1,35939 - 0,00447656GB$  ( $R^2 = 0,72$ ). O consumo de ração (CR) não apresentou efeito ( $P > 0,05$ ) em função dos níveis de GB, na fase de 1 a 21 dias (Tabela 3).

Houve efeito ( $P < 0,05$ ) PMF e GP pelo teste de Dunnett. A inclusão de 5, 7 e 9% de GB proporcionaram um melhor PMF e GP, mantendo a conversão alimentar similar a ração controle (RC, 0%), na fase de 1 a 21 dias de idade. Para o CR e CA não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) pelo teste de Dunnett.

Tabela 3. Desempenho e qualidade da cama de frangos de corte, alimentados com níveis de inclusão de glicerina bruta (GB), no período de 1 a 21 dias de idade

Inclusão (%)	PMF (g)	GP (g)	CR (g)	CA (g g <sup>-1</sup> )	MSC (%)	AMC (mg 100g <sup>-1</sup> )
0	1042,76	988,52	1415,58	1,364	61,65	2,62
1	1040,86	996,65	1410,98	1,361	64,44	2,49
3	1053,76	1009,57	1422,98	1,355	62,17	2,74
5	1078,82*	1034,59*	1428,60	1,328	60,29	3,38
7	1097,19*	1052,99*	1468,76	1,343	63,70	4,89*
9	1086,19*	1041,95*	1429,73	1,321	64,58	5,22*
EPM	4,68	4,68	6,69	0,006	0,62	0,03
P valor						
Linear	<0,01	<0,01	0,10	0,07	0,71	<0,01
Quadrática	0,11	0,11	0,26	0,85	0,03	0,64
Equações de regressão polinomial						
$PMF = 1038,28 + 6,667604GB; R^2 = 0,82$ $GP = 994,082 + 6,67239GB; R^2 = 0,82$ $CA = 1,35939 - 0,00447656GB; R^2 = 0,72$ $MSC = 66,1507 - 2,02702GB + 0,211872GB^2; R^2 = 0,76; GB = 4,78\%; MSC = 61,30\%$ $AMC = 0,1850 + 0,0379233GB; R^2 = 0,93;$						

\*Médias seguidas de \* diferem do nível de inclusão "0" pelo teste de Dunnett, ao nível de 5% de probabilidade; PMF: peso médio final; GP: ganho de peso; CR: consumo de ração; CA: conversão alimentar; MSC: matéria seca da cama; AMC: amônia da cama; EPM: erro padrão da média.

O maior PMF e GP pode ser atribuído ao aumento da concentração do glicerol na dieta. Este composto pode ser metabolizado gerando energia o que permite com que a proteína consumida seja depositada. Além disso, considerando a característica de solubilidade em água o glicerol é facilmente absorvido pelo trato gastrointestinal (HOBBER; HOBBER, 1937). Com isso, frangos de corte alimentados com 5, 7 e 9% de GB chegaram ao final dos 21 dias com um peso vivo 4,3% superior ao tratamento controle (0% de GB).

Ao utilizarem níveis de inclusão de até 10% de GB Silva et al. (2012) observaram que o CR, PMF e GP apresentaram um comportamento linear crescente para a fase inicial (1 a 7 dias), no entanto, para o período de 1 a 21 dias as variáveis não se enquadraram em nenhum modelo de regressão. De acordo com os autores a melhora nessas variáveis foi devido a GB melhorar a textura e reduzir a poeira das rações.

Henz et al. (2014) avaliando níveis crescentes de GB (3, 6, 9, 12 e 15%) para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, encontraram um efeito quadrático no ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar, recomendando o nível 6,06% de inclusão.

A concentração de metanol da GB pode ser considerada um fator limitante no desempenho das aves, pois o metanol é metabolizado no fígado e o acúmulo de seus metabólitos no organismo é tóxico aos animais.

A GB utilizada no presente trabalho apresentava 3,76% de metanol, valor que se encontra bem acima dos critérios mínimos de qualidade estabelecido pelo MAPA para a utilização da GB como alimento para a nutrição animal, que é de 150 mg kg<sup>-1</sup>. Contudo não se verificou efeito negativo no desempenho até o nível de 9% de sua inclusão na dieta para a fase de 1 a 21 dias, e sim uma melhora no PMF e GP com os maiores níveis de inclusão. Ainda não foi observado efeito sobre a concentração das enzimas ALT, AST e GGT, indicando que o fígado não foi afetado (Tabela 6).

Ao avaliarem GB com diferentes níveis de metanol, Jung e Batal (2011) verificaram que a inclusão de até 10% de GB (com 3,10% de metanol), não afetou o desempenho de frangos de corte de 1 a 15 dias. Assim, pressupõe-se que frangos de corte apresentam uma menor sensibilidade aos teores de metanol.

Pela análise de regressão foi observado efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) dos níveis de GB para a matéria seca da cama (MSC), descrito pela equação  $MSC = 66,1507 - 2,02702GB + 0,211872GB^2$ ; ( $R^2 = 0,76$ ), estimando-se 4,78% o nível de inclusão da GB, que determina o menor valor da MSC, 61,30%. Porém, não foi observado diferença ( $P > 0,05$ ), pelo teste de Dunnett

Estes resultados contrapõem-se aos encontrados por Cerrate et al. (2006), que observaram um aumento visível na umidade da cama para o nível de 10% inclusão, em comparação aos demais tratamentos (0 e 5% de inclusão de GB). Em estudos realizados por Henz et al. (2014) avaliando níveis crescente de GB até 15% e Guerra et al. (2011) avaliando níveis até 10%, ambos verificaram que a umidade da cama aumentou de forma linear, para frangos de 1 a 21 dias de idade.

Ambos os autores destacam que o aumento de umidade pode ter sido provocado pelos níveis mais elevados de sódio e potássio na dieta, bem como a alta higroscopicidade do glicerol excretado pelas aves. Porém neste experimento não foi observado efeito sobre a umidade da cama, aja visto que os animais possam ter aproveitado o glicerol e por isso não houve interferência nesta variável.

Quando as concentrações de sódio são consideradas nas formulações de rações, o aumento da umidade da cama pode estar relacionado com a propriedade higroscópica do glicerol. A utilização do glicerol depende da atividade de certas enzimas, que possuem um metabolismo limitado (MIN et al., 2010). Assim, quando há quantidades excessivas de glicerol no organismo, a água que deveria ser reabsorvida, liga-se com as moléculas de glicerol, e os dois são filtrados pelos rins e excretados na urina, o que promove um aumento desta (GIANFELICI et al., 2011). Entretanto os teores de sódio e potássio da amostra de GB apresentaram-se baixos, o que permitiu que as exigências das aves fossem mantidas, e os níveis de inclusão aparentemente não extrapolaram a capacidade das enzimas digestivas.

A amônia da cama (AMC) apresentou efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) em função dos níveis de GB da dieta, descrito pela equação  $AMC = 0,1850 + 0,0379233GB$  ( $R^2 = 0,93$ ). A AMC apresentou efeito ( $P < 0,05$ ) em relação à RC nos níveis de 7 e 9% de GB pelo teste de Dunnett, sendo observados maiores valores para estes níveis.

Os aumentos na umidade da cama, juntamente com os compostos nitrogenados e glicídicos, propiciam o aumento na produção da amônia nos aviários (HERNANDES et al., 2002), que pode provocar lesões oculares e respiratórias nos animais (CARVALHO et al., 2011). No Brasil não há um limite legal de amônia, contudo, os países exportadores de carne brasileira estipulam o máximo de  $2 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ . Porém, alguns sistemas de produção apresentam concentração de até  $5 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  nas últimas semanas das aves no aviário, considerados muita acima do ideal (JONES et al., 2005; OWADA et al., 2007). Os níveis de 7 e 9% de inclusão apresentaram  $4,89$  e  $5,22 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  de amônia, no entanto, não foi observado influência sobre o desempenho e mortalidade das aves.

Considerando os dados de desempenho para a fase de 1 a 42 dias de idade, onde um grupo

de aves recebeu GB de 1 a 21 dias de idade e posteriormente passou a receber a RC até os 42 dias e o outro grupo recebeu GB de 1 a 42 dias de idade (período total), foi observado efeito ( $P < 0,05$ ) para o CR, pelo teste de Dunnett, para o grupo que recebeu GB até os 21 dias. Nos níveis de 1, 5 e 7% de inclusão de GB ocorreu um aumento nos valores em relação à RC. O PMF, GP e CA não foram influenciados ( $P > 0,05$ ) (Tabela 4).

Tabela 4. Desempenho de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina bruta (período de 1 a 21 dias e de 1 a 42 dias de idade)

	Período <sub>1</sub>	Níveis de inclusão de glicerina bruta (%)							Valor de P		
		0	1	3	5	7	9	Média <sup>2</sup>	L	Q	EPM
PMF (g)	1 – 21		3188,34	3242,76	3188,81	3244,81	3173,22	3207,59 <sup>b</sup>	0,80	0,30	15,92
	1 – 42	3169,72	3261,18	3222,17	3281,34	3302,27	3231,45	3259,68 <sup>a</sup>	0,88	0,55	19,90
GP (g)	1 – 21		3144,92	3198,50	3144,64	3200,65	3129,02	3163,40 <sup>b</sup>	0,80	0,30	15,93
	1 – 42	3125,48	3216,92	3178,02	3237,10	3258,04	3187,16	3215,49 <sup>a</sup>	0,88	0,29	19,88
CR (g)	1 – 21		5066,98*	5023,34	5048,95*	5105,69*	5019,38	5052,87 <sup>a</sup>	0,94	0,78	22,57
	1 – 42	4863,73	4844,16	4815,09	4835,94	4958,96	4821,65	4855,16 <sup>b</sup>	0,60	0,61	25,93
CA (g g <sup>-1</sup> )	1 – 21		1,59	1,55	1,58	1,57	1,58	1,57 <sup>b</sup>	0,86	0,41	0,007
	1 – 42	1,53	1,48	1,49	1,47	1,50	1,49	1,49 <sup>a</sup>	0,66	0,83	0,006
AMC (mg 100g <sup>-1</sup> )	1 – 21		2,94	3,29	3,05	3,93	4,50	3,54	0,03	0,42	0,22
	1 – 42	3,42	2,87	3,98	4,18	4,48	2,60	3,62	1,00	0,03	0,29
MSC (%)	1 – 21		52,74	58,21	56,09	62,10	58,27	57,48	0,25	0,50	1,80
	1 – 42	57,69	55,95	57,57	54,76	55,22	53,67	55,44	0,52	0,81	1,47

Equações de Regressão

$$\text{AMC (1 – 21)} = 2,60482 + 0,18785\text{GB}; R^2 = 0,81$$

$$\text{AMC (1 – 42)} = 1,85234 + 1,04547\text{GB} - 0,10477\text{GB}^2; R^2 = 0,89; \text{GB} = 4,99\%; \text{AMC} = 4,46$$

PMF: peso médio final; GP: ganho de peso; CR: consumo de ração; CA: conversão alimentar; AMC: amônia da cama; MSC: matéria seca da cama; L: Linear; Q: quadrática; EPM: erro padrão da média.

<sup>1</sup> De 1 a 21 dias: as aves receberam glicerina; 1 a 42 dias: aos 22 dias, quatro unidades experimentais de cada tratamento passaram a receber a ração controle, e as outras quatro continuaram recebendo os mesmos níveis de glicerina fornecidos no período de 1 a 21 dias de idade.

<sup>2</sup> Teste F, a 5% de probabilidade.

\*Diferem da ração controle (0%) pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

O grupo que recebeu GB durante o período total (1 a 42 dias) apresentou maior PMF e GP, e menor CR e melhor CA comparado ao grupo que recebeu GB só até os 21 dias de idade, pelo teste F, independente do nível de inclusão. Abd-Elsamee et al. (2010) observaram que a inclusão de 6 ou 8% de GB na dieta de frangos de corte de 1 a 42 dias, não afetou o GP, CR e CA. Em outro estudo, Sehu et al. (2013) relatam que aves que receberam 5 e 10% de GB apresentaram maior PMF, GP e uma melhor CA, em relação as aves que receberam a dieta basal (0% de GB).

Apesar dos resultados positivos apresentados por alguns autores quando da utilização de GB nas dietas Cerrate et al. (2006) encontraram menor GP, CR e uma pior CA para as aves que receberam o nível de 10% de GB, em comparação aos animais dos demais tratamentos (0 e 5%). Segundo os autores, a inclusão de 10% GB afetou a qualidade do pellet e a saída da ração no comedouro, causando a redução do consumo e desempenho das aves.

De acordo com estudo de Steele et al. (1971), a presença de glicerol reduz a atividade da enzima glutamato desidrogenase, favorecendo assim a deposição de proteína dos aminoácidos glicogênicos. Contudo, segundo Cryer e Bartley (1973), a redução na utilização desses aminoácidos, deve-se também à inibição de outra enzima da gliconeogênese, a fosfoenolpiruvato carboxilase.

Em estudo mais recente, Bernardino et al. (2013) verificaram que a utilização de glicerinas, com menor porcentagem de glicerol, diminuem a ação da enzima glutamato desidrogenase. A glutamato desidrogenase catalisa a reação do glutamato a  $\alpha$ -cetoglutarato e vice-versa. Sendo assim, atua tanto na degradação como na síntese de aminoácidos glicogênicos, dependendo do estado fisiológico dos animais (CHAMPE et al., 2009).

No caso da utilização de glicerinas com menores percentuais de glicerol, grande parte do glicerol pode ser metabolizado para a produção da energia por meio da glicólise e do ciclo de Krebs, impedindo a atividade da glutamato desidrogenase. Assim, a degradação dos aminoácidos glicogênicos é reduzida. Entretanto, quando se utilizam produtos com maior concentração de glicerol, o glicerol pode ser convertido a um intermediário da glicólise e após a piruvato, sendo utilizado, sobretudo, para a síntese de  $\alpha$ -cetoglutarato. O  $\alpha$ -cetoglutarato em seguida pode ser utilizado pela glutamato desidrogenase para síntese dos aminoácidos. Em ambos os casos, o aumento da glicerina na dieta pode proporcionar uma maior deposição de proteína pelos animais (BERNARDINO et al., 2013).

Sendo assim, o aumento observado no PMF e GP das aves alimentadas com GB de 1 a 42 dias em relação ao grupo que recebeu somente de 1 a 21 dias de idade, pode estar relacionado com esse aumento na síntese proteica causada pelo glicerol.

A AMC para aves que receberam GB até os 21 dias apresentou um efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) em função dos níveis de GB, descrito pela equação  $AMC = 2,60482 + 0,18785GB$  ( $R^2 = 0,81$ ). Já para o grupo que recebeu GB no período total foi observado efeito quadrático ( $P < 0,05$ ), descrito pela equação  $AMC = 1,85234 + 1,04547GB - 0,10477GB^2$  ( $R^2 = 0,89$ ), estimando-se 4,99% o nível de inclusão da GB, que determina o valor máximo de 4,46 mg 100g<sup>-1</sup> para a AMC. A MSC não foi afetada pelos níveis e tempo de adição da GB na dieta de frangos de corte de 1 a 42 dias.

Pela análise de regressão a gama GT (GGT) e creatinina (Creat) apresentaram efeito quadrático ( $P < 0,05$ ), descrito pelas equações  $GAGT = 9,33501 + 0,939997GB - 0,0749997GB^2$  ( $R^2 = 0,88$ ) e  $Creat = 0,152682 + 0,0114428GB - 0,000839281GB^2$  ( $R^2 = 0,79$ ) estimando-se os níveis de inclusão de 6,27% e 6,82% de GB para o valor máximo de 12,28 mg dl<sup>-1</sup> e 0,191 mg dl<sup>-1</sup>, respectivamente. Para a variável alanina aminotransferase (ALT) também foi observado efeito quadrático, descrito pela equação  $ALT = 9,38333 - 1,14323GB + 0,0702344GB^2$  ( $R^2 = 0,91$ ) estimando-se o nível de 4,73% de inclusão de GB para o valor mínimo de 4,73 UI L<sup>-1</sup>. As variáveis colesterol (Col), triglicerídeos (TAG), aspartato aminotransferase (AST), bilirubina total (BilTot), glicose (Glic) não se ajustaram ( $P > 0,05$ ) a nenhuma equação (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros bioquímicos sanguíneos de frangos de corte, alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina bruta (GB), no período de 1 a 21 dias de idade

Item	Níveis de inclusão de GB (%)						P Valor (Reg.)		
	0	1	3	5	7	9	L	Q	EPM
Col (mg dL <sup>-1</sup> )	113,60	132,60*	129,70	119,10	114,20	126,00	0,13	0,16	2,33
TAG (mg dL <sup>-1</sup> )	26,20	27,30	35,00*	32,75	28,80	30,90	0,72	0,19	0,83
GGT (mg dL <sup>-1</sup> )	9,80	10,30	11,50	11,50	13,10*	11,40	0,07	0,04	0,30
Creat (mg dL <sup>-1</sup> )	0,143	0,163	0,178*	0,195*	0,185*	0,190*	<0,01	0,04	0,003
AST (UI L <sup>-1</sup> )	154,22	162,25	184,60	181,55	164,89	179,60	0,60	0,40	4,72
ALT (UI L <sup>-1</sup> )	13,60	8,50*	6,00*	6,11*	4,55*	4,80*	<0,01	<0,01	0,15
BilTot (mg dL <sup>-1</sup> )	0,045	0,051	0,050	0,047	0,050	0,051	1,00	0,40	0,001
Glic (mg dL <sup>-1</sup> )	199,00	215,10	218,10	203,40	193,70	201,40	0,08	0,72	3,91

Equações de regressão

$GAGT = 9,33501 + 0,939997GB - 0,0749997GB^2$ ;  $R^2 = 0,88$ ; GB= 6,27;  $GAGT = 12,28$

$Creat = 0,16695 + 0,00305GB$ ;  $R^2 = 0,54$

$Creat = 0,152682 + 0,0114428GB - 0,000839281GB^2$ ;  $R^2 = 0,79$ ; GB= 6,82;  $Creat = 0,191$

$ALT = 8,19943 - 0,439381GB$ ;  $R^2 = 0,78$

$ALT = 9,38333 - 1,14323GB + 0,0702344GB^2$ ;  $R^2 = 0,91$ ; GB= 8,14;  $ALT = 4,73$

\*Diferem da ração controle (0%) pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade; Col.: colesterol; TAG: triglicerídeos; GGT: gama GT; Creat.: creatinina; AST: aspartato aminotransferase; ALT: alanina aminotransferase; Bil. Tot.: bilirrubina total; Glic.: glicose; EPM: erro padrão da média.

A inclusão da GB proporcionou um aumento na concentração de colesterol ( $P < 0,05$ ) no

sangue com 1% de GB, em relação ao grupo controle pelo teste de Dunnett. O mesmo ocorreu para as concentrações de TAG e GGT, para os níveis de 3 e 7% de GB, respectivamente.

Para os níveis de 3, 5, 7 e 9% de GB foi observado valores de creatinina superiores ( $P < 0,05$ ) quando comparado ao tratamento controle. Para a concentração de ALT todos os níveis testados de GB foram inferiores ( $P < 0,05$ ) ao observado para as aves que não consumiram GB. As variáveis BilTot e Glic não apresentaram diferença ( $P > 0,05$ ) para os níveis de GB.

A avaliação bioquímica do sangue é uma ferramenta para a detecção de doenças, fornecendo informações sobre o grau de lesão de órgãos como rins, músculos, fígado, entre outros (SCHMIDT et al., 2007). Entre as enzimas avaliadas as concentrações de GGT, ALS e AST podem ser utilizadas para a avaliação de lesões nos hepatócitos.

Encontrada distribuída no organismo animal, em especial nos epitélios hepáticos, renais e pancreáticos, a enzima GGT é afetada diretamente por fatores que influenciam as membranas das células dos órgãos onde é encontrada (KRAMER, 1980), contudo, por ser encontrada dentro da mitocôndria, sua atividade só aumenta em casos de lesões hepáticas muito graves. Já os aumentos ocorridos na atividade da ALT, geralmente estão correlacionados às lesões hepáticas ou musculares (HARR et al., 2002; GRUNKEMEYER, 2010).

Os níveis elevados da enzima Creat estão relacionados a danos renais graves (CAPITELLI; CROSTA, 2013). No presente estudo foi observado um aumento linear nas concentrações de Creat, com o aumento da inclusão da GB, acredita-se que esse aumento possa estar relacionado com uma possível sobrecarga da função deste órgão, para a eliminação do glicerol que não foi metabolizado (DASARI, 2007).

Pelo teste de Dunnett, considerando o período total, os animais que receberam GB até os 21 dias de idade (1 a 21) e posteriormente (21 a 42 dias) passaram a receber uma dieta sem GB, somente o nível de 9% de GB diferiu ( $P < 0,05$ ) da RC apresentando o menor valor de ALT. Para esta mesma variável, os animais que continuaram recebendo GB até os 42 dias, todos os níveis de inclusão de GB diferiram da RC, apresentando valores inferiores à RC. Para as variáveis Col, TAG, GGT, Creat, AST, BilTot e Glic não foi observado interferência dos níveis de inclusão de GB ( $P > 0,05$ ) (Tabela 6).

Pelo Teste F, observou-se diferença ( $P < 0,05$ ) para as variáveis de colesterol e ALT. O grupo de aves que recebeu GB na dieta até os 21 apresentou maior valor quando comparado ao grupo que recebeu GB até os 42 dias, para ambas variáveis. Para o TAG, GAGT, Creat, AST, BilTot e Glic não foram observados efeitos ( $P > 0,05$ ).

Tabela 6. Parâmetros bioquímicos sanguíneos de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina bruta (período de 1 a 21 e de 1 a 42 dias de idade)

	Período <sup>1</sup>	Níveis de inclusão de glicerina bruta (%)						Média <sup>2</sup>	Valor de P		
		0	1	3	5	7	9		L	Q	EPM
Col (mg dl <sup>-1</sup> )	1 – 21	124,37	138,50	124,75	131,00	121,25	140,75	131,25 <sup>a</sup>	0,96	0,08	3,23
	1 – 42		106,50	119,25	129,50	115,25	125,50	119,20 <sup>b</sup>	0,16	0,29	3,24
TAG, (mg dl <sup>-1</sup> )	1 – 21	27,37	25,75	22,25	21,75	30,75	26,50	25,40	0,28	0,46	1,27
	1 – 42		23,25	26,75	28,75	24,00	28,00	26,15	0,50	0,63	1,40
GAGT, (mg dl <sup>-1</sup> )	1 – 21	21,25	22,25	17,75	15,50	17,25	16,50	17,85	0,29	0,39	1,55
	1 – 42		20,75	14,50	16,75	13,75	14,50	16,05	0,26	0,52	1,60
Creat, (mg dl <sup>-1</sup> )	1 – 21	0,162	0,177	0,160	0,180	0,177	0,173	0,174	0,24	0,37	0,005
	1 – 42		0,180	0,177	0,180	0,172	0,157	0,173	0,08	0,29	0,004
AST, (UI L <sup>-1</sup> )	1 – 21	426,62	383,50	365,50	425,75	428,50	319,25	384,50	0,64	0,17	19,79
	1 – 42		391,50	399,00	412,25	431,75	329,50	392,80	0,43	0,13	16,05
ALT, (UI L <sup>-1</sup> )	1 – 21	15,12	12,33	10,00	15,00	10,25	9,50*	11,37 <sup>a</sup>	0,06	0,92	0,90
	1 – 42		8,50*	7,50*	12,75	7,00*	5,75*	8,30 <sup>b</sup>	0,25	0,07	0,70
BilTot, (mg dl <sup>-1</sup> )	1 – 21	0,0425	0,0425	0,0425	0,0400	0,0500	0,0475	0,045	0,20	0,63	0,002
	1 – 42		0,0350	0,0525	0,0450	0,0400	0,0475	0,044	0,33	0,26	0,0018
Glic, (mg dl <sup>-1</sup> )	1 – 21	217,37	226,50	229,00	214,50	222,75	227,25	224,00	0,81	0,27	2,78
	1 – 42		221,75	226,75	219,00	216,75	232,50	223,35	0,56	0,25	2,70

Col.: colesterol; TAG.: triglicerídeos; GGT: gama GT; Creat.: creatinina; AST: aspartato aminotransferase; ALT: alanina aminotransferase; Bil. Tot.: bilirrubina total; Glic.: glicose; EPM: erro padrão da média.

<sup>1</sup>De 1 a 21 dias: as aves receberam glicerina até os 21 dias de idade; 1 a 42 dias: aos 22 dias, quatro unidades experimentais de cada tratamento passaram a receber a ração controle, e as outras quatro continuaram recebendo os mesmos níveis de glicerina fornecidos no período de 1 a 21 dias de idade.

<sup>2</sup>Teste F, a 5% de probabilidade.

\*Diferem da ração controle (0%) pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

O glicerol, oriundo da glicerina, pode afetar a taxa de passagem da digesta, visto que possui a característica hidrofílica, aumentando a viscosidade do bolo alimentar, o que reduz diretamente a utilização dos nutrientes pelo animal (BARTECZKO; KAMINSKI 1999). Neste sentido, a digestão e absorção dos lipídeos acabam sendo afetadas, provocando uma redução nos valores de colesterol e TAG, visto que a excreção dos lipídeos e sais biliares nas excretas aumentam, uma vez que a ação dos sais biliares pode ser reduzida em função do aumento da viscosidade (MOURÃO et al., 2005).

Em contraste com este estudo, Abd-Elsamee et al. (2010) não encontraram diferença para os parâmetros bioquímicos sanguíneos com a inclusão de até 8% de GB na dieta de frangos de corte, aos 42 dias de idade.

Para o grupo de aves que recebeu GB até os 21 dias, foi observado o menor rendimento de asa (Rasa) para o nível de 7% de GB quando comparado ao tratamento controle ( $P < 0,05$ , teste de Dunnett) (Tabela 7).

Ainda pelo teste de Dunnett, as aves que receberam 7 e 9% de GB até os 42 dias apresentaram menor porcentagem de gordura abdominal quando comparado ao tratamento controle. Pelo Teste F, considerando as médias gerais dos dois grupos, as aves que receberam GB até os 42 dias apresentaram menor porcentagem de gordura abdominal ( $P_{gab}$ ) ( $P < 0,05$ ) do que o grupo que recebeu o ingrediente até os 21 dias de idade. As demais variáveis não foram influenciadas ( $P > 0,05$ ) pelos níveis e tempo de inclusão de GB.

Em trabalho realizado por Sehu et al. (2013), os autores também não encontraram diferença para o  $R_{carc}$  e peso relativo dos órgãos de frangos de corte alimentados com até 10% de GB.

Em outro estudo, Guerra et al. (2011) também não observaram diferença para o rendimento de carcaça bem como dos cortes peito, coxa e asa para frangos que receberam até 10% de GB na dieta. Já a  $P_{gab}$  apresentou um efeito linear decrescente, o qual os autores atribuíram a subestimação do valor energético da glicerina, haja vista que as variáveis de desempenho apresentaram comportamento semelhante.

Silva et al. (2012) não observaram diferença no  $R_{carc}$ ,  $R_{peito}$ ,  $R_{coxa}$ ,  $R_{sob}$ ,  $R_{asa}$  e  $P_{gab}$  para níveis de inclusão de até 10% de GB. No entanto, Cerrate et al. (2006) observaram um aumento no rendimento de peito de 3% nas aves alimentadas com 2,5 e 5% de GB, sugerindo que o glicerol pode favorecer a deposição proteica. Resultado este não observado no presente estudo, pois não foi encontrado melhora nos rendimentos de carcaça e cortes com o aumento da inclusão de GB.

Tabela 7. Rendimento de carcaça e dos órgãos de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina bruta (período de 1 a 21 e de 1 a 42 dias de idade)

	Período <sup>1</sup>	Níveis de inclusão de glicerina bruta (%)						Valor de P			
		0	1	3	5	7	9	Média <sup>2</sup>	L	Q	EPM
Rcarc, %	1 – 42		78,14	78,20	77,35	77,35	77,55	77,72	0,23	0,55	0,23
	1 – 21	77,01	77,59	78,07	78,65	77,36	78,49	78,03	0,48	0,76	1,84
Rpei, %	1 – 42		40,22	38,82	39,00	39,79	38,93	39,36	0,29	0,35	0,21
	1 – 42	38,64	39,39	38,56	39,99	38,39	39,00	39,06	0,56	0,94	0,21
Rasa, %	1 – 21		9,36	9,42	9,72	9,15*	9,71	9,47	0,54	0,88	0,09
	1 – 42	9,86	9,67	9,97	9,35	9,83	9,52	9,66	0,46	0,89	0,25
Rcox, %	1 – 21		12,21	11,97	12,34	11,83	11,71	12,01	0,17	0,51	0,11
	1 – 42	12,24	12,31	12,30	11,85	12,45	12,44	12,27	0,66	0,34	0,13
Rsob, %	1 – 42		15,88	15,43	16,00	15,87	16,22	15,88	0,37	0,54	0,17
	1 – 42	16,14	16,23	15,42	16,87	15,73	16,98	16,25	0,10	0,25	0,15
Rfig, %	1 – 21		2,34	2,48	2,40	2,34	2,52	2,42	0,60	0,88	0,06
	1 – 42	2,47	2,42	2,35	2,33	2,34	2,50	2,39	0,69	0,30	0,05
Rmoe, %	1 – 21		1,98	2,11	1,73	1,67	1,95	1,88	0,34	0,30	0,07
	1 – 42	2,04	1,94	1,58	1,60	1,66	1,80	1,72	0,69	0,08	0,07
Pgab, %	1 – 21		2,17	2,66	2,62	2,54	2,63	2,52 <sup>a</sup>	0,23	0,28	0,09
	1 – 42	2,50	1,97	2,03	2,18	1,86*	1,82*	1,97 <sup>b</sup>	0,39	0,29	0,07

Rcarc: rendimento de carcaça; Rpei: rendimento de peito; Rasa: rendimento de asa; Rcox: rendimento de coxa; Rsob: rendimento sobrecoxa; Rfig: rendimento de fígado; Rmoe: rendimento de moela; Pgab: porcentagem de gordura abdominal.

<sup>1</sup> De 1 a 21 dias: as aves receberam glicerina até os 21 dias de idade; 1 a 42 dias: aos 22 dias, quatro unidades experimentais de cada tratamento passaram a receber a ração controle, e as outras quatro continuaram recebendo os mesmos níveis de glicerina fornecidos no período de 1 a 21 dias de idade.

<sup>2</sup> Teste F, a 5% de probabilidade.

Com base nos resultados encontrados para o P<sub>gab</sub> acredita-se que os níveis crescentes de GB (glicerol) não aumentam a lipogênese, pois as aves que receberam os níveis mais elevados, bem como a suplementação no período de 1 a 42 dias, apresentaram as carcaças mais leves.

O efeito do glicerol sobre a deposição de gordura em ratos e frangos foi estudada por Lin et al. (1976). A suplementação de 20% de glicerol na dieta de ratos ocasionou o aumento da atividade das enzimas sintetase de ácidos graxos, enzima málica e enzima da clivagem do citrato (enzimas envolvidas na lipogênese), porém a síntese de gordura não foi aumentada. Isso demonstra que a deposição de gordura não é regulada apenas por alterações nas concentrações das enzimas lipogênicas. Cryer e Hartley (1973) observaram um aumento na relação NADH:NAD e redução do citrato no citoplasma de ratos alimentados com glicerol. Esses fatores podem estar correlacionados com a falta da síntese dos triglicerídeos.

Entretanto, para frangos de cortes alimentados com 20% de glicerol, foi observada uma redução na concentração das enzimas lipogênicas, estando associado com a redução da síntese de triglicerídeos (LIN et al., 1976).

A proteína bruta da carcaça (PB<sub>carc</sub>) e a TDP foram influenciadas ( $P < 0,05$ ) pelos níveis e pelo tempo de inclusão da GB. As aves que receberam GB até os 42 dias apresentaram um efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ), descrito pelas equações PB<sub>carc</sub> (1 - 42 dias) =  $15,8515 - 0,215666GB$  ( $R^2 = 0,91$ ) e TDP (1 - 42 dias) =  $11,3122 - 0,136297GB$  ( $R^2 = 0,80$ ) (Tabela 8).

A suplementação do glicerol pode favorecer a síntese proteica, como já foi citado anteriormente, por reduzir a atividade de algumas enzimas que realizam o catabolismo de certos aminoácidos (CRYER; HALTEY, 1973). No entanto, os resultados encontrados para a PB e TDP demonstram resultado contrário.

Os resultados observados diferem dos encontrados por Henz et al. (2014), que não observaram diferenças para a TDP, TDG e matéria seca (MS) da carcaça de frangos de corte aos 21 dias, alimentados com até 15% de GB, e aos encontrados por Guerra et al. (2011), que não observaram diferença na percentagem de PB, EE e MS da carcaça, tanto aos 21 como 42 dias, recebendo até 10% de GB.

Considerando a composição química corporal pelo teste F, o grupo que recebeu GB até os 42 dias, apresentou a maior percentagem de água na carcaça ( $P < 0,05$ ). As demais variáveis não apresentaram efeito ( $P > 0,05$ ).

Segundo Brisson et al. (2001) a suplementação do glicerol pode promover um aumento na percentagem de água do corpo, e assim conservar a hidratação por mais tempo pela redução da eliminação da água pelos rins. Acredita-se que isso tenha provocado o aumento na percentagem de água na carcaça das aves que receberam GB de 1 a 42 dias.

Tabela 8. Composição química corporal de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina bruta (período de 1 a 21 e de 1 a 42 dias de idade), na matéria natural

	Período <sup>1</sup>	Níveis de inclusão de glicerina bruta (%)						Valor de P			
		0	1	3	5	7	9	Média <sup>2</sup>	L	Q	EPM
PBcarc (%)	1 – 21		14,33	14,68	14,88	13,80	15,62	14,66	0,27	0,32	0,20
	1 – 42	14,70	15,50	15,14	15,05	14,51	13,66	14,77	<0,01	0,38	0,19
EEcarc (%)	1 – 21		11,02	10,56	11,24	11,74	11,41	11,19	0,37	0,91	0,28
	1 – 42	10,84	10,87	10,80	10,66	10,80	10,58	10,74	0,73	1,00	0,23
Água (%)	1 – 21		66,68	67,66	69,27	67,98	69,18	68,15 <sup>b</sup>	0,09	0,59	0,40
	1 – 42	68,56	70,34	69,94	69,89	70,58	70,04	70,16 <sup>a</sup>	1,00	0,89	0,41
TDP (g dia <sup>-1</sup> )	1 – 21		10,26	10,53	11,00	9,56	11,29	10,53	0,58	0,92	0,25
	1 – 42	10,01	10,99	11,03	10,66	10,63	9,83	10,63	0,05	0,43	0,20
TDG (g dia <sup>-1</sup> )	1 – 21		7,92	7,54	8,35	8,14	8,26	8,04	0,65	0,56	0,26
	1 – 42	7,42	7,74	7,87	7,54	7,93	7,66	7,75	0,93	0,96	0,21
ERC (Kcal g <sup>-1</sup> )	1 – 21		132,34	130,25	140,56	130,40	141,26	134,93	0,55	0,75	3,39
	1 – 42	126,18	134,81	136,22	131,02	134,51	127,38	132,79	0,36	0,69	2,47
TDG:TDP (g g <sup>-1</sup> )	1 – 21		0,78	0,72	0,76	0,85	0,73	0,77	0,80	0,74	0,02
	1 – 42	0,74	0,71	0,72	0,71	0,74	0,78	0,73	0,26	0,63	0,02

Equações de Regressão

PB (1 - 42 dias) = 15,8515 – 0,215666GB; R<sup>2</sup>= 0,91

TDP (1 - 42 dias) = 11,3122 – 0,136297GB; R<sup>2</sup>= 0,80

PBcarc: proteína bruta da carcaça; EE: extrato etéreo da carcaça; TDP: taxa de deposição de proteína; TDG: taxa de deposição de gordura; ERC: energia retida na carcaça; L: Linear; Q: quadrática; EPM: erro padrão da média.

<sup>1</sup> De 1 a 21 dias: as aves receberam glicerina até os 21 dias de idade; 1 a 42 dias: aos 22 dias, quatro unidades experimentais de cada tratamento passaram a receber a ração controle, e as outras quatro repetições continuaram recebendo as dietas com os mesmos níveis de glicerina fornecidos no período de 1 a 21 dias de idade.

<sup>2</sup> Teste F, a 5% de probabilidade.

Dentre os parâmetros qualitativos da carne, pela análise de regressão a CRA apresentou efeito quadrático para ambos os grupos, descrito pelas equações CRA (1-21 dias) =  $62,4263 - 2,35152GB + 0,247472GB^2$  ( $R^2=0,96$ ) e CRA (1-42 dias) =  $63,1329 - 2,32621GB + 0,184042GB^2$ , estimando-se os níveis de inclusão da GB em 4,75 e 6,32%, com os valores mínimos de 56,84 e 55,78% para CRA, respectivamente. O pH 15 min, pH 24 h, Pcoc e FC não se ajustaram a nenhuma equação (Tabela 9).

Já pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ), o grupo que recebeu GB até os 21 dias, nos níveis de 1 e 5% apresentaram os menores valores de pH 24 horas *post mortem* (pH 24 h) e o nível de 5% de GB apresentou a menor capacidade de retenção de água (CRA) em relação ao grupo controle (0% de inclusão de GB). Para o grupo de aves que recebeu GB até os 42 dias, o nível de 9% de GB apresentou o menor valor de pH 24 h, e os níveis de 5 e 9% apresentaram os menores valores de CRA. O pH 15 minutos *post mortem* (pH 15 min), perda por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC) não apresentaram diferença ( $P>0,05$ ).

Inúmeros fatores podem afetar a qualidade da carne, dentre eles as técnicas de manejo, procedimentos pré e pós abate, condições ambientais e sanitárias (PELICANO et al., 2003). Para a sua avaliação são utilizados alguns critérios, como o pH, a capacidade de retenção de água, perda por cocção, cor e força de cisalhamento (MENDES; KOMIYAMA, 2011).

A CRA está diretamente correlacionada com o pH e a maciez da carne de frangos de corte, e está associada as características da carne antes e durante seu preparo, bem como a sua palatabilidade (MENDES; KOMIYAMA, 2011).

De fundamental importância no processo de transformação do músculo em carne, o pH interfere nas características sensoriais da carne, que não é influenciada somente pelo pH final, mais também pela velocidade da sua queda. O pH final afeta diretamente a qualidade da carne, uma vez que o valor em que se estabiliza, interfere nas características de suculência, cor, PPC e maciez (QIAO et al., 2001)

Tabela 9. Qualidade da carne do peito de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina bruta (período de 1 a 21 e de 1 a 42 dias de idade)

Inclusão (%)	pH 15 m		pH 24 h		PPC (%)		CRA (%)		FC (kgf)	
	1 – 21	1 – 42	1 – 21	1 – 42	1 – 21	1 – 42	1 – 21	1 – 42	1 – 21	1 – 42
0	6,38		6,13		28,06		60,15		2,26	
1	6,37	6,48	6,04*	6,06	28,66	28,06	60,09	61,37	2,09	1,81
3	6,35	6,47	6,10	6,10	28,40	28,15	58,03	57,29	2,01	1,97
5	6,44	6,37	6,03*	6,08	27,50	28,29	56,95*	55,37*	2,13	2,35
7	6,40	6,48	6,07	6,08	28,77	27,87	57,52	57,37	2,47	1,92
9	6,40	6,38	6,08	6,01*	25,81	29,97	61,57	56,47*	2,29	2,38
Média <sup>2</sup>	6,40	6,43	6,03	6,07	27,83	28,70	58,83	57,57	2,17	2,10
EPM	0,02	0,02	0,01	0,01	0,04	0,05	0,39	0,49	0,06	0,07
P valor										
Linear	0,44	0,21	0,52	0,84	0,09	0,11	0,38	<0,01	0,06	0,08
Quadrática	0,41	0,79	0,84	0,07	0,38	0,18	<0,01	0,02	0,63	0,91

Equações de Regressão

CRA (1-21 dias)= 62,4263 – 2,35152GB + 0,247472GB<sup>2</sup>; R<sup>2</sup>= 0,96; GB= 4,75%; CRA= 56,84

CRA (1-42 dias)= 60,0042 – 0,485785GB; R<sup>2</sup>= 0,46

CRA (1-42 dias)= 63,1329 – 2,32621GB + 0,184042GB<sup>2</sup>; R<sup>2</sup>= 0,83; GB= 6,32%; CRA= 55,78

pH 15m: 15 minutos *post mortem*; pH 24 h: 24 *post mortem*; Pcoc: perdas por cocção; CRA: capacidade de retenção de água; FC: força de cisalhamento.

<sup>1</sup> De 1 a 21 dias: as aves receberam glicerina até os 21 dias de idade; 1 a 42 dias: aos 22 dias, quatro unidades experimentais de cada tratamento passaram a receber a ração controle, e as outras quatro continuaram recebendo os mesmos níveis de glicerina fornecidos no período de 1 a 21 dias de idade.

<sup>2</sup> Teste F, a 5% de probabilidade.

\*Diferem da ração controle(0%) pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

Os valores de L e b\* da carne de peito não apresentaram diferença ( $P>0,05$ ) com a inclusão da GB, pelo teste de Dunnett para ambos os grupos. Já a variável \*a, no entanto, apresentou diferença ( $P<0,05$ ) no nível de 3% de inclusão para o grupo que recebeu GB até os 21 dias pelo teste de Dunnett (Tabela 10).

Tabela 10. Coloração da carne do peito de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de inclusão de glicerina bruta (período de 1 a 21 e de 1 a 42 dias de idade)

Inclusão (%)	L*		a*		b*	
	1 – 21	1 – 42	1 – 21	1 – 42	1 – 21	1 – 42
Período <sup>1</sup>						
0	49,19		4,05		6,83	
1	48,43	48,15	2,70	2,44	7,52	5,43
3	50,31	48,94	1,52*	3,39	5,95	7,40
5	48,62	49,69	2,99	3,07	6,15	5,33
7	48,65	48,08	2,82	3,97	6,36	6,79
9	49,51	50,90	2,74	3,91	6,51	5,24
Média <sup>2</sup>	49,39	49,18	3,02	3,58	6,50	6,23
EPM	0,43	0,44	0,31	0,36	0,25	0,33
	P valor					
Linear	0,53	0,12	0,31	0,62	0,61	0,22
Quadrática	0,63	0,60	0,38	0,63	0,51	0,58

<sup>1</sup> De 1 a 21 dias: as aves receberam glicerina até os 21 dias de idade; 1 a 42 dias: aos 22 dias, quatro unidades experimentais de cada tratamento passaram a receber a ração controle, e as outras quatro continuaram recebendo os mesmos níveis de glicerina fornecidos no período de 1 a 21 dias de idade.

\*Diferem da ração controle (0%) pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

L\*: luminosidade; a\*: verde/vermelho; b\*: azul/amarelo;

As variações ocorridas na coloração ocorrem de acordo com o órgão ou músculo a serem avaliados, bem como em função das atividades físicas desempenhadas pelo animal. Os resultados encontrados sugerem que a inclusão de GB até 9% não afeta à coloração da carne de frangos de corte.

A coloração da carne é um atributo importante quanto a qualidade da carne visto que é levado em consideração pelo consumidor na hora de adquirir o produto, sendo que produtos que apresentam uma uniformidade na coloração são mais desejáveis (QIAO et al., 2002). Segundo Olivo et al. (2001b) a coloração observada na carne é consequência da absorção seletiva da luz pelas mioglobinas, fibras musculares e suas proteínas.

Os valores do pH muscular após o abate do animal estão inteiramente correlacionados com a coloração da carne, pois a dispersão da luz na superfície do músculo varia proporcionalmente ao nível de degradação das proteínas (OLIVO, 2006).

A coloração pálida da carne está relacionada com o aumento da desnaturação das

proteínas musculares causadas pelo pH baixo (abaixo de 5,8) (BROSSI et al., 2009). Enquanto a coloração escura está correlacionada a um pH elevado, próximo ao fisiológico (acima de 6,2), valor superior ao ponto isoelétrico das proteínas musculares. Com isso, proporciona-se um aumento da capacidade de retenção de água pelas proteínas musculares e uma queda na dispersão da luz (DRANSFIELD; SOSNICKI, 1999).

#### 4.4 Conclusão

Na fase de 1 a 21 dias de idade e no período total (1 a 42 dias), a glicerina bruta pode ser incluída nas dietas de frangos de corte até o nível de 9% sem prejudicar o desempenho, qualidade da cama bem como os parâmetros qualitativos da carne. A utilização de glicerina bruta no período de 1 a 42 dias de idade melhora o desempenho das aves.

#### 4.5 Referências bibliográficas

- ABD-ELSAMEE, M.O.; ABDO, Z.M.A.; EL-MANYLAWIM, A.F.; SALIM, I.H. Use of crude glycerin in broiler diets. **Egyptian Poultry Science**, v.30, p.281-295, 2010.
- BARTECZKO, J.; KAMINSKI, J. The effect of glycerol and vegetable fat on some physiological indices of the blood and overfatness of broiler carcass. **Warsaw Agricultural University Animal Science**, v.36, p.197-209, 1999.
- BERNARDINO, V.M.P.; RODRIGUES, P.B.; PAULA NAVES, P.; ZANGERONIMO, M.G.; ALVARENGA, R.R.; ROSA, P.V.; SANTOS, L.M.; TEIXEIRA, L.V. Activity of glutamate dehydrogenase and protein content in the breast of broilers fed diets containing different sources and levels of glycerine. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.98, n.3, p.559-568, 2013.
- BROSSI, C.; CONTRERAS-CASTILLO, C.J.; AMAZONAS, E.A.; MENTEN, J.F.M. Estresse térmico durante o pré-abate em frangos de corte. **Ciência Rural**, v.39, n.4, p.1296-1305, 2009.
- BRISSON, D.; VOHL, M.C; ST-PIERRE, J.; HUDSON, T.J.; GAUDET, D. Glycerol: a neglected variable in metabolic process?. **BioEssays**, v.23, p.534-542, 2001.
- CAPITELLI, R.; CROSTA, L. Overview of psittacine blood analysis and comparative retrospective study of clinical diagnosis, hematology and blood chemistry in selected psittacine species. **Veterinary Clinics: Exotic Animal**, v.16, p.71-120, 2013.

- CARVALHO, T.M.R.; MOURA, D.J.; SOUZA, Z.M.; SOUZA, G.S.; BUENO, L.G.F. Qualidade da cama e do ar em diferentes condições de alojamento de frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.4, p.351-361, 2011.
- CERRATE, S.; YAN, F.; WANG, Z.; COTO, C.; SACAKLI, P.; WALDROUP, P.W. Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. **International Journal of Poultry Science**, v.11, n.5, p.1001-1007, 2006.
- CHAMPE, P.C.; HARVEY, R.A.; FERRIER, D.R. **Biochemistry: Lippincott's Illustrated Reviews**, 4th ed. Artmed, Porto Alegre, 2009. 528p.
- CRYER, A.; BARTLEY, W. Studies on the adaptation of rats to a diet high in glycerol. **International Journal of Biochemistry**, v.4, p.293-308, 1973.
- DASARI, M. Crude glycerol potential described. **Feedstuffs**, v.79, n.43, 2007.
- DASARI, M.A.; KIATSIMKUL, P.P.; SUTTERLIN, W.R.; SUPPES, G.J. Low-pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol. **Applied Catalysis a: General**, v.281, p.225-231, 2005.
- DEFRAIN, J.M.; HIPPEN, A.R.; KALSCHUR, K.F.; JARDON, T.W. Feeding glycerol to transition dairy cows: effects on blood metabolites and lactation performance. **Journal of Dairy Science**, v.87, n.12, p.4195-4206, 2004.
- DOZIER, W.A.; KERR, B.J.; BRANTON, S.L. Apparent metabolizable energy of crude glycerin originating from different sources in broiler chickens. **Poultry Science**, v.90, p.2528-2534, 2011.
- DOZIER, W.A.; KERR, B.J.; CORZO, A.; KIDD, M.T.; WEBER, T.E.; BREGENDAHL, K. Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. **Poultry Science**, v. 87, n. 4, p. 317-322, 2008.
- DRANSFIELD, E.; SOSNICKI, A.A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**. v. 78, p. 743-746, 1999.
- GIANFELICI, M.F.; RIBEIRO, A.M.L.; PENZ Jr., A.M.; KESSLER, A.M.; VIEIRA, M.M.; MACHINSKY, T. Determination of apparent metabolizable energy of crude glycerin in broiler chickens. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.13, p.255-258, 2011.
- GRUNKEMEYER, V.L. Advanced diagnostic approaches and current management of avian hepatic disorders. **Veterinary Clinics: Exotic Animal**, v.13, p.413-427, 2010.
- GUERRA, R.L.H.; MURAKAMI, A.E.; GARCIA, A.F.Q.M.; URGNANI, F.J.; MOREIRA, I.; PICOLI, K.P. Glicerina bruta mista na alimentação de frangos de corte (1 a 42 dias). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.4, p.1038-1050, 2011.
- HANCZAKOWSKA, E.; WEGLARZY, K.; SZYMCZYK, B.; HANCZAKOWSKI, P. Effect of adding crude or refined glycerol to pig diets on fattening performance, nutrient digestibility and carcass evaluation. **Annual Animal Science**, v.10, p.67-73, 2010.

- HARR, K.E. Clinical chemistry of companion avian species: a review. **Veterinary Clinical Pathology**, v. 31, n. 3, p. 140–151, 2002.
- HENZ, J.R.; NUNES, R.V.; EYNG, C.; POZZA, P.C.; FRANK, R.; SCHONE, R.A.; OLIVEIRA, T.M.M. Effect of dietary glycerin supplementation in the starter diet on broiler performance. **Czech Journal of Animal Science**, v.59, n.12, p.557–563, 2014.
- HERNANDES, R.; CAZETTA, J.O. Método simples e acessível para determinar amônia liberada pela cama aviária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 824-829, 2001.
- HERNANDES, R.; CAZETTA, J.O.; MORAES, V.M.B. Frações nitrogenadas, glicídicas e amônia liberada pela cama de frangos de corte em diferentes densidades e tempos de confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1795-1802, 2002.
- HOBER, R.; HOBER, J. Experiments on the absorption of organic solutes in the small intestine of rats. **Journal of Cellular and Comparative Physiology**. v.10, p.401–422, 1937.
- HONIKEL, K.O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Journal Meat Science**, v.49, p.447-457, 1998.
- JONES, E.K.M.; WATHES, C.M.; WEBSTER, A.J.F. Avoidance of atmospheric ammonia by domestic fowl and the effect of early experience. **Applied Animal Behaviour Science**, v.90, p.293-308, 2005.
- JUNG, B.; BATAL, A.B. Nutritional and feeding value of crude glycerin for poultry. 2. Evaluation of feeding crude glycerin to broilers. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.20, p.514–527, 2011.
- KRAMER, J.W. Clinical enzymology. In: KANEKO, J.J. (Ed.) **Clinical biochemistry of domestic animals**. California: [s.n.], 1980. 175-199p.
- LAMMERS, P.J.; KERR, B.J.; WEBER, T.E.; DOZIER, W.A.; KIDD, M.T.; BREGENDAHL, K.; HONEYMAN, M.S. Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.86, n.3, p.602-608, 2008.
- LIN, M.H.; ROMSOS, D.R.; LEVEILLE, G.A. Effect glycerol on enzyme activities and on fatty acid synthesis in the rat and chicken. **Journal of Nutrition**, v.106, p.1668–1677, 1976.
- MENDES, A.A.; KOMIYAMA, C.M. Estratégias de manejo de frangos de corte visando qualidade de carcaças e carne. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p. 352-357, 2011.
- MIN, Y.N.; YAN, F.; LIU, F.Z.; COTO, C.; WALDROUP, P.W. Glycerin - a new energy source for poultry. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v.9, n.1, p.1-4, 2010.
- MOURÃO, D.M.; SALES, N.S.; PINHEIRO, H.M.S. Biodisponibilidade de vitaminas lipossolúveis. **Revista de Nutrição**, v.18, n.4, p.529-539, 2005.
- MOUROT, J.; AUMAITRE, A.; MOUNIER, P.; PEINIAU, P.; FRACOIS, A.C. Nutritional and physiological effects of dietary glycerol in the growing pig. Consequences on fatty

- tissues and post mortem muscular parameters. **Livestock Production Science**, v.38, p.237–244, 1994.
- NAKAMURA, M.; KATOK, K. Influence of thawing method on several properties of rabbit meat, **Bulletin of Ishika Prefecture College of Agriculture**, v.11, p.45-49, 1985.
- OLIVEIRA, J.S.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S.C.; MÜLLER, M.D. Composição química da glicerina produzida por usinas de biodiesel no Brasil e potencial de uso na alimentação animal. **Ciência Rural**, v.43, n.3, p.509-512, 2013.
- OLIVO, R. **O Mundo do Frango: Cadeia Produtiva da Carne de frango**. Criciúma, SC: Ed. do Autor, 2006. 680p.
- OLIVO, R.; SOARES, A.L.; IDA, E.I.; SHIMOKOMAKI, M. Dietary vitamin e inhibits poultry PSE and improves meat functional properties. **Journal of Food Biochemistry**, v.25, n.4, p.271-283, 2001a.
- OLIVO, R.; GUARNIERI, P.D.; SHIMOKOMAKI, M. Fatores que influenciam na cor de filés de peito de frango. **Revista Nacional da Carne**. v. 25, n. 289, p. 44-49, 2001b.
- OWADA, A.N.; NÄÄS, I.A.; MOURA, D.J.; BARACHO, M.S. Estimativa de bem-estar de frango de corte em função da concentração de amônia e grau de luminosidade no galpão de produção. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.611-618, 2007.
- PARSONS, G.L.; SHELOR, M.K.; DROUILLARD, J.S. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. **Journal of Animal Science**, v.87, p.653–657, 2009.
- PELICANO, E.R.L.; SOUZA, P.A.; SOUZA, H.B.A.; OBA, A.; NORKUS, E.A.; KODAWARA, L.M.; LIMA, T.M.A. Effect of different probiotics on broiler carcass and meat quality. **Brazilian Journal of Poultry Science**. v.5, n.3, p.207-214, 2003.
- QIAO, M.; FLETCHER, D.L.; NORTHCUTT, J.K.; SMITH, D.P. The relationship between raw broiler breast meat colour and composition. **Poultry Science**, v.81, p.422-427, 2002.
- QIAO, M.; FLETCHER, D.L.; SMITH, D.P.; NORTHCUTT, J.K. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water holding capacity, and emulsification capacity. **Poultry Science**, v.80, p.676-680, 2001.
- 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**. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2011. p. 252.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007, 283p.
- SCHMIDT, E.M.S.; LOCATELLI-DITTRICH, R.; SANTIN, E.; PAULILLO, A.C. Patologia clínica em aves de produção – uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola. **Archives of Veterinary Science**, v.12, n.3. p.9-20, 2007.

- SEHU, A.; KUCUKERSAN, S.; COSKUN, B.; KOKSAL, B.H. Effects of graded levels of crude glycerine addition to diets on growth performance, carcass traits and economic efficiency in broiler chickens. **Journal of the Faculty of Veterinary Medicine**, v.19, n.4, p.569-574, 2013.
- SILVA, C.L.S.; MENTEN, J.F.M.; TRALDI, A.B.; PEREIRA, R.; ZAVARIZE, K.C.; SANTAROSA, J. Glycerine derived from biodiesel production as a feedstuff for broiler diets. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.14, p.193–202, 2012.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, J.S. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 2005. 235p.
- SIMON, A.; BERGNER, H.; SCHWABE, M. Glycerol as a feed ingredient for broiler chickens. **Archives of Animal Nutrition**, v.49, n.2, p.103-112, 1996.
- STEELE, R.; WINKLER, B.; ALTSZULER, N. Inhibition by infusion glycerol of gluconeogenesis from other precursors. **American Journal of Physiology**, v.221, p.883–888, 1971.
- SUCHÝ, P.; STRAKOVA, E.; KROUPA, K.; HERZIG, I. Pure and raw glycerol in the diet of broiler chickens, its effects on the production parameters and slaughter value. **Archiv Tierzucht**, v.54, p.308–318, 2011.
- THOMPSON, J.C.; HE, B.B. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feed stocks. **Applied Engineering in Agriculture**, v.22, p.261–265, 2006.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análise Estatísticas e Genéticas)**. Viçosa, MG: 1999. 59p
- VAN LAACK, R.L.J.M.; LIU, C.H.; SMITH, M.O.; LOVEDAY, H.D. Characteristics of Pale, Soft, Exudative Broiler Breast Meat. **Poultry Science**, v.79, p.1057–1061, 2000.