



ROBERTA FREITAS LACERDA

**PARÂMETROS METABÓLICOS E
FISIOLÓGICOS DE GATOS RECEBENDO
DIETA COM GLICERINA**

LAVRAS - MG

2016

ROBERTA FREITAS LACERDA

**PARÂMETROS METABÓLICOS E FISIOLÓGICOS DE GATOS
RECEBENDO DIETA COM GLICERINA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad

LAVRAS - MG

2016

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Lacerda, Roberta Freitas.

Parâmetros metabólicos e fisiológicos de gatos recebendo dieta
com glicerina/ Roberta Freitas Lacerda. – Lavras : UFLA, 2016.
70 p. : il.

Dissertação(mestrado acadêmico)–Universidade Federal de
Lavras, 2016.

Orientadora: Flávia Maria de Oliveira Borges Saad.
Bibliografia.

1. Glicerina. 2. Metabolismo. 3. Nutrição animal. I. Universidade
Federal de Lavras. II. Título.

ROBERTA FREITAS LACERDA

**PARÂMETROS METABÓLICOS E FISIOLÓGICOS DE GATOS
RECEBENDO DIETA COM GLICERINA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 26 de fevereiro de 2016.

Dr. Antônio Carlos Fraga

UFLA

Dr. Leonardo Boscoli Lara

UFMG

Dra. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad
Orientadora

LAVRAS - MG

2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela presença constante em minha vida, por ter guiado meu caminho e ter permitido chegar até aqui. Ao meu Santo Anjo por estar sempre ao meu lado e me acompanhar em cada passo.

Aos meus pais, Roberto e Odete, por todo amor, dedicação e esforço feito, para que eu pudesse alcançar esta conquista, e à minha irmã Marianne pelo apoio e amizade. Sempre com amor incondicional e total apoio sem medir esforços para me verem feliz.

Ao meu namorado Rogério, por me ajudar em todos os momentos em que pensei que não fosse capaz. Obrigada pelo incentivo nas horas de desânimo, pelo carinho, amor e por sempre estar ao meu lado.

Aos meus avós, pelas orações e pensamentos positivos.

À Universidade Federal de Lavras, à Pós - Graduação em Zootecnia e ao Departamento de Zootecnia pela realização do curso.

À professora Flávia Maria de Oliveira Borges Saad, pela orientação, paciência, exemplo de profissionalismo e estímulo à pesquisa científica.

Aos meus coorientadores, professores Márcio Gilberto Zangerônimo e Paulo Borges Rodrigues pela ajuda e disponibilidade.

Aos professores do Departamento de Agricultura e Engenharia da UFLA, Antônio Carlos Fraga e Pedro Castro Neto, e à Associação de Pesquisadores em Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel (G-Óleo/UFLA), pelo apoio e suporte.

Aos colegas do NENAC, por todo o aprendizado, pela ajuda na condução do experimento e pela amizade.

Às amigas da Pós-graduação, Livia, Karen e Moara, pela amizade, força e incentivo. Sem vocês seria mais difícil.

Aos demais amigos que sempre torceram por minhas conquistas e estiveram presentes em vários momentos felizes de minha vida.

Ao Daniel Prezotto pela ajuda na análise estatística dos dados desse experimento.

Aos técnicos do Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia-UFLA pelo apoio, companheirismo e colaboração nas análises químicas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento no projeto e à FINEP-Financiadora de Estudos e Projetos.

MUITO OBRIGADA a todos que me ajudaram na realização deste projeto!

RESUMO GERAL

A produção e o uso do biodiesel no Brasil propiciam o desenvolvimento de uma fonte energética sustentável sob os aspectos ambiental, econômico e social. A produção do biodiesel gera resíduos, como a glicerina, e medidas sustentáveis de reutilização destes coprodutos precisam ser desenvolvidas para preservação do meio ambiente. Pesquisas sobre a adição de glicerina na alimentação animal foram impulsionadas pela possibilidade de reduzir os custos da dieta em razão da grande oferta do produto no mercado mundial. Objetivou-se avaliar parâmetros metabólicos e fisiológicos de gatos recebendo dieta com glicerina. O experimento foi realizado no gatil do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, utilizando 30 gatos adultos, machos e fêmeas, sem raça definida, com peso de $3,52 \pm 0,67\text{Kg}$, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (controle e substituição de 4, 8, 12 e 16% de glicerina) durante 15 dias. Os animais receberam 300 ml de água por dia a fim de determinar o consumo hídrico. As análises estatísticas foram realizadas, por meio do programa computacional SISVAR, em que as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Dunnett. Não houve diferença significativa ($P>0,05$) para os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, extrato etéreo e energia metabolizável aparente na matéria seca das dietas. Ocorreu um aumento significativo ($P<0,05$) da energia digestível aparente na matéria seca na dieta com 12% de substituição de glicerina. As concentrações séricas de glicose, colesterol total, HDL, LDL, VLDL, AST e ALT e creatinina não foram influenciadas pelo nível de inclusão de glicerina ($P>0,05$), porém houve redução significativa das concentrações sanguíneas de ureia ($P<0,05$). Os valores da densidade e o pH urinário não apresentaram mudanças significativas ($P>0,05$). A substituição de 12% de glicerina apresentou, no geral, melhores resultados das variáveis analisadas. No entanto, a substituição de até 16% de glicerina não resultou em prejuízos nos parâmetros avaliados. A glicerina utilizada continha níveis de metanol muito acima dos valores de segurança estabelecidos pelo MAPA e, mesmo assim, não causou alterações metabólicas e fisiológicas nos gatos durante o tempo de administração da glicerina.

Palavras-chave: Glicerina. Biodiesel. Coproduto. Metabolismo. Nutrição animal.

GENERAL ABSTRACT

The production and use of biodiesel in Brazil provide the development of a sustainable energetic source regarding environmental, economical and social aspects. Biodiesel production generates residues such as glycerin, and sustainable measures to reuse these wastes need to be developed in order to protect the environment. Research about the addition of glycerin in animal feeding have been conducted and are feasible due to the possibility of reducing the diet costs because of the great product supply on the market. This work aimed at evaluating the metabolic and physiologic parameters of cats receiving glycerin in their diets. The experiment was conducted in a cattery at the Animal Science Department from the Federal University of Lavras. A total of 30 adults cats, males and females of mixed breed weighting 3.52 ± 0.67 kg, were distributed in a completely randomized design with five treatments (control and substitution of 4, 8, 12 and 16% of glycerin), during 15 days. The animals received 300 mL of water daily in order to determine water consumption. Statistical analyses were conducted using the SISVAR computational program and averages of the treatments were compared by Dunnet test. According to the results, there was no significant difference ($P>0.05$) for the following coefficients: apparent digestibility of dry matter, mineral materials, crude protein, ether extract and apparent metabolizable energy in the dry matter of diets. There was a significant increase ($P<0.05$) of the apparent digestibility of dry matter in the diet with 12% of substitution of glycerin. Serum concentrations of glucose, total cholesterol, HDL, LDL, VLDL, AST and ALT and creatinine levels were not affected by the inclusion of glycerin ($P> 0.05$). However, there was a significant reduction of the urea blood concentration ($P<0.05$). The urinal density and pH values did not change significantly ($P>0.05$). The substitution of 12% of glycerin presented, in general, the best results of the variables herein studied. However, substitutions up to 16% did not affect the evaluated parameters. The glycerin used in this work presents methanol levels higher than the safety levels set by MAPA. Nevertheless, there were no metabolic or physiologic alterations in cats during the glycerin administration.

Keywords: Glycerin. Biodiesel. Co product. Metabolism. Animal nutrition.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

Figura 1	Representação esquemática da reação de transesterificação na produção do biodiesel	15
Figura 2	Degradação do glicerol.....	18
Figura 3	Biossíntese de triglicerídeos	19
Figura 4	Metabolismo hepático do glicerol em função do estado alimentar.....	22
Figura 5	Processos de glicólise e gliconeogênese	23

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

Tabela 1 - Níveis de garantia e composição básica do alimento controle segundo fabricante.....	38
Tabela 2 - Composição das dietas experimentais.	40
Tabela 3 - Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes (CDA) em gatos recebendo dietas para gatos com diferentes níveis de glicerina.	47
Tabela 4 - Consumo médio diário de ração, água, proteína bruta, energia bruta e extrato etéreo em função do peso metabólico ($\text{g/Kg}^{0,67}$) em gatos alimentados com diferentes níveis de glicerina.	48
Tabela 5 - Valores de energia digestível aparente na matéria seca, energia metabolizável aparente na matéria seca das dietas e energia metabolizável da glicerina para gatos recebendo diferentes níveis de glicerina.....	50
Tabela 6 - Valores dos parâmetros sanguíneos de gatos recebendo dieta com diferentes níveis de glicerina.	54
Tabela 7 - Valores de densidade e pH urinário de gatos recebendo diferentes níveis de glicerina.	58

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	Mercado nacional de rações PET	13
2.2	Produção de biodiesel no Brasil	13
2.3	Características do glicerol	16
2.4	Metabolismo do glicerol	16
2.4.1	Período absorptivo	20
2.4.2	Período pós-absortivo e jejum	22
2.5	Glicerina como ingrediente energético nas rações	24
	REFERÊNCIAS	28
	SEGUNDA PARTE - ARTIGO	32
	ARTIGO 1 Parâmetros metabólicos e fisiológicos de gatos recebendo dieta com glicerina	32
	ANEXOS	63

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Os produtos e coprodutos agroindustriais podem ser utilizados na alimentação animal, considerando-se a disponibilidade comercial, qualidade do ingrediente e preços relativos aos ingredientes tradicionais, com o intuito de buscar vantagens econômicas e, assim, reduzir o custo de produção dos alimentos. A utilização de coprodutos na alimentação animal possibilita, também, maior número de opções para o nutricionista no momento de formular rações.

O Brasil vem se destacando como um dos maiores produtores mundiais de biodiesel e, como consequência, grande quantidade de coproduto é gerada. É importante que este coproduto tenha um destino sustentável, visando à preservação do meio ambiente.

A glicerina, coproduto do biodiesel, vem sendo estudada como uma boa alternativa para utilização na alimentação animal por apresentar diversos benefícios, além de fornecer energia. Este coproduto é de baixo custo, quando comparado ao milho, que é um dos principais ingredientes utilizados na nutrição animal.

Glicerina e glicerol são compostos diferentes que, muitas vezes, são erroneamente tratados como sinônimos. A glicerina é composta por glicerol, sabão, álcool (metanol ou etanol), monoacilglicerol, diacilglicerol, resíduos de catalisadores, oligômeros de glicerol e água (OOI et al., 2004). Já o glicerol é o composto puro (1,2,3-propanotriol) (RIVALDI et al., 2008). Portanto, glicerina é o nome dado ao produto comercial que contém em sua formulação um mínimo de 95% de glicerol puro, sendo o restante composto de pequenas frações de

água, metanol ou etanol e sais dissolvidos (MOTA; SILVA; GONÇALVES, 2009).

A preservação ambiental, o maior número de opções, para o nutricionista no momento de formular as rações e a redução dos custos, são importantes benefícios da utilização de coprodutos na alimentação animal.

O uso da glicerina em dietas para felinos pode ser conveniente quando utilizado para reduzir a inclusão de carboidratos. Os felinos têm atividade muito baixa da enzima glicoquinase e habilidade limitada de metabolizar grandes quantidades de carboidratos simples, que são considerados nutrientes não essenciais, já que suas necessidades de glicose podem ser supridas por precursores (aminoácidos e glicerol) provenientes da dieta (KIRK; DEBRAEKELEER; ARMSTRONG, 2000).

Diferentes pesquisas, com variados graus de pureza e níveis de inclusão, têm gerado diferentes resultados, gerando incertezas sobre a segurança de utilização da glicerina.

Assim, o estudo sobre a utilização da glicerina como ingrediente energético na dieta e seu destino metabólico nos gatos faz-se necessário para avaliar a substituição de fontes de energia dietéticas convencionalmente usadas e embasar estudos posteriores com glicerina na nutrição de gatos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mercado nacional de rações PET

A população de animais de estimação no Brasil é a quarta maior em todo o mundo, com 132,4 milhões de *pets*. No Brasil, atualmente, a população de cães ultrapassa os 37,1 milhões de animais e de gatos supera os 21,3 milhões. De acordo com a ABINPET (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE PRODUTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 2015), esse contingente movimenta um setor que chegou a ocupar 0,38% do PIB nacional em 2014, número superior àqueles das geladeiras e freezers, componentes elétricos e eletrônicos e automação industrial (GARCIA, 2015).

Os animais de estimação representam um valioso mercado para vários segmentos de negócios: *Pet Food* (alimento), *Pet Vet* (medicamentos veterinários), *Pet Serv* (serviços e cuidados com os animais) e *Pet Care* (equipamentos, acessórios e produtos para higiene e beleza). Segundo o projeto setorial integrado Pet Brasil, as vendas de *Pet Food* continuam sendo a maior fonte de receita, ocupando 66,9% do faturamento em 2014, seguidas por *Pet Serv*, com 17,8%. *Pet Care* representou 8% e *Pet Vet*, 7,3%.

A indústria pet brasileira foi responsável por um faturamento de mais de R\$ 16 bilhões em 2014, crescimento de 10% sobre 2013 e, segundo lugar absoluto no mercado mundial, atrás apenas dos Estados Unidos.

2.2 Produção de biodiesel no Brasil

O uso de combustíveis fósseis tem aumentando consideravelmente nas últimas décadas. No entanto, o intenso desenvolvimento socioeconômico, aliado ao aumento da necessidade por fontes de energia, às alterações climáticas

ocasionadas pelo aquecimento da atmosfera e ao esgotamento das reservas de petróleo de fácil extração, tem estimulado a utilização de fontes renováveis, que possam substituir, ao menos parcialmente, os combustíveis de origem fóssil como petróleo, carvão e gás natural (MOTA; SILVA; GONÇALVES, 2009). Embora estas reservas sejam realmente finitas, ainda existem incertezas sobre a sua verdadeira extensão e sua real viabilidade como fonte de energia para a sociedade moderna.

No Brasil, a Lei 11.097/05 estabeleceu que, a partir de janeiro de 2008, todo óleo diesel comercializado no Brasil deveria conter 2% de biodiesel (BRASIL, 1995). Em 2010 entrou em vigor a resolução número 6/2009 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) a qual determinou a inclusão obrigatória de 5,0% de biodiesel ao diesel de petróleo. No entanto, em 2014, o governo brasileiro anunciou a ampliação de 7% no total da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEL, 2015).

Segundo Mota, Silva e Gonçalves (2009), do ponto de vista químico, o óleo vegetal usado na produção de biodiesel é um triglicerídeo, ou seja, um triéster derivado da glicerina. Sobre ação de um catalisador básico e na presença de metanol ou etanol, o óleo sofre uma transesterificação formando três moléculas de ésteres metílicos ou etílicos dos ácidos graxos, que constituem o biodiesel em sua essência e liberando uma molécula de glicerina (Figura 1).

O tipo de óleo, para produção do biodiesel, pode ser obtido de vegetais, gorduras animais e resíduos industriais e domésticos. Na área vegetal, as principais fontes de óleo são: soja, girassol, amendoim, colza, canola, palma (dendê), algodão e mamona. Na área animal, o sebo bovino, a gordura de frango e os suínos são as principais fontes de óleo para produção do biodiesel (OSAKI; BATALHA, 2011).

Segundo a ANP (2015), o Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, com uma produção em 2014, de 3,4 bilhões de litros e uma expectativa de produção para 2015 de 4,2 bilhões de litros. Atualmente, o Brasil é o quarto maior produtor mundial de biodiesel, atrás apenas dos Estados Unidos, Alemanha, e Argentina. De acordo com o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), a soja é a principal matéria-prima utilizada, correspondendo a 68,3% da produção nacional em janeiro de 2014, seguida do sebo bovino em 27,13%, do óleo de algodão em 1,56% e de outras matérias-primas, que contribuem com apenas 3,1% do total.

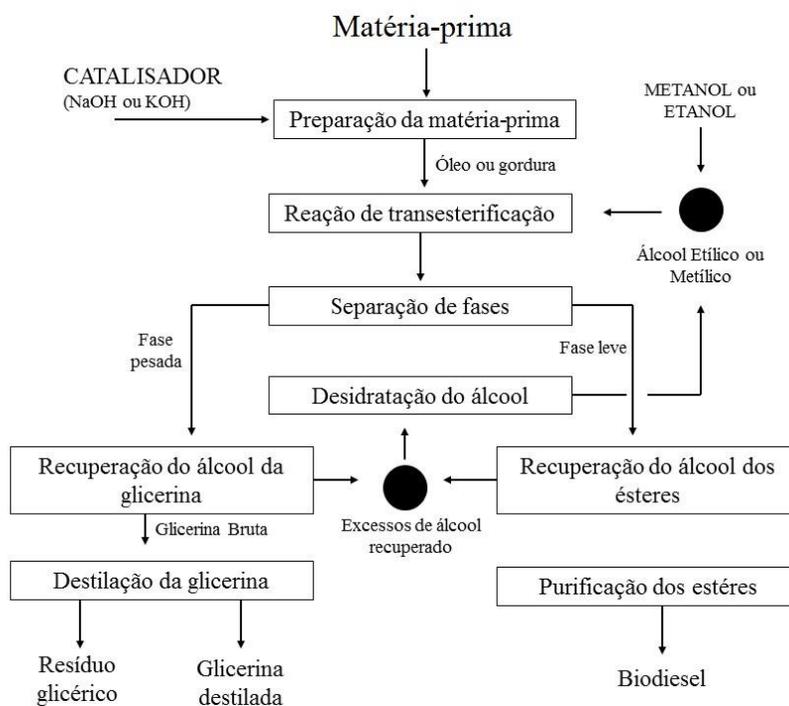


Figura 1 Representação esquemática da reação de transesterificação na produção do biodiesel

Fonte: Adaptado de SEBRAE (2007).

2.3 Características do glicerol

Glicerol e glicerina são constantemente tratados como sinônimos, entretanto a glicerina obtida na transesterificação é composta por glicerol, sabão, álcool (metanol ou etanol), monoacilglicerol, diacilglicerol, resíduos de catalisadores, oligômeros de glicerol e água (OOI et al., 2004) e apresenta-se na forma de um líquido viscoso pardo escuro. Já o glicerol é o composto puro (1,2,3-propanotriol), que possui as características de um líquido viscoso, inodoro, incolor e higroscópico, com sabor doce, solúvel em água e álcool, insolúvel em éter e em clorofórmio (RIVALDI et al., 2008). Assim, glicerina é o nome dado ao produto comercial que contém em sua formulação um mínimo de 95% de glicerol puro, sendo o restante composto de pequenas frações de água, metanol ou etanol e sais dissolvidos (MOTA; SILVA; GONÇALVES, 2009).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) autorizou o uso da glicerina, em 2010, como insumo na alimentação animal, desde que atenda as seguintes condições: mínimo de 800g de glicerol/kg; máximo de 13% de umidade e máximo de 159mg de metanol/kg. No entanto, para usá-la, é imprescindível conhecer o seu metabolismo e a capacidade máxima de uso para cada espécie, em suas diferentes fases de produção.

2.4 Metabolismo do glicerol

O glicerol é um componente do metabolismo animal, sendo encontrado na corrente sanguínea e nas células. Ele pode ser proveniente da lipólise do tecido adiposo, hidrólise dos triacilgliceróis das lipoproteínas plasmáticas, da gordura dietética e componente de ingredientes da alimentação, como a glicerina (LIN, 1977).

Alvarenga et al. (2012) citam que as principais funções do glicerol são constituinte do esqueleto de triacilgliceróis, transporte de equivalentes redutores (glicerol-3-fosfato) do citosol para a mitocôndria para a fosforilação oxidativa e precursor da gliconeogênese.

Com relação aos aspectos químicos, o glicerol é uma molécula de baixo peso molecular e, por isso, facilmente absorvido nos enterócitos por difusão. Quando já absorvido, o glicerol é transportado até os tecidos (LISENKO et al., 2014).

O transporte do glicerol, para dentro das células, é feito por proteínas carreadoras, as aquaporinas (AQP), mais especificamente um subgrupo delas, as aquaporinas 3, 7 e 9, chamadas de aquagliceroporinas que fazem a difusão facilitada de glicerol pela membrana plasmática. Elas são expressas em diversos tecidos. A AQP3 é expressa no ducto coletor na medula renal, nas vias aéreas, no intestino, estômago, epiderme, bexiga, conjuntiva, córnea e eritrócitos. A AQP7 é expressa no tecido adiposo, nos túbulos proximais do rim e no músculo esquelético e a AQP9 é expressa no fígado, cérebro, leucócitos, baço e epidídimo (HARA-CHIKUMA; VERKMAN, 2006).

As principais enzimas envolvidas no metabolismo do glicerol são a glicerolquinase, a glicerol-3-fosfato desidrogenase citosólica e a glicerol-3-fosfato desidrogenase mitocondrial (BERNARDINO et al., 2013).

O glicerol, proveniente da dieta, apresenta absorção gástrica e entérica sendo que no intestino, esta absorção é mais rápida (GUYTON, 1991). Segundo Kato et al. (2004), o glicerol pode ser absorvido no intestino por transporte ativo, dependente de sódio e por transporte passivo. Após absorção, o glicerol poderá ser metabolizado no fígado ou nos músculos dos animais, mas a maior parte, cerca de 75%, será metabolizado no fígado (LIN, 1977).

No fígado, o glicerol sofre ação da enzima glicerolquinase sendo fosforilado a glicerol-3-fosfato. O glicerol-3-fosfato pode seguir diferentes rotas

metabólicas: glicólise, biossíntese de glicerofosfolipídeos e de triglicerídeos (BERNARDINO et al., 2013).

O glicerol-3-fosfato, por meio da ação da enzima glicerol-3-fosfato desidrogenase, é oxidado em dihidroxiacetona fosfato. Esse composto é convertido pela enzima glicolítica triose fosfato isomerase, em gliceraldeído-3-fosfato, importante intermediário da glicólise (Figura 2) (LENINGHER, 2006).

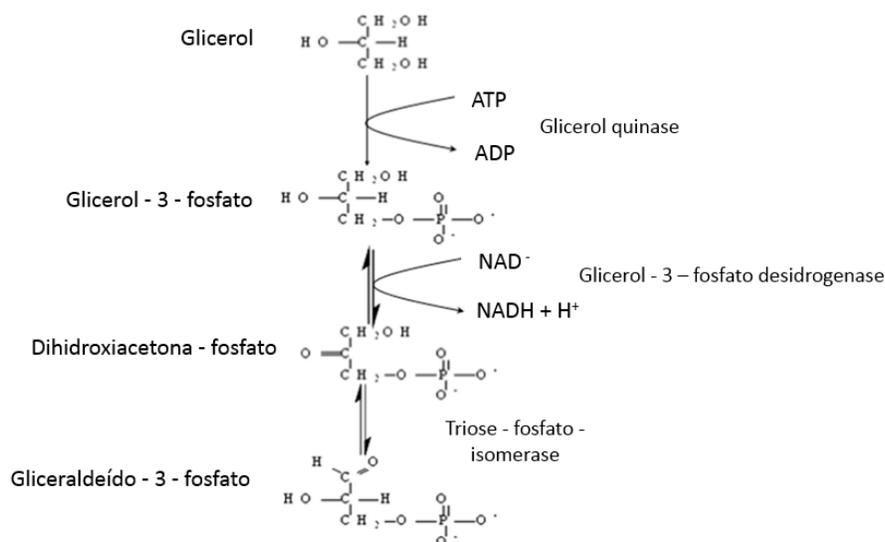


Figura 2 Degradação do glicerol

Fonte: Adaptado de Best (2006).

Os triglicerídeos representam a quase totalidade da fração lipídica de uma dieta e constituem a forma de armazenamento corpóreo de grande parte do excesso de nutrientes. São sintetizados a partir de acil-coA derivadas de ácidos graxos e glicerol-3-fosfato. No tecido adiposo, o glicerol-3-fosfato é formado por oxidação da dihidroxiacetona fosfato. O glicerol-3-fosfato é acilado em duas etapas, formando o ácido fosfatídico, intermediário, também, da síntese de fosfolipídeos. O triglicerídeo é obtido por hidrólise do grupo fosfato do

ácido fosfatídico, seguida por nova acilação (Figura 3) (BERNARDINO et al., 2013).

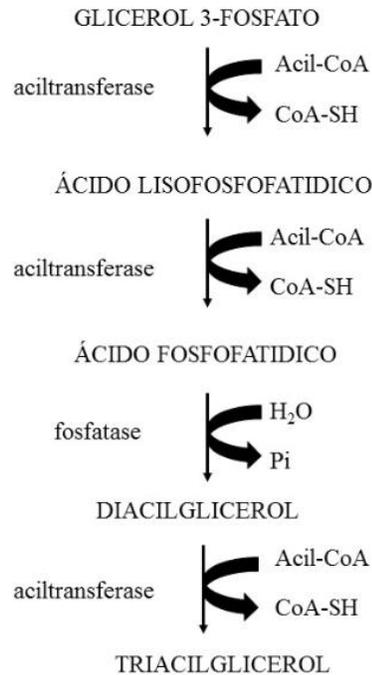


Figura 3 Biossíntese de triglicerídeos

Fonte: Adaptado de Leningher (2006).

Já os fosfolipídeos são lipídeos que contêm um ou mais resíduos de fosfato. São substâncias anfipáticas constituintes das membranas das células e das lipoproteínas plasmáticas. Alguns contêm, também, um ou mais resíduos de glicerol e são designados por glicerofosfolipídeos. Os glicerofosfolipídeos contêm, normalmente, dois ácidos graxos ligados por ligações éster nos carbonos 1 e 2 do glicerol; no carbono 3 do glicerol está ligado um fosfato (ligação fosfoéster) que estabelece uma ponte entre o glicerol e uma base que pode ser a colina (fosfatidil-colina ou lecitina), a etanolamina (fosfatidil-

etanolamina), a serina (fosfatidil-serina) ou o polialcool inositol (fosfatidil-inositol) (LENINGHER, 2006).

2.4.1 Período absorptivo

O período absorptivo é, em geral, definido como o período de 4-6 horas que se seguem a uma refeição. No entanto, os gatos consomem numerosas refeições pequenas, podendo chegar a 10 refeições em um período de 24 horas. Outro aspecto incomum no metabolismo felino é o aumento da gliconeogênese hepática observado após uma refeição normal. Os gatos normais mantêm suas necessidades essenciais de glicose a partir de precursores gliconeogênicos (aminoácidos, por exemplo), em vez de carboidratos alimentares. Consequentemente, os gatos são capazes de manter concentrações séricas de glicose normais, mesmo quando privados de alimentos por até 72 horas. Além disso, a alimentação exerce um efeito insignificante nas concentrações séricas de glicose em gatos normais (KLEIN, 2014).

Neste período, ocorre a digestão e a absorção dos nutrientes da refeição, sendo uma parte desses nutrientes armazenada na forma de glicogênio no fígado e nos músculos e outra parte na forma de gordura no tecido adiposo (BERNARDINO et al., 2013).

O período absorptivo é considerado anabólico, pois, após a alimentação, uma grande quantidade de glicose é disponibilizada e a ação da insulina prevalece. O excesso de glicose estimula a glicogênese, a lipogênese, síntese proteica. O glicerol, provavelmente, não é utilizado para gliconeogênese no período absorptivo, em virtude da alta concentração de glicose e da ação de insulina. Para que haja síntese de glicose, é necessário que o hormônio predominante seja o glucagon, que prevalece, quando ocorre diminuição na secreção de insulina, em decorrência da redução da glicemia. Assim, neste

período, é presumível que o glicerol da dieta seja metabolizado, para fornecer energia pela via glicolítica e ciclo do ácido cítrico, para a síntese de lipídios e fosfolipídios (BERNARDINO et al., 2013).

A alta relação insulina/glucagon estimula a conversão da glicose em acetil-coA e ativa as enzimas de etapas limitantes da glicólise, como por exemplo, a fosfofrutoquinase. A acetil-coA é utilizada, para a síntese de ácidos graxos ou para fornecer energia, por sua oxidação no ciclo do ácido cítrico. A piruvato-carboxilase está, predominantemente, inativa no período absorptivo por causa dos baixos níveis de acetil-coA, um efector alostérico positivo para esta enzima responsável por catalisar o primeiro passo da gliconeogênese. Outras enzimas exclusivas da gliconeogênese, também, são inibidas pela elevada relação insulina/glucagon. Portanto, neste período, a glicólise é estimulada e a gliconeogênese é inibida (CHAMPE; HARVEY; FERRIER, 2006).

Deste modo, o destino metabólico do glicerol vai depender do tecido e do estado nutricional do animal (EMMANUEL et al., 1983). A Figura 4 ilustra o metabolismo do glicerol no fígado quando o organismo está em *déficit* de energia e quando está suprido (BEST, 2006).

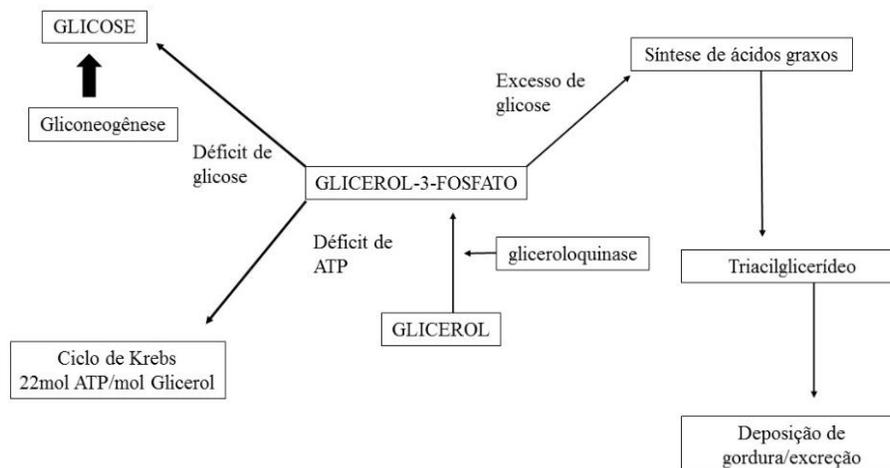


Figura 4 Metabolismo hepático do glicerol em função do estado alimentar
Fonte: Adaptado de Best (2006).

2.4.2 Período pós-absortivo e jejum

O período pós-absortivo se inicia com o final da absorção dos nutrientes procedentes da dieta, juntamente com a redução do nível de glicemia. Neste período, predomina a ação do glucagon. A intensa remoção de glicose circulante pelos tecidos, pela alta relação insulina/glucagon, no período absorptivo reduz, gradativamente, a glicemia. Pela degradação do glicogênio hepático, por estímulo do glucagon, a glicemia será mantida, com a contribuição crescente da gliconeogênese. O glicerol, proveniente da degradação dos triglicerídeos, é um importante precursor da gliconeogênese, juntamente com o lactato, a alanina e o propionil-coA (Figura 5) (LENINGHER, 2006).

A gliconeogênese é a única forma de obtenção de glicose no jejum, pois o glicogênio hepático já foi esgotado. Com isso, ocorre intensificação da proteólise muscular, para obtenção de aminoácidos gliconeogênicos e intensa lipólise, quebrando os triglicerídeos em ácidos graxos e glicerol. A β -oxidação

dos ácidos graxos fornece energia e o glicerol cai na circulação sanguínea e, no fígado, participa da gliconeogênese.

O metabolismo do glicerol, no período pós-absortivo e jejum, está diretamente relacionado com a gliconeogênese (Figura 5).

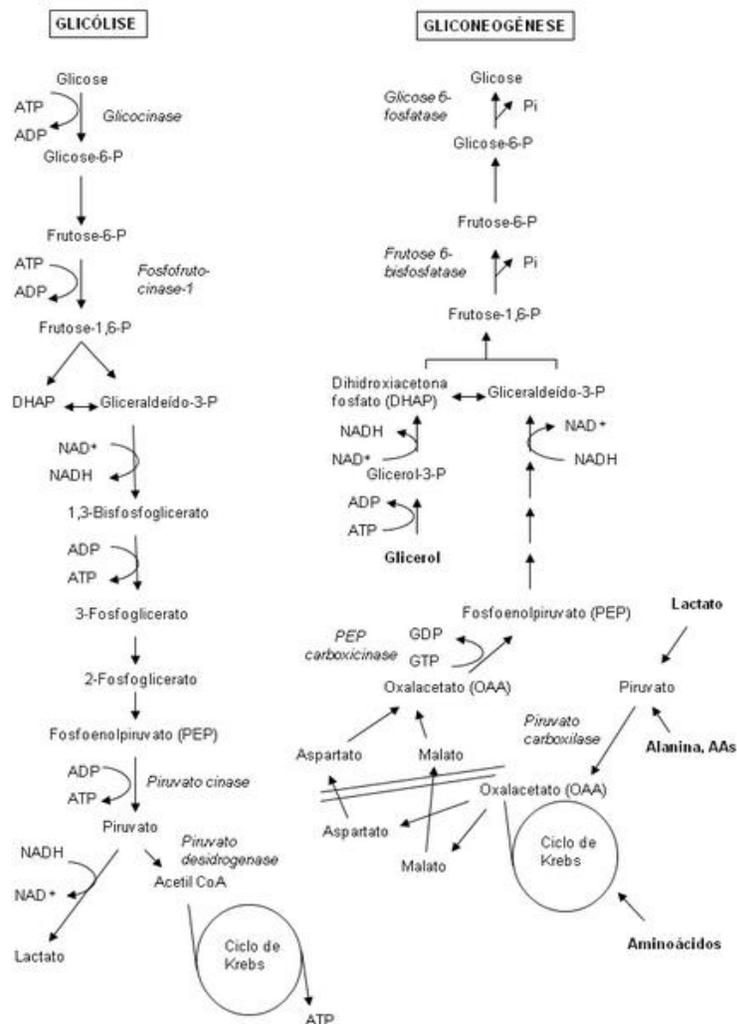


Figura 5 Processos de glicólise e gliconeogênese

Fonte: Adaptado de Lima et al. (2014).

2.5 Glicerina como ingrediente energético nas rações

Estudos sobre a utilização da glicerina na alimentação animal foram impulsionados pelas alterações no preço do milho e pela grande oferta de glicerol no mercado, visando à redução dos custos da dieta.

A glicerina é reconhecida como uma substância segura para uso em boas práticas de alimentação. A principal importância do uso da glicerina bruta na alimentação animal é em razão de seu valor energético. Segundo Rostagno et al. (2011), os valores de energia metabolizável, determinados para a glicerina bruta, são muito próximos quando comparados aos valores de energia metabolizável aparente do milho para suínos (3.340 kcal/Kg) e aves (3.381 kcal/Kg). O valor da energia metabolizável da glicerina bruta é proporcional ao seu nível de glicerol.

Zijlstra et al. (2009), utilizando leitões recém-desmamados, observaram que o valor de energia metabolizável para a glicerina semipurificada foi de 3.510 kcal/kg e a inclusão de até 8% nas dietas beneficiou estes animais, que se encontram em estado de deficiência energética em virtude do apetite limitado.

Barlet e Schenieder (2002) sugerem que os valores de energia metabolizável do glicerol puro, para frangos de corte, poedeiras e suínos variam de acordo com sua inclusão na dieta e com a espécie animal.

Lammers et al. (2007) encontraram coeficientes entre 89 e 92%, para digestibilidade da energia, quando avaliaram a inclusão de glicerina em dietas para suínos em crescimento. Simon, Bergner e Schwabe (1996), avaliando níveis de 5, 10, 15, 20 e 25% de glicerina bruta na dieta de frangos de corte, encontraram coeficiente de digestibilidade da glicerina em torno de 75% e concluíram que a inclusão de até 10% deste produto pode ser utilizada resultando em benefícios aos animais. Quando avaliaram doses mais altas, não notaram efeitos da adição da glicerina no desempenho dos animais. .

Um estudo realizado com suínos em crescimento e terminação, Berenchtein et al. (2010) encontraram o nível ótimo de inclusão em até 9% sem prejudicar o desempenho, a qualidade da carne e as características da carcaça.

Groesbeck et al. (2008), avaliando o desempenho de leitões alimentados com 3 e 6% de glicerina bruta e 6 e 12% de glicerina bruta associada com óleo de soja, observaram um efeito linear crescente no ganho diário de peso dos leitões sem afetar o consumo diário de ração e a conversão alimentar.

Miller (2006) indicaram que 10% de glicerina para pintinhos de até 16 dias de idade não alteraram o desempenho, não sendo observados efeitos negativos como diminuição de proteína bruta, excesso de gordura e redução da qualidade de carne destes animais.

Estudos sobre a inclusão de glicerina na alimentação de animais de companhia são poucos. Lima et al. (2014), avaliando a inclusão de níveis crescentes de glicerina na dieta de cães (0%, 3%, 6% e 9% de glicerina), encontraram um valor de 4190,8kcal/Kg de EM da glicerina bruta. Ponciano Neto (2011) estudou a inclusão da glicerina em substituição à matéria seca na dieta de cães com níveis de 2,5; 5,0; 7,5 e 10% e observou o valor de energia metabolizável da glicerina de 5.381 kcal/Kg e coeficiente de metabolização da energia bruta de 97,8%, demonstrando um excelente aproveitamento da energia com a glicerina utilizada. Machado (2014), avaliando a inclusão de até 10% de glicerina na alimentação de gatos, encontrou uma estimativa da energia digestível do glicerol nas dietas de 2450 kcal/kg. Observa-se que mais estudos sobre a inclusão de glicerina na alimentação de animais de companhia precisam ser realizados para que níveis corretos de inclusão sejam sugeridos.

A glicerina bruta pode apresentar limitações na sua utilização na alimentação animal em virtude da presença de dois resíduos, o metanol e o sódio. O metanol é utilizado na reação de transesterificação do biodiesel. A

maior parte dele é recuperada no processo de destilação, no entanto, se o processo não for eficiente, traços deste resíduo podem permanecer na glicerina.

O metanol ingerido é oxidado a formaldeído no fígado pela enzima álcool desidrogenase. O formaldeído sofre a ação da enzima formaldeído desidrogenase e chega a ácido fórmico, substância tóxica ao organismo. Em quantidades elevadas, o ácido fórmico pode provocar vômitos, cegueira e alteração motora nos animais (LAMMERS et al., 2008).

Lammers et al. (2007) avaliaram a toxicidade em suínos alimentados por 138 dias, após o desmame com rações suplementadas com 5% ou 10% de glicerina bruta, contendo 3.200 ppm de metanol. Não foi observada indicação de toxidez nos animais, analisando sinais clínicos ou lesões no fígado, rins e olhos. Os autores justificaram que o potencial efeito prejudicial do metanol incorporado às rações pode ser desprezado, quando a ração for peletizada ou extrusada, uma vez que a temperatura atingida, durante o processo, é mais alta que a temperatura de vaporização do metanol (65°C). A extrusão, processamento comum utilizado pela indústria de rações para gatos, remove os fatores antinutricionais de ingredientes. É considerado um processo de alta temperatura e curto espaço de tempo (high temperature – short time – HTST), com período de permanência do alimento no extrusor de 1 a 2 minutos (KRABBE; RODRIGUES; FELIPE, 2007).

O principal catalisador utilizado da reação de transesterificação nas plantas brasileiras produtoras de biodiesel é o hidróxido de sódio (ARRUDA et al. 2007). Dependendo do catalisador, usado na produção do biodiesel, a glicerina bruta gerada pode conter de 6 a 8% de sais de sódio ou potássio (MENTEN et al. 2008). Cerrate, Yan e Wang (2006) observaram um aumento na umidade das excretas dos frangos alimentados com 10% de glicerina bruta. Lima et al. (2014), avaliando a inclusão de níveis crescentes de glicerina em

rações para cães, observaram redução linear no teor de matéria seca fecal prejudicando o escore.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEL. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 06 jul. 2015.

ALVARENGA, R. R. et al. Use of glycerine in poultry diets. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 68, n. 4, p. 637-644, Dec. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO. **Dados de mercado**. 2015. Disponível em: <<http://abinpet.org.br/>>. Acesso em 21 jan. 2015.

ARRUDA, P. V.; RODRIGUES, R. C. L. B.; FELIPE, M. G. A. Glicerol: um subproduto com grande capacidade industrial e metabólica. **Revista Analytica**, Lorena, n. 26, p. 56-62, jan. 2007.

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 HEFT, 1., 2002, Berlin. **Annals...** Berlin: Union Zur Förderung Von Oel-Und Proteinplafalzen, 2002. p. 15-36.

BERENCHTEIN, B. et al. Use of glycerol in growing and finishing pig diets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 7, p. 1491-1496, jul. 2010.

BERNARDINO, V. M. P. et al. Metabolismo do Glicerol em Aves – Revisão Bibliográfica. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, MG, v. 10, n. 5, p. 2752-2780, set./out. 2013. Disponível em <http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/artigo_214.pdf >. Acesso em 06 jul. 2015.

BEST, P. Increased biofuel production will grow supplies og by-products: glycerine gives na energy option. **Feed International**, Los Gatos, v. 55, n. 12, p. 20-21, Dec. 2006.

BRASIL. **Lei nº 11.097**, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nos 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. Disponível em:

- <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm>. Acesso: 28 mar. 2016.
- CERRATE, S.; YAN, F.; WANG, Z. et al. Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 5, n. 11, p. 1001-1007, 2006.
- CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A.; FERRIER, D. R. **Bioquímica Ilustrada**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- EMMANUEL, B.; BERZINS, R.; ROBBLEE, A. R. Rates of entry of alanine and glycerol and their contribution to glucose synthesis in fasted chickens. **British Poultry Science**, London, v. 24, n. 4, p. 565-571, 1983.
- GROESBECK, C. N.; MCKINNEY, L. J.; DEROCHEY, J. M. et al. Effect of crude glycerol on pellet mill production and nursery pig growth performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 2228-2236, 2008.
- GUYTON, A. **Textbook of medical physiology**. 6. ed. Philadelphia: Saunders, 1991.
- HARA-CHIKUMA, M.; VERKMAN, A. S. Physiological roles of glycerol-transporting aquaporins: the aquaglyceroporins. **Celular e Molecular Life Sciences**, Basel, v. 63, n. 12, p. 1386-1392, June 2006.
- KATO, T. et al. Functional characterization of the carrier-mediated transport system for glycerol in everted sacs of the rat small intestine. **Biological Pharmaceutical Bulletin**, Tokyo, v. 27, n. 11, p. 1826-1830, Nov. 2004.
- KLEIN, B.G. Cunningham Tratado de Fisiologia Veterinária. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- KIRK, C. A.; DEBRAEKELEER, J.; ARMSTRONG, P. J. Normal cats. In: HAND, M. S. et al. **Small animal clinical nutrition**. 4. ed. Topeka: Walsworth Publishing Company, 2000. p. 80-95, p. 293-303.
- KRABBE, E. L. **Aspectos críticos do processo de secagem de pet food**. 2007. Disponível em: <<http://elementarsolucoes.com.br/wp-content/uploads/2012/03/Aspectos-Criticosdo-Processo-de-Secagem-de-Pet-Food.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2015.

KREBS, H. A.; LUND, P. Formation of glucose from hexoses, pentoses, polyols and related substances in kidney cortex. **Biochemistry**, New York, v. 98, n. 1, p. 210-214, Jan. 1996.

LAMMERS, P. J. et al. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. **Poultry Science**, Oxford, v. 87, n. 1, p. 104-107, Jan. 2008.

LAMMERS, P. et al. **Growth and performance of nursery pigs fed crude glycerol**. Ames: Iowa State University Animal Industry Report, 2007.

LENINGHER, A.L. **Princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo: Savier, 2006.

LIMA, D. C. et al. Digestibility and metabolizable energy of glycerine in dogs. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 8, p. 1452-1456, ago. 2014.

LIN, E.C.C. Glycerol utilization and its regulation in mammals. **Annual Review of Biochemistry**, Palo Alto, v. 46, p. 765-795, 1977.

LISENKO, K. G. et al. Metabolic parameters in rats receiving different levels of oral glycerol supplementation. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 99, p. 265-272, July 2014.

MACHADO, G. S. et al. Gatos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de glicerol e sua influência na glicemia. In: CONGRESSO INTERNACIONAL, 6.; SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 13., Valinhos, 2014. **Anais...** Valinhos: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2014.

MENTEN, J. F. M.; MIYADA, V. S.; BERENCHTEIN, B. Glicerol na alimentação animal. In: SIMPÓSIO DE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 1., Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2008. p. 101.

MILLER, F. **Two for one deal: biodiesel byproduct fuels growth in broilers**. Arkansas: University of Arkansas, 2006. Disponível em: <<http://www.uark.edu/depts/agripub/Publications/Agnews/agnews06-42.html>>. Acesso em: 26 abr. 2015.

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**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 639-648, maio/junho, 2009.

OOI, T. L. et al. Glycerol residue – a rich source of glycerol and medium chain fatty acids. **Journal of Oleo Science**, Tokyo, v. 53, n. 1, p. 29-33, 2004.

OSAKI, M.; BATALHA, M. O. Produção de biodiesel e óleo vegetal no Brasil: realidade e desafio. **Organizações rurais e agroindustriais**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 227-242, 2011.

PET BRASIL. **Mercado brasileiro**. 2015. Disponível em: <<http://www.petbrasil.org.br/mercado-brasileiro>>. Acesso em: 06 jul. 2015.

PONCIANO, N. B. **Uso de glicerina na alimentação de cães adultos**. 2011. 53 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

RIVALDI, J. D. et al. Estratégias biotecnológicas para o aproveitamento do glicerol gerado da produção de biodiesel. **Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 37, p. 44-51, 2008.

ROSTAGNO, H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. [S.l.]: [s.n.], 2011. v. 2, p. 141.

SEBRAE. **Cartilha Biodiesel**. [S.l.]: [s.n.], 2007.

SIMON, A.; BERGNER, H.; SCHWABE, M. Glycerol as a feed ingredient for broiler chickens. **Archives of Animal Nutrition**, Abingdon, v. 49, n. 2, p. 103-112, 1996.

SIMON, A.; SCHWABE, M.; BERGNER, H. Glycerol supplementation to broilers rations with low crude protein content. **Archives of Animal Nutrition**, Abingdon, v. 50, n. 3, p. 271-282, 1997.

ZIJLSTRA, R. T. et al. The effect of feeding crude glycerol on growth performance and nutrient digestibility in weaned pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 89, n. 1, p. 85-89, 2009.

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

ARTIGO 1 Parâmetros metabólicos e fisiológicos de gatos recebendo dieta com glicerina

R.F., Lacerda; F. M. O. B., Saad et al.

**Artigo redigido conforme norma da revista Food Science and
Technology - versão preliminar**

RESUMO – A produção e o uso do biodiesel, no Brasil, propiciam o desenvolvimento de uma fonte energética sustentável sob os aspectos ambiental, econômico e social. A produção do biodiesel gera resíduos, como a glicerina, e medidas sustentáveis de reutilização destes coprodutos precisam ser desenvolvidas para preservação do meio ambiente. Pesquisas sobre a adição de glicerina na alimentação animal foram impulsionadas pela possibilidade de reduzir os custos da dieta pela grande oferta do produto no mercado mundial. Objetivou-se avaliar parâmetros metabólicos e fisiológicos de gatos recebendo dieta com glicerina. O experimento foi realizado no gatil do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, utilizando 30 gatos adultos, machos e fêmeas, sem raça definida, com peso de $3,52 \pm 0,67$ Kg, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (controle e substituição de 4, 8, 12 e 16% de glicerina), durante 15 dias. Os animais receberam 300 ml de água por dia a fim de determinar o consumo hídrico. As análises estatísticas foram realizadas, por meio do programa computacional SISVAR, em que as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Dunnett. Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) para os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, extrato etéreo e energia metabolizável aparente na matéria seca das dietas. Ocorreu um aumento significativo ($P < 0,05$) da energia digestível aparente na matéria seca na dieta com 12% de substituição de glicerina. As concentrações séricas de glicose,

colesterol total, HDL, LDL, VLDL, AST e ALT e creatinina não foram influenciadas pelo nível de inclusão de glicerina ($P>0,05$), porém houve redução significativa das concentrações sanguíneas de ureia ($P<0,05$). Os valores da densidade e o pH urinário não apresentaram mudanças significativas ($P>0,05$). A substituição de 12% de glicerina apresentou, no geral, melhores resultados das variáveis analisadas. No entanto, a substituição de até 16% de glicerina não resultou em prejuízos nos parâmetros avaliados. A glicerina utilizada continha níveis de metanol muito acima dos valores de segurança estabelecidos pelo MAPA e, mesmo assim, não causou alterações metabólicas e fisiológicas nos gatos durante o tempo de administração da glicerina.

Palavras-chave: glicerina, biodiesel, coproduto, metabolismo, nutrição animal.

1. INTRODUÇÃO

A instabilidade do preço do petróleo bruto no mercado mundial e a inconstância no fornecimento, por conflitos nos principais países produtores, reacendeu o interesse na busca de uma alternativa para a produção de combustíveis. Além disso, há uma crescente preocupação com o esgotamento das fontes de energia convencionais ao mesmo tempo em que se tem um aumento da demanda de combustíveis líquidos. Estes fatos, aliados ao aumento da consciência pública sobre os impactos da extração de combustíveis fósseis no ambiente e a necessidade de qualquer país se tornar autossuficiente e, portanto, menos vulnerável à escassez ou embargos políticos, renovou o interesse na produção de biodiesel (UTLU; KOÇAK, 2008).

O Brasil vem se destacando como um dos maiores produtores mundiais de biodiesel e, como consequência, grande quantidade de coproduto é gerada. Medidas sustentáveis de reutilização destes coprodutos precisam ser desenvolvidas visando à preservação do meio ambiente.

Pesquisas sobre a adição de glicerina na alimentação animal foram impulsionadas pela possibilidade de reduzir custos da dieta devido à grande oferta deste coproduto no mercado mundial (PINTO; GUARIEIRO; RESENDE, 2005). Além disso, o glicerol nele contido, por possuir elevado valor energético e proporcionar alta eficiência de utilização pelos animais, torna-se uma

alternativa promissora para substituir alimentos energéticos tradicionalmente utilizados nas dietas para gatos.

O glicerol possui baixo peso molecular sendo facilmente absorvido por difusão. Quando absorvido, pode ser convertido em glicose, via gliconeogênese, ou oxidado, para a produção de energia, via glicólise e ciclo de Krebs (ROBERGS; GRIFFIN, 1998).

Estudos têm demonstrado os efeitos da utilização do glicerol como fonte energética em rações de diferentes espécies animais (BERENCHTEIN, et al., 2010; LAMMERS, et al., 2008). No entanto, dados com gatos são escassos, havendo a necessidade de experimentos com esta espécie animal, com a finalidade de determinar o melhor nível de inclusão de glicerina na dieta.

Neste contexto, o objetivo neste trabalho foi avaliar os parâmetros metabólicos e fisiológicos em gatos, recebendo dieta contendo glicerol, visando propor um nível seguro de inclusão na alimentação destes animais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Local e instalações

O experimento foi conduzido, em março do ano de 2015, no Centro de Estudos em Nutrição de Animais de Companhia (CENAC), pertencente ao Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA),

localizada em Lavras, Minas Gerais. Os animais foram mantidos, individualmente, em gaiolas de vivência (1,0m de largura x 1,0m de comprimento x 1,0 m de altura) com comedouros suspensos e bebedouros automáticos do tipo chupeta. O protocolo experimental foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA – protocolo 020/15) da Universidade Federal de Lavras.

Animais e delineamento experimental

Foram utilizados, no presente estudo, trinta gatos adultos sem raça definida, machos e fêmeas, saudáveis, com peso de $3,52 \text{ Kg} \pm 0,67 \text{ Kg}$, pertencentes à população permanente do gatil experimental.

Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, em cinco tratamentos (ração controle e substituição de 4, 8, 12 e 16% de glicerina), com seis repetições. O período experimental teve duração de 15 dias.

Dietas Experimentais

A glicerina foi cedida pela Associação de Pesquisadores em Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel (G-Óleo/UFLA), obtida do processo de transesterificação de óleos vegetais por catálise básica, destilada e purificada em reator térmico do Laboratório de Biodiesel da UFLA, retirando-se quase sua totalidade de metanol e água. Análises feitas nos laboratórios comerciais

Eurofins do Brasil Análises de Alimentos e CBO Análises Laboratoriais e no Laboratório de Pesquisa Animal do Departamento de Zootecnia – UFLA encontraram os seguintes resultados para a glicerina: 5596 Kcal/Kg de energia bruta, 5,67% de umidade, 85,43% de glicerol, 1,93% de sódio, 0,04% de potássio, 4,32% de matéria mineral e uma quantidade acima de 2000 mg/Kg de metanol.

O alimento foi fornecido *ad libitum*, com uma quantidade acima da recomendada pelo NRC (2006) para gatos adultos em manutenção, para que houvesse sobras, possibilitando calcular o consumo de cada animal. Utilizou-se o método de substituição descrito por Matterson et al. (1965). O alimento controle fornecido foi uma ração comercial extrusada cujos níveis de garantia e composição básica declarados no rótulo estão descritos na Tabela 1. A glicerina foi adicionada à ração por cobertura, antes do fornecimento.

Tabela 1 - Níveis de garantia e composição básica do alimento controle segundo fabricante.

<i>Níveis de garantia</i>	
Umidade (máx.)	100 g/Kg
Proteína bruta (mín.)	310 g/Kg
Extrato etéreo (mín.)	120 g/Kg
Matéria fibrosa (máx.)	30 g/Kg
Matéria mineral (máx.)	75 g/Kg
Cálcio (máx.)	11 g/Kg
Cálcio (mín.)	7000 mg/Kg
Fósforo (máx.)	11 g/Kg
Fósforo (mín.)	6000 mg/Kg

Potássio (mín.)	5500 mg/Kg
Magnésio (máx.)	1000 mg/Kg
Taurina (mín.)	1300 mg/Kg
DL-Metionina (mín.)	7000 mg/Kg
L-Lisina (mín.)	12 g/Kg
Sódio (mín.)	2500 mg/Kg
Zinco quelatado (mín.)	50 mg/Kg
Hexametafosfato de sódio (mín.)	3000 mg/Kg
Ômega 6 (Ácido linoleico) (mín.)	20 g/Kg
Ômega 3 (EPA+DHA) (mín.)	2000 mg/Kg
Saponinas (mín.)	10 mg/Kg
Bacillus subtilis (mín.)	8x10 ⁸ UFC/Kg
Energia metabolizável	3950 Kcal/Kg
<i>Composição básica</i>	Mescla de carnes frescas (carne de frango, bovina e de peixe) (mín.5%), farinha de salmão, farinha de vísceras de aves, hidrolisado de fígado de frango e suíno, arroz quebrado, glúten de milho 60, milho integral moído, óleo de peixe, levedura de cerveja, gordura animal estabilizada, polpa de beterraba, cloreto de sódio (sal comum), taurina, extrato de yucca, probiótico, hexametafosfato de sódio, cloreto de potássio, DL-metionina, L-lisina, cloreto de colina, zinco aminoácido quelato, aditivo acidificante, antioxidantes (BHA/BHT) e premix vitamínico mineral.

Os animais do grupo 1 (controle) receberam o alimento controle sem glicerina, enquanto os animais dos grupos 2, 3, 4 e 5 receberam o alimento

controle com substituição de 4, 8, 12 e 16% da matéria natural do mesmo por glicerina. As composições das dietas experimentais estão descritas na Tabela 2. As análises das dietas foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA.

Tabela 2 - Composição das dietas experimentais.

Tratamento	MS (%)	PB* (%)	EE* (%)	MM* (%)	EB* (Kcal/Kg)
1	93,41	30,58	15,38	6,63	4940
2	93,83	29,35	14,55	6,41	4950
3	90,36	28,13	13,93	6,44	5070
4	90,35	26,91	12,89	6,36	5070
5	90,10	25,68	12,14	6,33	5110

*Composição na matéria seca. Valores analisados no Laboratório de Pesquisa Animal-DZO/UFLA.

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; MM: matéria mineral; EB: energia bruta.

Procedimento Experimental

No primeiro dia do experimento, foram realizadas coletas de sangue para determinação das concentrações séricas de colesterol total, LDL, HDL, triacilgliceróis, ureia, creatinina, ALT, AST e avaliação do hemograma completo. As coletas foram realizadas, antes do fornecimento do alimento, por

meio de punção na veia jugular dos animais. O período experimental teve duração de quinze dias, sendo dez dias de adaptação às dietas experimentais e cinco dias de coletas de dados. O alimento foi fornecido, diariamente, às 8 horas e as sobras de alimento foram pesadas diariamente.

As gaiolas eram constituídas de arame galvanizado com uma bandeja afunilada provida de tela para a coleta de urina sem contaminação das fezes.

Os animais receberam 300 ml de água por dia, durante todo o período experimental, disponibilizadas por bebedouros do tipo semiautomático, acoplados a garrafas pet, fixados na parte posterior das gaiolas. As sobras de água foram medidas diariamente.

As determinações do pH e densidade urinária foram realizadas durante o 13º, 14º e 15º dia de experimento. Para a coleta de urina, garrafas pet com funis foram adaptadas às bandejas coletoras nas gaiolas metabólicas. Foi adicionada às garrafas uma quantidade de 0,1g timol, um conservante urinário com ação antibacteriana. O pH urinário foi mensurado às 8 horas, por meio de peagâmetro digital de bancada da marca QUIMIS, modelo Q400A e a densidade urinária determinada por refratômetro portátil, marca Instrutherm, modelo RTP – 20ATC. Após três dias de coleta de urina de cada animal, foi calculada a média dos valores do pH e densidade urinária para posterior análise estatística dos dados.

Durante o experimento, entre o 10º e 15º dia, foram realizadas coletas de fezes para determinação da quantidade e avaliação da digestibilidade dos nutrientes. As fezes foram coletadas diretamente do chão das gaiolas antes do fornecimento do alimento. As amostras fecais foram acondicionadas em sacos plásticos, previamente identificados, pesadas e armazenadas em freezer a -20°C até o final do período de coleta.

Posteriormente, as fezes foram descongeladas em temperatura ambiente por, aproximadamente, 12 horas. Em seguida, as amostras de cada animal foram homogeneizadas, colocadas em bandejas de alumínio, pesadas e armazenadas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas. As amostras foram, então, retiradas da estufa e, após atingirem equilíbrio com a temperatura ambiente, foram pesadas e moídas em um moinho de martelo do tipo Thomas-Wiley, utilizando-se peneira de 1,0 mm, quando, então, foram acondicionadas em potes plásticos devidamente identificados, os quais foram armazenados em temperatura ambiente para posteriores análises.

No último dia de experimento (15º dia), foram realizadas novas coletas de sangue para a mensuração dos mesmos parâmetros sanguíneos mencionados no início do experimento.

Digestibilidade dos nutrientes

As análises bromatológicas dos alimentos e das fezes foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA. As análises de matéria seca (MS) (método 934.01), proteína bruta (PB) (método 954.01), extrato etéreo (EE) (método 954.02), fibra bruta (FB) (método 962.09) e matéria mineral (MM) (método 942.05) do alimento e das fezes foram realizadas de acordo com metodologias descritas pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1995).

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) de MS foi calculado pela fórmula:

$$\text{CDAMS (\%)} = [(a-b)/a] \times 100$$

Em que:

a = consumo de alimento na matéria seca

b = excreção de fezes na matéria seca

O CDA dos demais nutrientes foi calculado pela fórmula:

$$\text{CDA nutriente (\%)} = \{[(a \times b - c \times d) / (a \times b)]\} \times 100$$

Em que:

a = consumo de alimento na matéria seca

b = porcentagem do nutriente no alimento

c = excreção de fezes na matéria seca

d = porcentagem do nutriente nas fezes

A energia digestível das dietas foi calculada pela fórmula:

$$ED \text{ (Kcal/ Kg)} = \frac{EB \text{ ingerida} - EB \text{ excretada}}{MS \text{ ingerida}}$$

Com base nos resultados das análises laboratoriais do glicerol, da ração referência e das fezes, foram determinados os valores de energia metabolizável aparente (EMA) por meio das equações propostas por Matterson et al. (1965).

$$EMt \text{ (kcal/kg)} = EM \text{ db} + \frac{EMdt - EMdb}{P}$$

Em que:

EM db = EM da dieta basal (0% ; kcal/kg da MS)

EM dt = EM das dietas teste (4%, 8%, 12%, 16%; kcal/kg da MS)

P = porcentagem de substituição do alimento teste

Para a energia metabolizável aparente (EMA), foi utilizada a fórmula para correção urinária estabelecida pela ANFALPet (2009):

$$\text{EMA (MJ/g)} = \{(a \times b) - [(c \times d) + (\text{fator de correção} \times e)]\} / a$$

Em que:

a = consumo de alimento na matéria seca

b = energia bruta do alimento

c = excreção de fezes na matéria seca

d = energia bruta das fezes

fator de correção = 1,25 para cães

e = gramas de proteína digestível ingerida

Análises sanguíneas

As amostras de sangue foram enviadas ao Laboratório de Análises Clínicas Santa Cecília, situado na cidade de Lavras-MG, para avaliação de ureia, creatinina, colesterol total, HDL, LDL, VLDL, albumina, transaminase oxalacética (AST), transaminase pirúvica (ALT) e hemograma completo.

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias submetidas à análise de regressão, quando $P < 0,05$. Para verificar a normalidade

dos resíduos, utilizou-se o teste estatístico de Tukey, considerando um nível de 5% de significância para observação dos efeitos. As análises estatísticas foram realizadas, por meio do programa computacional SISVAR (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), em que as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Dunnett.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Digestibilidade e consumo dos nutrientes

A substituição de glicerina em até 16% da dieta não interferiu ($P>0,05$) na digestibilidade dos nutrientes avaliados (Tabela 3).

Lima et al. (2014), ao trabalhar com crescentes níveis de inclusão de glicerina (0%, 3%, 6% e 9%) na dieta de cães, também, não encontraram diferenças significativas no coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da PB e MM. No entanto, estes autores encontraram um aumento linear no CDA da MS e uma diminuição do CDA do EEHA com o aumento de glicerina na dieta. Os autores justificaram que, como os tratamentos não são isonutritivos, o menor teor de EE das dietas, contendo glicerina, pode ter influenciado na obtenção da menor digestibilidade, em função da maior participação relativa da fração lipídica endógena nas fezes (MENDES et al., 2004).

Estes resultados sugerem que a glicerina foi favorável à digestibilidade dos nutrientes não influenciando negativamente as variáveis em questão; mostrando ser um coproduto com viabilidade para substituir parcialmente alguns ingredientes da dieta com resultados biologicamente semelhantes e a um custo inferior.

Tabela 3 - Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes (CDA) em gatos recebendo dietas para gatos com diferentes níveis de glicerina.

CDA	Níveis de substituição de glicerina (%)					CV (%)	P=
	0	4	8	12	16		
MS	82,9	84,0	84,2	86,4	84,4	4,71	0,65
PB	82,0	81,3	83,7	82,1	83,4	4,77	0,80
MM	43,1	46,1	46,4	48,0	46,3	30,60	0,68
EEHA	90,3	90,2	90,7	90,7	89,8	3,00	0,97

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; MM: matéria mineral; EEHA: extrato etéreo em hidrólise ácida.

A substituição de glicerina em até 16% da dieta não interferiu no consumo médio diário de ração, água, proteína bruta, energia bruta e extrato etéreo, em função do peso metabólico ($\text{g/Kg}^{0,67}$) ($P>0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4 - Consumo médio diário de ração, água, proteína bruta, energia bruta e extrato etéreo em função do peso metabólico ($\text{g/Kg}^{0,67}$) em gatos alimentados com diferentes níveis de glicerina.

<i>Consumo</i>	Níveis de substituição de glicerina (%)					CV (%)	P=
	0	4	8	12	16		
Ração	33,8	32,9	34,8	30,7	30,1	22,06	0,83
Água	77,7	75,9	78,8	75,0	76,3	17,00	0,37
PB	9,4	9,0	8,8	9,4	8,9	11,50	0,84
EB	166,1	160,5	172,9	175,0	170,3	19,25	0,94
EE	3,9	4,2	4,8	4,5	4,1	15,07	0,36

*PB: proteína bruta, EB: energia bruta, EE: extrato etéreo.

Da mesma forma, Machado (2014), avaliando a inclusão de 2,5%, 5% e 10% de glicerina na dieta de gatos, não encontrou diferenças nos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes. Este mesmo autor, também, não encontrou variação no consumo de ração, assim como no presente trabalho (Tabela 4). No entanto, a autora supracitada encontrou que, para cada grama de MS consumida pelos gatos, ocorreu um aumento de 1,45mL no consumo total de água. Segundo a autora, a glicerina consumida influenciou negativamente o consumo total de água, ao contrário do esperado, já que este ingrediente possui características higroscópicas. É possível que as dietas expostas nos comedouros

tenham sofrido influência da higroscopicidade da glicerina, aumentando o conteúdo de água ingerido pelos animais. No entanto, a MS das dietas não foi avaliada ao longo das refeições. O consumo de dietas mais úmidas poderia influenciar o consumo total de água uma vez que ingerindo alimentos mais úmidos o consumo voluntário de água seria reduzido.

Lammers et al. (2008), também, não observaram qualquer efeito sobre o consumo de ração de galinhas poedeiras que receberam dietas com a inclusão de até 15% de glicerina bruta. Groesbeck et al. (2008) verificaram que a inclusão de até 12% de glicerina proporcionou melhora na palatabilidade da dieta e, conseqüentemente, o aumento do consumo de ração, além de melhorar o desempenho de leitões. Brief e Davis (1982) e Andrade et al. (2014), avaliando a suplementação de glicerina em ratos, também, não observaram alteração no consumo de água (Tabela 4).

Estes resultados indicam que a glicerina não influenciou a palatabilidade das rações, não interferindo no consumo alimentar dos animais.

Ocorreu um aumento significativo ($P < 0,05$) da energia digestível aparente na matéria seca na dieta com substituição de 12% de glicerina (Tabela 5), evidenciando o alto valor energético desse coproduto. Pode-se inferir que esse aumento, no aproveitamento da energia das dietas, demonstra que os gatos apresentam alta capacidade de utilização da energia da glicerina (Figura 1).

Em alguns trabalhos, avaliando a glicerina na alimentação de não ruminantes, encontraram-se valores inferiores para ED. Esta diferença nos resultados encontrados pode ser em razão dos distintos valores energéticos das dietas basais. Lammers et al. (2007), em um experimento com suínos em crescimento, obtiveram o valor de ED de 3.386 kcal/kg para glicerina (87% glicerol; EB = 3625kcal/kg). Já, em um estudo realizado com coelhos por Retore (2010), os valores de energia digestível para a glicerina (68% glicerol e EB = 5.552kcal/kg) foi 4.953 kcal/kg.

Tabela 5 - Valores de energia digestível aparente na matéria seca, energia metabolizável aparente na matéria seca das dietas e energia metabolizável da glicerina para gatos recebendo diferentes níveis de glicerina.

	Níveis de substituição de glicerina (%)					CV (%)	P=
	0	4	8	12	16		
EDAMS*	4209b	4247b	4354b	4496a	4418b	3,96	0,04
EMAMS	3975	4011	4058	4117	4053	5,39	0,54
EM glicerina	-	4875	5012	5158	4463	19,24	0,68

EDAMS: energia digestível aparente das dietas na matéria seca em kcal/Kg.

*Médias diferem entre si pelo Teste de Dunnet.

EMAMS: energia metabolizável aparente das dietas na matéria seca em kcal/Kg.

EM glicerina: energia metabolizável da glicerina em kcal/Kg obtida aplicando-se o método de Matterson et al. (1965).

Segundo Menten, Miyada e Berenchtein (2009), o valor energético da glicerina bruta é resultante de cada processo industrial e da quantidade de glicerol, uma vez que diversas impurezas podem estar presentes no produto,

como triglicerídeos e ácidos graxos que acabam fornecendo energia e superestimando os valores de energia das glicerinas testadas. A glicerina, utilizada neste experimento, apresentou valores analisados de 5596 Kcal/Kg de energia bruta e 85% de glicerol.

No estudo citado acima, Lammers et al. (2007) encontraram, para a digestibilidade da energia, coeficientes entre 89 e 92%. Para frangos de corte, o coeficiente de digestibilidade da energia bruta tem ficado em torno de 75% (SIMON et al., 1996). Para a espécie mais próxima dos gatos, o estudo de Ponciano Neto (2011) que avaliou a inclusão de 2,5; 5,0; 7,5 e 10% de glicerina, na dieta de cães adultos, revelou o coeficiente de 97,8%, utilizando glicerina semipurificada (68% glicerol) com 4697 kcal/kg de energia bruta. No presente estudo, a digestibilidade da energia apresentou coeficientes entre 79 e 81%. Segundo Bartlet e Schneider (2002), o aproveitamento da glicerina pode variar, de acordo com a quantidade de glicerol, níveis de inclusão empregados nas rações e espécie animal em questão.

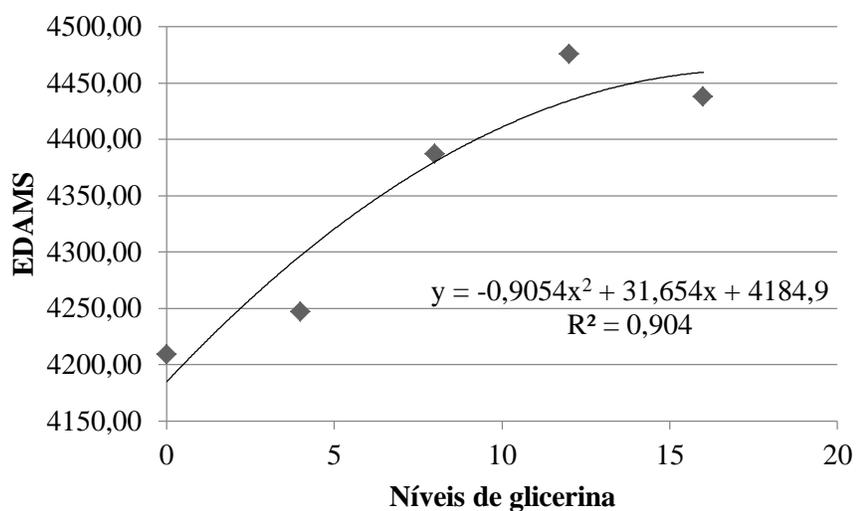


Figura 1: Estimativa da energia digestível na matéria seca

Parâmetros sanguíneos

Houve uma diminuição significativa nos valores sanguíneos de ureia ($P < 0,05$) (Tabela 6). A substituição de 12% de glicerina resultou em níveis de ureia abaixo dos valores de referência, indicando que os animais utilizaram o glicerol, para a formação de glicose, via gliconeogênese, em detrimento dos aminoácidos (Figura 2).

De acordo com Simon, Schwabe e Bergner (1997), o glicerol promove a redução da gliconeogênese a partir aminoácidos, por meio da inibição da atividade da fosfoenolpiruvato carboxiquinase ou glutamato desidrogenase. Com isso, menos ureia será formada com base em grupos amino proveniente de aminoácidos. Como não houve redução no consumo de proteína, em função do

peso metabólico (Tabela 4), podemos inferir que o glicerol interferiu nos níveis de ureia.

A concentração sérica de glicose não foi influenciada pelo nível de substituição de glicerina ($P>0,05$) (Tabela 6). Andrade et al. (2014) e Ponciano Neto (2011), também, não observaram diferenças nas concentrações de glicose, quando avaliaram a suplementação de glicerol em dietas para ratos e cães, respectivamente.

Tabela 6 - Valores dos parâmetros sanguíneos de gatos recebendo dieta com diferentes níveis de glicerina.

	Valores referência**	Níveis de substituição de glicerina (%)					CV (%)	P=
		0	4	8	12	16		
Ureia (mg/dL)	42,8 - 64,2	50,5a	44,5b	43,6b	38,5c	41,7b	14,28	0,04
Glicemia (mg/dL)	70 - 110	95,9	100,4	96,1	93,8	98,2	5,16	0,40
Creatinina (mg/dL)	0,8 - 1,8	1,0	0,9	1,0	1,1	1,1	20,85	0,56
Colesterol total (mg/dL)	80 - 205	89,6	86,1	99,1	85,3	82,2	25,7	0,74
c-HDL (mg/dL)	40 - 86	74,0	72,0	82,8	72,8	67,0	24,5	0,66
c-LDL (mg/dL)	9,2 - 12,4	8,5	8,5	10,5	6,8	10,0	29,72	0,88
c-VLD (mg/dL)	5,5 - 7,5	7,1	7,0	5,8	6,2	5,2	32,12	0,42
ALT (UI/L)	6 - 83	53,8	51,3	76,6	75,5	45,7	30,12	0,48
AST (UI/L)	26 - 43	31,1	26,8	30,8	33,5	31,2	30,21	0,80

** Kaneko et al. (1997); Meyer e Harvey (2004).

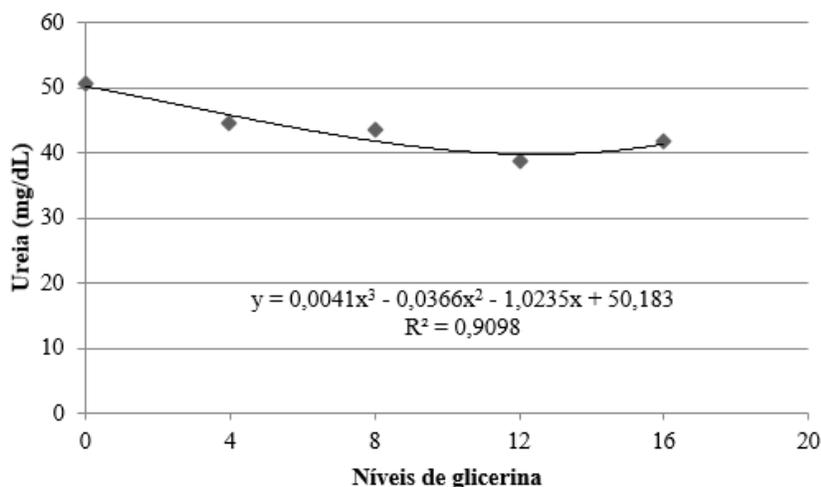


Figura 2: Níveis de ureia de gatos recendo dieta com glicerina.

Em estudo feito por Zanoboni, Schwarz e Zanoboni-Muciaccia (1976), avaliando a inclusão do glicerol em ratos, não foram relatadas diferenças na glicemia nos animais, porém Zanoboni, Schwarz e Zanoboni-Muciaccia encontraram um aumento dos níveis de insulina, dentro de 90 minutos após o consumo, em relação à solução de glicose. O aumento nos níveis de insulina frente ao glicerol está relacionado à elevação dos produtos da gliconeogênese, que faz com que uma maior quantidade deste hormônio seja secretada, para manter a homeostase glicêmica (KAWAMORI et al., 2011).

Lisenko et al. (2014) encontrou efeito quadrático para as variáveis glicemia e colesterol total com aumento até a dose de 800mg/kg, seguido de queda com a dose de 1600mg/kg quando avaliaram o uso de glicerol por

gavagem em ratos. Uma vez absorvido, o glicerol pode ser convertido em glicose, via gliconeogênese, ou oxidado para a produção de energia, via glicólise e ciclo de Krebs (Robergs; Griffin, 1998). O fato foi justificado, observando-se o comportamento da glicemia e acredita-se que a queda nestes valores, na maior dose empregada, seja em virtude da produção aumentada de insulina em resposta a um aumento mais acentuado da glicemia em curto prazo, promovendo, inclusive, interações no centro da saciedade e reduzindo o consumo alimentar.

Os níveis de creatinina não apresentaram mudanças expressivas ($P>0,05$) (Tabela 6). As concentrações plasmáticas de creatinina refletem a taxa de filtração renal, de forma que altas concentrações indicam uma deficiência da funcionalidade renal (GONZÁLEZ; SCHEFFER, 2003). Dessa forma, o resultado demonstra que os níveis de glicerol utilizados não comprometeram o funcionamento renal dos animais.

Não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) para a concentração de colesterol total e das lipoproteínas plasmáticas HDL, LDL e VLDL entre os diferentes níveis de glicerol (Tabela 6). Estes resultados corroboram com os encontrados por Lisenko et al. (2014) e Ponciano Neto (2011) que, também, não encontraram valores significativos para esses parâmetros. Neu et al. (2013) verificaram que, quando oferecido glicerol para tilápias-do-nilo, o índice de colesterol HDL foi maior, quando os níveis de

inclusão foram de 7,5%, denotando a utilização do produto como fonte energética benéfica.

As enzimas hepáticas AST e ALT não apresentaram diferenças significativas ($P>0,05$) (Tabela 6). Este resultado pressupõe que, dependendo da dose, a glicerina não trará efeitos tóxicos ao organismo animal. O aumento das enzimas AST e ALT indica provável lesão hepática, no entanto, neste estudo, pode-se observar que estas enzimas estão presentes em níveis normais para gatos, indicando que, nestes níveis de substituição, a glicerina não foi considerada tóxica. Na literatura, há carência de informações sobre o efeito do glicerol sobre estas enzimas, deixando evidente a necessidade de maiores estudos quanto a estes parâmetros (SILLERO; SILLERO; SOLS, 2005).

Densidade e pH urinário

Os valores da densidade e do pH urinário não apresentaram mudanças significativas ($P>0,05$) e mantiveram-se dentro da normalidade (Tabela 7).

Tabela 7 - Valores de densidade e pH urinário de gatos recebendo diferentes níveis de glicerina.

	Níveis de substituição de glicerina (%)					CV (%)	P=
	0	4	8	12	16		
Densidade urinária	1.026	1.027	1.025	1.025	1.023	0.39	0,47
pH urinário	6.57	6.36	6.36	6.30	6.20	5.22	0,42

Animais saudáveis produzem urina ácida, com pH entre 6,0 e 6,5, exceto após a alimentação (ALLEN; KRUGER, 2000). O pH da urina varia em consequência da manutenção homeostática do equilíbrio acidobásico (DIBARTOLA, 2006). Características de diferentes dietas irão determinar o pH urinário de cães e gatos. Portanto, a manipulação das dietas é realizada com a finalidade de se obter um equilíbrio e reduzir o risco de formação de urólitos de estruvita e oxalato de cálcio (JEREMIAS et al., 2013). A substituição de glicerina em até 16% manteve os níveis de densidade e pH urinário, dentro da normalidade, mostrando que a adição deste coproduto na alimentação de gatos pode ser feita com segurança.

4. CONCLUSÃO

A substituição de 12% de glicerina apresentou, no geral, melhores resultados das variáveis analisadas. No entanto, a substituição de até 16% de glicerina não resultou em prejuízos nos parâmetros avaliados.

A glicerina utilizada continha níveis de metanol muito acima dos valores de segurança estabelecidos pelo MAPA e, mesmo assim, não causou alterações metabólicas e fisiológicas nos gatos durante o tempo de administração da glicerina. Assim, recomenda-se que outros estudos tenham como foco os níveis deste resíduo na glicerina para que seja sugerida quantidade máxima de metanol segura para a nutrição animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, T. A.; KRUGER, J. M. Enfermedad felina de las vías urinarias. In: HAND, M. S. et al. (Ed.). **Nutrición clínica en pequeños animales**. 4. ed. Bogotá: Panamericana, 2000. p. 811-845.

ANDRADE, E. F. et al. Metabolic effects of glycerol supplementation and aerobic physical training on wistar rats. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, Ottawa, v. 92, n. 9, p. 744-751, July 2014.

ANFALPet. **Manual do Programa Integrado de Qualidade Pet**. São Paulo: ANFALPet, 2009.

AOAC. **Official methods of analysis**. Washington: AOAC, 1995.

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**, Berlin, v. 17, p. 15-36, 2002.

BERENCHTEIN, B. et al. Use of glycerol in growing and finishing pig diets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 7, p. 1491-1496, July 2010.

BRIEF, D. J.; DAVIS, J. D. Glycerol reduces food intake in diabetics rats. **Physiology & Behavior**, Oxford, v. 29, p. 577-580, Oct. 1982.

DIBARTOLA, S. P. **Fluid therapy in small animal practice**. Philadelphia: W. B. Saunders, 2006.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SCHEFFER, J. S. F. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. In: SIMPÓSIO DE PATOLOGIA CLÍNICA VETERINÁRIA DA REGIÃO SUL DO BRASIL, 1., 2003, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. Disponível em:

<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13177/000386508.pdf?>>.

Acesso em: 28 mar. 2016.

JEREMIAS, J. T. et al. Predictive formulas for food base excess and urine pH estimations of cats. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 182, p. 82-92, June 2013.

KANEKO, J. J., HARVEY, J. W. BRUSS, M. L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. San Diego: Academic Press, 1997.

KAWAMORI, D. et al. Growth factor signalling in the regulation of α -cell fate. **Diabetes Obesity Metabolism**, Malden, v. 13, p. 21-30, Oct. 2011.

LAMMERS, P. et al. **Growth and performance of nursery pigs fed crude glycerol**. Ames: Iowa State University Animal Industry Report, 2007.

LAMMERS, P. J. et al. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. **Poultry Science**, Oxford, v. 87, n. 1, p. 104-107, Jan. 2008.

LIMA, D. C. et al. Digestibility and metabolizable energy of glycerine in dogs. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 8, p. 1452-1456, 2014.

LISENKO, K. G. et al. Metabolic parameters in rats receiving different levels of oral glycerol supplementation. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 99, p. 265-272, July 2014.

MACHADO, G. S. **Avaliação do glicerol em dietas para gatos adultos**. 2014. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

MATTERSON, L. D. et al. **The metabolizable feed ingredients for chickens**. Connecticut: University of Connecticut, 1965. Research Report. p. 3-11.

MENDES, W. S. et al. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 56, p. 207-213, abr. 2004.

MENTEN, J. F. M.; MIYADA, V. S.; BERENCHTEIN, B. **Glicerol na alimentação animal**. 2009. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/downloads/glicerol_2009-03-13.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2015.

MEYER, D. J.; HARVEY, J. W. **Veterinary laboratory medicine: interpretation & diagnosis**. 2. ed. Philadelphia: W. B. Saunders, 2004.

NEU, D. H. et al. Glycerol inclusion in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles. **Aquaculture Nutrition**, [S.l.], v. 19, p. 211-217, abr. 2013.

NRC. **Nutrient requirements of dogs and cats**. Washington: National Academies, 2006.

PONCIANO, N. B. **Uso de glicerina na alimentação de cães adultos**. 2011. 53 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

PINTO, A. C. et al. Biodiesel: an overview. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 16, n. 6, p. 1313-1330, Nov./Dec. 2005.

RETORE, M.. **Glicerina de biodiesel na alimentação de coelhos em crescimento**. 76 p. 2010. Tese (Doutorado em Produção Animal)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

ROBERGS, R. A.; GRIFFIN S. E. Glycerol: biochemistry, pharmacokinetics and clinical and practical applications. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 26, p. 145-167, 1998.

ROGERS, Q. R.; MORRIS, J. G. Why does the cat require a high protein diet. In: ANDERSON, R. S. (Ed.). **Nutrition of the Cat and Dog**. Oxford: Pergamon, 1980. p. 45-66.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: UFV/DZO, 2011.

SILLERO, A.; SILLERO M. A. G.; SOLS, A. Regulation of the Level of Key Enzymes of Glycolysis and Gluconeogenesis in Liver. **European Journal of Biochemistry**, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 351-354, 2005.

SIMON, A.; BERGNER, H.; SCHWABE, M. Glycerol as a feed ingredient for broiler chickens. **Archives of Animal Nutrition**, Abingdon, v. 49, n. 2, p. 103-112, 1996.

SIMON, A.; SCHWABE, M.; BERGNER, H. Glycerol supplementation to broiler rations with low crude protein content. **Archives of Animal Nutrition**, Abingdon, v. 50, n. 3, p. 271- 282, 1997.

UTLU, Z.; KOÇAK, M. S. The effect of biodiesel fuel obtained from waste frying oil on direct injection diesel engine performance and exhaust emissions. **Renewable energy**, Oxford, v. 33, n. 8, p. 1936-1941, Aug. 2008.

ZANOBONI, A.; SCHWARZ, D.; ZANOBONI-MUCIACCIA, W. Stimulation of insulin secretion in man by oral glycerol administration. **Metabolism**, [Philadelphia], v. 25, p. 41-45, Jan. 1976.

ANEXOS

ANEXO A – Análise de variância e coeficiente de variação dos parâmetros analisados

Tabela 1 A Análise de variância e coeficiente de variação para coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca em gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	38.8364	9.7091	0.61	0.6580
Erro	25	396.7378	15.8695		

CV (%) = 4.71

Tabela 2 A Análise de variância e coeficiente de variação para coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta em gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	25.3369	6.3342	0.41	0.8009
Erro	25	413.2430	15.5162		

CV (%) = 4.77

Tabela 3 A Análise de variância e coeficiente de variação para coeficiente de digestibilidade aparente da matéria mineral em gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	484.4158	121.1039	0.58	0.6832
Erro	25	5263.5733	210.5429		

CV (%) = 30.59

Tabela 4 A Análise de variância e coeficiente de variação para coeficiente de digestibilidade aparente de extrato etéreo em gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	3.7873	0.9468	0.13	0.9707
Erro	25	184.5327	7.3813		

CV (%) = 3.00

Tabela 5 A Análise de variância e coeficiente de variação para energia metabolizável aparente na matéria seca em gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	153325.330	38331.332	0.80	0.5376
Erro	25	1200262.273	48010.491		

CV (%) = 5.38

Tabela 6 A Análise de variância e coeficiente de variação para ureia de gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	153324.260	38331.065	0.80	0.5376
Erro	25	1353577.891	48010.145		

CV (%) = 14.28

Tabela 7 A Análise de variância e coeficiente de variação para creatinina de gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	468.2	117.05	2.99	0.0379
Erro	25	977.16	39.08		

CV (%) = 20.85

Tabela 8 A Análise de variância e coeficiente de variação para colesterol total de gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	0.1413	0.0353	0.76	0.5636
Erro	25	1.1683	0.04673		

CV (%) = 25.75

Tabela 9 A Análise de variância e coeficiente de variação para HDL de gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	792.20	198.05	0.60	0.6638
Erro	25	8205.66	328.22		

CV (%) = 24.57

Tabela 10 A Análise de variância e coeficiente de variação para LDL de gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	50.13	12.53	0.29	0.8846
Erro	25	1097.33	43.89		

CV (%) = 74.72

Tabela 11 A Análise de variância e coeficiente de variação para VLDL de gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	16.53	4.13	1.02	0.4163
Erro	25	101.33	4.053		

CV (%) = 32.12

Tabela 12 A Análise de variância e coeficiente de variação para albumina de gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	0.5153	0.1288	2.48	0.0695
Erro	25	1.2966	0.0518		

CV (%) = 8.62

Tabela 13 A Análise de variância e coeficiente de variação para AST de gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	139.46	34.86	0.41	0.8030
Erro	25	2150.83	86.03		

CV (%) = 30.21

Tabela 14 A Análise de variância e coeficiente de variação para ALT de gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	5008.86	12.5221	1.36	0.2769
Erro	25	23064.33	922.57		

CV (%) = 50.12

Tabela 15 A Análise de variância e coeficiente de variação para densidade urinária de gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	0.00005	0.00001	0.91	0.4728
Erro	25	0.0004	0.00001		

CV (%) = 0.39

Tabela 16 A Análise de variância e coeficiente de variação para pH urinário de gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	0.4448	0.1112	1.01	0.4230
Erro	25	2.7631	0.1105		

CV (%) = 5.22

Tabela 17 A Análise de variância e coeficiente de variação para consumo médio diário de ração em função do peso metabólico ($\text{g/Kg}^{0.67}$) para gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	72.9089	18.2272	0.35	0.8396
Erro	25	1291.3993	51.6559		

CV (%) = 22.06

Tabela 18 A Análise de variância e coeficiente de variação para consumo médio diário de água em função do peso metabólico ($\text{g/Kg}^{0,67}$) para gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	967.5689	241.8922	1.36	0.4751
Erro	25	4437.8608	177.5144		

CV (%) = 16.97

Tabela 19 A Análise de variância e coeficiente de variação para consumo médio diário de proteína bruta em função do peso metabólico ($\text{g/Kg}^{0,67}$) para gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	1.5347	0.3839	0.35	0.8418
Erro	25	27.4379	1.0975		

CV (%) = 11.50

Tabela 20 A Análise de variância e coeficiente de variação para consumo médio diário de energia bruta em função do peso metabólico ($\text{g/Kg}^{0,67}$) para gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	792.9600	198.2400	0.19	0.9429
Erro	25	26484.95	1059.3981		

CV (%) = 19.25

Tabela 21 A Análise de variância e coeficiente de variação para consumo médio diário de extrato etéreo em função do peso metabólico ($\text{g/Kg}^{0,67}$) para gatos recebendo dietas com diferentes níveis de glicerina.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Tratamento	4	3.0409	0.7602	1.79	0.3624
Erro	25	10.6160	0.4246		

CV (%) = 15.06

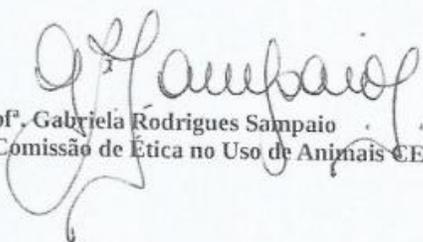
**ANEXO B - Aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA)
da Universidade Federal de Lavras.**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS
Cx.P.3037 - Lavras - MG - 37200-000 - (35) 3829-5182 cba@nintec.ufla.br

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado "Parâmetros metabólicos e fisiológicos de gatos recebendo dieta com glicerina", protocolo nº 020/15, sob a responsabilidade de Flávia Maria de Oliveira Borges Saad, Roberta Freitas Lacerda, Moara Marina Belo Matos Silveira, Karen Guttenkunst Lisenko e Luiz Eduardo Duarte de Oliveira, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto homem), para fins de ensino e/ou pesquisa científica, encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas edificadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) da Pró-Reitoria de Pesquisa/UFLA, em reunião de 28/05/2015.

Início do projeto: 02/07/2015
Término do projeto: 06/09/2015
Espécie/linhagem: gato/sem raça definida
Número de animais aprovados: 30
Peso/Idade: 4 kg/ 3-6 anos
Sexo: macho e fêmea
Origem dos animais (documento apresentado pelo pesquisador responsável e arquivado pela CEUA): Centro de Estudos em Nutrição de Animais de Companhia (CENAC), do Departamento de Zootecnia (DZO) da UFLA - Coordenadora: Flávia Maria de Oliveira Borges Saad.


Prof.^a Gabriela Rodrigues Sampaio
Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais CEUA

Universidade Federal de Lavras
Pró-Reitoria de Pesquisa /Comissões Permanentes
Campus Universitário -
Caixa Postal 3037 / CEP 37200 000 - Lavras, MG - Brasil
Tel.: +55 (35) 3829 5182
cba@nintec.ufla.br - www.prp.ufla.br