

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**NAIARA APARECIDA MARCOS**

**EFICIÊNCIA DE USO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL POR CAPRINOS EM  
CRESCIMENTO**

**VIÇOSA - MINAS GERAIS**

**2020**

**NAIARA APARECIDA MARCOS**

**EFICIÊNCIA DE USO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL POR CAPRINOS EM  
CRESCIMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Marcelo Teixeira Rodrigues

**VIÇOSA – MINAS GERAIS**

**2020**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da  
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

M321e  
2020 Marcos, Naiara Aparecida, 1992-  
Eficiência de uso da energia metabolizável por caprinos em  
crescimento / Naiara Aparecida Marcos. - Viçosa, MG, 2020.  
50 f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexo.

Inclui apêndices.

Orientador: Marcelo Teixeira Rodrigues.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Caprinos - Nutrição. 2. Caprinos - Crescimento.  
3. Metabolismo energético. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em  
Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.30852

**NAIARA APARECIDA MARCOS**

**EFICIÊNCIA DE USO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL POR CAPRINOS  
EM CRESCIMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

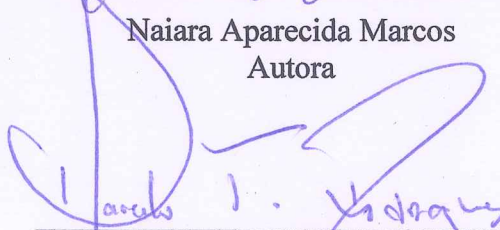
APROVADA: 20 de julho de 2020.

Assentimento:



---

Naiara Aparecida Marcos  
Autora



---

Marcelo Teixeira Rodrigues  
Orientador

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela saúde e por estar sempre na minha vida, me dando forças, coragem e confiança nos momentos mais difíceis.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade da realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

Ao Professor Marcelo pela orientação e ensinamentos que auxiliaram no meu crescimento profissional.

À minha família por acreditarem nos meus sonhos, em especial aos meus pais Vilma e Raimundo pela paciência e pelo amor incondicional em todos os momentos da minha vida.

Aos meus irmãos Neil e Neimar pelo incentivo, companheirismo e apoio em todas as minhas decisões e por estarem presentes em todos os momentos importantes.

Aos amigos de vida Juliana, Alex, Raully e Felipe por acreditarem em mim e por estarem sempre ao meu lado apoiando minhas decisões, sempre otimistas em relação à realização de todos os meus projetos e pela amizade de tantos anos.

Ao Adailton pela amizade e por tornar a rotina diária mais alegre.

À Érica por propor o projeto, pelo auxílio na realização do mesmo e pela motivação e confiança de que pudéssemos desenvolver um bom trabalho.

Aos funcionários do Capril João, Antônio, Anderson, Diego, Paulo e Corujinha por todo apoio durante a realização do experimento e pelas conversas que faziam a rotina diária ser mais divertida.

Aos estagiários pelo auxílio na realização do experimento e pelos momentos de descontração ao longo do mesmo.

Por fim, agradeço aos familiares e amigos não citados aqui, mas que direta ou indiretamente ajudaram na conclusão deste trabalho.

Gratidão.

***“Sempre parece impossível até que seja feito”.***

***(Nelson Mandela)***

## **BIOGRAFIA**

NAIARA APARECIDA MARCOS, filha de Vilma Maria Cardoso Marcos e Raimundo Vitório Marcos, nasceu em Viçosa, Minas Gerais, em 09 de julho de 1992.

Ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa em março de 2011 e graduou-se em 26 de janeiro de 2018.

Em março de 2018, iniciou o Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, concentrando seus estudos na área de Produção e Nutrição de Ruminantes, submetendo-se à defesa em 20 de julho de 2020.

## RESUMO

Marcos, Naiara Aparecida, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2020. **Eficiência de uso da energia metabolizável por caprinos em crescimento.** Orientador: Marcelo Teixeira Rodrigues.

Avaliamos o efeito do nível de consumo (L) sobre a digestibilidade, metabolizabilidade ( $q_m$ ), a eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção ( $k_m$ ) e crescimento ( $k_g$ ) e o comportamento ingestivo. Estabelecemos três planos nutricionais, a saber uma dieta controle (para atender à exigência de manutenção), L1, e duas outras para permitir ganhos de  $100\text{g}\cdot\text{dia}^{-1}$  e  $150\text{g}\cdot\text{dia}^{-1}$ , L2 e L3, respectivamente. Trinta e seis fêmeas caprinas das raças Parda Alpina e Saanen foram alocadas ao acaso, sendo oito recebendo a dieta de manutenção e catorze em cada uma das demais dietas. A quantidade de matéria seca oferecida, de fezes e urina produzidas diariamente foram medidas e a quantidade de energia bruta nas amostras estimada em laboratório. A elevação do plano nutricional provocou respostas de efeito linear ( $P < 0,001$ ) no consumo de matéria seca (CMS), energia bruta (CEB), proteína bruta (CPB), fibra em detergente neutro (CFDN) e matéria mineral (CMM). Com o aumento do plano nutricional foi observado efeito linear ( $P < 0,001$ ) na digestibilidade da matéria seca (DMS), da proteína bruta (DPB) e fibra em detergente neutro (DFDN) e no consumo de energia digestível (CED). Observamos efeito quadrático no consumo de energia metabolizável (CEM) em função do peso metabólico. A metabolizabilidade das dietas e a eficiência de utilização de energia metabolizável para ganho manutenção ( $k_m$ ) e ganho ( $k_g$ ) não foram afetadas pelo aumento do plano nutricional ( $P > 0,05$ ). O comportamento ingestivo dos animais não foi influenciado pelos planos nutricionais ( $P > 0,05$ ). O aumento no plano nutricional elevou a digestibilidade de nutrientes e energia e não provocou efeito na metabolizabilidade e na eficiência de utilização de energia metabolizável.

Palavras-chave: Plano nutricional. Caprinos. Metabolizabilidade.

## ABSTRACT

Marcos, Naiara Aparecida, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2020. **Metabolizable energy efficiency by growing goats.** Adviser: Marcelo Teixeira Rodrigues.

We evaluated the effect of the level of consumption (L) on digestibility, metabolizability (qm), the efficiency of use of metabolizable energy for maintenance (km) and growth (kg) and ingestive behavior. We have established three nutritional plans, namely a control diet (to meet the maintenance requirement), L1, and two others to allow gains of 100g.day<sup>-1</sup> and 150g.day<sup>-1</sup>, L2 and L3, respectively. Thirty-six goat females of the Parda Alpina and Saanen breeds were randomly allocated, with eight receiving the maintenance diet and fourteen on each of the other diets. The amount of dry matter offered, feces and urine produced daily were measured and the amount of crude energy in the samples estimated in the laboratory. The increase in the nutritional plan resulted responses with a linear effect ( $P < 0.001$ ) in the consumption of dry matter (CMS), crude energy (CEB), crude protein (CPB), neutral detergent fiber (CFDN) and mineral matter (CMM). With the increase in the nutritional plan, a linear effect ( $P < 0.001$ ) was observed in the digestibility of dry matter (DMS), crude protein (DPB) and neutral detergent fiber (DFDN) and in the digestible energy consumption (CED). We observed a quadratic effect on metabolizable energy consumption (CEM) as a function of metabolic weight. The metabolizability of diets and the efficiency of use of metabolizable energy for maintenance gain (km) and gain (kg) were not affected by the increase in the nutritional plan ( $P > 0.05$ ). The animals' ingestive behavior was not influenced by nutritional plans ( $P > 0.05$ ). The increase in the nutritional plan increased the digestibility of nutrients and energy and had no effect on the metabolizability and efficiency of the use of metabolizable energy.

Keywords: Nutritional plan. Goats. Metabolizability.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### 2 REFERENCIAL TEÓRICO

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> - Estimativa dos requisitos de energia de manutenção ( $EM_m$ ) utilizando testes de balanceamento..... | 18 |
|---|----|

### CAPÍTULO 1

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> - Consumo de matéria seca (CMS) em função dos planos nutricionais.....                         | 34 |
| <b>Figura 2</b> - Consumo de proteína bruta (CPB) em função dos planos nutricionais .....                      | 35 |
| <b>Figura 3</b> - Consumo de energia bruta (CEB) em função dos planos nutricionais .....                       | 35 |
| <b>Figura 4</b> - Consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) em função dos planos nutricionais .....         | 36 |
| <b>Figura 5</b> - Consumo de matéria mineral (CMM) em função dos planos nutricionais .....                     | 36 |
| <b>Figura 6</b> - Digestibilidade da matéria seca (DMS) em função dos planos nutricionais.....                 | 37 |
| <b>Figura 7</b> - Digestibilidade da proteína bruta (DPB) em função dos planos nutricionais .....              | 38 |
| <b>Figura 8</b> - Digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) em função dos planos nutricionais ..... | 38 |
| <b>Figura 9</b> - Consumo de energia digestível (CED) em função dos planos nutricionais.....                   | 39 |
| <b>Figura 10</b> - Consumo de energia metabolizável (CEM) em função dos planos nutricionais .....              | 39 |

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 1</b> - Massa corporal e idade dos animais nos planos nutricionais adotados .....  | 28 |
| <b>Tabela 2</b> - Ingredientes e composição nutricional das dietas experimentais.....  | 29 |
| <b>Tabela 3</b> - Valores médios de consumo dos nutrientes em função dos planos nutricionais<br>(L) .....  | 47 |
| <b>Tabela 4</b> - Valores médios de digestibilidade dos nutrientes em função dos planos<br>nutricionais .....  | 47 |
| <b>Tabela 5</b> - Médias de consumo de energia metabolizável (CEM), metabolizabilidade( $q_m$ ),<br>eficiência da utilização de energia metabolizável para manutenção( $k_m$ ) e eficiência da utilização<br>de energia metabolizável para crescimento( $k_g$ ) em função dos planos nutricionais (L)..... | 48 |
| <b>Tabela 6</b> - Tempos em minutos (min.) de ruminação, ingestão, ócio e mastigação em<br>diferentes planos nutricionais (L).....   | 48 |

## SUMÁRIO

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | Introdução .....   | 12 |
| 2 | Referencial Teórico .....  | 13 |
|   | Sistemas e Modelos matemáticos.....  | 13 |
|   | Planos Nutricionais.....   | 15 |
|   | Partição da energia em nutrição animal.....  | 16 |
|   | Energia bruta .....  | 16 |
|   | Energia digestível.....  | 16 |
|   | Energia metabolizável .....  | 16 |
|   | Energia líquida .....  | 17 |
|   | Metabolismo Basal e Manutenção .....   | 17 |
|   | Consumo e digestibilidade dos alimentos.....   | 18 |
|   | Metabolizabilidade .....   | 19 |
|   | Ingestão de energia.....   | 19 |
|   | Eficiência da utilização de energia.....   | 20 |
|   | Referências .....  | 21 |
|   | <br>   |    |
|   | CAPÍTULO 1: Eficiência de uso da energia metabolizável por caprinos em crescimento ..... | 24 |
|   | Resumo .....   | 25 |
|   | Abstract.....  | 26 |
|   | Introdução .....   | 27 |
|   | Material e Métodos.....  | 28 |
|   | Animais e formulação das dietas.....   | 28 |
|   | Duração do experimento, coletas de amostras e processamento.....                         | 29 |
|   | Ensaio de digestão .....   | 30 |
|   | Análise do comportamento ingestivo .....   | 30 |
|   | Análise química de alimentos, sobras, fezes e urina .....                                | 30 |
|   | Cálculo dos parâmetros.....  | 31 |
|   | Análises estatísticas .....  | 33 |
|   | Resultados .....   | 34 |
|   | Consumo de nutrientes e energia.....   | 34 |
|   | Digestibilidade de nutrientes e energia.....   | 37 |

|   |    |
|---|----|
| Consumo de energia metabolizável, metabolizabilidade e eficiência da utilização de energia..... | 39 |
| Comportamento ingestivo.....  | 40 |
| Discussão .....   | 40 |
| Consumo de nutrientes e energia.....  | 40 |
| Digestibilidade de nutrientes e energia.....  | 40 |
| Consumo de energia metabolizável, metabolizabilidade e eficiência da utilização de energia..... | 41 |
| Comportamento ingestivo.....  | 42 |
| Conclusão.....  | 42 |
| Referências.....  | 43 |
| Apêndice .....  | 46 |
| Anexo.....  | 49 |

## 1 INTRODUÇÃO

Os caprinos foram os primeiros animais a serem domesticados pelo homem e continuam a ocupar um nicho importante, particularmente na agricultura de subsistência nos países em desenvolvimento, e desempenham uma variedade de funções socioeconômicas mundialmente. Embora a espécie caprina tenha sido a primeira a ser domesticada, poucos trabalhos são realizados em relação à pesquisa e desenvolvimento em comparação com bovinos ou ovinos, principalmente em relação a nutrição (Solaiman, 2010).

A utilização de sistemas internacionais que pressupõem as exigências nutricionais de ruminantes é uma prática disseminada entre os profissionais da área de nutrição animal, em função da carência de dados nacionais relacionados a animais de produção (AFRC, 1993, 1998; ARC, 1980). Vários modelos matemáticos foram desenvolvidos para integrar o conhecimento sobre a alimentação, ingestão, digestão e passagem sobre os valores de energia da alimentação, escape de proteínas na dieta e eficiência de crescimento microbiano (Cannas et al., 2004, 2008; Tedeschi; Fox, 2014).

No entanto, esses modelos apresentam muitas lacunas devido à falta de informações em relação a eficiência do uso de nutrientes e energia pelo animal. Modelos nutricionais para ovinos e caprinos geralmente são mais empíricos e dificilmente passam por atualizações em relação aos modelos destinados a bovinos, devido à falta de pesquisas que forneçam informações necessárias para a melhoria desses modelos como dados referentes a eficiência de utilização de energia (Cannas et al., 2019). Há grande relevância em obter conhecimento em como o animal utiliza a energia metabolizável (EM) para as funções metabólicas, uma vez que a eficiência varia de acordo com a função fisiológica (manutenção, ganho, gestação, lactação, etc.) e com a concentração de EM na dieta (Filho et al., 2011), pois os sistemas internacionais de avaliação de alimentos e exigências nutricionais adotam dados preconizados o que pode aumentar os custos com alimentação, desperdiçar nutrientes, baixa produtividade, baixo desempenho do animal e distúrbios metabólicos devido ao excesso ou deficiência de nutrientes (Oliveira et al., 2014). Estudos recentes aumentam a afirmativa de que diferentes fatores fisiológicos e características da dieta influenciam na eficiência da utilização da EM (Härter et al., 2017; Teixeira et al., 2017). Contudo, são necessárias mais informações a respeito de como ocorre a influência da dieta sobre este parâmetro.

Nosso objetivo neste estudo foi avaliar a associação de causalidade entre o nível de consumo com a eficiência de uso de nutrientes e energia na fase de crescimento de caprinos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### **Sistemas e Modelos matemáticos**

Até os dias atuais, diversos sistemas de alimentação foram desenvolvidos com o intuito de explicar o crescimento animal com base no consumo de alimentos. Os sistemas atuais buscam descrever quantidades necessárias de energia e nutrientes para manutenção e produção animal através de uma abordagem fatorial. Porém, possuem desvantagens por apresentarem condições estáticas, não obtendo informações quanto a eficiência do uso de energia e nutrientes pelo organismo animal, rentabilidade ao criador, além do impacto ambiental. Diante desses argumentos várias ferramentas computacionais foram desenvolvidas com o intuito de auxiliar a formulação de dietas que combinem os alimentos de acordo com a demanda de nutrientes exigida pelos animais.

O uso de modelos matemáticos pode ser de extrema importância para aprimorar conhecimentos em relação a taxas de alimentação, ingestão, digestão e passagem sobre os valores de energia da alimentação, perda de proteína na dieta e eficiência do crescimento microbiano. Em geral, essas ferramentas são relevantes para prever os requisitos de nutrientes e energia para animais em cada categoria animal, sendo indispensáveis no processo de tomada de decisão para melhorar o sistema de alimentação. Em suma, a função de um modelo animal é descrever matematicamente a interação de variáveis com determinados compartimentos relacionados ao metabolismo animal (Tedeschi et al., 2005).

Em revisão realizada por Tedeschi et al.(2005) foram abordadas as funções e vantagens dos principais sistemas e modelos matemáticos utilizados em cálculo de dietas para ruminantes.

O *comitê estadunidense do Conselho Nacional de Pesquisa (NRC)* tem a função de propor estimativas de valores e requisitos de alimentação mais precisas, com a intenção de otimizar a formulação de dietas na prática. Dessa forma, são utilizados intervalos anuais regulares para melhorar a precisão dos dados publicados. O sistema foi melhorado consideravelmente após revisões realizadas nas edições para bovinos de corte (NRC, 2000) e leite (NRC, 2001) os quais passaram a utilizar valores para a previsão da alimentação ao invés de valores tabulados de energia e proteína. Essa leitura proposta no NRC disponibiliza um modelo com dois níveis de solução que serão utilizados de acordo com o grau de conhecimento do usuário, além de informações que o modelo possui. O NRC (2007) é a versão mais atual que aborda as exigências nutricionais e alimentos para pequenos ruminantes (domésticos e selvagens), trazendo mais informações além daquelas publicadas em versões anteriores, na qual pesquisas relacionadas a ovinos e caprinos eram reportadas separadamente.

O *Instituto Nacional de Pesquisa Agrônômica (INRA)* obtém (valores biológicos da ração) através dos dados de energia líquida dos alimentos o qual é determinado através da energia bruta, energia digestível, metabolizabilidade (razão entre energia metabolizável e energia bruta) e a eficiência de uso da energia metabolizável para crescimento, lactação e manutenção (INRA, 1989).

A *Organização de Pesquisa Científica e Industrial das Commonwealth (CSIRO)* se baseia na previsão de valores de energia metabolizável da forragem a partir da digestibilidade da matéria seca, digestibilidade da matéria orgânica ou fibra em detergente ácido. Os valores de energia metabolizável não passam por ajustes quando calculados no âmbito da ingestão. A degradabilidade da proteína é estimada utilizando informações do conteúdo de proteína bruta e fibra em detergente ácido, por meio de equações empíricas que também são utilizadas para determinar a proporção de proteína não degradável no rúmen (PNDR). Nesse modelo, as exigências de energia e nutrientes são calculadas através da fórmula  $0,28 \times M^{0,75}$  (M= massa corporal) com alguns fatores de ajuste como raça, sexo e idade. Para o cálculo de ingestão de energia metabolizável, fatores adicionais (dados relacionados a produção, estresse por frio, produção a nível de pastagem entre outros) são acrescentados e a eficiência do uso de energia metabolizável é calculada através dos dados de coeficientes de metabolizabilidade, o qual varia de acordo com o estágio fisiológico do animal. Ainda nesse modelo, supõe-se que as reservas de energia variem de acordo com escore de condição corporal e alteração do peso vivo. A evolução do CNCPS ocorreu com o intuito de avaliar todas as classes de dietas para ovinos e bovinos em uma base biológica hierárquica e estrutural, para que pudessem ser realizados ajustes nos requisitos de nutrientes e utilização de alimentos nas variedades de bovinos e ovinos, alimentos, condições de manejo e ambientais (CSIRO, 1990).

O *Sistema de Proteínas e Carboidratos da Cornell Net (CNCPS)* trata-se de um modelo matemático mecanicista, determinístico e estático que tem como função avaliar a dieta e o desempenho animal em situação de produção animal específica, como por exemplo, lactação. É o modelo mais utilizado para aplicações práticas. A grande relevância do CNCPS é identificar problemas relacionados à nutrição e ao desempenho e assim desenvolver programas de alimentação mais precisos. Nesse sistema, a energia disponível para produção vai depender da proporção da energia necessária para manutenção, o que a torna a principal ao avaliar a dieta e o desempenho animal. As exigências de manutenção no CNCPS são estabelecidas considerando a raça; estado fisiológico, atividade, excreção de ureia, estresse por calor ou frio e efeitos de aclimatação ambiental (Fox et al., 1992; Fox; Tylutki, 1998).

Baseado na estrutura do CNCPS para ovinos (CNCPS-S) foi desenvolvido o *Sistema de Nutrição de Pequenos Ruminantes (SRNS)*, um modelo criado para prever as necessidades nutricionais de ovinos e caprinos e valores biológicos alimentares em sistemas de produção. O SRNS estima requisitos de energia, proteína, cálcio e fósforo associados aos fatores animais (peso corporal, idade, movimento, etc.) e fatores ambientais (Tedeschi et al., 2010). Além dos fatores citados, o SRNS prevê ingestão de matéria em diferentes raças ovinas, o balanço energético dos animais (utilizado para prever o escore de condição corporal de ovinos adultos, variações de peso corporal e produção de leite em ovelhas lactantes), prediz o ganho médio diário e a composição de ganho (gordura, proteína e minerais). Em relação aos valores biológicos da ração, o SRNS pressupõe o pH ruminal com base na fibra fisicamente efetiva, nos balanços de nitrogênio e peptídeo no rúmen, na digestibilidade de cada nutriente pelo rúmen e pelo trato digestivo, proteína metabolizável da proteína microbiana ruminal e proteína da ração degradada e o custo de energia da produção e excreção de uréia (Tedeschi et al., 2005; Tedeschi; Fox, 2014).

O *Conselho de Pesquisa Agrícola e Alimentar (AFRC)* obteve equações e coeficientes através do Conselho de Pesquisa Agrícola (ARC, 1980), acompanhado de análises técnicas sobre energia, proteína, mineral e ingestão voluntária, dados esses publicados nas edições do AFRC (1990, 1992 e 1991), respectivamente (Tedeschi et al., 2005). A metabolizabilidade ( $q_m$ ) da ração ou a concentração de energia metabolizável na matéria seca (EM/MS) é obtida a partir do cálculo da energia bruta (EB) a qual se supõe conter 18,8 MJ. Kg<sup>-1</sup> MS (4,49 Mcal. Kg<sup>-1</sup> MS) e é utilizada em equações lineares para calcular coeficientes de eficiência para as funções fisiológica Blaxter (1962) apresentou o conceito inicial do sistema para avaliar os requisitos de energia dos ruminantes e suas equações baseavam-se nos dados de exigência de energia para o jejum e atividades. Os requisitos de energia para crescimento são calculados a partir de uma equação quadrática em raças de tamanho médio e utilizam-se fatores de correção para o tamanho corporal adulto e plano nutricional.

### **Planos Nutricionais**

Segundo Blaxter (1962) o plano nutricional (L) é definido como a razão entre a quantidade de energia metabolizável de consumo (CEM) e a quantidade necessária quando a retenção energética é igual a zero (Mm). Dessa forma, obtém-se a equação:

$$L = CEM/CEMm$$

### **Partição da energia em nutrição animal**

Para entender como é obtido esses valores de energia que compõem as equações utilizadas nos diferentes sistemas para cálculo de dietas para ruminantes é necessário entender como ocorre a partição da energia. Biologicamente, a energia pode ser dividida em energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e por fim energia líquida (EL).

#### *ENERGIA BRUTA*

É definida pelo calor gerado através da queima completa de uma unidade de massa de alimento a qual produz oxigênio, que por sua vez gera água e dióxido de carbono sob condições padrões de temperatura e pressão. Esta é medida em laboratório por meio de um calorímetro de combustão (Lawrence; Fowler, 2002).

#### *ENERGIA DIGESTÍVEL*

Durante o processo de digestão do alimento ocorre a primeira perda de energia, parte desta fração energética é perdida nas fezes. Subtraindo-se a energia bruta (EB) das fezes obtém-se a energia digestível aparente (NRC 2000). O termo aparente explica que as fezes não são apenas resultado de material não digerido do alimento, mas também pode conter substâncias que eram parte do animal, como por exemplo, descamações de células da parede intestinal (Lawrence; Fowler, 2002). A energia digestível reflete a digestibilidade da dieta e é facilmente determinada, porém não considera perdas importantes relacionadas a digestão e metabolismo dos alimentos, dessa forma superestima os valores dos alimentos fibrosos (feno, palha) em relação aos alimentos altamente digeríveis (grãos e farelos) (NRC 2000).

A ingestão de energia digestível é calculada a partir da multiplicação da energia bruta do alimento pelo coeficiente de digestibilidade do alimento (digestibilidade do alimento). O coeficiente de digestibilidade aparente é calculado como quantidade de energia bruta no alimento subtraído pela quantidade de energia bruta eliminada nas fezes (Nolan; Savage, 2009).

#### *ENERGIA METABOLIZÁVEL*

Nem toda energia digestível está disponível para o animal. Durante o processo de metabolismo, ocorre perda energética na urina e nos gases formados durante o processo de fermentação (metano e CO<sub>2</sub>). O procedimento para cálculo da perda urinária é facilmente medido através de gaiolas metabólicas ao contrário da perda nos gases, que ocorre a partir de medida quantitativa da troca de gases e uso de equipamentos caros, o que torna o processo laborioso e oneroso (Blaxter, 1962). A perda urinária inclui os compostos que passaram pelo

processo de absorção, mas não foram utilizados, produtos finais de origem endógena e produtos finais de processos metabólicos (Guimarães et al., 2012). O saldo da diferença entre a energia digestível aparente e a perda de energia nos gases e urina é chamada de energia metabolizável ou energia disponível às células do tecido animal. A energia metabolizável é geralmente expressa como energia metabolizável kcal / g alimento seco e a definição é estritamente em termos de quantidades mensuráveis, medição de metano envolvendo o uso de uma câmara de respiração. O valor calorífico da matéria seca da grama, ou matéria orgânica da grama, está sujeito a variações relativamente pequenas. (BLAXTER, 1964; NRC, 2000) . Esta energia é utilizada pelo animal para a manutenção corporal e para processos como crescimento, produção de leite e carne, entre outros.

### *ENERGIA LÍQUIDA*

É a forma de energia mais indicada para expressar a utilização pelo animal, pois trata-se da fonte que está realmente disponível para utilização pelo animal, no entanto o cálculo é considerado de difícil obtenção devido a diversos fatores como o elevado custo (NRC, 2000)

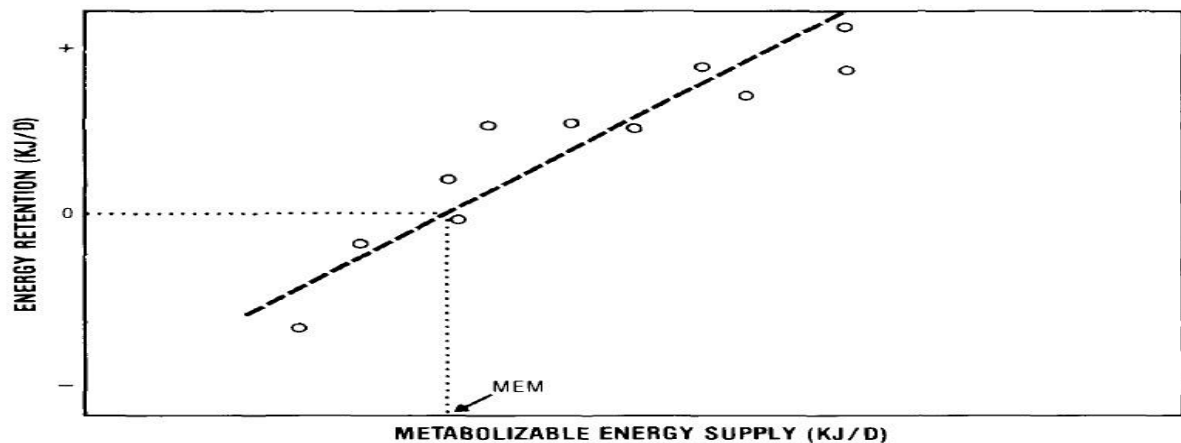
No cálculo da energia líquida é considerada a produção de calor durante os processos como digestão, fermentação e metabolismo. Esta perda somada a energia perdida com atividade física específica ligada ao consumo do alimento é o que dá origem ao chamado incremento calórico, que está relacionado ao alimento e não está disponível para a utilização pelo animal. Portanto, a energia líquida é o resultado da diferença entre energia metabolizável e incremento calórico, o que dá origem a energia líquida de manutenção ( $EL_m$ ) e energia líquida de produção ( $EL_g$ ) (Waperchowski, 2005).

### **Metabolismo Basal e Manutenção**

De acordo com Lawrence & Fowler (2002), um animal está em situação de metabolismo basal quando tem produção mínima de calor em ambiente termo-neutro, em jejum e com o mínimo de atividades. Este conceito é, por vezes, confundido com o conceito de manutenção ou manutenção. O animal em manutenção possui composição química corporal constante e se alimenta de quantidades de nutrientes suficientes para manter a massa corpórea constante. O conceito de energia metabolizável de manutenção ( $EM_m$ ) é dado pela taxa de produção calórica de um animal em ambiente termo-neutro quando a taxa de perda de calor pelo animal é equivalente a taxa de ingestão da energia metabolizável presente na dieta do animal. Portanto, a produção de calor de um animal em manutenção é maior do que a produção de calor daquele que se encontra em situação de metabolismo basal, pois haverá maior gasto energético com as

atividades de ingestão, digestão e metabolismo dos nutrientes, conseqüentemente haverá maior produção de calor. Testes de balanceamento energético é uma das maneiras utilizadas para determinar os requisitos de manutenção, por meio de vários níveis de alimentação, preferencialmente aqueles que proporcionam ganho ou perda de energia (Hudson; Christopherson, 2018). Quando a retenção de energia é igual a zero, é possível estimar os requisitos de manutenção, como pode ser observado na **Figura 1**. A relação entre suprimento de energia metabolizável e retenção de energia possui tendência para o relacionamento ser curvilíneo à medida que o suprimento de energia na dieta aumenta, refletindo retornos decrescentes em altos níveis de alimentação.

**Figura 1** - Estimativa dos requisitos de energia de manutenção ( $EM_m$ ) utilizando testes de balanceamento



Fonte: Hudson & Christopherson (2018).

### Consumo e digestibilidade dos alimentos

O consumo e a digestibilidade dos alimentos pelos ruminantes são influenciados pelas particularidades dos alimentos, dos animais e situação alimentar. A ingestão é uma função linear das características dos animais como peso corporal, nível de produção e uma função recíproca das características dos alimentos como efeito de preenchimento e conteúdo energético. A integração dessas características em modelos matemáticos é fundamental para o progresso futuro na avaliação da forragem e na formulação ideal de dietas para ruminantes (Mertens, 1987).

Segundo Van Soest (1965) a composição química da forragem afeta a ingestão de alimentos, a digestibilidade e a relação entre eles e a partir dessas influências é possível classificar os efeitos da composição da forragem sobre o valor nutritivo. Quando se compara a composição química com a ingestão voluntária pelo animal dificilmente será possível propor

uma relação entre eles, uma vez que a individualidade do animal desempenha o papel principal nessa relação e é possível desenvolver linhas de argumentação separadas que levam a diferentes conclusões sobre o papel da dieta, pois animais ruminantes possuem metabolismo e fisiologia diferentes entre si. Fatores como o enchimento físico do rúmen-retículo, fatores de *feedback* metabólico ou consumo de hidrogênio podem afetar o consumo voluntário de matéria seca (CVMS). Esses fatores tratam-se de teorias que podem ser aplicadas sob algumas condições, porém é mais provável que o efeito aditivo de vários estímulos é o que regula a ingestão de matéria seca (Allen, 1996, Illius e Jessop, 1996, Mertens, 1994, Ketelaars & Tolkamp, 1996, Forbes, 1996 citados por NRC, 2001).

A digestibilidade pode ser classificada em aparente e verdadeira. A digestibilidade aparente é a diferença entre o balanço de alimentos e as fezes. Já a digestibilidade verdadeira trata-se do balanço entre a dieta e os resíduos do alimento que não foram digeridos e foram eliminados nas fezes, exceto os produtos metabólicos. O coeficiente de digestibilidade aparente é sempre menor que o de digestibilidade verdadeira em dietas totais, com exceção da digestibilidade de fibras e carboidratos a qual não há perdas metabólicas nas fezes, o que faz com que os coeficientes de digestibilidade verdadeira e aparente sejam iguais (Van Soest, 1994).

### **Metabolizabilidade**

A metabolizabilidade em manutenção ( $q_m$ ) da energia bruta [EB] é definida pelo AFRC (1993) como a razão entre a energia metabolizável [EM] e a [EB], nada mais é que a proporção de [EM] na [EB]. Quando o animal está consumindo acima da manutenção a acronímia  $q_L$  é utilizada, sendo L nível de ingestão dado em múltiplos de manutenção. É necessário conhecer a metabolizabilidade pois há relação entre esse parâmetro e a concentração de nutrientes na dieta fornecida ao animal. Sabe-se que o aumento da concentração de fibra diminui a metabolizabilidade do alimento ou ração (Resende et al., 2006).

### **Ingestão de energia**

A ingestão de energia de cada animal é expressa com base em energia digestível ou metabolizável, e a retenção de energia líquida é idealmente avaliada por técnicas comparativas de abate ou por meio de formas pouco adequadas para avaliar o conteúdo de energia corporal (Hudson; Christopherson, 2018).

A produção de ruminantes a partir de forragem geralmente depende da ingestão voluntária, concentração de energia digestível ou uma combinação de ambos. No entanto, há situações em que a produção não pode ser explicada por esses fatores. Nestes casos, as

diferenças na produção são causadas por variações na eficiência da utilização da energia liberada pela forragem durante a digestão (Minson, 1990).

### **Eficiência da utilização de energia**

A eficiência de utilização da energia metabolizável foi apresentada pelo (ARC,1980) como função linear da metabolizabilidade da energia, sendo específica quanto à função fisiológica de interesse (manutenção, ganho de peso corporal, lactação, etc.). Sendo assim, é recomendada a utilização da  $q_m$  como base para o cálculo das eficiências de utilização de energia metabolizável para que seja alcançada uma maior precisão na formulação de dietas e predição de desempenho (AFRC,1990). Resende et al.(2006) definiram eficiência de utilização de energia como sendo a razão entre o total de energia retida no ganho e o total de energia no alimento como representado na equação a seguir:

$$k = \frac{\text{Total de energia retida no ganho} \times 100}{\text{Total de energia no alimento}}$$

Dessa forma, estaríamos determinando a eficiência bruta ou total ( $k_m$ ) de utilização da energia (Kleiber, 1961).

O AFRC (1993) define eficiência de utilização da energia metabolizável por equação linear, incluindo a metabolizabilidade:

$$k_m = 0,35q_m + 0,503, \text{ onde } k_m \text{ é a eficiência de manutenção.}$$

Há várias formas de classificar a eficiência energética de acordo com os termos da razão utilizada para calculá-la como por exemplo, para determinar a eficiência energética para manutenção, utiliza-se a equação  $k_m = EL_m / CEM_m$ , onde  $k_m$  representa a eficiência energética a nível de manutenção,  $EL_m$  a energia líquida de manutenção e  $CEM_m$  o consumo de energia metabolizável suficiente para a manutenção da massa corporal. Esses dados devem ser coletados em condições onde o animal não deve estar ganhando e nem perdendo massa corporal, ou seja, medido a nível de manutenção. A energia líquida de manutenção corresponde ao gasto energético de um animal em período pós-absortivo, em ambiente termoneutro com o mínimo de atividade física possível e a energia metabolizável corresponde à energia total contida no alimento com o desconto das fezes, urina e produção de gases (Kleiber, 1961).

Devido à variação no incremento calórico (IC) de manutenção e de produção, a eficiência de utilização da energia ingerida tende a ser maior para alimentos concentrados quando comparada a alimentos volumosos (ARC,1980). Isso é explicado pela redução de ruminação e

produção de metano, devido a adição de concentrado na dieta rica em volumosos e também volumosos de melhor qualidade apresentarem maior eficiência que aqueles de pior qualidade (Van Soest, 1994).

Os nutrientes absorvidos pelo trato digestivo incluem ácidos graxos voláteis (AGV), aminoácidos, ácidos graxos, glicose, minerais e vitaminas. Eles são usados na síntese dos muitos compostos diferentes encontrados na carne, leite e lã e na substituição de nutrientes usados para manter os processos vitais, incluindo a reprodução. Se um desses nutrientes é deficiente e não pode ser sintetizado pelo animal, a produção será limitada pelo nutriente deficiente e o ME na forragem será ineficientemente utilizado pelo animal (Minson, 1990).

Para a maioria dos alimentos a eficiência de utilização de energia para manutenção é maior que para a eficiência para ganho(kg) e produção(kl), com valores dependendo da digestibilidade da dieta (ARC,1980).

## REFERÊNCIAS

AGRICULTURAL FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC). **Agricultural and Food Research Council - AFRC: Institute of Food Research : Annual Report**. 5. ed. Gran Bretagna, 1990.

AGRICULTURAL FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC). **Energy and protein requirements of ruminants**. 9. ed. [s.l.] CAB International, 1993.

AGRICULTURAL FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC). **The Nutrition of goats**. 10. ed. Wallingford UK: CAB International, 1998.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (ARC). **The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock: Technical Review**. 2. ed. Great Britain, 1990.

BLAXTER, K. L. **The Energy Metabolism of Ruminants**. 1. ed. London: Charles C. Thomas, 1962.

BLAXTER, K. L. Proceedings 1964. **Symposium Proceedings**, v. 19, n. I, p. 62–71, 1964.

CANNAS, A. et al. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 1, p. 149–169, 2004.

CANNAS, A. et al. Energy and protein requirements of goats. **Dairy Goats Feeding and Nutrition**. [s.l.] CABI, 2008. p. 118–146.

CANNAS, A. et al. How can nutrition models increase the production efficiency of sheep and goat operations? **Animal Frontiers**, v. 9, n. 2, p. 33–44, 2019.  
CSIRO. Feeding Standards for Australian livestock. **Standing Committee on Agriculture, Ruminants Subcommittee. CSIRO publications.**, p. 266 p., 1990.

- FILHO, J. G. L. R. et al. Efficiency of metabolizable energy utilization for maintenance and gain and evaluation of small ruminant nutrition system model in santa ines sheep. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 11, p. 2558–2564, 2011.
- FOX, D. G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. **Journal of animal science**, v. 70, n. 11, p. 3578–3596, 1992.
- FOX, D. G.; TYLUTKI, T. P. Accounting for the Effects of Environment on the Nutrient Requirements of Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 11, p. 3085–3095, 1998.
- GUIMARÃES, T. et al. Conceitos e exigências de energia para bovinos de corte. **Revista brasileira de agrociencia**, v. 18, n. 1, p. 54–67, 2012.
- HÄRTER, C. J. et al. Energy and protein requirements for maintenance of dairy goats during pregnancy and their efficiencies of use. **Journal of Animal Science**, v. 95, n. 9, p. 4181, 2017.
- HUDSON, R. J.; CHRISTOPHERSON, R. J. Maintenance metabolism. In: HUDSON, R. J.; WHITE, R. G. (Eds.). . **Bioenergetics Of Wild Herbivores**. 2. ed. [s.l.] CRC Press, 2018. p. 122–137.
- INRA. **Ruminant nutrition: Recommended allowances and feed tables**. Montrouge, France: John Libbey Eurotext, 1989. v. 25
- KLEIBER, M. **Fire of Life: An Introduction to Animal Energetics**. 99. ed. [s.l.] Wiley, 1961.
- LAWRENCE, T. L.; FOWLER, J. V. R. Efficiency and Growth. In: CABI (Ed.). . **Growth of farm animals**. 2. ed. Trowbridge: CABI Publishing Series, 2002. p. 216–228.
- MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, p. 1548–1558, 1987.
- MINSON, D. J. Energy utilization by ruminants. In: **Forage in ruminant nutrition**. New York EUA: Academic Press Inc, 1990. p. 150–161.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL(NRC). **Nutrient requirements of beef cattle**. 7 revised ed. [s.l.] National Academies Press, 2000.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL(NRC). **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7 revised ed. [s.l.] National Academies Press, 2001.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requirements of Small Ruminants**. National Academies Press, 2007.
- NOLAN, J.; SAVAGE, D. Digestible and Metabolisable Energy. In: **The Theory and Practice of Animal Nutrition**. [s.l: s.n.]. p. 2–9.
- OLIVEIRA, A. P. DE et al. Estimativas dos requisitos nutricionais e utilização do modelo

Small Ruminant Nutrition System para ovinos deslanados em condições semiáridas Estimates. **Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 1985–1997, 2014.

RESENDE, K. .; TEIXEIRA, I. A. M. .; FERNANDES, M. H. M. . Metabolismo de energia. In: TELMA TERESINHA BERCHIELLI, A. V. P. E S. G. DE O. (Ed.). . **Nutrição de Ruminantes**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 311–332.

SOLAIMAN, S. G. **Goat Science and Production**. 1. ed. Ames: Wiley-Blackwell, 2010. v. 23

TEDESCHI, L. O. et al. Mathematical models in ruminant nutrition. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 1, p. 76–91, jan. 2005.

TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A.; FOX, D. G. A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and other nutrients for domesticated small ruminants : The development and evaluation of the Small Ruminant Nutrition System. **Small Ruminant Research**, v. 89, n. 2–3, p. 175–185, 2010.

TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G. The Utility of Applied Nutrition Models: A Brief History and Future Perspectives. n. 1, p. 8, 2014.

TEIXEIRA, I. A. M. A. et al. Body composition, protein and energy efficiencies, and requirements for growth of F1 boer × saanen goat kids. **Journal of Animal Science**, v. 95, n. 5, p. 2121–2132, 2017.

VAN SOEST, P. J. **Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility**. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants. **Anais...**1965.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2. ed. [s.l.] Cornell University Press, 1994.

WAPERCHOWSKI, M. B. **Efeito do nível e fonte de fibra sobre a concentração e a utilização da energia metabolizável de dietas para frangos de corte em crescimento**. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

**CAPÍTULO 1**  
**EFICIÊNCIA DE USO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL POR CAPRINOS EM**  
**CRESCIMENTO**

## EFICIÊNCIA DE USO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL POR CAPRINOS EM CRESCIMENTO

**RESUMO:** Avaliamos o efeito do nível de consumo ( $L$ ) sobre a digestibilidade, metabolizabilidade ( $q_m$ ), a eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção ( $k_m$ ) e crescimento ( $k_g$ ) e o comportamento ingestivo. Estabelecemos três planos nutricionais, a saber uma dieta controle (para atender à exigência de manutenção), L1, e duas outras para permitir ganhos de  $100\text{g}\cdot\text{dia}^{-1}$  e  $150\text{g}\cdot\text{dia}^{-1}$ , L2 e L3, respectivamente. Trinta e seis fêmeas caprinas das raças Parda Alpina e Saanen foram alocadas ao acaso, sendo oito recebendo a dieta de manutenção e catorze em cada uma das demais dietas. A quantidade de matéria seca oferecida, de fezes e urina produzidas diariamente foram medidas e a quantidade de energia bruta nas amostras estimada em laboratório. A elevação do plano nutricional provocou respostas de efeito linear ( $P < 0,001$ ) no consumo de matéria seca (CMS), energia bruta (CEB), proteína bruta (CPB), fibra em detergente neutro (CFDN) e matéria mineral (CMM). Com o aumento do plano nutricional foi observado efeito linear ( $P < 0,001$ ) na digestibilidade da matéria seca (DMS), da proteína bruta (DPB) e fibra em detergente neutro (DFDN) e no consumo de energia digestível (CED). Observamos efeito quadrático no consumo de energia metabolizável (CEM) em função do peso metabólico. A metabolizabilidade das dietas e a eficiência de utilização de energia metabolizável para ganho manutenção ( $k_m$ ) e ganho ( $k_g$ ) não foram afetadas pelo aumento do plano nutricional ( $P > 0,05$ ). O comportamento ingestivo dos animais não foi influenciado pelos planos nutricionais ( $P > 0,05$ ). O aumento no plano nutricional elevou a digestibilidade de nutrientes e energia e não provocou efeito na metabolizabilidade e na eficiência de utilização de energia metabolizável.

**Palavras-chave:** Plano nutricional; Caprinos; Metabolizabilidade.

## METABOLIZABLE ENERGY EFFICIENCY BY GROWING GOATS

**ABSTRACT:** We evaluated the effect of the level of consumption (L) on digestibility, metabolizability (qm), the efficiency of use of metabolizable energy for maintenance (km) and growth (kg) and ingestive behavior. We have established three nutritional plans, namely a control diet (to meet the maintenance requirement), L1, and two others to allow gains of 100g.day<sup>-1</sup> and 150g.day<sup>-1</sup>, L2 and L3, respectively. Thirty-six goat females of the Parda Alpina and Saanen breeds were randomly allocated, with eight receiving the maintenance diet and fourteen on each of the other diets. The amount of dry matter offered, feces and urine produced daily were measured and the amount of crude energy in the samples estimated in the laboratory. The increase in the nutritional plan resulted responses with a linear effect ( $P < 0.001$ ) in the consumption of dry matter (CMS), crude energy (CEB), crude protein (CPB), neutral detergent fiber (CFDN) and mineral matter (CMM). With the increase in the nutritional plan, a linear effect ( $P < 0.001$ ) was observed in the digestibility of dry matter (DMS), crude protein (DPB) and neutral detergent fiber (DFDN) and in the digestible energy consumption (CED). We observed a quadratic effect on metabolizable energy consumption (CEM) as a function of metabolic weight. The metabolizability of diets and the efficiency of use of metabolizable energy for maintenance gain (km) and gain (kg) were not affected by the increase in the nutritional plan ( $P > 0.05$ ). The animals' ingestive behavior was not influenced by nutritional plans ( $P > 0.05$ ). The increase in the nutritional plan increased the digestibility of nutrients and energy and had no effect on the metabolizability and efficiency of the use of metabolizable energy.

**Keywords:** Nutritional plan; Goats; Metabolizability.

## Introdução

A produção animal tem crescido e ganhado espaço nos últimos anos e com ela ocorre também a maior preocupação com a alimentação animal, visando obter melhores resultados, pois sabe-se que esta será responsável pela maior expressão do potencial produtivo desses animais, baseado em dietas que atendam às exigências dos mesmos (Gomes, 2011).

Ao longo dos anos, foram desenvolvidas ferramentas que buscam prever o consumo e desempenho dos animais ruminantes de acordo com o estágio fisiológico (ex: crescimento, gestação e lactação). Essas ferramentas nada mais são que modelos matemáticos que utilizam informações de dados da literatura para que sejam formuladas dietas baseadas em exigências nutricionais requeridas pelos animais (AFRC, 1993, 1998; ARC, 1980; NRC, 2007).

O plano nutricional é definido como a relação da energia metabolizável consumida (EM, MJ.dia<sup>-1</sup>) e aquela necessária à manutenção (Mm, MJ.dia<sup>-1</sup>),  $L = EM/Mm$  (Blaxter, 1962), e a metabolizabilidade da energia ao nível de manutenção é definida como uma relação entre a energia bruta ([EB], MJ/kg MS) e a energia metabolizável ([EM], MJ.kg<sup>-1</sup> MS) da dieta consumida,  $q_m = [EM]/[EB]$  (AFRC, 1993). Estes parâmetros na formulação das dietas estão fortemente correlacionados com a digestibilidade das dietas e a falta de informações relacionadas destes para caprinos compromete à acurácia na predição do desempenho animal.

Informações são necessárias para avaliar o aproveitamento da energia dos nutrientes a fim de detectar possíveis falhas relacionadas a essas predições. Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do plano nutricional sobre a eficiência de utilização e metabolizabilidade da energia de dietas para caprinos.

## Material e Métodos

O protocolo experimental nº 084/2019 foi aprovado pela comissão de ética de uso de animais de produção da Universidade Federal de Viçosa (CEUAP-UFV). O experimento foi conduzido nas dependências do Setor de Caprinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, localizado no município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Para entender a relação causal entre o plano nutricional adotado na fase de crescimento animal e a eficiência de uso de nutrientes e energia utilizamos estudo com caprinos mantidos em condição de confinamento em baias de metabolismo equipadas para a colheita de fezes e urina, com a alimentação controlada e água *ad libitum*.

O estudo constituiu de um delineamento experimental inteiramente casualizado onde avaliamos o efeito de três planos nutricionais sobre o desempenho animal. O plano nutricional (L) foi elaborado estabelecendo dietas em que o consumo diário de energia metabolizável fosse suficiente para atender à demanda animal de manutenção ( $EM_m$ ), sendo  $L=1$ . Outros dois planos foram elaborados para permitir um valor  $L=1,4$  e  $1,6$ , respectivamente.

Trinta e seis cabras foram alocadas aleatoriamente para diferentes planos nutricionais, sendo oito cabras para o plano L1, e catorze cabras em cada um dos outros planos.

### Animais e formulação das dietas

Utilizamos animais com idades e massas corporais distintas para o presente experimento, uma vez que a exigência de manutenção é obtida com animais que tenham atingido a maturidade, portanto com o crescimento estabilizado. Assim, animais adultos foram alocados para o plano nutricional L1 enquanto animais jovens, em crescimento, foram utilizados nos planos L2 e L3, respectivamente (**Tabela 1**).

**Tabela 1** - Massa corporal e idade dos animais nos planos nutricionais adotados

|                    | Plano nutricional (L) |            |            |
|--------------------|-----------------------|------------|------------|
|                    | L1=1,0                | L2=1,4     | L3=1,6     |
| Massa corporal(kg) | 56,2 ± 9,1            | 14,8 ± 1,3 | 17,2 ± 1,6 |
| Idade(meses)       | 20,6 ± 0,7            | 5,2 ± 0,3  | 5,2 ± 0,3  |

L= Plano nutricional, expresso como múltiplo da exigência de energia metabolizável de manutenção

As dietas foram formuladas em acordo com as recomendações apresentadas pelo *Agricultural and Food Research Council* (AFRC,1993) tendo como restrição o custo mínimo da dieta total em ambiente Solver por método de otimização não linear. Foi oferecido sal mineral e água *ad libitum* aos animais. A massa corporal média foi utilizada como *input* (**Tabela 2**).

**Tabela 2** - Ingredientes e composição nutricional das dietas experimentais

| Ingredientes(g.kg <sup>-1</sup> ) | Plano nutricional (L) |       |       |
|-----------------------------------|-----------------------|-------|-------|
|                                   | 1,0                   | 1,4   | 1,6   |
| Feno                              | 671,0                 | 360,3 | 294,9 |
| Farelo de soja                    | 16,2                  | 136,8 | 199,1 |
| Milho moído                       | 250,0                 | 348,8 | 334,9 |
| Calcário Calcítico                | 25,0                  | 88,6  | 107,0 |
| Fosfato bicálcico                 | 37,8                  | 65,5  | 64,0  |
| <b>Item (g.kg<sup>-1</sup>)</b>   |                       |       |       |
| MS                                | 888,8                 | 895,3 | 893,4 |
| PB                                | 115,7                 | 141,8 | 163,4 |
| FDN                               | 589,2                 | 433,0 | 385,5 |
| EE                                | 15,1                  | 18,3  | 13,8  |
| CNF                               | 177,1                 | 213,8 | 211,0 |

Matéria seca (MS) ; PB=Proteína bruta, CNF=Carboidratos Não Fibrosos; FDN= Fibra insolúvel em detergente neutro; EE= Extrato Etéreo; MM=Matéria mineral

### **Duração do experimento, colheitas de amostras e processamento**

O período experimental teve duração de 81 dias divididos em 15 dias para adaptação dos animais e 66 dias de colheita de informações. Durante o período de adaptação o consumo de ração pelos animais e as sobras foram ajustadas para permitir um valor máximo de 10% de excedente evitando assim a seleção de alimentos. Ao longo de todo período experimental a alimentação foi ofertada duas vezes ao dia (08h e 15h). Diariamente, antecedendo o fornecimento da dieta pela manhã, as sobras de volumoso e mistura concentrada eram devidamente identificadas, pesadas e armazenadas em sacolas plásticas para posteriores análises. Amostras do material oferecido eram devidamente identificadas, pesadas e armazenadas em sacolas plásticas para posteriores análises. As amostras diárias de cada animal foram agrupadas em amostras compostas.

### **Ensaio de digestão**

Ao final do experimento foi realizado um ensaio de digestibilidade em um período de cinco dias consecutivos. As fezes foram colhidas, identificadas, pesadas e armazenadas em sacos plásticos a  $-20^{\circ}\text{C}$  e, ao final do período experimental foram agrupadas em amostras compostas. Colheitas de urina ocorreram simultaneamente no período, com o objetivo de estimar a metabolizabilidade da dieta. A urina foi colhida uma vez ao dia, às 08h em recipientes de 5.000 mL, acondicionado em caixas térmicas envolvidas por gelo, repostas no período da tarde, às 15h para manter o resfriamento da urina, evitando a proliferação bacteriana. A urina foi colhida diariamente por período de 5 dias, quantificada e armazenada a  $-10^{\circ}\text{C}$ . Após o período de colheitas, as amostras diárias de cada animal foram agrupadas em amostras compostas. Amostras do volumoso e concentrado oferecidos, sobras e fezes foram secas a  $55^{\circ}\text{C}$  por 48 horas, em estufa de ventilação forçada, moídas em moinho Willey, passando por peneira de 1mm, e seguiram para análises químicas e bromatológicas.

### **Análise do comportamento ingestivo**

No penúltimo dia do período experimental realizamos a observação de comportamento ingestivo, segundo recomendações sugeridas por Fischer et al. (1998), com observação individual dos animais durante 24 horas e intervalo de 5 minutos entre uma observação e outra. A avaliação do comportamento consistiu em observar o tempo dispensado ingerindo alimento (I), ruminando (R) ou em estado de ócio (O).

### **Análise química de alimentos, sobras, fezes e urina**

Foram realizadas análises de umidade (MS), nitrogênio (PB), matéria mineral (MM) e matéria orgânica (MO) de acordo com os procedimentos da AOAC (1990). A fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) foi analisada conforme descrito por Mertens (2002) sem o uso de sulfato de sódio. O conteúdo de energia bruta de todas as amostras foi determinado como calor de combustão em volume constante em uma bomba calorimétrica (KA *Calorimeter System* modelo C5001 *duo control*, marca IKA® Werke GmbH & Co. KG, Staufen, Alemanha). As amostras de urina foram previamente desidratadas em copos descartáveis para possibilitar sua combustão e os valores encontrados foram subtraídos do valor da EB dos recipientes plásticos vazios determinados anteriormente.

### Cálculo dos parâmetros

O consumo de matéria seca (CMS, kg.dia<sup>-1</sup>) foi definido como a diferença entre a matéria seca oferecida e matéria seca das sobras, representado na equação a seguir:

$$CMS = MS \text{ ofert} - MS \text{ sobras}$$

A composição dos alimentos oferecidos, das sobras e a quantidade diária de sobras foram utilizadas para cálculo do consumo diário de nutrientes (NUT, Kg), definido como:

$$NUT \text{ consumido} = NUT \text{ alimento} - NUT \text{ sobras}$$

Os nutrientes digestíveis diários (NUT, Kg), foram definidos como:

$$NUT \text{ digestível} = NUT \text{ oferecido} - NUT \text{ sobras} - NUT \text{ fezes}$$

O consumo de energia bruta (CEB) foi calculado pela diferença entre a energia bruta ingerida pelo animal (EB alimento) e a energia das sobras (EB sobras) como a equação a seguir:

$$CEB = EB_{\text{ingerida}} - EB_{\text{sobras}}$$

Dessa forma, obtivemos o conteúdo de energia bruta([EB], MJ/kg MS) da matéria seca consumida, através da equação:

$$[EB] = \frac{EB}{CMS}$$

A energia digestível (ED, MJ/d) aparente consumida foi definida como:

$ED = EBalimento - EBSobras - EBfezes$  Dessa forma, obtivemos a concentração de energia digestível ([ED], MJ/Kg MS) da matéria consumida:

$$[ED] = \frac{ED}{CMS}$$

A energia diária perdida por meio de gases (EG, MJ/d) foi estimada com a equação proposta por Blaxter & Clapperton (1965), modificada como a equação a seguir:

$$EG = [EB] \times CMS (1,30 + 0,112Dm + L(2,37 - 0,050Dm))/100$$

Onde os termos Dm e L representam a média da digestibilidade da dieta a nível de manutenção (L=1,0 Mm) e o plano nutricional, respectivamente.

A energia metabolizável (EM) foi calculada como descrito a seguir:

$$EM = ED - EU - EG$$

Assim pode-se definir a concentração de energia metabolizável ([EM], MJ/Kg MS) da matéria consumida:

$$[EM] = \frac{EM}{CMS}$$

A metabolizabilidade ( $q_m$ ) foi calculada segundo o AFRC (1993):

$$q_m = \frac{[EM]}{[EB]}$$

A estimativa da eficiência do uso de energia metabolizável para manutenção ( $k_m$ ) foi calculada através da equação proposta pelo AFRC (1993), demonstrada a seguir:

$$k_m = 0,503 + 0,35 q_m$$

A estimativa da eficiência do uso de energia metabolizável para ganho ( $k_g$ ) foi calculada a partir da equação também proposta pelo AFRC (1993):

$$k_g = 0,006 + 0,78 q_m$$

### **Análises estatísticas**

O delineamento utilizado foi inteiramente de acordo com o modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij};$$

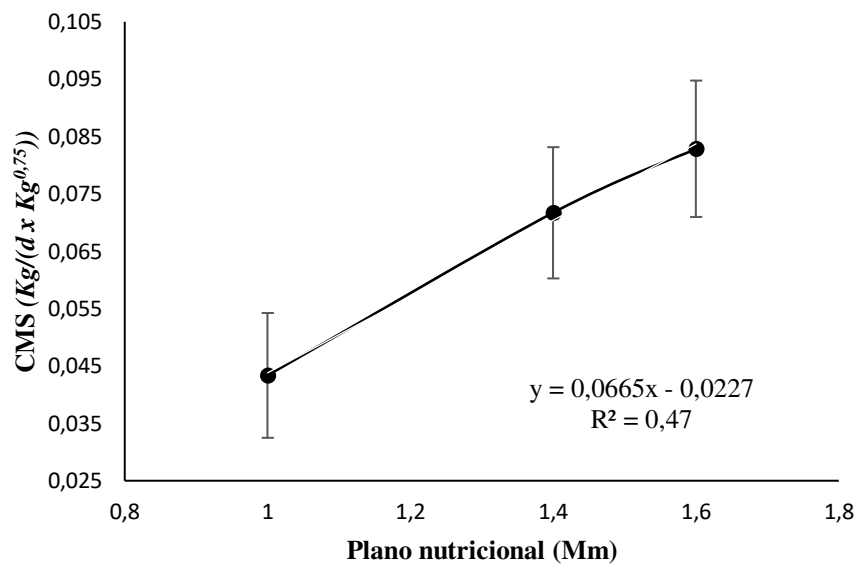
Em que  $Y_{ij}$  são as variáveis observadas;  $\mu$  é a media geral ou intercepto;  $T_i$  é o efeito fixo de tratamento sendo os planos nutricionais (L), e  $e_{ij}$  é o efeito aleatório do erro. Assumindo o modelo matemático, foi realizada análise de regressão com a decomposição em efeitos lineares e quadráticos considerando 5% de significância. Todas as análises foram realizadas no *software* R.

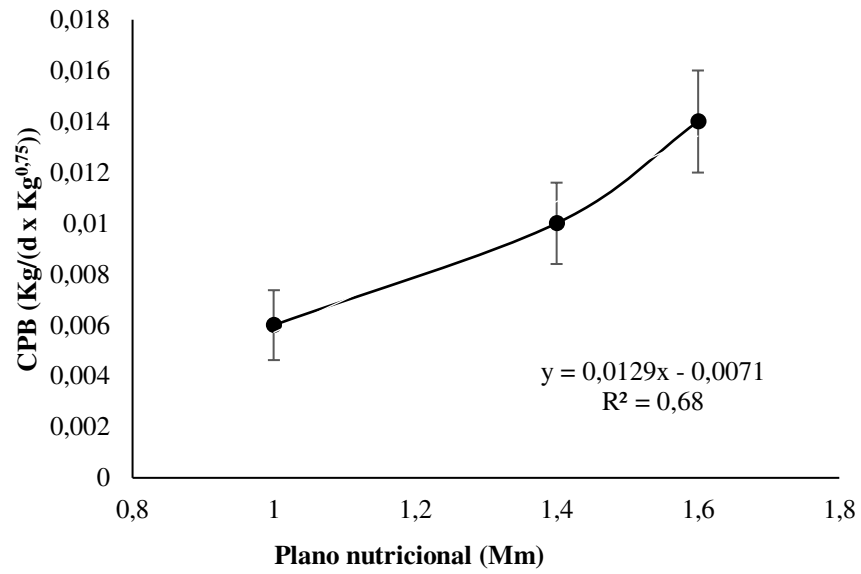
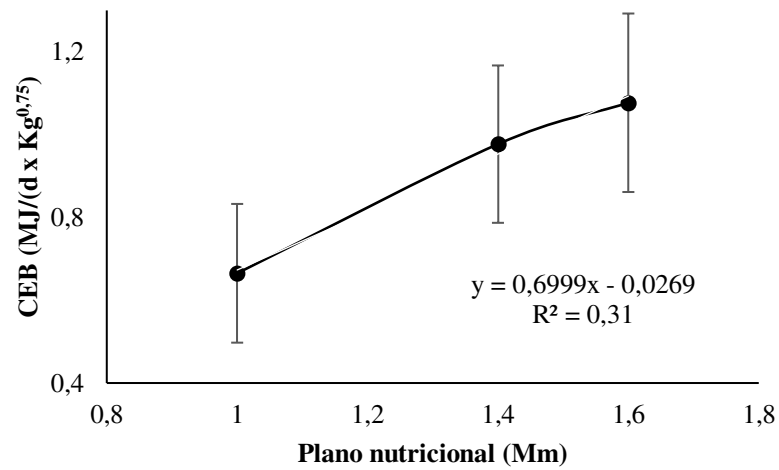
## Resultados

### Consumo de nutrientes e energia

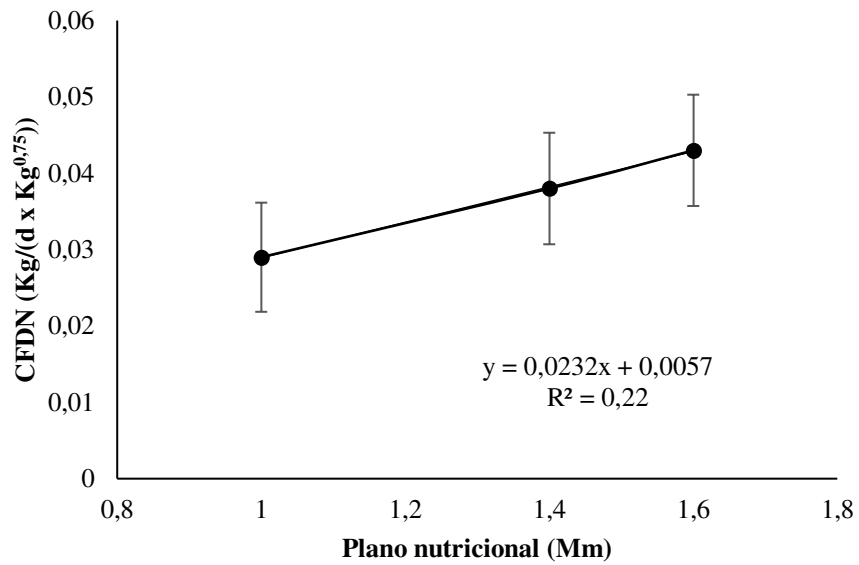
A elevação do plano nutricional provocou efeito linear ( $P < 0,001$ ), de forma positiva no consumo de matéria seca (**Figura 1**), proteína bruta (**Figura 2**), energia bruta (**Figura 3**), fibra em detergente neutro (**Figura 4**) e matéria mineral (**Figura 5**). (**Apêndice -Tabela 3**).

**Figura 1** - Consumo de matéria seca (CMS) em função dos planos nutricionais

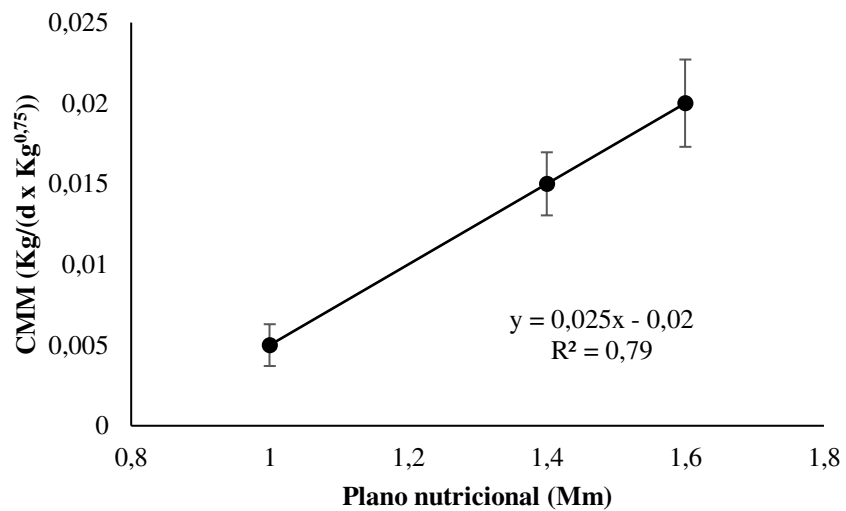


**Figura 2** - Consumo de proteína bruta (CPB) em função dos planos nutricionais**Figura 3** - Consumo de energia bruta (CEB) em função dos planos nutricionais

**Figura 4** - Consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) em função dos planos nutricionais



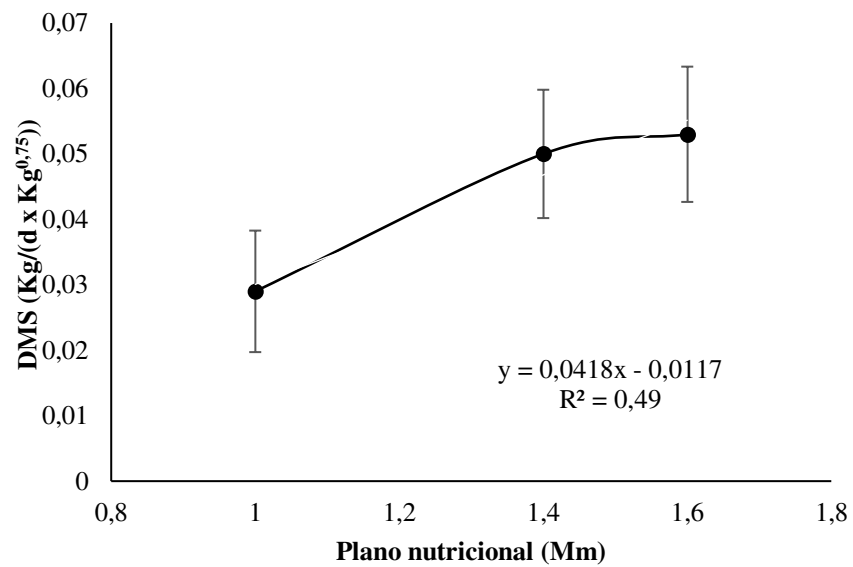
**Figura 5** - Consumo de matéria mineral (CMM) em função dos planos nutricionais

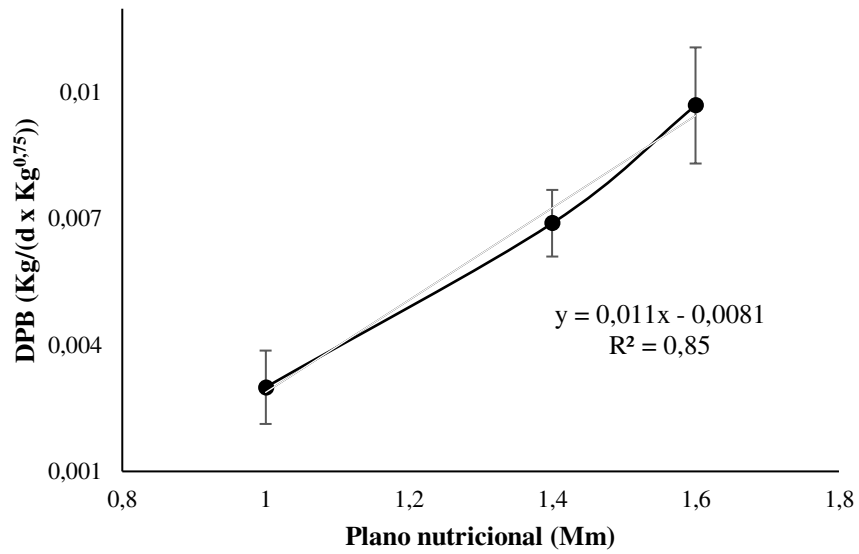
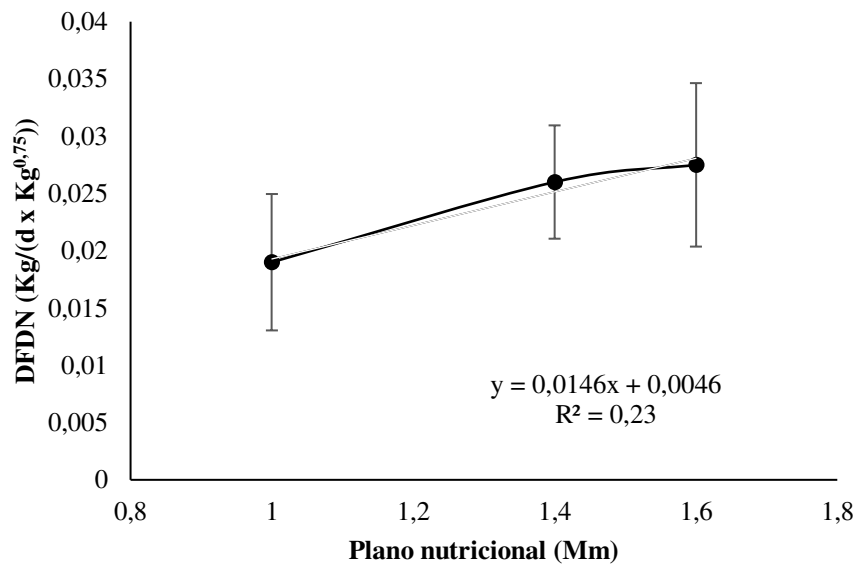


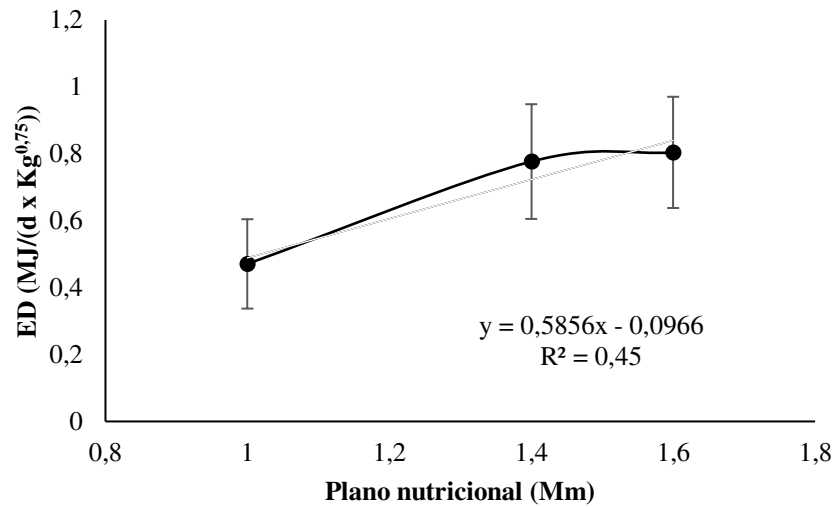
### Digestibilidade de nutrientes e energia

Observamos comportamento linear ( $P < 0,001$ ) influenciado pelo aumento do plano nutricional na digestibilidade da matéria seca (**Figura 6**), digestibilidade da proteína bruta (**Figura 7**), digestibilidade da fibra em detergente neutro (**Figura 8**) e no consumo de energia digestível (**Figura 9**). (**Apêndice -Tabela 4**).

**Figura 6** - Digestibilidade da matéria seca (DMS) em função dos planos nutricionais

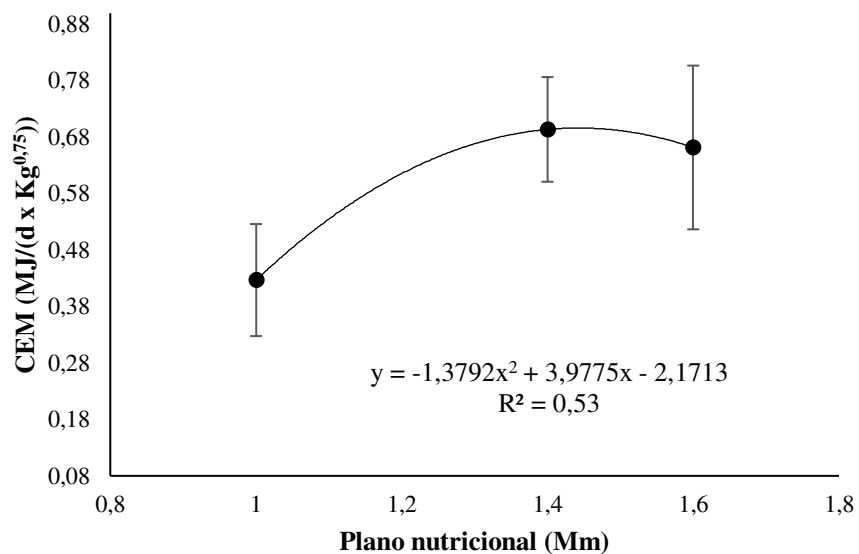


**Figura 7 - Digestibilidade da proteína bruta (DPB) em função dos planos nutricionais****Figura 8 - Digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) em função dos planos nutricionais**

**Figura 9** - Consumo de energia digestível (CED) em função dos planos nutricionais

### Consumo de energia metabolizável, metabolizabilidade e eficiência da utilização de energia

O consumo de energia metabolizável em função do peso metabólico apresentou efeito quadrático ( $P < 0,001$ ) pelo aumento do plano nutricional (**Figura 10**). A metabolizabilidade das dietas não foi afetada pelo aumento do plano nutricional ( $P > 0,05$ ). Não foi observado efeito significativo ( $P > 0,05$ ) na eficiência de utilização de energia para manutenção e ganho pelo aumento do plano nutricional (**Apêndice - Tabela 5**).

**Figura 10** - Consumo de energia metabolizável (CEM) em função dos planos nutricionais

### **Comportamento ingestivo**

Os tempos despendidos com ruminaco, ingesto, cio e mastigao no foram influenciadas pelos planos nutricionais ( $P>0,05$ ) (**Apêndice -Tabela 6**).

### **Discusso**

#### **Consumo de nutrientes e energia**

Os resultados encontrados para consumo de matéria seca (CMS) esto de acordo com os obtidos por Ginting et al. (2018) e pode estar associado ao fato de que o nível de energia nos planos nutricionais pode no ter atingido a densidade que limitaria o consumo, principalmente pelos animais no nível de consumo de 1,6 Mm. Conseqentemente houve aumento no consumo de proteína bruta (PB) e energia bruta (EB). Outro ponto de vista capaz de explicar esses resultados foi descrito por Galyean & Defoor (2003) que ao trabalharem com dados de animais confinados concluíram que apesar da ingesto de dietas concentradas ser controlada principalmente por fatores metabólicos, pequenos aumentos na concentrao de volumoso e a mudana de fontes menos fibrosas para mais fibrosas de volumoso geralmente aumentam o consumo de matéria seca (CMS) e os efeitos da diluio da energia devido a adio de fibra na dieta podem ser responsveis pela alterao no CMS, porém a quantidade de energia líquida na dieta para ganho proporcionado pelo volumoso tem pouca relao com as alteraes no CMS com a fonte e o nível de volumoso.

#### **Digestibilidade de nutrientes e energia**

A composio da rao tem grande influência sobre o efeito do plano nutricional na digestibilidade de nutrientes e energia (Colucci et al., 1982; NRC, 2001; Yan et al., 2002), portanto é recomendado que avaliaes da digestibilidade sejam realizadas a partir de dietas com composio nutricional similares (Gabel et al., 2003). No presente trabalho, os resultados foram obtidos a partir de dietas formuladas com a mesma composio de alimentos, porém com diferentes concentraes entre os tratamentos. Os dados de digestibilidade da matéria seca (DMS) e energia digestível (ED) nesse estudo esto de acordo com os obtidos por Jardim et al. (2013). Koong et al. (1982) ao definirem o conceito de nível de alimentao, a digestibilidade da proteína ou gordura alimentar aumenta linearmente  medida que o nível de alimentao aumenta. Essa postulao est de acordo com os dados extraídos nesse estudo, em que a digestibilidade da proteína bruta (DPB) obteve comportamento linear de acordo com o aumento do plano nutricional.

## **Consumo de energia metabolizável, metabolizabilidade e eficiência da utilização de energia**

O consumo de energia metabolizável obtido foi de 0,427 MJ/ Kg<sup>0,75</sup>. Os valores de exigência de energia metabolizável para manutenção (EM<sub>m</sub>) recomendados pelo NRC 2007 e o AFRC (1998) são 0,536 e 0,439 MJ/ Kg<sup>0,75</sup> respectivamente. O valor obtido no presente estudo é 20% menor em relação ao valor sugerido pelo NRC (2007) e 2,7% comparado ao valor sugerido pelo AFRC (1998). Sahlu et al. (2004) ao trabalhar com cabras leiteiras sugeriu um valor para EM<sub>m</sub> de 0,582 MJ/ Kg<sup>0,75</sup>, maior em 26,5% do que o obtido neste trabalho. O valor encontrado para exigência de EM<sub>m</sub> foi semelhante ao de Figueiredo et al.(2016). Essas informações reforçam a teoria defendida por Birkett & Lange (2001) de que erros adicionais relacionados à energia metabolizável podem ocorrer quando se expressa as exigências em termos metabolizáveis, o que pode afetar a eficiência da utilização de energia metabolizável (k<sub>m</sub>). De acordo com o ARC (1980), a exigência de manutenção dos animais domésticos é a quantidade de nutrientes que atendam às necessidades vitais do corpo, destacando-se a influência do peso corporal, raça, sexo, idade, condição fisiológica, nível de produção, nível nutricional, condições ambientais, estresse e exercício.

Os dados referentes a metabolizabilidade (q<sub>m</sub>) nesse trabalho não apresentaram resultados significativos e pode-se inferir que são coerentes com os resultados de Tadesse et al. (2019), que obtiveram resultados de metabolizabilidade semelhantes entre os tratamentos aos quais os animais foram submetidos (dieta *ad libitum* vs dieta restrita). Segundo Oliveira et al. (2014) o valor de q<sub>m</sub> eleva-se quando há aumento na inclusão de concentrado na dieta, o que resulta em redução na exigência de EM, o que não ocorreu nesse experimento, provavelmente pela similaridade das dietas e aumento pouco expressivo da quantidade de concentrado fornecido de acordo com o aumento do plano nutricional.

Os resultados nesse experimento para a eficiência da utilização de energia metabolizável para manutenção (k<sub>m</sub>) obtiveram respostas similares às encontradas por Filho et al. (2011) trabalhando com ovinos em crescimento. Os valores de k<sub>m</sub> também corroboram com os resultados de k<sub>m</sub> nos estudos realizados por Galvani et al. (2014) e Souza et al.(2020) avaliando diferentes dietas para ovinos e diferentes gêneros de caprinos. No entanto, neste estudo foram encontrados valores de k<sub>m</sub> maiores em relação aos trabalhos citados anteriormente. É sugerido que devido ao fato de terem sido calculados segundo o AFRC (1993), estes valores podem ter sido superestimados (0,73) utilizando os valores de q<sub>m</sub> para o cálculo desses parâmetros, que por conseguinte pode subestimar os valores para os requisitos de manutenção (EM<sub>m</sub>). Em sua grande maioria, os sistemas nutricionais assumem o valor único de 0,64 para k<sub>m</sub> (Cannas et al.,

2004; CSIRO, 1990; NRC, 2007; Tedeschi et al.,2010a). A eficiência do uso de energia metabolizável para ganho não foi influenciada pelo aumento dos planos nutricionais provavelmente pela semelhança na composição nutricional das dietas, pois entende-se que a concentração da energia na dieta é um dos principais fatores que afetam  $k_g$  ((Tedeschi et al., 2010b).

### **Comportamento ingestivo**

O comportamento ingestivo dos ruminantes está associado à características físicas do alimento fornecido e características fisiológicas do animal, bem como suas necessidades nutricionais Camilo et al.(2012). O resultado não significativo para avaliação desse parâmetro pode estar relacionado a avaliação do comportamento que foi realizada por diferentes avaliadores, o que pode ter influenciado nos resultados. De acordo com Dulphy et al. (1980) quando os constituintes da parede celular diminuem, aumenta-se o teor de amido e o tempo total de mastigação diminui.

### **Conclusão**

O aumento no plano nutricional aumenta a digestibilidade de nutrientes e energia, não provoca efeito na metabolizabilidade e na eficiência de utilização de energia metabolizável de manutenção e ganho no intervalo avaliado.

## Referências

- AGRICULTURAL FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC). **Energy and protein requirements of ruminants**. 9. ed. [s.l.] CAB International, 1993.
- AGRICULTURAL FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC). **The Nutrition of goats**. 10. ed. Wallingford UK: CAB International, 1998.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (ARC). **The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock: Technical Review**. 2. ed. Great Britain, 1980.
- AOAC. **Official Methods of Analysis**. 15. ed. Arlington, Virginia, USA: Association of Official Analytical Chemists, INC, 1990. v. 1
- BIRKETT, S.; LANGE, K. DE. Limitations of conventional models and a conceptual framework for a nutrient flow representation of energy utilization by animals. **British Journal of Nutrition**, v. 86, n. 6, p. 647–659, 2001.
- BLAXTER, K. L. **The Energy Metabolism of Ruminants**. 1. ed. London: Charles C. Thomas, 1962.
- BLAXTER, K. L.; CLAPPERTON, J. L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **British Journal of Nutrition**, v. 9, p. 511–522, 1965.
- CAMILO, D. DE A. et al. Intake and feeding behaviour of Morada Nova lambs fed different energy levels. **Italian Journal of Animal Science**, v. 11, n. 1, p. 13–19, 2012.
- CANNAS, A. et al. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 1, p. 149–169, 2004.
- COLUCCI, P. E.; CHASE, L. E.; SOEST, P. J. VAN. Feed Intake , Apparent Diet Digestibility , and Rate of Particulate Passage in Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 65, n. 8, p. 1445–1456, 1982.
- CSIRO. Feeding Standards for Australian livestock. **Standing Committee on Agriculture, Ruminants Subcommittee. CSIRO publications.**, p. 266 p., 1990.
- DULPHY, J. P.; REMOND, B.; THERIEZ, M. Ingestive behaviour and related activities in ruminants. **Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants**, p. 103–122, 1980.
- FIGUEIREDO, F. O. M. et al. Energy and protein requirements of weaned male and female Saanen goats. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 101, n. 5, p. 1014–1025, 2016.
- FILHO, J. G. L. R. et al. Efficiency of metabolizable energy utilization for maintenance and gain and evaluation of small ruminant nutrition system model in santa ines sheep. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 11, p. 2558–2564, 2011.

FISCHER, V. et al. Nycterohemeral Patterns of Ingestive Behavior of Sheep. **Revista Brasileira De Zootecnia**, v. 27, n. 2, p. 362–369, 1998.

GABEL, M. et al. Influence of Nutrition Level on Digestibility in High Yielding Cows and Effects on Energy Evaluation Systems. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 12, p. 3992–3998, 2003.

GALVANI, D. B. et al. Energy efficiency of growing ram lambs fed concentrate-based diets with different roughage sources. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 1, p. 250–263, 2014.

GALYEAN, M. L.; DEFOOR, P. J. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 2, p. 8–16, 2003.

GINTING, S. P. et al. Growth and feed utilization of Boer x Kacang crossbred goats offered total mixed rations of different protein and energy levels. **Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner**, v. 22, n. 4, p. 188, 2018.

GOMES, F. H. B. **Composição Corporal e Exigências Nutricionais de Caprinos Saanen Machos dos 30 aos 45kg de Peso Vivo**. [s.l.] Universidade Estadual Paulista, 2011.

JARDIM, J. G. et al. Application of a nonlinear optimization tool to balance diets with constant metabolizability. **Livestock Science**, v. 158, n. 1–3, p. 106–117, 2013.

KOONG, L. J.; FALTER, K. H.; LUCAS, H. L. A mathematical model for the joint metabolism of nitrogen and energy in cattle. **Agricultural Systems**, v. 9, n. 4, p. 301–324, 1982.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, n. 6, p. 1217–1240, 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requirements of Small Ruminants**. National Academies Press, 2007.

OLIVEIRA, A. P. DE et al. Estimativas dos requisitos nutricionais e utilização do modelo Small Ruminant Nutrition System para ovinos deslanados em condições semiáridas Estimates. **Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 1985–1997, 2014.

SAHLU, T. et al. Nutrient requirements of goats: Developed equations, other considerations and future research to improve them. **Small Ruminant Research**, v. 53, n. 3, p. 191–219, 2004.

SOUZA, A. P. et al. Energy requirements and efficiency of energy utilization in growing dairy goats of different sexes. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 1, p. 272–281, 2020.

TADESSE, D. et al. Effects of level of intake of a 50% concentrate pelleted diet on metabolizability by mature Katahdin wethers. **Small Ruminant Research**, v. 174, n. March, p. 7–12, 2019.

TEDESCHI, L. O. et al. **The partial efficiency of use of metabolizable energy to net energy for growth in ruminants.** Proceedings of 3rd International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition, Parma. **Anais...** Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2010a.

TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A.; FOX, D. G. A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and other nutrients for domesticated small ruminants : The development and evaluation of the Small Ruminant Nutrition System. **Small Ruminant Research**, v. 89, n. 2–3, p. 175–185, 2010b.

VAN SOEST, P. J. **Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility.** Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants, p.834-843, 1965.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant.** 2. ed. [s.l.] Cornell University Press, 1994.

YAN, T.; AGNEW, R. E.; GORDON, F. J. The combined effects of animal species ( sheep versus cattle ) and level of feeding on digestible and metabolizable energy concentrations in grass-based diets of cattle. **Animal Science**, v. 75, p. 141–151, 2002.

**APÊNDICE**

**Tabela 3** – Valores médios de consumo dos nutrientes em função dos planos nutricionais (L)

| Item              | Plano nutricional (L) |       |       | EPM <sup>a</sup> | p-valor <sup>b</sup> | CV <sup>c</sup> |
|-------------------|-----------------------|-------|-------|------------------|----------------------|-----------------|
|                   | 1,0                   | 1,4   | 1,6   |                  |                      |                 |
| CMS <sup>1</sup>  | 0,043                 | 0,072 | 0,082 | 0,37             | <0,001               | 21,56           |
| CEB <sup>2</sup>  | 0,665                 | 0,977 | 1,077 | 0,001            | <0,001               | 20,16           |
| CFDN <sup>1</sup> | 0,029                 | 0,038 | 0,042 | 0,19             | <0,001               | 20,98           |
| CPB <sup>1</sup>  | 0,006                 | 0,010 | 0,014 | 0,00007          | <0,001               | 26,67           |
| CMM <sup>1</sup>  | 0,005                 | 0,015 | 0,020 | 0,00011          | <0,001               | 30,08           |

<sup>1</sup>Consumo de matéria seca (CMS), proteína bruta (CPB), fibra em detergente neutro (CFDN), matéria mineral (CMM), expressos como Kg/(d x Kg<sup>0,75</sup>). e <sup>2</sup>consumo de energia bruta (CEB) expresso como MJ/(d x Kg<sup>0,75</sup>)

<sup>a</sup> Erro padrão da média

<sup>b</sup> Efeito linear

<sup>c</sup> Coeficiente de variação expresso em %

**Tabela 4** - Valores médios de digestibilidade dos nutrientes em função dos planos nutricionais

| Item              | Planos nutricionais |       |       | EPM <sup>a</sup> | p-valor <sup>b</sup> | CV <sup>c</sup> |
|-------------------|---------------------|-------|-------|------------------|----------------------|-----------------|
|                   | 1,0                 | 1,4   | 1,6   |                  |                      |                 |
| DMS <sup>1</sup>  | 0,029               | 0,05  | 0,053 | 0,001            | <0,001               | 95,22           |
| ED <sup>2</sup>   | 0,471               | 0,777 | 0,804 | 0,0151           | <0,001               | 28,83           |
| DFDN <sup>1</sup> | 0,019               | 0,026 | 0,028 | 0,0005           | <0,001               | 27,62           |
| DPB <sup>1</sup>  | 0,003               | 0,007 | 0,010 | 0,0002           | <0,001               | 40,02           |

<sup>1</sup>Digestibilidade da matéria seca (DMS), proteína bruta (DPB), fibra em detergente neutro (DFDN) expressos como Kg/(d x Kg<sup>0,75</sup>). e energia digestível (ED)<sup>2</sup>expresso como MJ/(d x Kg<sup>0,75</sup>)

<sup>a</sup> Erro padrão da média

<sup>b</sup> Efeito linear

<sup>c</sup> Coeficiente de variância expresso em %

**Tabela 5** - Médias de consumo de energia metabolizável (CEM), metabolizabilidade( $q_m$ ), eficiência da utilização de energia metabolizável para manutenção( $k_m$ ) e eficiência da utilização de energia metabolizável para crescimento( $k_g$ ) em função dos planos nutricionais (L)

| Item             | Plano nutricional(L) |       |       | EPM <sup>a</sup> | p-valor        |                | CV <sup>d</sup> |
|------------------|----------------------|-------|-------|------------------|----------------|----------------|-----------------|
|                  | 1,0                  | 1,4   | 1,6   |                  | L <sup>b</sup> | Q <sup>c</sup> |                 |
| CEM <sup>1</sup> | 0,427                | 0,694 | 0,662 | 0,024            | <0,001         | <0,001         | 25,77           |
| $q_m^2$          | 0,648                | 0,660 | 0,655 | 0,010            | 0,7865         | 0,8900         | 9,65            |
| $k_m^2$          | 0,730                | 0,734 | 0,732 | 0,003            | 0,787          | 0,8965         | 3,02            |
| $k_g^2$          | 0,000                | 0,521 | 0,517 | 0,037            | <0,001         | 0,7851         | 8,84            |

<sup>1</sup>Expresso em MJ/(d x Kg<sup>0,75</sup>); <sup>2</sup> variáveis adimensionais

<sup>a</sup> Erro padrão da média

<sup>b</sup> Efeito linear

<sup>c</sup> Efeito quadrático

<sup>d</sup> Coeficiente de variação expresso em %

**Tabela 6** - Tempos em minutos (min.) de ruminação, ingestão, ócio e mastigação em diferentes planos nutricionais (L).

| Item (min) | Plano nutricional (L) |        |        | EPM   | p-valor        |                | CV <sup>c</sup> |
|------------|-----------------------|--------|--------|-------|----------------|----------------|-----------------|
|            | 1,0                   | 1,4    | 1,6    |       | L <sup>a</sup> | Q <sup>b</sup> |                 |
| Ruminação  | 386,25                | 348,57 | 325,77 | 13,78 | 0,10           | 0,26           | 24,15           |
| Ingestão   | 193,75                | 205,36 | 179,23 | 5,87  | 0,42           | 0,15           | 22,03           |
| Ócio       | 855,00                | 881,07 | 936,67 | 15,60 | 0,07           | 0,15           | 11,72           |
| Mastigação | 580,00                | 553,93 | 505,00 | 15,36 | 0,07           | 0,15           | 19,16           |

<sup>a</sup> Efeito linear

<sup>b</sup> Efeito quadrático

<sup>c</sup> Coeficiente de variação expresso em %

**ANEXO**

**ANEXO I:** Certificado de aprovação do projeto pela comissão de ética no uso de animais de produção (CEUAP).



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
 COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS DE PRODUÇÃO  
 CEUAP/UFV

Campus Universitário - Viçosa, MG - 36570-900 - Telefone: (31) 3899.3275 - e-mail: [ceuap@ufv.br](mailto:ceuap@ufv.br) - site: [www.ceuap.ufv.br](http://www.ceuap.ufv.br)

Viçosa, 25 de Jun. de 2019

## CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado "Eficiência de uso da energia metabolizável por caprinos em crescimento", protocolo nº 084/2019, sob a responsabilidade de **Marcelo Teixeira Rodrigues** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo chordata, subfilo vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - 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 editadas pelo conselho nacional de controle da experimentação animal (concea), e foi apreciado pela comissão de ética no uso de animais de produção da universidade federal de viçosa (ceuap-ufv) em reunião de **17 de Jun. de 2019**.

Finalidade:  Pesquisa       Ensino

Vigência do Projeto: de **25 de Jun. de 2019** a **05 de outubro de 2019**

Espécie/linhagem: **Caprinos (*Capra hircus*)**      Nº de animais: **36**

Peso: **15- 65 kg**      Idade: **3- 24 meses**      Sexo: **Fêmea**      Origem: **Setor de Caprinocultura/DZO/UFV**

CNPJ/CPF: **25.944.455/0001 96**

## CERTIFICATE

We certify that the project entitled "Efficiency of the use of metabolizable energy by growing goats", protocol nº 084/2019, under the responsibility of **Marcelo Teixeira Rodrigues** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum chordata, subphylum vertebrata (except man), for scientific research purposes (or education) - is in accordance with the law nº. 11.794, of October 8, 2008, Decree nº. 6899 of July 15, 2009, and the rules issued by the Brazilian National Council for Animal Experimentation Control (CONCEA), and was approved by the Ethics Commission on the use of farm animals of Universidade Federal de Viçosa (CEUAP-UFV) in its meeting on **Jun, 17th, 2019**.

Finality:  Research       Education

Duration of the Project: from **Jun, 25th, 2019** to **Oct. 05th, 2019**.

Species / strain: **Goats (*Capra hircus*)**      Nº of animals: **36**

Weight: **15- 65 kg**      Age: **3- 24 months**      Sex: **Female**      Source: **Setor de Caprinocultura/DZO/UFV**

CNPJ/CPF: **25.944.455/0001 96**

*Luciana Navajas Rennó*

Luciana Navajas Rennó

Coordenadora da CEUAP/UFV