

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**Suélen Capa de Ávila**

**IMPACTO DA INCLUSÃO DE EXTRATO TANÍFERO DE *Acacia mearnsii* NA DIETA SOBRE O METABOLISMO ENERGÉTICO EM BOVINOS**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2016**

**Suélen Capa de Ávila**

**IMPACTO DA INCLUSÃO DE EXTRATO TANÍFERO DE *Acacia mearnsii* NA  
DIETA SOBRE O METABOLISMO ENERGÉTICO EM BOVINOS**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da  
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,  
RS), como requisito parcial para obtenção do  
grau de **Doutor em Zootecnia**

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Vilmar Kozloski

Santa Maria, RS  
2016

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Ávila, Suélen Capa de  
Impacto da inclusão de extrato tanífero de *Acacia mearnsii* na dieta sobre o metabolismo energético em bovinos. / Suélen Capa de Ávila.-2016.  
60 f.; 30cm

Orientador: Gilberto Vilmar Kozloski  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, RS, 2016

1. Calorimetria indireta 2. Digestibilidade 3. Energia digestível 4. Tanino I. Kozloski, Gilberto Vilmar II. Título.

---

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Suélen Capa de Ávila. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: [suelen\\_zoot@yahoo.com.br](mailto:suelen_zoot@yahoo.com.br)

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a  
Tese de Doutorado

**IMPACTO DA INCLUSÃO DE EXTRATO TANÍFERO DE *Acacia  
mearnsii* NA DIETA SOBRE O METABOLISMO ENERGÉTICO EM  
BOVINOS**

elaborada por  
**Suélen Capa de Ávila**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Zootecnia**

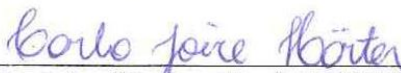
**COMISSÃO EXAMINADORA:**



**Leila Picolli da Silva, Dr.**  
(Presidente/Co-orientador)



**Clóvis Clenio Diesel Senger, Dr. (UFSM)**



**Carla Joice Harter, Dr. (UNESP/ Jaboticabal)**



**Diego Zeni, Dr. (IF Farroupilha)**



**Lisandre de Oliveira, Dr. (Unijui/Ijuí)**

Santa Maria, 12 de Janeiro de 2016.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela graça da vida, pela proteção, conforto nos momentos de desespero, nunca conseguirei agradecer o suficiente por todas as bênçãos alcançadas.

À minha família pelo suporte não só financeiro mas emocional, em especial meus pais que são o meu melhor exemplo de humildade e perseverança, dos quais herdei esse "*big heart*". Obrigada pelo carinho e amor sempre demonstrados a mim mesmo estando em outro país. Agradeço a minha irmã Quelen e meu cunhado Luis Carlos, por toda a ajuda, carinho e compreensão, mas agradeço principalmente pelo melhor presente que essa Dinda poderia receber que é o meu amado Luis Henrique. Minhas conquistas são inspiradas em todos vocês!

À minha petúnia, minha avó Maria, não tenho palavras para expressar todo o amor que sinto pela senhora e como sou agradecida a Deus por me permitir ser sua neta! Agradeço por todo o amor a mim dedicado, se hoje estou aqui foi por causa das suas orações! Te Amo Pombinha!

Ao meu orientador, professor Gilberto pela orientação, por todos os ensinamentos e principalmente pela paciência. Não sou nem 1/4 do que o senhor significa para mim mas foi um prazer trabalhar e conviver com um exemplo de docente e profissional preocupado com o futuro da pesquisa!

À minha co-orientadora Leila da Silva Picolli pelo apoio, paciência e principalmente por assumir a responsabilidade de me orientar nas etapas finais desse processo. À você, o meu muito obrigada!

To my advisors from the USA, Dr. Harmon e Dr. McLeod, no words can express how thankful I'm for have this opportunity to work with these two professionals, thanks for being patient all the time, even with my bad English and to receive me so well during this whole year. My whole life changed after it! I am thankful for my friend Amanda Pesqueira for helping me at the farm during my research. Thank you to Lauren Clark, Winston Lin, Kirk Vanzant and Adam Bohannon for providing me everything during the research trial and Laboratorial analysis at the University of Kentucky.

As minhas queridas Mariana Mezzomo, Carla Härter, Andressa Martins, Simone Stefanello e Gabriela de Carvalho pela amizade, companheirismo e momentos de descontração! Sem dúvidas essa amizade é o que me faz acreditar que os amigos são os anjos enviados por Deus para deixar a nossa vida mais feliz! Levo cada uma no meu coração!

À toda equipe LABRUMEN pelo apoio e momentos de descontração!

Ao programa de Pós graduação em Zootecnia, em especial, minha querida Olirta Giuliani, pelos mates na secretaria e por toda a ajuda e dedicação na solução dos problemas mais inconvenientes referentes ao doutorado. Sua ajuda foi fundamental!

À Universidade Federal de Santa Maria pela infra estrutura disponível.

À CAPES pela concessão de bolsa de estudos no Brasil e nos Estados Unidos, essa oportunidade e o apoio foram fundamentais para a concretização desse trabalho!

**Á todos o meu Muito Obrigada!**

<sup>1</sup>Tendo sido, pois, justificados pela fé, temos paz com Deus, por nosso Senhor Jesus Cristo;  
<sup>2</sup>Pelo qual também temos entrada pela fé a esta graça, na qual estamos firmes, e nos gloriamos na esperança da glória de Deus  
<sup>3</sup>E não somente isto, mas também nos gloriamos nas tribulações; sabendo que a tribulação produz a paciência,<sup>4</sup>E a paciência a experiência, e a experiência a esperança.<sup>5</sup>E a esperança não traz confusão, porquanto o amor de Deus está derramado em nossos corações pelo Espírito Santo que nos foi dado.

(Romanos 5:1-5)

## RESUMO

### IMPACTO DA INCLUSÃO DE EXTRATO TANÍFERO DE *Acacia mearnsii* NA DIETA SOBRE O METABOLISMO ENERGÉTICO EM BOVINOS

AUTOR: SUÉLEN CAPA DE ÁVILA  
ORIENTADOR: GILBERTO VILMAR KOZLOSKI

Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a inclusão de extrato tanífero de *Acacia mearnsii* a dois níveis de consumo da dieta total de bovinos sobre o balanço de nutrientes e eficiência da utilização de energia. Foram utilizados oito bovinos machos, castrados, da raça Holandês ( $338 \pm 32,2$  kg de peso corporal (PC)), aleatoriamente alocados em um Quadrado Latino replicado em esquema fatorial  $2 \times 2$  (com ou sem a inclusão de extrato tanífero  $\times$  níveis de consumo). A dieta experimental foi composta de silagem de milho, milho moído e premix mineral, a relação volumoso:concentrado utilizada foi de 90:10. Foram ofertados dois níveis de consumo: 1,5 e 1,8  $\times$  Energia Líquida de manutenção (Elm). O experimento foi constituído de quatro períodos de 21 dias cada, sendo 14 dias de adaptação às dietas e 7 dias de coleta de amostras. Coletas fecais e urinárias foram realizadas durante os 7 dias de coleta. A produção de calor foi calculada pela calorimetria indireta a partir do consumo de  $O_2$  e a produção de  $CO_2$  corrigido para a produção de  $CH_4$  e excreção de nitrogênio urinário utilizando equação proposta por Brouwer (1965). A inclusão do extrato tanífero não teve efeito sobre o balanço de energia e nitrogênio. Os níveis de ingestão influenciaram a retenção de energia e a produção de calor ( $P < 0,001$ ).

**Palavras-chave:** Calorimetria indireta. Digestibilidade. Energia digestível. Tanino.



## ABSTRACT

### IMPACT OF INCLUSION OF *Acacia mearnsii* TANNIN EXTRACT AT THE DIET ON ENERGY BALANCE IN STEERS

AUTHOR: SUÉLEN CAPA DE ÁVILA  
ADVISER: GILBERTO VILMAR KOZLOSKI

The objective of the study is to evaluate the effect of *Acacia mearnsii* tannin extract on balance of nutrients and efficiency of energy of steers. The experiment was conducted in a Latin Square design, with eight Holstein steers ( $338 \pm 32,2$  kg body weight (BW)). The animals have been housed in metabolism cages, fed on a diet composed by 90% corn silage and 10% concentrate at two levels of intake with or without the inclusion of *Acacia mearnsii* tannin extract. The treatment structure was a  $2 \times 2$  factorial; intake, 1.2 versus  $1.8 \times \text{NEM}$  and tannin addition vs. control. The experiment was conducted in four periods of 21 days, of which the first 14 days were intended for the adaptation of the animals to the diets and the last 7 days to evaluate whole body energy balance and endogenous heat production. For measurement of heat production and nutrient balance, expired respiratory gases, urine, and feces were collected. Fecal and urine collections were taken during 7 days. Whole-body heat production (HP) was calculated by indirect calorimetry from  $\text{O}_2$  consumption and  $\text{CO}_2$  production and corrected for  $\text{CH}_4$  production and urinary N excretion using the equation proposed by Brouwer (1965). The inclusion of tannin extract had no effect on energy and nitrogen balance. The two levels of intake had effect on energy retention and whole-body heat production ( $P < 0.001$ ).

**Keywords:** Digestibility. Energy Digestible. Indirect calorimetry. Tannin.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Consumo, excreção fecal e digestibilidade da matéria orgânica (MO) e da fibra em detergente neutro (FDN) em bovinos alimentados a dois níveis de oferta com dietas contendo ou não extrato tanífero de *Acacia mearnsii* ..... 40
- Tabela 2 – Consumo, digestibilidade e balanço de nitrogênio em bovinos alimentados a dois níveis de oferta com dietas contendo ou não extrato tanífero de *Acacia mearnsii* ..... 41
- Tabela 3 – Trocas gasosas e quociente respiratório em bovinos alimentados a dois níveis de oferta com dietas contendo ou não extrato tanífero de *Acacia mearnsii* ..... 42
- Tabela 4 – Balanço de energia (kJ/kg PV<sup>0,75</sup>/d) em bovinos alimentados a dois níveis de oferta com dietas contendo ou não extrato tanífero de *Acacia mearnsii* ..... 43

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema da partição da energia (adaptado de Chwalibog, 2004). .....	18
Figura 3 – Foto demonstrativa do coletor de urina utilizado ao longo do experimento .....	33
Figura 4 – Misturador automático utilizado para homogeneizar as amostras de fezes ao final de cada período experimental; A) Vista lateral do misturador; B) Interior do misturador com amostra de fezes. ....	34
Figura 5 – Sala principal. A)Vista frontal das câmaras de calorimetria utilizadas ao longo de todo período experimental; B) Vista lateral da sala principal.....	35
Figura 6 – A) Foto demonstrativa de uma das câmara de calorimetria indireta estilo câmara respiratória; B)Vista interna da parte frontal da <i>head-box</i> com bebedouro. ....	36
Figura 7 – Foto demonstrativa das mensurações em uma das <i>head-box</i> ; (A) Animal durante as coletas de urina e fezes; (B) Animal na <i>head-box</i> para as mensurações calorimétricas; (C)Vista do interior da <i>head-box</i> ; .....	36
Figura 8 – Columbus Instrumentos, sistema analisador de gás; .....	37

## LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A -	Valores individuais do peso corporal (Kg de PC), peso metabólico (Kg de PM) e dos consumos (g/dia) de matéria orgânica (CMO) e fibra em detergente neutro (CFDN) dos animais utilizados no ensaio de digestibilidade.....	57
APÊNDICE B -	Valores individuais (g/dia) do consumo de nitrogênio (CN), excreção fecal de nitrogênio (Nf), excreção urinária de nitrogênio (NU) e retenção de nitrogênio (RN) dos animais utilizados no ensaio de digestibilidade.....	58
APÊNDICE C -	Valores individuais (L/kgPV <sup>0,75</sup> /d) das trocas gasosas e quociente respiratório dos animais utilizados nas câmaras de respirometria indireta. ....	59
APÊNDICE D -	Valores individuais (kJ/d) do balanço de energia dos animais utilizados no ensaio de digestibilidade.....	60

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2</b>	<b>HIPÓTESE CIENTÍFICA</b> .....	15
<b>3</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	15
<b>4</b>	<b>ESTUDO BIBLIOGRÁFICO</b> .....	16
4.1	PARTIÇÃO DA ENERGIA DOS ALIMENTOS .....	16
4.2	CONCEITO DE MANTENÇA E METABOLISMO BASAL.....	18
4.3	EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA E METABOLIZABILIDADE....	19
4.4	ASPECTOS LIMITANTES DO CONSUMO .....	19
4.5	PRINCIPAIS METODOLOGIAS ASSOCIADAS AO ESTUDO DO METABOLISMO ENERGÉTICO .....	21
<b>4.5.1</b>	<b>Abate Comparativo</b> .....	22
<b>4.5.2</b>	<b>Métodos Calorimétricos</b> .....	22
<b>4.5.2.1</b>	<b>Calorimetria Indireta</b> .....	23
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	32
5.1	LOCAL DE EXECUÇÃO E ÉPOCA .....	32
5.2	PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....	32
<b>5.2.1</b>	<b>Animais, dieta e delineamento experimental</b> .....	32
<b>5.2.2</b>	<b>Condução do experimento</b> .....	33
<b>5.2.3</b>	<b>Coletas de amostras</b> .....	33
<b>5.2.4</b>	<b>Mensurações respirométricas</b> .....	34
<b>5.2.4.1</b>	<b>Sistema de calorimetria indireta</b> .....	35
<b>5.2.4.2</b>	<b>Mensurações do volume de gás inspirado e expirado</b> .....	36
5.3	ANÁLISES QUÍMICAS .....	37
5.4	CÁLCULOS .....	38
<b>6</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	40
6.1	CONSUMO E DIGESTIBILIDADE .....	40
6.2	DADOS CALORIMÉTRICOS .....	41
6.3	BALANÇO DE ENERGIA.....	42
<b>7</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	44
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	47
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	48
	<b>APÊNDICES</b> .....	57

## 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção animal, em especial o de ruminantes, é grandemente desafiado em relação a sua eficiência econômica e ao seu impacto ambiental. Este impacto pode ser direto, como a excreção urinária de nitrogênio e/ou metano pelos animais, ou indiretamente pelo uso de recursos naturais (O'MARA, 2011). Dessa forma, entre as diversas barreiras encontradas pela pesquisa científica estão a avaliação e elaboração de estratégias nutricionais visando o aumento na eficiência do uso de energia e/ou nitrogênio e o potencial uso de subprodutos industriais na alimentação animal.

Suprir adequadamente as exigências dos animais por energia e aminoácidos está entre os fatores preponderantes para melhorar a eficiência dos sistemas de produção, o qual depende também da minimização das perdas de energia que ocorrem durante os processos digestivos, particularmente da fermentação ruminal (KHIAOSA-ARD e ZEBELI, 2013).

Taninos em leguminosas forrageiras são conhecidos pelo impacto no crescimento das bactérias ruminais (MCSWEENEY et al., 2001) e redução na degradabilidade da proteína e carboidratos (WAGHORN et al., 1987). No entanto, a estrutura química, concentração e efeitos biológicos dos taninos são grandemente variáveis dentro e entre espécies forrageiras, o que pode dificultar a manipulação dietética destes compostos. Dessa forma, uma fonte concentrada de taninos pode ser uma alternativa na tentativa de melhor controlar os efeitos desta substância e assim obter os resultados positivos sobre desempenho e aumento na eficiência de nitrogênio (ORLANDI, 2013), como o extrato tanífero de Acácia negra (*Acacia mearnsii*) (BEAUCHEMIN et al., 2007).

Estudos relacionadas a utilização de energia em ruminantes têm aumentado gradativamente no Brasil, e podem ser conduzidas em câmaras de calorimetria com grande acurácia (BLAXTER, 1967). O termo calorimetria indireta é empregado para descrever os métodos que estimam a produção de calor, os quais são baseados na determinação de trocas gasosas. A produção de calor pode ser estimada a partir da mensuração do oxigênio consumido e do dióxido de carbono e outros produtos finais produzidos que são oriundos das trocas gasosas e excreção urinária (BLAXTER, 1967).

Estudos prévios (CARULLA et al., 2005; GRAINGER et al., 2009; ALVES, 2012; KOZLOSKI et al., 2012; ÁVILA, 2013; MIN et al., 2003, ORLANDI et al. 2015) foram conduzidos avaliando o efeito do extrato tanífero de *Acacia mearnsii* sobre parâmetros digestivos, fermentação ruminal, excreção de metano e desempenho animal. Contudo, o efeito

deste composto no metabolismo dos ruminantes e sobre o balanço de energia em bovinos ainda não é conhecido.

Em vista disso, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão de extrato tanífero de *Acacia mearnsii* sobre o balanço de energia em bovinos.

## **2 HIPÓTESE CIENTIFICA**

A inclusão de extrato tanífero na dieta aumenta a retenção de energia em bovinos alimentados com dieta a base de silagem de milho e concentrado.

## **3 OBJETIVO**

Avaliar o impacto da inclusão de extrato tanífero de *Acacia mearnsii* a dois níveis de consumo na dieta de bovinos sobre o balanço de energia.



## 4 ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

### 4.1 PARTIÇÃO DA ENERGIA DOS ALIMENTOS

A pesquisa científica em nutrição animal tem definido, há mais de um século, os nutrientes requeridos pelos animais (PRESTON, 2006). Conhecer a concentração e/ou a quantidade dos nutrientes na dieta de cada categoria animal associado ao conhecimento do valor nutricional dos alimentos disponíveis, permite formular dietas, planejar e implementar o manejo nutricional de forma eficiente e econômica. Os nutrientes de um alimento têm diferentes capacidades de produção de energia quando completamente oxidados, desse modo, a partição da energia é importante para avaliar a quantidade de energia de um alimento ou dieta e medir as perdas energéticas que ocorrem ao longo dos processos fisiológicos.

Segundo CABRAL et al. (2006), a energia nos alimentos pode ser expressa como energia bruta (EB), energia digestível (ED) ou nutrientes digestíveis totais (NDT), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL). Embora esta última seja a forma mais correta para expressar a energia útil dos alimentos, a determinação da EL é laboriosa e de elevado custo.

A quantidade de energia existente no alimento é chamada de energia bruta (EB), esta é representada pela quantidade de calor que é produzido após a oxidação completa até dióxido de carbono e água (NRC, 2000). Essa energia é medida em laboratório, utilizando-se a bomba calorimétrica (KLEIBER, 1972).

Ao decorrer o processo de digestão e metabolização, parte da energia bruta é perdida nas fezes, na urina, e na forma de gases resultantes do processo de fermentação. A energia perdida na forma de fezes pode ser subtraída da energia bruta ingerida, originando a energia digestível ou também chamada de energia aparentemente digestível (ED), em razão de que a matéria fecal não é constituída unicamente de material indigestível. A proporção de ED disponível para o animal em relação à energia bruta do alimento pode variar de 0,30 para forragens muito maduras a 0,90 para grãos processados e de alta qualidade (LAGE, 2011).

A medida da ED na avaliação de alimentos é importante por representar a maior fonte de perda individual de energia do alimento e apresenta grande variação entre os alimentos (WEISS, 1993; NRC, 2000). Uma parte da energia absorvida é perdida na urina, oriunda dos compostos absorvidos ou não utilizados, produtos finais dos processos metabólicos e os produtos finais de origem endógena. Quando essas perdas de energia (gases e urina) são subtraídas da ED, o balanço é chamado de energia metabolizável (EM).

A EM é a energia efetivamente disponível para que o metabolismo do animal seja capaz de fazer sua manutenção, com a produção de calor, crescimento e produção ou trabalho (KLEIBER, 1972), ou seja, a energia que é capaz de ser transformada em outras formas de energia no organismo do ruminante (MACHADO, 2010). Inicialmente a EM é utilizada para atender a exigência basal de energia. O metabolismo basal reflete a mínima produção de calor necessária para que ocorram os processos vitais de um animal saudável, em jejum e em repouso.

A eficiência em converter a energia digestível em energia metabolizável é cerca de 0,80 (MARCONDES et al., 2010) , podendo esta relação variar consideravelmente em função do nível de ingestão de matéria seca, idade do animal e tipo da dieta (ARC, 1980; NRC 2000). Dessa forma, a energia metabolizável pode ser fracionada em energia produzida na forma de calor (PC) pelos diversos processos metabólicos, e a energia retida (ER), que é utilizada para a manutenção das funções vitais e formação de produtos como leite, carne, lã, entre outros, sendo então definida como  $EM = PC + ER$ .

Após considerar todas as perdas energéticas, ainda deve ser considerada a perda de energia na forma de calor pelo do metabolismo dos alimentos e a transformação de nutrientes já metabolizados em produtos orgânicos mais complexos, como gordura e proteína (CHWALIBOG, 2004). Assim, obtém-se o valor de energia líquida (EL).

Parte da EL vai para o metabolismo basal do animal, que, basicamente, seria responsável pela manutenção da temperatura corporal e renovação de macromoléculas (WARPECHOWSKI, 2005), o que é conhecido como EL de manutenção ( $EL_m$ ) e a outra parte da energia é responsável pela produção animal, isto é, a EL de ganho ( $EL_g$ ), é usada para crescimento ou produção (carne, leite, gestação) (RESENDE et al., 2006).

A partição energética pode ser visualizada no esquema da Figura 1 (CHWALIBOG, 2004).

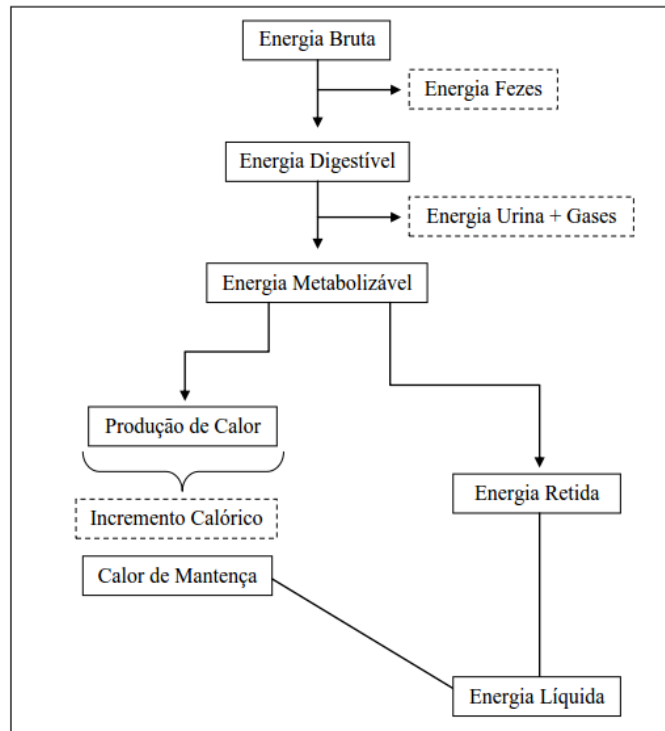


Figura 1 – Esquema da partição da energia.

Adaptação de Chwalibog ( 2004).

#### 4.2 CONCEITO DE MANTENÇA E METABOLISMO BASAL

O conceito nutricional de manutenção não é o mesmo que metabolismo basal, porque quando em manutenção, o animal não está em jejum (RESENDE, 2011).

A energia metabolizável para manutenção ( $EM_m$ ) é composta por dois componentes principais: o metabolismo basal, que corresponde à energia mínima necessária para suportar os processos vitais em um animal saudável em jejum, em estado pós-absortivo (48 a 144 horas de jejum após a alimentação), realizando atividade limitada em ambiente termoneutro (NRC, 1981).

O segundo componente associado à exigência de energia metabolizável para manutenção envolve diversos fatores associados à produção de calor originada pela alimentação em nível de manutenção, isto é, pelo incremento calórico, como: regulação da temperatura corporal, atividade voluntária, digestão, absorção e assimilação de nutrientes, fermentação, formação e excreção de resíduos (CANNAS, 2010).

#### 4.3 EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA E METABOLIZABILIDADE

A partir da partição de energia no animal é possível obter valores que indicam qual é a eficiência do animal em utilizar a energia para a manutenção e/ou produção. Os termos que possibilitam tal avaliação são conhecidos como metabolizabilidade ( $q$ ) e eficiência de utilização ( $k$ ). O AFRC (1993) define “ $q$ ” como a proporção de energia metabolizável contida na energia bruta ingerida e, a constante “ $k$ ”, como o aproveitamento da energia metabolizável em relação à quantidade de energia líquida retida (no corpo, no caso da manutenção ou ganho de peso e no leite). Quando o animal é alimentado em nível de manutenção é adicionado à tais constantes a letra “ $m$ ” ( $q_m$  e  $k_m$ ) (LAGE, 2011).

O conhecimento da metabolizabilidade é de extrema importância, visto que existe uma relação entre esse parâmetro e a concentração dos nutrientes da dieta. O decréscimo da metabolizabilidade da dieta, quando o nível de consumo é alto, pode ser atribuído ao aumento na taxa de passagem diminuindo a digestão dos carboidratos, com consequente diminuição da digestibilidade e aumento das perdas fecais (GEAY, 1984). Além disso, muitos sistemas internacionais de alimentação utilizam esse parâmetro em seus cálculos de eficiência de utilização e exigências de alguns nutrientes.

Diversos trabalhos foram conduzidos com o intuito de estabelecer a relação entre o nível de consumo e a metabolizabilidade da dieta (ARC, 1980; REID et al., 1980; TIRREL E MOE, 1975), porém os resultados obtidos mostram-se contrastantes devido a utilização de diferentes tipos de dietas com composições nutricionais diferentes.

Dessa forma, é importante avaliar novas ou diferentes técnicas para melhorar a eficiência do uso da energia pelos ruminantes. A utilização da modelagem, atualmente, está bastante difundida e constitui uma importante ferramenta no estudo do metabolismo animal, a utilização de modelos mecanísticos, os quais conseguem interagir com as diferentes características dos alimentos e grupos de animais contribuem para o progresso dos estudos que visam aumentar as eficiências de utilização de energia.

#### 4.4 ASPECTOS LIMITANTES DO CONSUMO

A capacidade dos animais de consumir alimentos em quantidades suficientes, para alcançar suas exigências de manutenção e produção é um dos fatores mais importantes em sistemas de produção (SNIFFEN et al., 1993).

O consumo é regulado por vários fatores, tais como: alimento (fibra, densidade energética, volume), animal (peso, nível de produção e estado fisiológico) e condição de alimentação (disponibilidade de alimento, frequência de alimentação, dentre outros) como descrito por Mertens (1992). O consumo de matéria seca (CMS) constitui o primeiro ponto determinante do ingresso de nutrientes necessários ao atendimento das exigências de manutenção e produção animal. O consumo e a digestibilidade são parâmetros chaves em vários sistemas de formulação de dietas para ruminantes.

A digestibilidade do alimento é, basicamente, sua capacidade de permitir que o animal utilize, em maior ou menor escala, seus nutrientes. Segundo Mertens (1994), em torno de 60 a 90% das variações no desempenho animal podem ser atribuídas às alterações no consumo de nutrientes e de 10 a 40%, às mudanças na digestibilidade dos alimentos. Assim, medidas de digestibilidade têm contribuído, significativamente, para o desenvolvimento de sistemas, a fim de se descrever o valor nutritivo dos alimentos (VAN SOEST, 1994).

Constam na literatura vários trabalhos sobre o consumo e a digestibilidade total de nutrientes e o desempenho de bovinos de corte submetidos à dietas com diferentes níveis de volumoso e concentrado. Em sua maioria, utilizam-se como volumoso, fenos de gramíneas tropicais (ÍTAVO et al., 2002; SILVA et al., 2002; SILVA et al., 2005) ou silagem de milho (FEIJÓ et al., 1996; SOUZA et al., 2002).

Quando pensamos nos aspectos que limitam o consumo, relacionados ao animal destaca-se o enchimento do rúmen que pode variar de acordo com a dieta. Conrado et al. (1984), cita que quando a dieta contém altas proporções de fibra em detergente neutro (FDN), o consumo torna-se uma função das características da dieta. Dessa forma, o animal consome o alimento até atingir a capacidade máxima de ingestão (MERTENS, 1987), havendo, assim, limite de destruição ruminal que determina a interrupção do consumo (BAILE E FORBES, 1974).

A energia é um dos constituintes do alimento que controla o consumo, dessa forma, os fatores que limitam a taxa de utilização da energia pelos tecidos tenderão a contribuir na redução do consumo. Dessa forma, dietas deficientes em proteínas podem limitar o consumo em ruminantes pela redução da taxa de utilização da energia disponível.

A proteína é o segundo nutriente mais exigido pelos ruminantes. As exigências protéicas dos ruminantes são atendidas mediante a absorção intestinal de aminoácidos provenientes, principalmente, da proteína microbiana sintetizada no rúmen e da proteína dietética não-degradada no rúmen (VALADARES FILHO e VALADARES, 2001).

Tanto a deficiência como o excesso de proteína na dieta podem reduzir o consumo; a deficiência, pelo não atendimento aos requerimentos dos microrganismos ruminais e o excesso, pela toxidez pela liberação de amônia, que aumenta o teor de uréia, via urina, constituindo em desperdício de proteína. Valadares et al. (1997) relataram que, quando o suprimento de nitrogênio, originário da proteína da dieta ou da reciclagem endógena, não atende às exigências dos microrganismos ruminais, pode ocorrer limitação do crescimento microbiano, afetando negativamente a digestibilidade da parede celular e o consumo e acarretando baixo desempenho animal.

Conforme Makkar (2003), os taninos são conhecidos por causarem efeitos benéficos ou efeitos adversos na nutrição de ruminantes dependendo da sua natureza, estrutura química e concentração. Os taninos, quando predominantes em muitas plantas, podem reduzir a degradação ruminal da proteína e aumentar o fluxo duodenal de proteína (MIN et al., 2003).

A redução na taxa de degradação dos alimentos pelos taninos pode otimizar o sincronismo na liberação de nutrientes, como fonte de energia e nitrogênio, maximizando a produção de proteína pelos microrganismos refletindo-se em maior eficiência de proteína microbiana (MAKKAR, 2003).

Estudos recentes mostram que tanino na dieta pode reduzir a produção de metano (WAGHORN et al., 2002; HESS et al., 2003; 2004) e prevenir o timpanismo (PATRA e SAXENA, 2010), porém concentrações mais altas de tanino podem reduzir o consumo, diminuir a digestibilidade da proteína e da fração fibrosa da dieta e conseqüentemente causar efeitos negativos no desempenho animal (REED, 1990; NORTON, 2000).

A diminuição do consumo voluntário pode ser explicada pela redução da palatabilidade do alimento, diminuição da digestibilidade e desenvolvimento de condições adversas. A redução da palatabilidade é causada pela reação entre as muco-proteínas salivares e os taninos, provocando uma sensação de adstringência, podendo aumentar a salivação e diminuir a aceitabilidade do alimento (REED, 1995). Outro fator responsável pela diminuição do consumo voluntário é a diminuição da degradação ruminal, especialmente da fibra, que provocaria um maior tempo de ruminação (WAGHORN, 2008).

#### 4.5 PRINCIPAIS METODOLOGIAS ASSOCIADAS AO ESTUDO DO METABOLISMO ENERGÉTICO

O conteúdo de energia dos alimentos é fundamental para a determinação de um sistema de alimentação visando a maximização da produção animal e dos resultados

econômicos nos sistemas de produção. A partir do conhecimento da energia dos alimentos é possível desenvolver os sistemas de predição das exigências dos animais, sistemas estes que permitem o incremento das respostas produtivas (RESENDE, 2006). Segundo Ferrell (1988), o estudo do metabolismo energético pode proporcionar melhor compreensão das origens e fontes de produção de calor ou energia no animal.

A medida da exigência energética dos animais em termos de EL é preferível ao sistema tradicionalmente adotado no Brasil de Nutrientes digestíveis Totais (NDT), pois a EL é a energia que será usada para a manutenção, crescimento e/ou a produção do animal (LAWRENCE E FOWLER, 1997).

Usualmente, pode-se destacar duas metodologias utilizadas em estudos do metabolismo energético: Método do abate comparativo e métodos calorimétricos.

#### **4.5.1 Abate Comparativo**

O método de abate comparativo serviu como base para o NRC (1976, 1984, 1996), e pode determinar diretamente a ER pelo animal a partir da diferença da composição corporal de animais abatidos no início e final de um período experimental pré-determinado (RESENDE et al., 2006). A EM, nesta metodologia, é determinada separadamente em ensaios metabólicos e a energia perdida sob a forma de gases é geralmente estimada.

Esta metodologia apresenta como vantagem permitir a determinação direta em condições mais próximas do real (FONTES et al. 2005), no entanto, diversos estudos apontam que a estimativa da produção de calor geralmente é superestimada e, portanto, a ER é menor (BERCHIELLI et al. 2006) quando comparado aos resultados oriundos de estudos calorimétricos.

#### **4.5.2 Métodos Calorimétricos**

A aplicação das técnicas de calorimetria para a mensuração do metabolismo animal é possível por que o equilíbrio termodinâmico é aplicado para o metabolismo dos organismos vivos, ou seja, segundo a Lei de Conservação da Energia, de Mayer, todas as formas de energia, química, elétrica, radiante e o trabalho podem ser transformados em calor (KLEIBER, 1972; MARCHINI et al., 2005), esta troca de energia, na forma de calor, é mensurada pela calorimetria.

A avaliação da energia dos alimentos por meio da calorimetria é importante porque está não é uma porção física do alimento, da qual pode-se fazer uma análise para determinação química para a verificação da quantidade disponível no alimento. A energia é um atributo do alimento relacionado ao seu potencial de geração de trabalho e produção de calor.

Segundo Resende et al. (2006) os carboidratos, proteínas e lipídeos dos alimentos atuam como combustíveis para os processos vitais, cada um desses nutrientes possui um potencial de produção de energia pela combustão. Sabe-se que a quantidade de calor produzida em um processo químico independe das fases intermediárias de um sistema (KLEIBER, 1972), dessa forma, a calorimetria pode ser usada sem maiores restrições para a avaliação do conteúdo energético dos alimentos para ruminantes, visto que para estes animais os alimentos sofrem transformações pela microbiota ruminal antes de serem absorvidos e metabolizados pelos tecidos.

Diversos estudos relacionados ao gasto de energia em animais têm sido conduzidas em câmaras de calorimetria com grande acurácia (BLAXTER, 1967). O princípio básico da calorimetria é a mensuração da produção de calor do organismo, a qual pode ser mensurada por medição direta do calor liberado pelo animal (calorimetria direta) ou por meio da quantificação de produtos do metabolismo animal, por exemplo, as trocas gasosas realizadas com o meio (calorimetria indireta) (ANNISON e BRYDEN, 1999; SUSENBETH et al., 2004; AGNEW e YAN, 2005; DERNO et al., 2005). A calorimetria indireta mede a produção de calor de um animal e a calorimetria direta mede a perda de calor pelo animal (KLEIBER, 1972).

#### **4.5.2.1 Calorimetria Indireta**

Introduzida no início do século passado na experimentação animal, a calorimetria indireta teve papel fundamental na investigação do metabolismo dos seres vivos (DURNIN, 1991; WEBB, 1991). Resende et al. (2006) afirmaram que a maioria dos trabalhos com métodos calorimétricos utilizados a partir da segunda metade do século XX utilizaram esta técnica.

A calorimetria indireta baseia-se no conhecimento da combustão do substrato energético ingerido (BRITO et al., 2010), levando-se em conta que os diferentes tipos de nutrientes tem quantidades específicas de consumo de O<sub>2</sub> e produção de CO<sub>2</sub> (MARCHINI



et al., 2005), sendo um método indireto onde a produção e o consumo destes gases é associado à oxidação de substratos energéticos.

Segundo Rodriguez et al.(2007) a mensuração da PC é calculada pela estequiometria dos substratos oxidados, ou seja, pela utilização do volume de ar expirado, da porcentagem do O<sub>2</sub> consumido e das porcentagens de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> produzidos combinado com a excreção de nitrogênio urinário (MARCHINI et al., 2005). Vale ressaltar que a importância de se conhecer a perda de calor na urina está no fato de que os ruminantes eliminam o nitrogênio na urina sob a forma de uréia, sendo que estas moléculas contêm energia. Entretanto, determinações quantitativas das trocas gasosas realizadas pelo animal são necessárias, o que requer o uso de equipamentos especializados (NIENABER et al.; 1985; POWELL et al., 2007; KOONTZ et al.; 2010).

Como já mencionado, a base da medição da produção de calor é a oxidação da energia depositada no animal vivo, sendo assim, um algoritmo proposto por Brouwer (1965) é usado para correlacionar a produção de calor com a troca de gases (oxigênio, dióxido de carbono e metano) e a produção urinária de nitrogênio, representada da seguinte forma:

$$PC \text{ (kJ)} = 16,18 VO_2 + 5,02 VCO_2 - 2,17 VCH_4 - 5,99 Nu$$

Onde:

VO<sub>2</sub>: é o volume de O<sub>2</sub> consumido pelo animal;

VCO<sub>2</sub>: é o volume de CO<sub>2</sub> produzido pelo animal;

VCH<sub>4</sub>: é o volume de CH<sub>4</sub> produzido pelo animal;

Nu: é a quantidade de nitrogênio, em gramas, excretado na urina dos animais;

A relação entre o VCO<sub>2</sub> e o VO<sub>2</sub> é referida como Quociente Respiratório (QR), que pode ser empregado para conhecer o tipo de substrato que está sendo oxidado pelo indivíduo em estudo (DIENER, 1997). O catabolismo dos diferentes substratos energéticos tem diferentes QR (KLEIBER, 1972), 1,0 para carboidratos, pois para a metabolização de uma molécula de glicose são gastas 6 moléculas de O<sub>2</sub> e são produzidas 6 moléculas de CO<sub>2</sub>; 0,7 para gorduras, uma vez que a metabolização de uma molécula de ácido palmítico consome 23 moléculas de O<sub>2</sub> com a produção de 16 moléculas de CO<sub>2</sub>; já para as proteínas o QR é em média de 0,8 (KLEIBER, 1972).

As trocas gasosas são medidas por meio de sensores instalados nas câmaras respirométricas que fazem a leitura periódica dos gases que entram e que saem da câmara. Assim, pela diferença de concentrações pode-se saber as quantidades de gases consumidos pelo animal em experimento.

Uma completa descrição do sistema de calorimetria é apresentado por Nienaber (1981) e foi adaptado por Koontz et al. (2010). Basicamente, o calorímetro é constituído por três partes principais (Figura 2): (a) controlador de temperatura na câmara; (b) medidor do volume qualidade do gás; (c) controle do processo e aquisição dos dados.

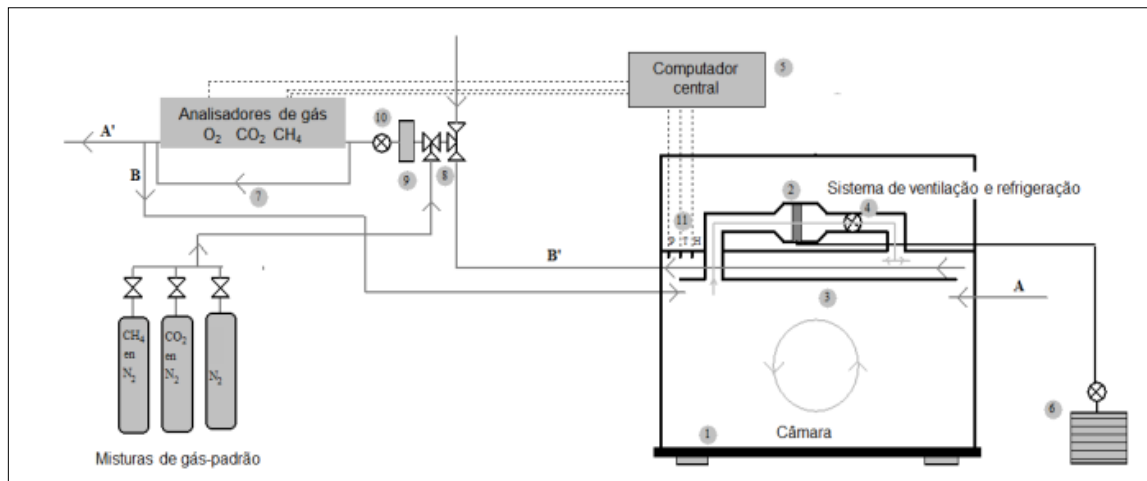


Figura 2 – Esquema de um calorímetro indireto, constituído pela câmara animal, associado com medidor de volume de gás e equipamento de análise e sistema de aquisição dos dados e painel de controle

Fonte: Lage, (2011).

O uso da respirometria ou calorimetria indireta permite a determinação das exigências nutricionais de energia de bovinos sem o seu respectivo abate, sendo necessário apenas avaliar diariamente a quantidade de alimento ingerida e em determinados intervalos de tempo realizar as mensurações do peso vivo, produção fecal, produção urinária e da produção de metano, gás carbônico e consumo de oxigênio, com conseqüente determinação da produção de calor. (SILVA, 2011).

#### 4.6 TANINOS: COMPOSIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

Os taninos pertencem a um grupo de compostos fenólicos provenientes do metabolismo secundário das plantas (BUTLER et al., 1984), de alto peso molecular (RUBANZA, 2005) e solúveis em água que se complexam, principalmente, com a proteína dietética e enzimas microbianas apresentando um potencial para reduzir as concentrações ruminiais de amônia e aumentar o fluxo de aminoácidos para o intestino delgado, contudo, eles podem reduzir o consumo e a digestibilidade dos alimentos (MAKKAR, 2003).

Os compostos polifenólicos são as principais substâncias ativas dos taninos, os quais podem ser classificados em hidrolisáveis (TH) (poliésteres de ácido gálico e açúcares) e condensados (TC) (polímeros de flavonoides), dependendo do arranjo estrutural da molécula e da reatividade desta (VAN SOEST, 1994). Os TH possuem uma estrutura poliéster que se quebra com facilidade, segundo Makkar et al. (1995), apenas os TH podem ser metabolizados pelo rúmen, enquanto os TC passam pelo trato gastrintestinal com poucas modificações.

Os TC possuem ligações carbono-carbono mais dificilmente rompidas e sua clivagem hidrolítica produz antocianidinas, e por isso, eles podem ser denominados proantocianidinas (PAC) ou ainda de poliflavonóides, sendo que variações no comprimento da cadeia dos TC levam às diferentes reatividades e atividades biológicas encontradas nas plantas (NORTON, 1999).

Os taninos podem se complexar com outros substratos incluindo celulose, lipídios, ácidos nucleicos e aminoácidos, tornando estes substratos resistentes ao ataque microbiano (O'DONOVAN e BROOKER, 2001). Devido à alta quantidade de grupos fenólico-hidroxil, sob determinadas condições de pH do meio, os TC podem complexar proteínas, e atuar de maneira benéfica ou adversa no organismo, sendo este fator determinado por sua concentração na substância ou vegetal utilizado, pela dose administrada, pela espécie e estado fisiológico do animal, além da composição da dieta.

A formação de complexos com as proteínas é o efeito mais conhecido dos taninos na nutrição de ruminantes, pois dependendo da concentração pode ocasionar uma redução no consumo voluntário (MCLEOD, 1974) e diminuição da degradação ruminal (MAKKAR, 2003). Um mol de taninos pode complexar 12 mols de proteínas e esta ligação pode ocorrer por meio de ligações de hidrogênio entre os grupos fenólicos dos taninos e alguns sítios das proteínas, conferindo certa estabilidade aos complexos formados. Os compostos fenólicos, em geral, são encontrados como ésteres apresentando solubilidade em água e solventes orgânicos polares (MONTEIRO et al., 2005).

Conforme Cannas (1999), as interações entre os TC e as proteínas ocorrem, com maior frequência, por meio de ligações de hidrogênio, enquanto que interações iônicas e covalentes são menos comuns, ainda segundo o autor, o grupo fenol dos taninos é doador de hidrogênio formando ligações com o grupo carboxílico (-COOH) da proteína. Dessa forma, observa-se que a estrutura das proteínas tem papel fundamental no efeito dos taninos sobre os parâmetros digestivos.

#### 4.7 PROPRIEDADE NUTRICIONAIS DOS TANINOS

Segundo Makkar (2003), os taninos são conhecidos por causarem efeitos benéficos ou efeitos adversos na nutrição de ruminantes dependendo da concentração deste e da sua natureza, além de outros fatores, como a espécie animal, estado fisiológico do animal e composição da dieta. Dessa forma, atribuir aos taninos apenas efeitos antinutricionais pode conduzir a interpretações errôneas, uma vez que esses compostos podem apresentar vantagens quando fornecidos aos ruminantes.

Os taninos em baixas a moderadas concentrações podem ter efeitos positivos quando associados a dietas com alto teores de proteína degradável, diminuindo as perdas de nitrogênio na forma de amônia sem afetar negativamente o crescimento microbiano e a digestibilidade da fibra no rúmen e, conseqüentemente, aumentando o fluxo de aminoácidos para o duodeno (REED, 1995)

Min et al. (2003) fornecendo doses moderadas de 20-45 g/Kg de matéria seca de forragem reduziram a degradação ruminal da fração proteica ocasionando aumento no fluxo duodenal de proteína. O'donovan e Brooker (2001) sugerem que a presença de menos que 6% de tanino condensado (% na MS) na dieta resulta em um melhor desempenho, pois menos nitrogênio é perdido na forma de amônia durante a fermentação ruminal. Dessa forma, mais proteína passa para o abomaso e intestino delgado, onde a dissociação dos complexos tanino-proteína pode ocorrer. No rúmen estes complexos são considerados estáveis, mas eles podem se dissociar após o rúmen em resposta ao baixo pH no abomaso, bem como o alto pH no intestino delgado (ANDRABI et al., 2005).

Em revisão realizada por Barry e McNabb, (1999), baixas concentrações de taninos condensados na dieta aumentam o fluxo de nitrogênio não amoniacal para o intestino delgado, podendo aumentar a absorção aparente de aminoácidos essenciais e, conseqüentemente, aumentar a produtividade de ovinos. Entretanto, Cieslak et al. (2012), não observaram efeito sobre a produção e componentes do leite de vacas em lactação em relação à dieta controle, utilizando taninos de *Vaccinium vitis-idaea* (VVI) como aditivo para vacas em lactação na dosagem de 2,0 g/Kg MS da dieta

Krueger et al. (2010) utilizaram extrato tanífero de mimosa na quantidade de 0,54 g/Kg PC (10,4 g de TC./Kg MS da dieta) para novilhos em terminação e não encontraram efeito sobre esta variável nem mesmo sobre o ganho de peso vivo dos animais confinados.

A espécie forrageira utilizada pode ser um fator decisivo no efeito causado pelos taninos. Grande parte dos estudos que avaliaram o efeito dos taninos sobre o metabolismo

animal foram realizados com leguminosas (FRUTOS et al., 2002; MOUJAHED et al., 2005; GUIMARÃES-BEELLEN et al., 2006). Sabe-se que as leguminosas por possuírem alta proporção de proteína solúvel, estão sujeitas a maior degradação e perdas de nitrogênio, quando comparadas às gramíneas (OLIVEIRA e BERCHIELLI, 2007).

Além do fator produtivo, tem-se ainda a questão ambiental, tendo em vista que os taninos têm potencial de reduzir a produção de metano, tanto pelo efeito direto, por meio da inibição das bactérias metanogênicas, como pelo indireto devido à diminuição da produção de agentes redutores no rúmen pela diminuição da fermentação (WOODWARD et al., 2001; TAVENDALE et al., 2005). Esse efeito dos taninos sobre a redução de emissão de metano foi evidenciado em cordeiros (WAGHORN et al., 2002), vacas de leite (WOODWART et al., 2004) e bovinos (WOODWART et al., 2001).

Carulla et al. (2005) observaram redução na emissão de metano (cerca de 13%) quando utilizaram 41 g/Kg MS da dieta na forma de extrato tanífero oriundo da casca de *Acacia mearnsii* De Wild oferecida para ovinos. Resultados positivos neste quesito também foram obtidos por Cieslak et al. (2012) que obtiveram uma redução da produção de metano ( $P=0,006$ ) e na concentração de amônia ( $P<0,001$ ) em bovinos, em cerca de 8 e 46%, respectivamente.

A otimização do processo fermentativo no rúmen a partir da inclusão de tanino, traz como resultado reflexos positivos que podem ser obtidos em redução na excreção de nitrogênio (MAKKAR, 2003). A presença de tanino na dieta proporciona a partição do nitrogênio, fazendo com que menor proporção seja excretada pela urina, direcionando sua excreção para as fezes (OLIVEIRA e BERCHIELLI, 2007).

A liberação de nitrogênio para o ambiente após a formação do complexo (tanino-proteína), é mais lenta, possibilitando maximizar o uso desses dejetos para a manutenção da fertilidade do solo em pastagens e culturas por períodos mais prolongados (OLIVEIRA e BERCHIELLI, 2007).

Alguns estudos (THEODORIDOU et al., 2010; WAGHORN et al., 1987) publicados a cerca do efeito dos taninos sobre o consumo, digestão e desempenho animal foram conduzidas com forrageiras leguminosas temperadas ou tropicais, as quais têm taninos como um componente natural, e têm focado sobre o efeito dos taninos condensados.

Quanto aos taninos hidrolisáveis, estes estão associados aos efeitos tóxicos identificados a nível de metabolismo animal (REED, 1995). Essa intoxicação geralmente é desencadeada pela ingestão de grande quantidade de tanino hidrolisável presente nas plantas (GARG et al., 1992).

Microorganismos ruminais aparentemente são capazes de metabolizar taninos hidrolisáveis, dessa forma a intoxicação ocorre pela absorção de produtos degradados dessas moléculas, como o ácido gálico. Ao sofrer descarboxilação, o ácido gálico forma pirogalol, este então é produzido em altas concentrações no rúmen e pode causar metemoglobinemia tóxica em animais (ZHU et al., 1995). A alta carga destes fenóis presentes na corrente sanguínea está além da capacidade do fígado em metabolizar essas substâncias ocasionando necroses no fígado e rins (REED, 1995; ZHU et al., 1995).

Este efeito foi encontrado em estudo desenvolvido por Clifford e Scalbert (2000) que identificaram um princípio tóxico da *Terminalia oblongata* (madeira amarela) ocasionando necrose no fígado de bovinos e ovinos.

O conteúdo de taninos nas plantas pode variar de acordo com as condições climáticas e geográficas, podem apresentar composição química variada, sendo muitas vezes, pouco conhecida (BATESTIN et al., 2004), isso explica os diversos efeitos associados na alimentação de ruminantes.

#### 4.8 USO DO EXTRATO TANÍFERO DE *Acacia mearnsii*

Em geral, a estrutura química, concentração e efeitos biológicos dos taninos são amplamente variáveis dentro e entre espécies forrageiras, o qual dificulta a manipulação dietética destes compostos (KOZLOSKI e HENTZ, 2011). Entretanto, uma fonte concentrada de taninos condensados poderia ser uma possível alternativa para aproximar-se aos resultados de melhor desempenho obtidos com animais alimentados com forrageiras ricas em taninos (BEAUCHEMIN et al., 2007). Dessa forma, o extrato tanífero vegetal, como o de *Acacia mearnsii* poderia ser utilizado como aditivo alimentar para modular a fermentação ruminal.

A *Acacia mearnsii* De Wild. é uma espécie leguminosa arbórea originária da Austrália, de múltiplos propósitos, tais como recuperação dos solos degradados, fixação de nitrogênio, produção de tanino e de energia na forma de carvão, dentre outros (GRIGOLETTI et al., 2003). É uma das espécies vegetais mais utilizadas como fontes de taninos para fins industriais, juntamente com o quebracho (*Schinopsis* spp.).

O extrato natural tanífero é obtido a partir da casca da acácia-negra, por meio da extração com água quente, evaporação a vácuo e subsequente secagem por pulverização, tendo como características a alta solubilidade em água, estado sólido pó de cor marrom, sabor adstringente, contendo no mínimo 75% de polifenóis totais, com conteúdo de TC descrito como 72,5% no extrato bruto obtido (Tanfood, Tanac S.A., Montenegro, RS, Brasil).

Muitos trabalhos foram desenvolvidos avaliando a utilização do extrato tanífero na alimentação de ruminantes. Estudando o efeito da substituição de azevém por duas leguminosas na alimentação de ovinos recebendo ou não extrato tanífero nas dietas (41 g/kg de MS da dieta de extrato tanífero, contendo 0,615 g/g de tanino condensado), Carulla et al. (2005) verificaram que a suplementação com extrato de acácia-negra reduziu a concentração de amônia ruminal, a excreção de nitrogênio urinário. Neste mesmo estudo, também observou-se uma redução de 13% na emissão de metano pelos animais. Em relação às leguminosas (trevo vermelho e alfafa) adicionadas às dietas em substituição à gramínea, Carulla et al. (2005) não observaram efeito em relação ao suprimento de proteína metabolizável para os animais e ainda verificaram um aumento na emissão de metano em base de matéria orgânica digerida, indicando que esta estratégia não contribui para a mitigação deste gás nos sistemas de produção animal.

Grainger et al., (2009) estudaram a adição de extrato tanífero de *Acacia mearnsii* (contendo 0,603 g/g de tanino condensado) em doses de 0,9% e 1,5% do consumo estimado de matéria seca de tanino condensado de vacas leiteiras alimentadas em pastagem de azevém e suplementadas com triticale. Os autores observaram que o tanino reduziu significativamente a emissão de metano e a excreção de nitrogênio na urina e no leite, porém diminuiu a produção de leite devido à diminuição da digestibilidade da forragem e conseqüentemente redução no consumo de matéria seca. Ainda neste trabalho, a percentagem de nitrogênio do alimento perdido na urina foi reduzida de 39% para 26% e 22%, respectivamente.

Alves (2012) avaliou a inclusão de 0,8, 1,6 e 2,4% em relação à dieta total, de extrato tanífero de *Acacia mearnsii* (contendo 0,156g/g de tanino condensado) em bovinos alimentados com dietas à base de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb). Neste trabalho a inclusão de extrato tanífero reduziu linearmente as concentrações ruminais de nitrogênio amoniacal, açúcares redutores e aminoácidos totais, porém a digestibilidade da matéria orgânica não foi afetada.

Kozloski et al., (2012) em estudo mais aprofundado de digestibilidade *in vivo*, utilizou-se de infusão intraruminal de extrato tanífero de *Acacia mearnsii* (contendo 0,156 g/g de tanino condensado) em doses crescentes (20, 40 ou 60 g/kg de matéria seca ingerida, baseado no consumo diário de MS) com ovinos alimentados com azevém (*Lolium multiflorum* Lam). A infusão de tanino causou efeito negativo e linear sobre o consumo, digestibilidade da fração fibrosa e a excreção de nitrogênio urinário em ovinos.

Mais recentemente, Avila et al. (2014) avaliaram a inclusão de 15 g/kg de matéria seca ingerida na dieta de bovinos alimentados com silagem de milho. A inclusão de extrato

tanífero diminuiu a digestibilidade da matéria orgânica, porém a síntese e eficiência de proteína microbiana não foram afetadas.

Os resultados obtidos a partir dos trabalhos apresentados, indicam que o extrato tanífero de *Acacia mearnsii* tem forte influência sobre os parâmetros da fermentação ruminal e sobre a degradação proteica no rúmen. Não foi encontrada na literatura estudos referentes a utilização deste extrato tanífero e seu possível efeito sobre o balanço de energia em ruminantes. Além disso, estudos sob condições controladas ainda precisam ser mais explorados, principalmente do ponto de vista de avaliação do produto padronizado e com teores elevados do princípio ativo, objetivando definir melhor o ponto crítico máximo de segurança dos taninos como aditivo nas dietas, uma vez que os trabalhos, em sua grande maioria, utilizam as plantas contendo taninos e não os extratos destes vegetais, mais concentrados na substância.



## 5 MATERIAL E MÉTODOS

O protocolo de pesquisa seguiu as diretrizes recomendadas pela Comissão de Ética e bem estar no uso de animais para pesquisa da Universidade de Kentucky, KY, USA.

### 5.1 LOCAL DE EXECUÇÃO E ÉPOCA

Foi conduzido um ensaio de balanço de nutrientes com bovinos, utilizando as instalações da fazenda experimental pertencente ao Departamento de Ciências Animais da Universidade de Kentucky na cidade de Versailles, EUA, no período de Novembro de 2014 à Abril de 2015.

### 5.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

#### 5.2.1 Animais, dieta e delineamento experimental

Foram utilizados oito bovinos machos, castrados, com 18 meses de idade, da raça Holandês ( $338 \pm 32,2$  kg de peso corporal (PV) aleatoriamente alocados em um Quadrado Latino replicado em esquema fatorial  $2 \times 2$  (com ou sem a inclusão de extrato tanífero x níveis de consumo). A dieta experimental foi do tipo totalmente misturada, composta de silagem de milho, farelo de soja, milho moído e suplemento mineral comercial, com uma relação silagem:concentrado de 90:10. A composição da dieta (% de MS) foi 95,05% de matéria orgânica (MO); 26,8% de fibra em detergente neutro(FDN) e 9,06% de nitrogênio (N). O extrato tanífero de *Acacia mearnsii* (Weibull Black, Tanac S. A., Montenegro, Brasil) foi misturado à dieta na proporção de 10g por kg de matéria seca oferecida. A silagem de milho, o extrato tanífero e o concentrado eram pesados e misturados momentos antes do fornecimento aos animais.

A oferta de alimento foi calculada de acordo com o NRC (2001) para suprir 1,5 ou 1,8 vezes as exigências de energia líquida de manutenção (Elm). Os tratamentos experimentais foram: 1,5×Elm; 1,5×Elm + inclusão de extrato tanífero de *Acacia mearnsii*; 1,8×Elm; 1,8×Elm + inclusão de extrato tanífero de *Acacia mearnsii*;

### 5.2.2 Condução do experimento

Anteriormente ao período experimental os animais passaram por um período pré - experimental de 60 dias com a finalidade de adaptação as câmaras de calorimetria, ao manejo e ao sistema de alimentação.

O experimento foi conduzido em quatro períodos de 21 dias, sendo 14 dias de adaptação às dietas e 7 dias de coleta de amostras

Os animais foram alimentados uma vez ao dia (8:00am) para facilitar as mensurações ininterruptas (24 horas) dentro das câmaras de respirometria.

### 5.2.3 Coletas de amostras

Nos últimos 7 dias de cada período experimental foram feitas coletas das dietas, eventuais sobras, fezes e urina. A produção diária de urina foi coletada por sucção contínua por meio de um funil de borracha acoplado em um coletor preso a porção ventral do abdômen do animal (Figura 3), este coletor permitia a coleta de urina em um recipiente de plástico. O pH da urina foi reduzido a valores abaixo de 3 pela adição de 1L de uma solução de 23,5% de ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) para evitar perda de amônia. A urina foi pesada diariamente e uma amostra equivalente a 10% do volume total foi coletada e armazenada refrigerada. Para análise foram compostas por animal e período.



Figura 3 – Foto demonstrativa do coletor de urina utilizado ao longo do experimento

O total de fezes foi coletado e pesado diariamente ao longo do período de coletas, e uma subamostra (10% do total diário) foi tomada e mantida congelada. Ao final de cada período experimental estas amostras congeladas foram colocadas em um misturador automático (Hobart Mixer- Modelo H-600) (Figura 4) e homogeneizadas, sendo então coletado uma amostra composta por animal e período a qual foi mantida em congelador para posterior análise.

Amostras dos alimentos, das eventuais sobras e das fezes foram moídas úmidas juntamente com gelo seco ("*freeze grinding*") através de peneira de 1 mm e armazenadas para posterior análise. Utilizou-se em torno de 1,8 kg de gelo seco para 500g de amostra. Essa técnica tem por finalidade minimizar possíveis perdas de nitrogênio como a amônia ou outros componentes voláteis.



Figura 4 – Misturador automático utilizado para homogeneizar as amostras de fezes ao final de cada período experimental; A) Vista lateral do misturador; B) Interior do misturador com amostra de fezes.

#### 5.2.4 Mensurações respirométricas

As medidas respirométricas foram feitas em equipamentos de calorimetria indireta estilo "*head-box*" instalados em uma sala (Figura 5) onde a temperatura ambiente (21°C) e a umidade relativa do ar (35%) eram controladas constantemente. O sistema de iluminação foi ajustado para 16 horas de luz diárias ao longo de todo experimento. Ao longo dos 7 dias de coletas de amostras, os animais permaneceram em tempo integral na *head box*, porém as mensurações respirométricas foram realizadas somente em três consecutivos períodos de 24 horas, no 3º, 4º e 5º dia do período de coleta.



Figura 5 – Sala principal. A) Vista frontal das câmaras de calorimetria utilizadas ao longo de todo período experimental; B) Vista lateral da sala principal.

#### 5.2.4.1 Sistema de calorimetria indireta

Cada *head-box* (Figura 6) foi construída a partir de uma base de aço inoxidável, e com paredes compostas de janelas de acrílico, uma das quais foi articulada para permitir o acesso da cabeça do animal para a alimentação e monitoramento das condições. Um das paredes foi equipada com uma larga abertura através da qual a cabeça do animal era colocada dentro da câmara. A abertura era de tamanho suficiente para permitir que o animal conseguisse levantar e deitar facilmente ao longo do dia.

Uma cobertura de lona escura, a qual fixada por parafusos ao longo de toda a abertura, foi colocada em torno do pescoço do animal, amarrando-a firmemente em volta da base do pescoço para evitar que o animal tentasse retirar a cabeça de dentro da câmara. Ao longo das mensurações, checava-se a cada 20 minutos se o animal estava com a cabeça mantida dentro da câmara. Cada *head-box* era equipada internamente com bebedouro, comedouro e aparelho de ar condicionado para manter a temperatura constante (21°C) e umidade relativa do ar (35%).



Figura 6 – A) Foto demonstrativa de uma das câmara de calorimetria indireta estilo câmara respiratória; B) Vista interna da parte frontal da *head-box* com bebedouro.

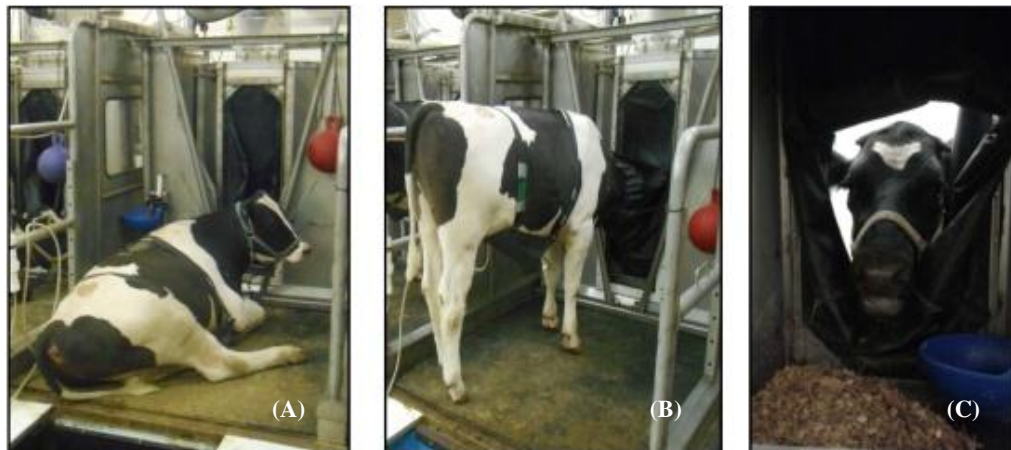


Figura 7 – Foto demonstrativa das mensurações em uma das *head-box*; (A) Animal durante as coletas de urina e fezes; (B) Animal na *head-box* para as mensurações calorimétricas; (C) Vista do interior da *head-box*;

#### 5.2.4.2 Mensurações do volume de gás inspirado e expirado

Previamente ao experimento, cada *head-box* foi calibrada pelo menos quatro vezes antes do uso. Basicamente, o procedimento de calibração consistiu em injetar, a fluxo constante, gases com concentrações conhecidas no sistema de análise. Após a estabilização dos valores, quando necessário, foi realizado o ajuste do equipamento. As recuperações de  $O_2$  e  $CO_2$  dentro das câmaras foram determinadas como sendo 96,5% e 98,3%, respectivamente. O fluxo de ar de cada câmara foi determinado por medidores de fluxo de massa (Oxymax Columbus Instruments, Columbus-OH) (Figura 8) e foi mantido a 600 L/min durante as mensurações.

As concentrações de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> no ar inspirado e expirado foram medidos a intervalos de 9 minutos usando um software Oxymax. Ao final de cada leitura ao longo de 24 horas, calculou-se o coeficiente de variação e se este fosse superior a 2% o animal permanecia mais um dia na *head-box* para uma nova mensuração.



Figura 8 – Columbus Instrumentos, sistema analisador de gás.

### 5.3 ANÁLISES QUÍMICAS

O teor de matéria seca (MS) das amostras de alimento, eventuais sobras e fezes foram determinadas por secagem em estufa à 105°C por pelo menos 12 horas. A matéria mineral (MM) foi determinada pela queima em mufla à 600°C durante 4 horas.

A determinação de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foi feita utilizando equipamento ANKOM (ANKOM Technology Corporation, Fairport, NY) baseado no sistema detergente de análise (GOERING & VAN SOEST, 1970).

O calor de combustão das amostras de alimento, sobras, fezes e urina foi feita em bomba calorimétrica (Parr1281 – Bomba calorimétrica, Moline, IL) conforme Wilkerson et al. (1997). Para análise da energia na urina, aproximadamente 3g de urina foram condicionadas em sacos plásticos (4 × 5 cm) (JebPlastics Inc., Wilmington, DE) e secas em estufa à 55°C por no mínimo dois dias. Para obter o conteúdo energético da urina, o calor de combustão do material do saco plástico foi descontado da medida total de calor.

O nitrogênio (N) total foi determinado utilizando o método de Dumas (C:N Elementar VarioMax, Sistema de Análise Elementar, Hanau, Alemanha).

#### 5.4 CÁLCULOS

O consumo dos nutrientes da dieta foi calculado pela diferença entre as quantidades oferecidas e as sobras. A digestibilidade aparente da matéria orgânica (DMO), assim como das demais frações, foi calculada como:  $DMO = (MO \text{ consumida (g/d)} - MO \text{ fecal (g/d)}) / MO \text{ consumida (g/d)}$ .

A retenção de nitrogênio foi calculada descontando do consumo de nitrogênio a soma da excreção fecal e urinária de nitrogênio.

A energia digestível (ED) ingerida pelo animal foi calculada como::

$$ED \text{ (kJ/d)} = EB \text{ ingerida (kJ/d)} - EB \text{ fecal (kJ/d)}$$

A energia metabolizável (EM) ingerida foi calculada como:

$$EM \text{ (kJ/d)} = (ED \text{ ingerida (kJ/d)} - (E \text{ urina (kJ/d)} + E \text{ CH}_4 \text{ (kJ/d))))$$

A energia perdida na forma de metano foi calculada considerando 39.5 kJ/L de metano (CHWALIBOG, 2004).

O consumo de O<sub>2</sub> e a produção de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> foram calculados pela diferença entre o fluxo de entrada e o fluxo de saída de cada gás na *head-box*. A unidade de medida utilizada foi L/Kg<sup>0,75</sup>/d.

A produção de calor foi calculada utilizando a equação de Brouwer (1965), descrita a seguir:  $PC \text{ (kJ/d)} = (3,866 \times O_2 \text{ (L/d)}) + (1,200 \times CO_2 \text{ (L/d)}) - (0,518 \times CH_4 \text{ (L/d)}) - (1,431 \times Nu \text{ (g/d)}) * 4,184$

A retenção de energia (RE) foi determinada como descrito a seguir:  $RE \text{ (kJ/d)} = EM \text{ consumida (kJ/d)} - PC \text{ (kJ/d)}$

#### 5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados utilizando o procedimento MIXED conforme modelo a seguir:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + P_j + N_k + T_l + (N \times T)_{kl} + e_{ijkl}$$

Onde:

$Y_{ijkl}$  = variável dependente;

$\mu$  = média das observações;

$A_i$  = efeito aleatório dos animais;

$P_j$  = efeito aleatório dos períodos;

$N_k$  = efeito do nível de consumo;

$T_l$  = efeito da inclusão de extrato tanífero de *Acacia mearnsii*;

$(N \times T)_{kl}$  = efeito da interação nível de consumo  $\times$  extrato tanífero;

$e_{ijkl}$  = erro experimental residual;

Foi testada a relação entre a retenção de energia corporal com o nível consumo de energia metabolizável (CEM) através de modelos de regressão. As diferenças entre o nível de CEM e sua interação com o a inclusão de extrato tanífero foram analisadas utilizando o comando CONTRAST do procedimento MIXED do SAS, onde os coeficientes angulares ('slopes') e interceptos da regressão foram testados. A partir desta análise, os modelos de estimativa da retenção de energia em função do CEM serão estabelecidos utilizando-se o comando ESTIMATE a partir do procedimento MIXED do SAS para obtenção dos interceptos e slope, sendo o slope igual a eficiência com que a EM consumida foi convertida em energia retida.

Os resultados são apresentados como médias ajustadas (LSMEANS) e EPM (Erro Padrão das Médias). Valores de probabilidade menores ou iguais 0,05 foram considerados significativos.



## 6 RESULTADOS

### 6.1 CONSUMO E DIGESTIBILIDADE

Não houve interação significativa entre o nível de consumo e extrato tanífero nas variáveis avaliadas. O maior nível de ingestão apresentou os maiores valores para o consumo de matéria orgânica ( $P < 0,001$ ). A digestibilidade da MO e FDN foi maior no menor nível de ingestão (Tabela 1).

Tabela 1 – Consumo, excreção fecal e digestibilidade da matéria orgânica (MO) e da fibra em detergente neutro (FDN) em bovinos alimentados a dois níveis de oferta com dietas contendo ou não extrato tanífero de *Acacia mearnsii*

Item <sup>1</sup>	Tratamentos				EPM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>		
	Baixo Consumo		Alto Consumo			N	T	N*T
	T-	T+	T-	T+				
MO (g/d)	4652	4683	6876	6778	358,3	<0,001	0,925	0,858
FDN (g/d)	1316	1320	1929	1931	45,0	<0,001	0,937	0,980
MO fecal (g/d)	1155	1289	2235	2156	136,8	<0,001	0,843	0,442
DMO %	75,2	72,5	66,9	67,7	0,02	0,002	0,622	0,344
DFDN%	57,6	54,6	46,6	48,1	0,03	0,007	0,789	0,462

<sup>1</sup>MO = Consumo de matéria orgânica; FDN = Consumo de fibra em detergente neutro; DMO = Digestibilidade da Matéria Orgânica; DF DN = Digestibilidade da Fibra em Detergente Neutro;

<sup>2</sup>EPM= Erro padrão das médias onde n=8 por tratamento;

<sup>3</sup>Probabilidade do erro tipo I da análise de variância onde: Nível = nível de consumo; T = inclusão de extrato tanífero; N\*T = interação entre nível de consumo e extrato tanífero;

Tabela 2 – Consumo, digestibilidade e balanço de nitrogênio em bovinos alimentados a dois níveis de oferta com dietas contendo ou não extrato tanífero de *Acacia mearnsii*

	Tratamentos				EPM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>		
	Baixo Consumo		Alto Consumo			N	T	N*T
	T-	T+	T-	T+				
Consumo de N (g/d)	117,9	117,4	187,7	188,8	6,52	<0,001	0,966	0,905
N Fecal (g/d)	33,9	40,2	65,0	63,5	3,95	<0,001	0,545	0,334
N Urinário (g/d)	47,1	37,1	65,9	68,9	4,81	<0,001	0,469	0,191
Retenção (g/d)	36,9	40,1	56,8	56,4	5,58	0,003	0,805	0,752
DN %	71,1	65,6	65,5	66,2	0,02	0,239	0,258	0,148

<sup>2</sup>EPM= Erro padrão das médias onde n=8 por tratamento;

<sup>3</sup>Probabilidade do erro tipo I da análise de variância onde: Nível = nível de consumo; T = inclusão de extrato tanífero; N\*T = interação entre nível de consumo e extrato tanífero;

O consumo de N não foi afetado pela inclusão de extrato tanífero (Tabela 3).

Foi observado maior excreção fecal de N no maior nível de ingestão (P<0,001), a excreção fecal e a retenção de nitrogênio não foram afetados pela inclusão de extrato tanífero, o mesmo foi observado para a excreção urinária de N e a digestibilidade de N.

## 6.2 DADOS CALORIMÉTRICOS

Não foram observadas mudanças na utilização de O<sub>2</sub> ou produção de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> quando o extrato tanífero foi adicionado a dieta (Tabela 4), o mesmo foi observado para o quociente respiratório.

Tabela 3 – Trocas gasosas e quociente respiratório em bovinos alimentados a dois níveis de oferta com dietas contendo ou não extrato tanífero de *Acacia mearnsii*

Item <sup>1</sup>	Tratamentos				EPM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>		
	Baixo Consumo		Alto Consumo			N	T	N*T
	T-	T+	T-	T+				
Consumo O <sub>2</sub> (L/kg PV <sup>0,75</sup> /d)	32,6	32,6	40,7	40,9	1,06	<0,001	0,921	0,898
Produção CO <sub>2</sub> (L/kg PV <sup>0,75</sup> /d)	33,1	32,5	43,6	43,1	0,88	<0,001	0,519	0,957
Produção CH <sub>4</sub> (L/kg PV <sup>0,75</sup> /d)	2,32	2,22	3,45	3,39	0,09	<0,001	0,404	0,804
QR (LCO <sub>2</sub> / LO <sub>2</sub> )	1,01	1,00	1,07	1,06	0,01	<0,001	0,257	0,939

<sup>1</sup>QR = Quociente respiratório;

<sup>2</sup>EPM= Erro padrão das médias onde n=8 por tratamento;

<sup>3</sup>Probabilidade do erro tipo I da análise de variância onde: Nível = nível de consumo; T = inclusão de extrato tanífero; N\*T = interação entre nível de consumo e extrato tanífero;

### 6.3 BALANÇO DE ENERGIA

Não houve efeito do extrato tanífero de *Acacia mearnsii* sobre o balanço de energia (Tabela 5). Os tratamentos que incluíram tanino não afetaram o consumo de energia digestível e metabolizável. Além disso, não foram observadas mudanças na produção de calor com a inclusão de extrato tanífero, no entanto, a PC foi superior no maior nível de ingestão (P<0,001). Não houve diferença significativa sobre a retenção de energia com a inclusão de extrato tanífero, porém no maior nível de ingestão observou-se maior retenção de energia (P<0,029).

Tabela 4 – Balanço de energia (kJ/kg PV<sup>0,75</sup>/d) em bovinos alimentados a dois níveis de oferta com dietas contendo ou não extrato tanífero de *Acacia mearnsii*

Item <sup>1</sup>	Tratamentos				EPM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>		
	Baixo Consumo		Alto Consumo			N	T	N*T
	T-	T+	T-	T+				
EB	1114,2	1118,2	1635,6	1634,0	30,92	<0,001	0,969	0,928
E Fecal	264,8	309,5	461,5	490,9	36,36	<0,001	0,318	0,835
ED	850,2	809,5	1175,3	1144,2	30,65	<0,001	0,251	0,878
EU	36,6	33,4	45,9	44,9	3,57	0,007	0,557	0,771
E CH <sub>4</sub>	91,8	87,8	136,3	134,1	3,65	<0,001	0,401	0,801
EM	721,6	688,2	992,9	965,0	31,8	<0,001	0,343	0,931
EM <sub>Dieta</sub>	138,6	131,6	112,2	109,8	4,24	<0,001	0,280	0,585
PC	687,3	680,1	863,9	858,7	17,95	<0,001	0,733	0,958
ER	34,3	8,0	128,9	106,3	41,82	0,029	0,563	0,965

<sup>1</sup>EB=Consumo de Energia bruta; ED= Consumo de energia digestível; DE = Digestibilidade da Energia; EU = energia urinária; ECH<sub>4</sub> = Energia sob a forma de metano; EM=Consumo de energia Metabolizável; PC=Produção de Calor; ER= Teor de energia retida;

<sup>2</sup>EPM=Erro padrão das médias onde n=8 por tratamento;

<sup>3</sup>Probabilidade do erro tipo I da análise de variância onde: Nível = nível de consumo; T = inclusão de extrato tanífero; N\*T = interação entre nível de consumo e extrato tanífero;

Não foi observado efeito da inclusão de tanino sobre o intercepto ou slope sobre a eficiência de utilização de EM (kJ/dia), dessa forma a equação geral de regressão (n=24) obtida para a relação existente entre a energia retida (ER) e o consumo de EM foi  $y = - 599,6 (\pm 118,6) + 0,789 (\pm 0,129) \times$ .

## 7 DISCUSSÃO

A inclusão de extrato tanífero de *Acacia mearnsii* na dieta, na dose de 10g/kg de MS, não afetou o consumo de MO e FDN. Vários trabalhos revisados por Makkar (2003) relataram o efeito depressor no consumo de animais recebendo dietas contendo taninos, principalmente devido à sua adstringência. Entretanto, há na literatura trabalhos cujos efeitos na ingestão de alimentos não foram afetados pela presença de taninos na dieta, como por exemplo, Krueger et al. (2010), que ao fornecerem 14,9 g/kg de MS de tanino condensado oriundo de mimosa com dieta à base de grãos, à novilhos de corte em terminação, não observaram diferença no consumo quando comparado com o controle experimental.

Os animais recebendo o maior nível de ingestão de energia apresentaram maior consumo de MO e FDN ( $P < 0,001$ ). Neste estudo, a diferença de consumo entre os tratamentos ocasionou diferença significativa na digestibilidade dos componentes avaliados ( $P < 0,001$ ), isso pode ser explicado pela maior taxa de passagem no maior nível de ingestão, pois segundo Mertens (1992), maiores níveis de consumo estão associados a menores valores de digestibilidade.

No presente estudo não foi observado, porém esperava-se um aumento significativo na excreção de N fecal e uma diminuição na excreção urinária de N com a inclusão de extrato tanífero na dieta, uma vez que, entre os efeitos consistentemente reportados na literatura inclui-se a mudança do sítio de excreção de N urinário para o fecal (AUFÈRE et al., (2008); SCHARENBERG et al., (2007); THEODORIDOU et al. (2010)), significativamente importante a nível ambiental, pois este nutriente na urina é liberado mais facilmente para o meio por ser mais volátil do que quando presente nas fezes (WALKER et al., 2005). Isto porque o N fecal está principalmente na forma orgânica, menos volátil, enquanto o N urinário tem como metabólito principal a ureia (GRAINGER et al., 2009).

Diferente dos resultados obtidos no presente estudo, Grainger et al. (2009) encontraram diferenças ( $P < 0,001$ ) entre os tratamentos, para os valores de excreções nitrogenadas nas fezes e na urina, sendo que os tratamentos contendo taninos (até 1,9% de extrato tanífero) proporcionaram os maiores valores de N nas fezes e os menores valores de N excretado na urina na dieta de vacas leiteiras mantidas em pastagem de azevém.

Provavelmente, a dieta utilizada no presente estudo pode ter sido responsável pela maior parte da ausência de efeitos do extrato tanífero sobre as variáveis avaliadas, em função do baixo teor de proteína, pois, grande parte dos estudos que avaliaram o efeito dos taninos sobre o metabolismo animal foram realizados com leguminosas (FRUTOS et al., 2002;

MOUJAHED et al., 2005; GUIMARÃES-BEELLEN et al., 2006). Sabe-se que as leguminosas por possuírem alta proporção de proteína solúvel, estão sujeitas a maior degradação e perdas de nitrogênio, quando comparadas às gramíneas (OLIVEIRA e BERCHIELLI, 2007).

A formação de complexos com as proteínas é o efeito mais conhecido dos taninos na nutrição de ruminantes, pois dependendo da sua concentração na substância ou vegetal utilizado, pode ocasionar uma redução no consumo voluntário (MCLEOD, 1974) e diminuição da degradação ruminal (MAKKAR, 2003). Esses efeitos, benéficos ou adversos no organismo, depende também da dose administrada, pela espécie e estágio fisiológico do animal, além da composição da dieta.

Os tratamentos que incluíram tanino não afetaram o consumo de energia digestível, metabolizável e a produção de calor. Os menores consumos de  $O_2$  e produção de  $CO_2$  ocorridos com a redução da ingestão estão de acordo com os resultados obtidos por Ferrel e Koong (1987), os quais indicaram que as taxas de consumo de oxigênio de órgãos como fígado e rins, por grama de tecido ou em função de sua massa, diminuíram em resposta à alimentação em nível de manutenção.

Para a obtenção de energia durante os processos metabólicos ocorre consumo de  $O_2$  com produção de  $CO_2$ , sendo que tal relação é expressa pelo quociente respiratório (QR) (CHWALIBOG, 2004). O valor de QR é uma referência ao substrato metabólico utilizado, em animais em jejum, sendo que valores de QR próximo a 1,0 seriam para carboidratos, 0,8 para proteína e 0,7 para gorduras (KLEIBER, 1972). Os QR observados no presente estudo variaram de 1,00 a 1,07. Uma possível explicação de altos valores de QR para ruminantes em estado alimentado pode se relacionar a fermentação ruminal, pois o consumo de alimento resulta em fermentação e produção de  $CO_2$  sem nenhum consumo significativo de  $O_2$ , dessa forma, o resultado final será um aumento na produção total de  $CO_2$  e conseqüentemente um viés para altos valores de QR (SAHLU et al. 1988).

A participação das fezes na perda energética foi maior no maior nível de ingestão (23,7%, 27,7%, 28,2% e 30,0%, respectivamente) provavelmente em função da diferença na digestibilidade aparente das frações entre os tratamentos. As perdas energéticas pelas fezes são refletidas na energia digestível, dessa forma a energia digestível ingerida pelos bovinos recebendo alto nível de ingestão foi significativamente maior.

No presente estudo, as perdas energéticas pela urina (3,2%, 2,9%, 2,8% e 2,7%, respectivamente) estão de acordo com os valores propostos por Van Soest (1994), segundo o qual as perdas na energia digestível associadas à urina geralmente estão em torno de 3 a 5%. Maiores perdas de energia na urina podem ser justificadas pela maior excreção de compostos

nitrogenados não específicos, como aminoácidos e creatinina ou uréia, que corresponde normalmente de 80 a 90% da quantidade total de nitrogênio da urina (BIRKETT e LANGE, 2001).

As perdas na forma de metano podem variar em função do nível de ingestão, no presente estudo os valores obtidos (8,2% 7,8% 8,3% e 8,2%, respectivamente) estão de acordo com Resende et al. (2011), os autores sugerem que cerca de 8% da energia bruta ingerida em nível de manutenção é perdida sob a forma de metano.

Johnson e Johnson (1995) relataram que a produção diária de metano por um bovino atinge valores entre 2,5 e 5,0 L por kg de peso corporal, estes valores estão de acordo com os obtidos no presente estudo. Os mesmos autores ainda destacaram grande número de fatores que pode interferir nesta variável como o tempo de mensuração utilizado e o fato de que o animal necessita estar adaptado ao sistema de respirometria pois do contrário poderia comprometer o consumo de matéria seca e, por consequência, a produção de metano.

Neste estudo, a influência do nível de alimentação pode ser observado sobre a produção de calor, sendo este superior quando a ingestão de energia foi maior, provavelmente em função do aumento no peso metabólico desses animais. Além disso, não foram observadas mudanças na produção de calor com a inclusão de extrato tanífero.

A eficiência de utilização de EM foi estimada pela relação entre a retenção de energia e o consumo de EM, o coeficiente de regressão obtido indicou um valor de 0,78. A inclusão de extrato tanífero não afetou a eficiência de utilização de EM, isso se deve, principalmente pelos altos desvios, ocasionando sobreposição dos dados e consequentemente ausência de diferenças significativas (slope e intercepto). Vale ressaltar ainda, que estudos que avaliem o efeito da inclusão de extrato tanífero sobre a eficiência de utilização da energia ainda não foram encontrados na literatura.

## 8 CONCLUSÕES

A inclusão de extrato tanífero de *Acacia mearnsii* na dieta de bovinos a base de silagem de milho e concentrado não afetou o balanço de energia.

A eficiência de utilização da energia metabolizável em bovinos, indiferente dos níveis de ingestão, não é melhorada pela inclusão de extrato tanífero de *Acacia mearnsii*.

Existe efeito do nível de alimentação sobre o consumo de oxigênio, na produção de dióxido de carbono e conseqüentemente sobre a produção de calor.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGNEW, R. E.; YAN, T. Calorimetry. **Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism**. 2. ed. France. 2005.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock**. London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 351p. 1980.

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. **Energy and requirements of ruminants**. Wallingford, Commonwealth Agricultural Bureaux International, 159p, 1993.

ALVES, T. P. **Avaliação do uso de extrato tanífero de *Acacia mearnsii* como modulador da fermentação ruminal em bovinos**. 2012. 54 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2012.

ANDRABI, S. M. et al. In vivo assessment of the ability of condensed tannins to interfere with the digestibility of plant protein in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 122, p. 13-27. 2005.

ANNISON, E. F.; BRYDEN, W. L. Perspectives on ruminant nutrition and metabolism. II. Metabolism in ruminant tissues. **Nutr. Res. Rev.** v. 12, p. 147-177; 1999.

AUFRÈRE, J.; DUDILIEU, M.; PONCET, C. In vivo and in situ measurements of the digestive characteristics of sainfoin in comparison with lucerne fed to sheep as fresh forages at two growth stages and as hay. **Animal**, v. 2, n. 9, p. 1331-1339, 2008.

ÁVILA, S. C. **Fermentação ruminal e digestibilidade em bovinos recebendo dietas com ou sem adição de extrato tanífero de *Acacia mearnsii***. 2013. 59 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria. 2013.

ÁVILA, S. C.; KOZLOSKI, G. V. et al. Impact of a tannin extract on digestibility, ruminal fermentation and duodenal flow of amino acids in steers fed maize silage and concentrate containing soybean meal or canola meal as protein source. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge University Press, p. 1-11, 2015.

BACKES, A. A.; PAULINO, M. F.; ALVES, D. D. et al. Composição corporal e exigências energéticas e protéicas de bovinos mestiços leiteiros e zebu, castrados, em regime de recria e engorda. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 257-267, 2005.

BAILE, C. A.; FORBES, J. M. Control of feed intake and regulation of energy balance in ruminants. **Physiology**. Bethesda, v. 54, n. 1, p. 160-213, 1974.

BALDWIN, R. L.; SMITH, N. E.; TAYLOR, J.; SHARP, M. Manipulating metabolic parameters to improve growth rate and milk secretion. **J. Anim. Sci.**, v. 51, p. 1416-1428, 1980.

- BARRY, T. N.; MCNABB, W. C. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. **British Journal of Nutrition**, v. 81, p. 263-272. 1999.
- BATTESTIN, V.; MATSUDA, L. K.; MACEDO, G. A.; Fontes e aplicações de taninos e tanases em alimentos. **Alim. Nutr. Araraquara**, v.15, n.1, p. 63-72, 2004.
- BEAUCHEMIN, K. A. et al. Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 1990-1996. 2007.
- BERCHIELLI, T. T.; GARCIA, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. In: Berchielli, T.T.; Pires, A.V.; Oliveira, S.G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP. p. 397-421, 2006.
- BIRKETT, S.; LANGE, K. Limitations of conventional models and a conceptual framework for a nutrient flow representation of energy utilization by animals. **British Journal of Nutrition**, v. 86, p. 647-659, 2001.
- BLAXTER, K. **The energy metabolism of ruminants**. 2. ed. London: Hutchinson, 250p., 1967.
- BRITO, H. F. V. et al. Determinação da taxa metabólica basal em cutias, *Dasyprocta azarae*, por calorimetria indireta. **Pesq. Vet. Bras.**, v. 30, n. 6, p. 471-478, 2010.
- BROOKER, J. D. Priority Setting Discussion In: BROOKER, J.D. (Ed.) Proceedings of International Workshop on Tannins in Livestock and Human Nutrition. ACIAR, **Proceedings...**, n. 92, p. 14-23, 1999.
- BROWER, M. Report of sub-committee on constants and factors. In: **Symposium of energy metabolism held at european association for animal production**, 1965, London. Proceedings... London: EAAP Academic, p. 441-443, 1965.
- BUTLER, L. G. et. al. Interaction of proteins with sorghum tannin: mechanism specificity and significance. **Journal of American oil Chemistry Society**, Champaign, v. 61, n. 5, p. 916-920, 1984.
- CABRAL, L. S.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; MALAFAIA, P. A. M.; ZERVOUDAKIS, J. T.; SOUZA, A. L.; VELOSO, R. G.; NUNES, P. M. M. Consumo e digestibilidade dos nutrientes em bovinos alimentados com dietas à base de volumosos tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2406-2412, 2006.
- CANNAS, A.; ATZORI, A. S.; TEIXEIRA, I. A. M. A. et al. The energetic cost of maintenance in ruminants: from classical to new concepts and predictions systems. In: CROVETTO, G. M. (Ed.) **Energy and protein metabolism and nutrition**. 3. ed. Italia: Wageningen Academic Publishers, p. 531-542, 2010.
- CANNAS, A. **Tannins**: fascinating but sometimes dangerous molecules. Ithaca: Cornell University, 1999. Disponível em: <http://www.ansci.cornell.edu/plants/toxicagents/tannin.html>. Acesso em: 10 nov. 2015.

CARULLA J. E., KREUZER M, MACHMÜLLER A, HESS HD. Supplementation of *Acacia mearnsii* tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. **Australian Journal of Agricultural Research** v. 56, p. 961-970, 2005.

CHWALIBOG, A. Physiological basis of heat production – The fire of life. **Research School of Nutrition and Physiology**, 2004.

CIESLAK, A.; ZMORA, P.; PERS-KAMCZYC, E. et al. Effects of tannins source (*Vaccinium vitis idaea* L.) on rumen microbial fermentation in vivo. **Animal Feed Science and Technology**, v. 176, p. 102-106, 2012.

CLIFFORD, M.N. and SCALBERT, A. Ellagitannins - nature, occurrence and dietary burden. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 1118-1125, 2000.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION. **Nutrient requirements of domesticated ruminants**. Victoria: Australia Agricultural Council, CSIRO publications, 266p, 2007.

DERNO, M.; JENTSCH, W.; SCHWEIGEL, M.; KUHLA, S.; METGES, C. C. and MATTHES, H.-D.. Measurements of heat production for estimation of maintenance energy requirements of Hereford steers. **J. Anim. Sci.** v. 83, p. 2590-2597; 2005.

DIENER, J. R. C. Calorimetria indireta. **Rev. Assoc. Méd. Bras.**, v. 43, n. 3, p. 245-253, 1997.

DURNIN, J. A. Practical estimates of energy requirements. **J. Nutr.**, v. 121, p. 1907-1913, 1991.

FEIJÓ, G. D.; SILVA, J. M.; THIAGO, L. R. L. et al. Efeito de níveis de concentrado na engorda de bovinos confinados. Desempenho de novilhos Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p. 70-72, 1996.

FERRELL, C. L.; KOONG, L. J. Response of body organs of lambs to differing nutritional treatments. In: Energy Metabolism of Farm Animals. **Eur. Assoc. Anim. Prod.** v. 32, p. 26, 1987.

FERREIRA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C. et al. Composição Corporal  
Exigências Líquidas de Proteína e Energia para Ganho de Peso de Bovinos F1 Simental x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 352-360, 1998.

FERREL, C. L. Energy Metabolism. In: CHURCH, D. C. ed. The ruminant animal. **Digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: Waveland Press Inc., p. 283-303, 1988.

FONTES, C. A. A.; OLIVEIRA, R. C. et al. Uso do Abate Comparativo na Determinação da Exigência de energia de Manutenção de Gado de Corte Pastejando Capim-Elefante: Descrição da Metodologia e dos Resultados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1721-1729, 2005.

FRUTOS, P.; HERVÁS, G.; RAMOS, G.; GIRÁLDEZ, F. J.; MANTECÓN, A. R. Condensed tannin content of several shrub species from a mountain area in northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value. **Animal Feeding Science Technology**, n. 95, p. 215-226, 2002.

GALVANI, D. B. **Exigências e eficiência de utilização da energia e da proteína por cordeiros confinados**. 2008. 84 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

GARG, S. K.; MAKKAR, H. P. S.; NAGAL, K. B.; SHARMA, S. K.; WADHWA, D. R. and SINGH B. Toxicological investigations into oak (*Quercus incana*) leaf poisoning in cattle. **Veterinary and Human Toxicology**, v. 34, p. 161-164. 1992.

GEAY, Y. Energy and protein utilization in growing cattle. **Journal of Animal Science**. v. 58, p. 766. 1984.

GOERING, H. K. and VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analyses** (apparatus, reagents, procedures, and some applications). ARS-USDA, Washington, DC, 1970.

GRAINGER, C. et al. Potential use of *Acacia mearnsii* condensed tannins to reduce methane emissions and nitrogen excretion from grazing dairy cows. **Canadian Journal of Animal Science**. v. 89, p. 241-251, 2009.

GRIGOLETTI, A.; SANTOS, A. F.; HIGA, A. R. et al. **Cultivo da Acácia-Negra**. Colombo: Embrapa Florestas, Sistemas de Produção, n. 3, 2003.

GUIMARÃES-BEELLEN, P. M.; BERCHIELLI, T. T.; BEELEN, R.; MEDEIROS, A. N. Influence of condensed tannins from Brazilian semi-arid legumes on ruminal degradability, microbial colonization and ruminal enzymatic activity in Saanen goats. **Small Ruminant Research**. v. 61, p. 35-44, 2006.

ÍTAVO, L. C. V.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, F. F. et al. Consumo e digestibilidade aparentes totais e parciais de nutrientes em novilhos alimentados com dietas contendo vários níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1543-1552, 2002.

JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D. E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 8, p. 2483-2492, 1995.

JOHNSON, D. E.; FERREL, C. L.; JENKINS, T. G. The history of energetic efficiency research: where have we been and where are we going?. **Journal Animal Science**, v. 81, p. E27-E38, 2003.

KLEIBER, M. **Bioenergetica Animal: El fuego de la vida**. 1. ed. Zaragoza: Editorial Acribia, 428p, 1972.

KOONTZ, A. F.; EL-KADI, S. W.; HARMON, D. L.; VANZANT, E. S.; MATTHEWS, J. C.; BOLING, J. A. and McLEOD, K. R. Effect of ractopamine on whole body and splanchnic energy metabolism in Holstein steers. **Can. J. Anim. Sci.** v. 90, p. 77-85, 2010.

- KOZLOSKI, G. V.; HENTZ, F. Nutritional potential of tannin extracts for ruminants. **Archivos Latino americanos de Producción Animal**, v. 19, n. 1-2, p. 11-12, 2011.
- KOZLOSKI, G. V. et al. Intake, digestibility and nutrients supply to wethers fed ryegrass and intraruminally infused with levels of *Acacia mearnsii* tannin extract. **Small Ruminant Research**. v. 106, p. 125-130, 2012.
- KRUEGER, W. K.; GUTIERREZ-BANUELOS, H.; CARSTENS, G. E. et al. Effects of dietary tannin source on performance, feed efficiency, ruminal fermentation, and carcass and non-carcass traits in steers fed a high-grain diet. **Animal Feed Science and Technology**, v. 159, p. 1-9, 2010.
- LAGE H. F. **Partição da energia e exigência de energia líquida para manutenção de novilhas gir e f1 holandês x gir**. Dissertação de mestrado. 2011. 74 f. BELO HORIZONTE – MINAS GERAIS ESCOLA DE VETERINÁRIA – UFMG, 2011.
- LAWRENCE, T. L. J.; FOWLER, V. R. **Growth of farm animals**. CAB International. 321p, 1997.
- MACHADO, F. S. **Digestibilidade, partição de energia e produção de metano em ovinos alimentados com silagem de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação**. 2010. 109 p. Tese (Doutorado) – UFMG-EV, Belo Horizonte, 2010.
- MARCHINI, J. S. et al. Calorimetria - aplicações práticas e considerações críticas. **Fitn. e Perf. J.**, v. 4, n. 2, p. 90-96, 2005.
- MAKKAR, H. P. S.; BLÜMMEL, M.; BECKER, K. In vitro effects of and interactions between tannins and saponins and fate of tannins in the rumen. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v. 69, p. 481-493, 1995.
- MAKKAR, H. P. S. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. **Small Ruminant Research**. v. 49, p. 241-256 , 2003.
- MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L.; VALADARES FILHO, S. C.; GIONBELLI, M. P.; PAULINO, P. V. R.; PAULINO, M. F. Exigências nutricionais de energia para bovinos de corte. In: VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L.; PAULINO, P. V. R. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-CORTE**. 2. ed. Viçosa: 2010. p. 85-91. 2010.
- MCLEOD, M. N. Plant tannins: their role in forage quality. **Nutrition Abstract and Reviews**, v. 44, p. 803-812, 1974.
- MCSWEENEY, C. S. et al. Microbial interactions with tannins nutritional consequences for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**. v. 91, p. 83-93, 2001.
- MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal Animal Science**, p. 64, p. 1548-1558, 1987.

MERTENS, D. R. Análise de fibra e sua utilização na avaliação e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 29. 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: **Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 21, p. 188, 1992.

MERTENS, D. R.; BRODERICK, G. A.; SIMONS, R. Efficacy of carbohydrate sources for improving utilization of N in alfalfa silage. **Journal Dairy Science**, v. 77, p. 240, 1994.

MIN, B. R. et al. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 106, p. 3-19, 2003.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, p. 892-896, 2005.

MOUJAHED, N.; BEN SALEM, H.; KAYOULI, C. Effects of frequency of polyethylene glycol and protein supplementation on intake and digestion of *Acacia cyanophylla* Lindl. Foliage fed to sheep and goats. **Small Ruminant Research**, v. 56, p. 65-73, 2005.

NIENABER, J. A. 1981. **Thermal-nutritional environmental interaction effects on nursery-age pigs**. Ph.D. Dissertation, University of Missouri, Columbia. 1981.

NIENABER, J. A.; MADDY, A. L. Temperature Controlled Multiple Chamber Indirect Calorimeter-Design and Operation. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**. v. 28, n. 2, p. 555-560, 1985.

NORTON, B. W. The significance of tannins in tropical animal production. In: BROOKER, J.D. (Ed.) **Proceedings of International Workshop on Tannins in Livestock and Human Nutrition**. ACIAR Proceedings, n. 92, p. 14-23, 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. – **Nutrient Requirements of beef cattle**. 5. ed., Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 1976.

\_\_\_\_\_. **Nutrient requirements of beef cattle**. 6. ed. Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 1981.

\_\_\_\_\_. **Nutrient requirements of beef cattle**. 6. ed. Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 1984.

\_\_\_\_\_. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7. ed. Washington, DC: National Academy Press, 242 p. 1996.

\_\_\_\_\_. **Nutrient requirement of beef cattle**. 7. ed. rev. Washington, D.C. National Academy Press, 42p. 2000.

\_\_\_\_\_. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington, DC: National Academy Press, 381p. 2001.

O'DONOVAN, L.; BROOKER, J. D. Effect of hydrolysable and condensed tannins on growth, morphology and metabolism of *Streptococcus gallolyticus* (*S. caprinus*) and *Streptococcus bovis*. **Microbiology**, v. 147, p. 1025-1033. 2001.

OLIVEIRA, S. G.; BERCHIELLI, T. T. Potencialidades da utilização de taninos na conservação de forragens e nutrição de ruminantes – Revisão. **Archives of Veterinary Science**. v. 12, n. 1, p. 1-9, 2007.

O'MARA, F. P. The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future. **Animal Feed Science and Technology**. v. 166-167, p. 7-15, 2011.

ORLANDI, T. **Fluxo duodenal de aminoácidos em bovinos alimentados com dietas contendo ou não extrato tanífero de *Acacia mearnsii***. 2013. 73 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria. 2013.

ORLANDI, T. et al. Digestibility, ruminal fermentation and duodenal flux of amino acids in steers fed grass forage plus concentrate containing increasing levels of *Acacia mearnsii* tannin extract. **Animal Feed Science and Technology**, v. 210, p. 37-45. 2015.

POWELL, J. M. et al. Design and calibration of chambers for measuring ammonia emissions from tie-stall dairy barns. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**. v. 50, n. 3, p. 1045-1051, 2007.

PRESTON, R. L. Feed composition tables. **Beef Magazine**, v. 42, n. 7, p. 50-67, 2006.

REED, J. D., Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 1516-1528. 1995.

REID, J. T., O. D. White, R. Antique; A. Fortin. Nutritional energetic of livestock: Some present boundaries of knowledge and future research needs. **Journal of Animal Science**. v. 51, p. 1593, 1980.

RESENDE, K. T. et al. Metabolismo de energia. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, p. 111-140. 2006.

RESENDE, K. T.; TEIXEIRA, I. A. M. A.; FERNANDES, M. H. R. Metabolismo de energia. In: BERCHIELLI, T. T., PIRES, A. V., OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, C.11, p. 323-344, 2011.

RODRIGUEZ, N. M. et al. A calorimetry system for metabolism trials. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 59, n. 2, p. 495-500, 2007.

RUBANZA, C. D. K. Polyphenolics and tannins effect on in vitro digestibility of selected *Acacia* species leaves. **Animal Feed Science and Technology**, v. 119, p. 129-142. 2005.

SAHLU, T.; JUNG, H. G.; NIENABER, J. A.; MORRIS, J. G. Development and Validation of a Prediction Equation Estimating Heat Production by Carbon Dioxide Entry Rate Technique. **J. Anim. Sci.**, v. 66, p. 2036-2043, 1988.

SCHARENBERG, A.; ARRIGO, Y.; GUTZWILLER, A.; WYSS, U.; HESS, H.; KREUZER, M.; DOHME, F. Effect of feeding dehydrated and ensiled tanniniferous sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) on nitrogen and mineral digestion and metabolism of lambs. **Archives Animal Nutritional**, n. 61, p. 390-405, 2007.

SILVA, F. F.; VALADARES FILHO, S. C.; ÍTAVO, L. C. V. et al. Consumo, desempenho, características de carcaça e biometria do trato gastrointestinal e dos órgãos internos de novilhos Nelore recebendo dietas com diferentes níveis de concentrado e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1849-1864, 2002.

SILVA, B. C.; PEREIRA, O. G.; PEREIRA, D. H. et al. Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes e ganho de peso de bovinos de corte alimentados com silagem de *Brachiaria brizantha* e concentrado em diferentes proporções. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 34, n. 3, p. 1060-1069, 2005.

SILVA, R. R. **Respirometria e determinação das exigências de energia e produção de metano de fêmeas bovinas leiteiras de diferentes genótipos**. 2011. 59p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola De Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2011.

SNIFFEN, C.J.; BEVERLY, R.W., MOONEY, C.S. Nutrient requirements versus supply in the dairy cow: strategies to account for variability. **Journal Dairy Science**, v. 73, n. 10, p. 3160-3178, 1993.

SOUZA, V. G.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Consumo de desempenho de bovinos de corte recebendo dietas com silagem de milho e concentrado em diferentes proporções In. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, n.39. Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. (CD-ROM).

SUSENBETH, A.; DICKEL, T.; SÜDEKUM, K.-H.; DROCHNER, W. and STEINGAß, H. Energy requirements of cattle for standing and for ingestion, estimated by a ruminal emptying technique. **J. Anim. Sci.** v. 82, p. 129-136, 2004.

TAVENDALE, M. H.; MEAGHER, L. P.; PACHECO, D. et al. Methane production from in vitro rumen incubations with *Lotus pedunculatus* and *Medicago sativa* and effects of extractable condensed tannin fractions on methanogenesis. **Animal Feed Science and Technology**, v. 123, p. 403-419, 2005.

THEODORIDOU, K.; AUFRÈRE, J.; ANDUEZA, D.; POURRAT, J.; LE MORVAN, A.; STRINGANO, E.; MUELLER-HARVEY, I.; BAUMONT, R. Effects of condensed tannins in fresh sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) on in vivo and in situ digestion in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 160. p. 23-38. 2010.

TYRRELL, H. F.; P. W. MOE. Effect of intake on digestive efficiency. **Journal of Dairy Science**. v. 8, p. 1151-1163, 1975.

VALADARES, R. F. D.; GONÇALVES, L. C.; SAMPAIO, I. B. et al. Níveis de proteína bruta em dietas de bovinos. 2. Consumo, digestibilidades e balanço de compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 6, p. 1259-1263, 1997.

VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D. Recentes avanços em proteína na nutrição de vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BOVINOCULTURA DE LEITE, SINLEITE, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, p. 228-243, 2001.



VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca. New York: Cornell University Press. 476p, 1994.

WAGHORN, G. C. et al. The effect of condensed tannins on the site of digestion of amino acids and other nutrients in sheep fed on *Lotus corniculatus* L. **British Journal of Nutrition**. v. 57, p. 115-126, 1987.

WAGHORN, G. C.; TAVENDALE, H. M.; WOODFIELD, D. R. Methanogenesis from forage fed to sheep. **Proceedings of the New Zealand Grassland Association**, n. 64, p. 167-171, 2002.

WALKER, N. D.; NEWBOLD, C. J.; WALLACE, R. J. **Nitrogen metabolism in the rumen**. In: PFEFFER, E.; HRISTOV, A. (Eds.) Nitrogen and phosphorus nutrition of cattle. Washington: **CABI**, p.71-115, 2005.

WARPECHOWSKI, 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**. 2005. 215 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

WEBB, P. The measurement of energy expenditure. **J. Nutr.**, v. 121, p. 1897-1901, 1991.

WEISS, W. P. Predicting energy values of feed. In. Symposium: prevailing concepts in energy utilization by ruminants. **Journal Dairy Science**, Champaign, v.76, p.1802-1811, 1993.

WOODWARD, S. L.; WAGHORN, G. C.; ULYATT, M. J.; LASSEY, K. R. Early indications that feeding Lotus will reduce methane emissions from ruminants. In: **The new Zealand society of animal production**. Adelaide. Adelaide: ACIAR, 2001. p. 23-26, 2001.

WOODWARD, S. L.; WAGHORN, G. C.; LABOYRIE, P. Condensed tannins in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) reduced methane emissions from dairy cows. **Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.** n. 64, p. 160-164, 2004.

ZHU J., FILLIPICH, L. and NG, J. Rumen involvement in sheep tannic acid metabolism. **Veterinary and human toxicology**, v. 37, p. 436-440. 1995.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A** - Valores individuais do peso corporal (Kg de PC), peso metabólico (Kg de PC<sup>0,75</sup>) e dos consumos (g/dia) de matéria orgânica (CMO) e fibra em detergente neutro (CFDN) dos animais utilizados no ensaio de digestibilidade.

Animal	Período	Nível*	Trat*	PC	PC <sup>0.75</sup>	CMO	CFDN
507	1	B	T-	316.2	75.0	4798.68	1382.7
511	1	B	T-	308	73.5	4695.20	1350.8
520	1	B	T+	320.2	75.7	4833.17	1393.4
517	1	B	T+	305.3	73.0	4625.43	1336.8
509	1	B	T-	309.8	73.8	4729.69	1361.5
519	1	B	T-	312.1	74.3	4729.69	1361.5
510	1	B	T+	321.1	75.9	4797.91	1390.0
501	1	B	T+	278.1	68.1	4384.74	1255.1
507	2	B	T+	319.3	75.5	4650.46	1282.0
511	2	B	T+	315.3	74.8	4616.56	1271.9
520	2	B	T-	319.3	75.5	4718.28	1302.3
517	2	B	T-	326.6	76.8	4516.93	1226.5
509	2	B	T+	332.9	77.9	4786.09	1322.6
519	2	B	T+	327.5	77.0	4752.18	1312.4
510	2	B	T-	337.5	78.7	4820.00	1332.7
501	2	B	T-	295.3	71.2	4375.70	1208.3
507	3	A	T-	337	78.7	7052.24	1934.7
511	3	A	T-	333.9	78.1	7181.07	2006.7
520	3	A	T+	335.7	78.4	7103.65	1965.3
517	3	A	T+	332	77.8	5924.32	1570.4
509	3	A	T-	358.8	82.4	6798.92	1797.7
519	3	A	T-	347	80.4	7413.03	2071.0
510	3	A	T+	348.9	80.7	7262.08	2012.4
501	3	A	T+	301.7	72.4	6660.93	1859.4
507	4	A	T+	385.6	87.0	8209.90	1880.0
511	4	A	T+	386	87.1	8926.11	2148.9
520	4	A	T-	384.2	86.8	8673.14	2066.4
517	4	A	T-	371	84.5	7237.68	1609.9
509	4	A	T+	397.8	89.1	8256.26	1866.6
519	4	A	T+	394.6	88.5	8896.22	2128.5
510	4	A	T-	402.8	89.9	8451.47	1985.5
501	4	A	T-	349.3	80.8	8230.17	1979.2

\*Nível: B = baixa oferta (1,5 × Elm); A=alta oferta (1,75 × Elm); Trat = T- = sem tanino; T+ = com tanino;

**APÊNDICE B** - Valores individuais (g/dia) do consumo de nitrogênio (CN), excreção fecal de nitrogênio (Nf), excreção urinária de nitrogênio (NU) e retenção de nitrogênio (RN) dos animais utilizados no ensaio de digestibilidade.

Animal	Período	Nível*	Trat*	CN	Nf	NU	RN
507	1	B	T-	113.6	31.7	47.1	34.8
511	1	B	T-	112.3	34.3	53.0	25.0
520	1	B	T+	114.1	51.3	33.4	29.4
517	1	B	T+	107.3	35.6	42.5	29.2
509	1	B	T-	112.7	42.3	38.3	32.1
519	1	B	T-	112.7	35.3	44.4	33.1
510	1	B	T+	109.5	40.7	38.8	30.0
501	1	B	T+	108.3	35.6	32.4	40.4
507	2	B	T+	124.3	44.6	34.7	45.0
511	2	B	T+	123.9	44.4	43.4	36.1
520	2	B	T-	125.2	42.0	71.2	12.1
517	2	B	T-	124.3	26.4	36.2	61.7
509	2	B	T+	126.1	33.2	35.8	57.2
519	2	B	T+	125.7	35.9	35.8	54.0
510	2	B	T-	126.6	27.9	45.6	53.1
501	2	B	T-	115.8	30.9	41.0	43.9
507	3	A	T-	174.8	62.1	69.3	43.4
511	3	A	T-	174.1	67.5	60.9	45.7
520	3	A	T+	175.2	76.5	54.6	44.1
517	3	A	T+	135.5	45.7	58.6	31.2
509	3	A	T-	171.3	58.3	65.0	48.0
519	3	A	T-	181.4	69.8	44.9	66.7
510	3	A	T+	177.9	34.4	47.2	96.3
501	3	A	T+	162.9	58.1	47.4	57.5
507	4	A	T+	200.2	60.3	62.7	77.2
511	4	A	T+	222.5	82.5	91.7	48.4
520	4	A	T-	216.9	67.3	79.7	70.0
517	4	A	T-	177.9	44.2	52.4	81.3
509	4	A	T+	207.2	77.2	81.6	48.4
519	4	A	T+	220.3	85.5	83.8	51.0
510	4	A	T-	210.1	64.4	99.6	46.2
501	4	A	T-	203.8	74.8	79.3	49.7

\*Nível: B = baixa oferta ( $1,5 \times \text{Elm}$ ); A=alta oferta ( $1,75 \times \text{Elm}$ ); Trat = T- = sem tanino; T+ = com tanino;

**APÊNDICE C** - Valores individuais (L/kgPV<sup>0.75</sup>/d) das trocas gasosas e quociente respiratório (QR) dos animais utilizados nas câmaras de respirometria indireta.

Animal	Período	Nível*	Trat*	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	QR
507	1	B	T-	2496.8	2534.4	188.0	1.02
511	1	B	T-	2611.0	2552.5	156.0	0.98
520	1	B	T+	2760.5	2692.9	178.5	0.98
517	1	B	T+	2222.8	2247.3	166.5	1.01
509	1	B	T-	2352.1	2401.7	172.0	1.02
519	1	B	T-	2428.1	2490.8	176.5	1.03
510	1	B	T+	2640.8	2677.8	192.5	1.01
501	1	B	T+	2196.6	2168.0	149.0	0.99
507	2	B	T+	2330.2	2359.7	166.0	1.01
511	2	B	T+	2625.0	2570.5	158.5	0.98
520	2	B	T-	2622.4	2556.1	175.0	0.97
517	2	B	T-	2273.6	2343.9	180.5	1.03
509	2	B	T+	2441.1	2497.6	180.5	1.02
519	2	B	T+	2192.7	2210.7	137.0	1.01
510	2	B	T-	2569.4	2644.2	188.0	1.03
501	2	B	T-	2271.4	2303.7	157.0	1.01
507	3	A	T-	3460.7	3773.4	316.5	1.09
511	3	A	T-	3287.0	3462.3	258.5	1.05
520	3	A	T+	3284.0	3359.0	264.0	1.02
517	3	A	T+	3235.7	3434.4	290.5	1.06
509	3	A	T-	3191.8	3470.0	267.0	1.09
519	3	A	T-	3107.4	3396.9	283.0	1.09
510	3	A	T+	3087.0	3307.0	261.5	1.07
501	3	A	T+	3077.6	3205.4	250.5	1.04
507	4	A	T+	3417.6	3770.0	334.0	1.10
511	4	A	T+	3543.9	3682.1	247.5	1.04
520	4	A	T-	3738.7	4024.8	322.5	1.08
517	4	A	T-	2961.2	3046.5	246.0	1.03
509	4	A	T+	3545.0	3877.9	300.5	1.09
519	4	A	T+	3526.5	3853.7	290.5	1.09
510	4	A	T-	3506.4	3794.1	323.0	1.08
501	4	A	T-	3614.3	3865.0	264.0	1.07

\*Nível: B = baixa oferta (1,5 × Elm); A=alta oferta (1,75 × Elm); Trat = T- = sem tanino;  
T+ = com tanino;

**APÊNDICE D -** Valores individuais (kJ/d) do consumo de energia bruta (CEB), excreção fecal (Ef), consumo de energia digestível (CED), excreção urinária (EU), energia sob a forma de CH<sub>4</sub> (ECH<sub>4</sub>), consumo de energia metabolizável (CEM), energia metabolizável, energia metabolizável da dieta (EM<sub>D</sub>), produção de calor (PC) e teor de energia retida (ER).

A	P	N*	T*	CEB	Ef	CED	EU	ECH <sub>4</sub>	CEM	EM <sub>D</sub>	PC	ER
507	1	B	T-	85340	20921	64419	2467	7426	54526	10241	52422	2105
511	1	B	T-	83480	17573	65907	3127	6162	56618	10867	54394	2225
520	1	B	T+	85960	26568	59391	2131	7051	50210	9363	57585	-7375
517	1	B	T+	82297	22273	60024	3127	6577	50320	9808	46622	3698
509	1	B	T-	84100	27379	56721	1975	6794	47951	9137	49502	-1551
519	1	B	T-	84100	20144	63956	2375	6972	54609	10405	51132	3477
510	1	B	T+	85960	17069	68891	1982	7604	59305	11060	55511	3794
501	1	B	T+	77337	24242	53095	2050	5886	45160	9357	45898	-738
507	2	B	T+	83449	26963	56486	2576	6557	47353	9061	48972	-1619
511	2	B	T+	82833	27415	55418	3000	6261	46157	8899	54762	-8604
520	2	B	T-	84680	24746	59934	3527	6913	49495	9335	54445	-4951
517	2	B	T-	81019	11896	69123	2130	7130	59863	11784	47936	11927
509	2	B	T+	85911	19419	66493	2199	7130	57164	10629	51420	5744
519	2	B	T+	85296	20545	64751	3041	5412	56298	10543	46056	10243
510	2	B	T-	86527	19562	66965	2974	7426	56565	10444	54156	2410
501	2	B	T-	78537	16313	62224	2926	6202	53096	10799	47721	5374
507	3	A	T-	126486	39507	86978	4050	12502	70427	8517	73822	-3395
511	3	A	T-	128840	49248	79592	4621	10211	64761	7700	69626	-4865
520	3	A	T+	126997	49612	77385	3653	10428	63304	7596	69082	-5777
517	3	A	T+	105900	28747	77153	3308	11475	62370	9051	68601	-6230
509	3	A	T-	122108	33915	88193	1205	10547	76441	9585	68083	8358
519	3	A	T-	132986	38057	94929	4169	11179	79581	9169	66403	13178
510	3	A	T+	130227	20002	110225	2748	10329	97147	11411	65687	31461
501	3	A	T+	119526	38552	80974	3409	9895	67670	8678	65048	2622
507	4	A	T+	142602	35958	106644	3539	13193	89912	9456	73109	16802
511	4	A	T+	157149	54027	103123	3860	9776	89486	8722	74725	14761
520	4	A	T-	152648	43913	108736	4693	12739	91304	9146	79506	11798
517	4	A	T-	126732	19661	107071	2869	9717	94485	11158	62347	32138
509	4	A	T+	145098	41818	103280	4529	11870	86881	9188	75672	11209
519	4	A	T+	156549	57025	99524	4578	11475	83472	8175	75258	8213
510	4	A	T-	148680	34357	114323	4521	12759	97044	10015	74470	22574
501	4	A	T-	144961	44985	99976	4413	10428	85135	9006	76820	8315

\*Nível: B = baixa oferta (1,5 × Elm); A= alta oferta (1,75 × Elm); Trat = T- = sem tanino; T+ = com tanino