



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

DAYANNE RIBEIRO DO NASCIMENTO

**PARTIÇÃO DA ENERGIA EM OVINOS DESLANADOS SUBMETIDOS A TRÊS
NÍVEIS DE ALIMENTAÇÃO**

FORTALEZA

2023

DAYANNE RIBEIRO DO NASCIMENTO

PARTIÇÃO DA ENERGIA EM OVINOS DESLANADOS SUBMETIDOS A TRÊS
NÍVEIS DE ALIMENTAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de
Graduação em Zootecnia do
Centro de Ciências Agrárias da
Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial à obtenção
do grau de Bacharelado em
Zootecnia.

Orientadora: Prof.^a Dra. Elzania
Sales Pereira

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

N194p Nascimento, Dayanne Ribeiro do.
Partição da energia em ovinos deslanados submetidos a três níveis alimentares /
Dayanne Ribeiro do Nascimento. – 2023.
32 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro
de Ciências Agrárias, Curso de Zootecnia, Fortaleza, 2023.
Orientação: Profa. Dra. Elzania Sales Pereira.

1. Abate comparativo. 2. Balanço de energia. 3. Energia retida. I. Título.

CDD 636.08

DAYANNE RIBEIRO DO NASCIMENTO

PARTIÇÃO DA ENERGIA EM OVINOS DESLANADOS SUBMETIDOS A TRÊS
NÍVEIS DE ALIMENTAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharelado em Zootecnia.

Aprovada em: 07/07/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Elzania Sales Pereira (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dra. Andréa Pereira Pinto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Luciano Pinheiro da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais, Francisca e Batista.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de fazer uma graduação.

À Professora Elzania pela orientação e por todos os ensinamentos durante o período que passei no setor de digestibilidade, colaborando com meu crescimento pessoal e profissional.

Aos professores participantes da banca examinadora Luciano Pinheiro e Andrea Pereira pela disponibilidade, sugestões e colaboração no trabalho.

Aos professores do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, por todos os ensinamentos e incentivo durante toda a graduação.

À coordenação do curso de Zootecnia, em nome do coordenador Luciano Pinheiro, e ao secretário José Clécio, por todo o apoio e auxílio.

Aos membros do Laboratório de Nutrição Animal – LANA, em especial ao Danilo e Dona Rose, pelo apoio na realização das análises laboratoriais e pelos momentos de descontração

Aos meus pais Francisca e Batista por todo o amor e apoio incondicional durante toda minha vida. Obrigado por todos os esforços e dedicação para a conclusão da graduação.

Aos vários amigos que a Zootecnia me proporcionou e que sempre me ajudaram.

Aos meus queridos amigos Amanda, Caio, Evandra, Iuri e Brito obrigada por todo apoio, vocês foram muito importantes para o meu crescimento pessoal e profissional.

RESUMO

O objetivo neste estudo foi determinar a partição de energia em ovinos deslançados alimentados com três níveis de alimentação (manutenção, intermediário e alto). Foi utilizado um conjunto de dados com 114 registros individuais (54 machos não castrados e 60 fêmeas), oriundos de estudos de abate comparativo em que foram determinadas as medidas de consumo de energia bruta (CEB), consumo de energia digestível (CED), consumo de energia metabolizável (CEM), perdas de energia fecal, urinária, por gases e determinação da energia retida. O CEB foi maior ($P < 0,05$) nos níveis intermediário e alto (3,964 e 4,872 Mcal/dia, respectivamente) em comparação com a manutenção (1,706 Mcal/dia). As maiores perdas foram pelo componente fecal, sendo significativas para os níveis intermediário e alto ($P < 0,05$) registrando-se valores de 1,531 e 1,863 Mcal/dia, respectivamente. Em ambos os níveis acima da manutenção não houve diferença significativa para a perda diária de energia ($P > 0,05$) na urina com valores médios de 0,094 Mcal/dia, comparado aos animais alimentados no nível manutenção ($P < 0,05$) com valores médios de 0,046 Mcal/dia. As perdas por gases foram maiores ($P < 0,05$) para os animais alimentados no nível de manutenção (7,92% do CEB), seguidas de 7,73 e 7,65% para os níveis intermediário e alto, respectivamente. As variações nas perdas energéticas na urina foram 2,64, 2,06 e 2,08%; perdas fecais de 34,37, 37,80 e 36,91% para manutenção, nível intermediário e alto, respectivamente. Com o presente estudo foi possível concluir que os níveis de alimentação em manutenção, intermediário e alto nível de consumo influenciam na partição da energia e, conseqüentemente, na energia utilizada para o animal depositar tecidos e crescer. A partir do conhecimento da partição da energia de dietas tropicais foi possível verificar que as maiores perdas de energia ocorrem principalmente pelo componente fecal seguida das perdas por gases.

Palavras-chave: abate comparativo; balanço de energia; energia retida.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the energy partition in hair sheep fed three levels of feed (maintenance, intermediate and high). For energy partitioning a dataset with 114 individual records (54 non-castrated males and 60 females) comprising information from four comparative slaughter studies in which the measurements of gross energy intake (GEI), digestible energy intake (DEI), metabolizable energy intake (MEI), fecal, urinary and gas energy losses and determination of retained energy. GEI was higher ($P < 0.05$) in levels intermediate and high (3,964 and 4,872 Mcal/day, respectively) compared to maintenance (1,706 Mcal/day). The higher losses were through the fecal component, being significant for levels above maintenance ($P < 0.05$) recording for levels intermediate and high the values of 5,531 and 1,863 Mcal/day, respectively. At both levels above maintenance there were no differences ($P > 0.05$) for daily urine energy loss (Mcal/day), with mean values of (0,094 Mcal/day), however lower ($P < 0.05$) in animals fed at maintenance level (0,046 Mcal/day). Gas losses were greatest ($P < 0.05$) for animals fed at maintenance level (7.92% of GEI), followed by 7.73 and 7.65% for levels intermediate and high, respectively. The variations of energy losses in the urine were 2.64, 2.06, and 2.08% fecal losses of 34.37, 37.80, and 36.91% for maintenance intermediate and high levels, respectively. With the present study it was possible to conclude that the levels of feeding in maintenance, intermediate and high level of intake influence the partition and consequently the energy used for the animal to deposit tissues and grow. From the knowledge of the energy partition of tropical diets, it was possible to verify that the most significant energy losses occur mainly by the fecal component followed by gas losses.

Keywords: comparative slaughter; energy balance; retained energy.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	Partição da energia	13
2.2	Métodos para determinar o metabolismo de energia	14
3	MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1	Amostragem de alimentos, sobras, fezes e urina	17
3.2	Procedimento de abate.....	20
3.3	Análises laboratoriais.....	21
3.4	Estimativa de produção de gases	22
3.5	Cálculos dos consumos de energia.....	22
3.6	Composição corporal e determinação da energia retida	23
3.7	Análise estatística.....	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5	CONCLUSÃO	29
	REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

Entender os requerimentos energéticos dos animais é primordial na nutrição de qualquer espécie. A alimentação é comumente reconhecida como o componente de maior custo nos sistemas de produção animal (GARRET; MEYER; LOFGREEN, 1959). Portanto, compreender o metabolismo energético dos animais é crucial para o planejamento da produção, a fim de fornecer dietas balanceadas que atendam precisamente a esses requerimentos (MEDEIROS *et al.*, 2014).

A energia não é considerada um nutriente em si, mas sim um componente disponibilizado pelos alimentos por meio de processos metabólicos. Todos os compostos orgânicos presentes nas rações são suscetíveis à oxidação, resultando na produção de energia (RESENDE; TEIXEIRA; FERNANDES, 2011). Essa energia é derivada da combustão dos nutrientes, que possuem diferentes coeficientes calóricos. Os carboidratos fornecem um total de energia de 4,18 Mcal/kg, proteínas fornecem 5,64 Mcal/kg e os lipídios 9,40 Mcal/kg (LAWRENCE; FOWLER, 2002), assim os lipídios fornecem 2,25 vezes mais energia em relação aos carboidratos. Embora a unidade internacional mais utilizada seja o joule (J), também é comum o uso da caloria (cal) como uma unidade de calor, sendo que uma caloria equivale a 4,184 J (NRC, 1996).

A energia resultante da oxidação dos carboidratos, proteínas e lipídios até dióxido de carbono e água é conhecida como energia bruta (EB). É importante ressaltar que ocorrem perdas energéticas durante a disponibilização da EB no organismo animal, uma vez que nem todos os componentes alimentares são totalmente aproveitados pelo animal, sendo nas fezes as maiores perdas energéticas (SILVA; LEÃO, 1979). Nas fezes, encontramos não apenas resíduo indigerido, mas também perdas endógenas.

A energia digestível (ED) é a quantidade de energia que pode ser efetivamente absorvida e utilizada pelo organismo do animal, obtida a partir da energia bruta ingerida pelo animal menos a energia bruta perdida nas fezes. Após a digestão conceitual ainda há duas perdas significativas, provenientes da energia bruta perdida na urina e gases. Essas perdas são subtraídas da ED obtendo-se a energia metabolizável (EM), que representa a energia disponível de fato para o metabolismo do animal, ou seja, a quantidade de energia que o organismo pode usar para suas funções vitais e atividades.

Além disso, ainda há mais uma perda denominada de incremento calórico (IC), onde esta é subtraída da energia metabolizável, obtendo-se a energia líquida (EL) ou energia recuperada, que leva em consideração o gasto energético adicional para a degradação e metabolização do nutriente e representa a energia que fica disponível para o organismo após a digestão e absorção dos nutrientes (FERREL, 1988). É importante salientar que a energia líquida é facilmente afetada por diversos fatores, tais como o nível de consumo, a frequência de alimentação, o nível e o tipo de concentrado, o uso de aditivos, o tamanho de partícula dos alimentos, o processamento e a taxa de passagem (CAVALCANTI, 2014).

Com os estudos relacionados a partição da energia e o conhecimento para interpretar esta, é possível propor estratégias nutricionais mais eficientes para promover o crescimento, a lactação, o ganho de peso e a reprodução, levando em consideração fatores como o tipo de alimento, os níveis de consumo, as metas de produção e estágio fisiológico dos animais (VAN SOEST, 1994). Além disso, o conhecimento detalhado da partição da energia permite otimizar a formulação de dietas balanceadas, promovendo redução nos custos de produção.

Portanto, objetivou-se avaliar a partição da energia em ovinos deslanados alimentados com três níveis de alimentação, um próximo da manutenção, um nível intermediário e um terceiro com alto nível de consumo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A abordagem sobre energia na esfera biológica iniciou com diversos estudiosos, dos quais destaca-se Leonardo da Vinci, Joseph Priestly e Antonie-Laurent Lavoisier. No entanto, o avanço no entendimento do metabolismo energético dos animais ocorreu somente após o desenvolvimento das leis da termodinâmica e da lei de Hess. A primeira lei da termodinâmica estabelece a premissa de que a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada de uma forma para outra (KLEIBER, 1975). Por outro lado, a segunda lei da termodinâmica, em conjunto com a Lei de Hess, enfatiza que todas as formas de energia podem ser convertidas em calor, e que a perda de calor em uma reação química é inevitável, ou seja, independe dos caminhos de conversão (LAVOISIER, 1862). Essas leis desempenham um papel crucial na compreensão dos processos bioenergéticos e das transformações energéticas em sistemas vivos (FERRELL, 1988).

A energia pode ser definida como o potencial de se realizar trabalho, e é obtida por meio de processos metabólicos, nos quais os compostos orgânicos de uma dieta são oxidados e convertidos em dióxido de carbono e água. Normalmente, a energia é adotada como a unidade básica das demandas nutricionais, com os nutrientes sendo expressos em termos energéticos. Isso ocorre, devido à natureza intrínseca da vida como um processo que consome energia, e os carboidratos, proteínas e lipídios presentes nos alimentos atuam como combustíveis para os processos vitais dos organismos (RESENDE; TEIXEIRA; FERNANDES, 2011).

Cada nutriente possui um equivalente energético diferente, os carboidratos fornecem 4,18 Mcal/kg, as proteínas 5,64 Mcal/kg e os lipídios 9,40 Mcal/kg (LAWRENCE; FOWLER, 2002), assim os lipídios são 2,25 mais energéticos em relação aos carboidratos. A energia adquirida dessa combustão é utilizada pelo organismo animal em duas principais funções: trabalho e produção de calor (VAN SOEST, 1994), sendo armazenada em compostos como ATP, NADH, NADPH e FADH₂, desempenhando um papel essencial em processos metabólicos, tais como a contração muscular, síntese de moléculas, condução de impulsos nervosos e transporte ativo, entre outros (RESENDE; TEIXEIRA; FERNANDES, 2011).

O Joule (J) é a unidade preferencialmente adotada pelo Sistema Internacional para a quantificação da energia. No entanto, também é possível utilizar a caloria, sendo a conversão de uma caloria equivalente à 4,184 J (NRC, 1996). O Joule

representa a quantidade de energia necessária para aplicar uma força de 1 Newton ao longo de uma distância de um metro, enquanto a caloria representa o calor necessário para elevar a temperatura de 1 g de água de 16,5 a 17,5°C. Na prática, a caloria é uma unidade de energia de baixa magnitude, sendo que uma quilocaloria (kcal) equivale a 1.000 calorias e uma megacaloria (Mcal) equivale a 1.000 kcal, sendo esta última mais amplamente utilizada (NRC, 1996).

2.1 Partição da energia

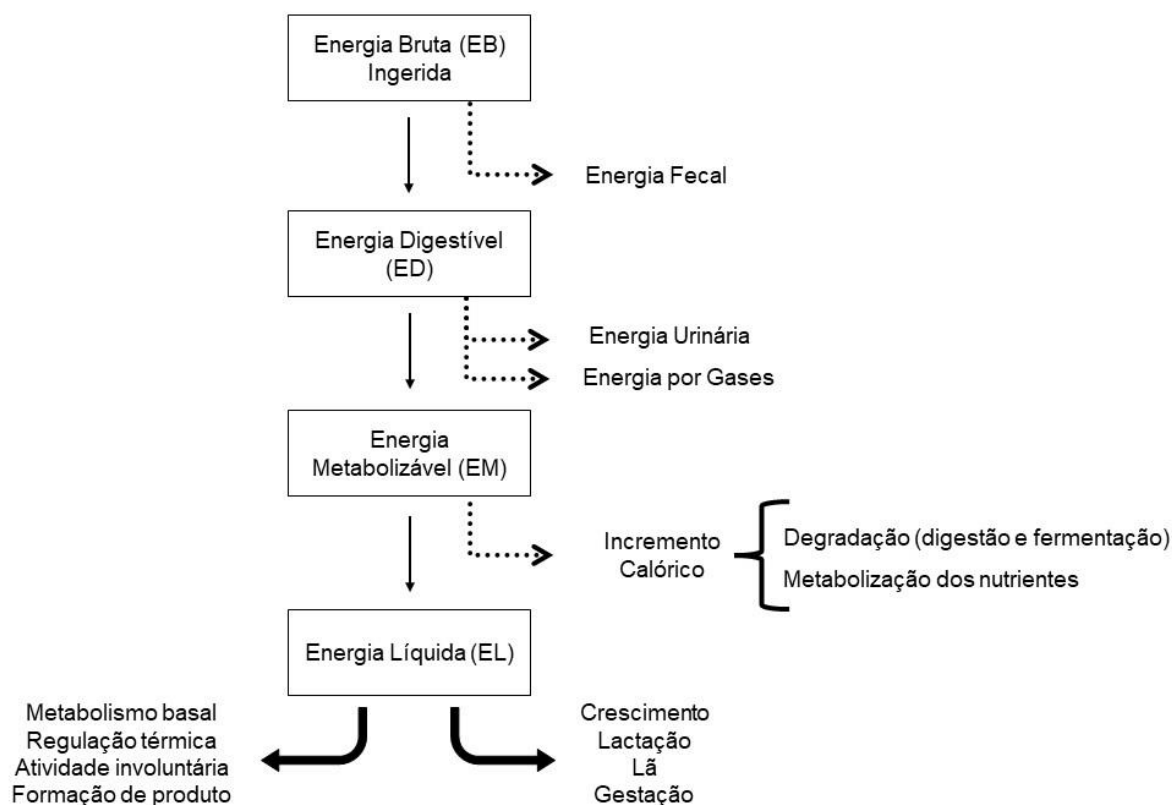
Para uma avaliação mais precisa das demandas energéticas dos animais, é necessário compreender a partição da energia, a fim de adquirir um conhecimento mais aprofundado sobre sua utilização no organismo animal. Isso possibilitará a identificação de estratégias nutricionais mais eficientes por meio da compreensão do aproveitamento da energia proveniente da completa oxidação dos compostos orgânicos presentes nos alimentos. Tal energia é denominada energia bruta (EB). Embora a quantificação total da EB possa ser realizada de maneira relativamente simples por meio de uma bomba calorimétrica, a variabilidade na digestibilidade e no metabolismo dos alimentos impossibilita seu uso na formulação de dietas ou na comparação de rações (FERRELL; OLTJEN, 2008).

Vale ressaltar que nem todos os constituintes do alimento são realmente aproveitados pelo animal (FIGURA 1), onde o indicativo disso é a produção de fezes, que representa a maior perda energética. É importante lembrar que na matéria fecal não estão apenas o resíduo alimentar indigerido, mas contém também, perdas endógenas, como por exemplo, células de descamação do epitélio do trato gastrointestinal e secreções glandulares que ocorrem durante a digestão. A energia perdida nas fezes é subtraída da EB ingerida, obtendo-se a energia digestível (ED) (RESENDE; TEIXEIRA; FERNANDES, 2011).

Uma parte da energia digestível (ED) é perdida na forma de gases, principalmente metano, e na urina. Ao subtrairmos essas perdas da energia digestível, obtemos a energia metabolizável (EM), que representa a energia efetivamente disponível para o metabolismo animal. A energia metabolizável é destinada a múltiplos processos fisiológicos, tais como termogênese, crescimento, conversão em produtos, dentre outras funções (LAWRENCE; FOWLER, 2002; MCLEAN; TOBIN, 1987). É relevante salientar, a existência de uma perda adicional de energia que ocorre no

processo que é denominada incremento calórico (IC), o qual corresponde ao calor produzido durante a degradação e metabolização dos nutrientes. Ao subtrairmos o IC da energia metabolizável, obtemos a energia líquida (EL), que representa a quantidade final de energia disponível para o organismo, sendo possível inferir que tal energia foi retida no corpo do animal.

Figura 1 - Esquema da partição da energia



Fonte: Adaptado de Ferrel (1988).

2.2 Métodos para determinar o metabolismo de energia

Vários estudos sobre a utilização da energia vêm sendo conduzidos ao longo do tempo (BLAXTER; WAINMAN, 1961; GALYEAN *et al.*, 2016; GARRET; MEYER; LOFGREEN, 1959; KLEIBER, 1975; NRC, 1981; VALADARES FILHO *et al.*, 2016; VAN SOEST, 1994) buscando compreender a complexidade do metabolismo energético dos animais, principalmente quando se trata de animais de produção, como os bovinos. Blaxter e Wainman (1961), trouxeram outra perspectiva quanto ao

requerimento de energia nos animais com um estudo comparando ovinos e bovinos, demonstrando que existem diferenças significativas entre espécies. Existem atualmente poucos estudos que abordam as exigências nutricionais específicas de ovinos, particularmente quando se trata de ovinos deslanados. Além disso, os valores obtidos nessas pesquisas são, em geral, bastante variáveis (REGADAS FILHO *et al.*, 2013).

Para determinar as exigências nutricionais de energia existem duas principais abordagens: o método de calorimetria (BLAXTER, 1962) e o abate comparativo (GARRET; MEYER; LOFGREEN, 1959), onde cada método possui vantagens e limitações específicas (NRC, 1996). A calorimetria é um método direto que determina a produção de calor dos animais em um período específico. Nesse método faz-se o uso de câmaras respirométricas ou máscaras faciais respirométricas que, devido ao ambiente controlado permite quantificar com precisão a energia liberada pelo organismo animal alimentado e em jejum (VAN SOEST, 1994), avaliando da energia líquida dos alimentos e o metabolismo animal. Nesse método a produção de calor é estimada a partir da medição do consumo de oxigênio e da produção de gás carbônico e metano, em ambiente controlado (BORGES *et al.*, 2016).

Em 1959, Garrett e seus colaboradores popularizaram o uso de abate comparativo, método que requer a alimentação de animais com diferentes níveis de energia metabolizável, resultando em variações na energia retida no corpo e na produção de calor. Geralmente são utilizados animais em um nível de manutenção (animais alimentados para realizarem apenas funções do seu metabolismo, com leves ganhos ao decorrer de sua vida) e dois múltiplos acima da manutenção (VAN SOEST, 1994). Nessa técnica, ocorre a etapa de adaptação dos animais, seguida pela seleção de um grupo de referência, que são animais abatidos no início do período experimental, para a determinação da energia corporal inicial. Posteriormente, os demais animais são distribuídos em tratamentos experimentais específicos. Ao término do experimento, esses animais também são submetidos ao abate com o intuito de mensurar a energia corporal retida (FERREL, 1988).

Uma das diferenças entre estes dois métodos consiste no fato de que, no método calorimétrico o consumo de energia metabolizável (CEM) e a produção de calor (PC) são mensurados e a energia retida (ER) é determinada por diferença; no abate comparativo, o CEM e a ER são mensuradas e a PC obtida por diferença (FERREL, 1988). Portanto, a escolha do método para estimar as exigências nutricionais de energia em animais depende das características do estudo, dos recursos disponíveis e dos

objetivos de pesquisa.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para partição da energia foi utilizado um conjunto de dados obtidos de estudos de abate comparativo, composto por 114 animais das raças Santa Inês, Morada Nova e cruzamento Santa Inês x Dorper (54 machos não castrado e 60 fêmeas), oriundos dos estudos de Mendes *et al.*, (2021), Herbster, C.J.L. (dados não publicados), Brito Neto, A.S. (dados não publicados) e Rocha, A.C. (dados não publicados). Foram determinadas as medidas de consumo de energia bruta (CEB), consumo de energia digestível (CED), consumo de energia metabolizável (CEM), perdas de energia fecal, urinária, por gases e determinação da energia retida. Os estudos tiveram períodos experimentais de 84, 135, 180 e 212 dias, respectivamente, onde os animais foram pesados semanalmente para o acompanhamento do peso corporal (PC). Em todos os estudos, os animais foram mantidos em confinamento, alojados em baias individuais, providas de comedouro e bebedouro no qual os animais tinham acesso livre à água.

Após um período de adaptação de 15 dias às dietas e as instalações, as dietas foram fornecidas duas vezes ao dia em horários pré definidos, às 8:00 e 16:00 horas, ajustadas diariamente para, aproximadamente 10% de sobras para animais com os níveis de alimentação intermediário e alto. O consumo de matéria seca (CMS) total foi estimado a partir do controle diário da quantidade de ração fornecida e das sobras de cada animal por tratamento. Foram coletadas diariamente as sobras de cada animal experimental antes da oferta matinal, sendo estas pesadas, amostradas nos períodos de coletas de cada estudo e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em freezer a -20°C. Relações entre volumoso:concentrado foram de 60:40 para os estudos de Mendes *et al.*, (2021), Herbster, C.J.L e Rocha, A. C e 50:50 e 75:25 para o estudo de Brito Neto, A. S.

3.1 Amostragem de alimentos, sobras, fezes e urina

Para determinação da digestibilidade dos nutrientes os alimentos, sobras, fezes e urina foram coletados, amostrados e armazenados a -20°C para posteriores análises laboratoriais. As coletas dos estudos de Mendes *et al.*, (2021) e Herbster, C.J.L foram realizadas a cada 15 dias, para o estudo Brito Neto, A. S foram realizadas aos 45, 95 e 175 dias de experimento, e para o estudo de Rocha, A. C aos 45, 60 e

200 dias de experimento.

Nos estudos de Mendes *et al.*, (2021), Herbster, C.J.L e Brito Neto, A.S foram realizadas coletas pontuais tanto de fezes como de urina. As fezes foram coletadas diretamente da ampola retal dos animais durante três dias consecutivos, às 8:00h no primeiro dia, às 12:00h no segundo dia e às 16:00h do terceiro dia. A fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) foi utilizada como indicador interno com o objetivo de estimar a produção total de fezes. A quantidade de FDNi das amostras de fezes, sobras, concentrados e feno foram obtidas conforme a metodologia proposta por Casali *et al.* (2008), onde foram realizadas incubações por 240 horas no rúmen de um bovino alimentado *ad libitum* diariamente com feno de capim Tifton 85 (*Cynodon* sp.), e concentrado à base de milho grão moído e farelo de soja. A incubação foi realizada usando sacos de nylon com porosidade de 50 µm em uma proporção de 15 mg/cm² de amostra por saco (ØRSKOV; MCDONALD, 1979). Após esse período, os sacos foram lavados em água corrente até que a cor da água estivesse totalmente límpida, e posteriormente, foram submetidos à fervura branda durante 1 hora em solução de detergente neutro (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991). Os sacos foram secos em estufa de secagem definitiva a 55°C e posteriormente pesados, obtendo-se por diferença o FDNi. A excreção fecal foi calculada de acordo com a seguinte equação:

$$EF = \left(\frac{FDNi_{\text{ingerido}}}{FDNi_{\text{fecal}}} \right) \times 100$$

onde EF = excreção fecal (kg/dia); FDNi ingerido = fibra em detergente neutro indigestível ingerido (kg/dia); e FDNi fecal = percentual de fibra em detergente neutro indigestível das fezes.

Para o estudo de Rocha, A.C foi realizada coleta total de fezes com o auxílio de bolsas coletoras (FIGURA 2), por um período de 72 horas, obtendo-se de forma direta a produção fecal.

As coletas de urina para os estudos de Mendes *et al.*, (2021), Herbster, C.J.L, Brito Neto, A.S foram realizadas pela coleta de urina *spot*, que corresponde a coleta de urina por micção espontânea, 4 horas após a primeira alimentação, por um período de três dias consecutivos, posteriormente às coletas de fezes. No estudo de Mendes *et al.*, (2021) foram utilizados coletores plásticos adaptados ao corpo dos

animais (FIGURA 3), nos estudos de Herbster, C.J.L e Brito Neto, A.S foram utilizadas bolsas de colostomia descartáveis (FIGURA 4). Para estimativa do volume urinário a concentração de creatinina foi analisada utilizando o método do picrato alcalino (HENRY; CANNON; WINKELMAN, 1974) em espectrofotômetro modelo GTA - 97.

A coleta total de urina no estudo de Rocha, A. C foi realizada com o auxílio de coletores plásticos adaptados ao corpo dos animais (FIGURA 5) por 24 horas, posteriormente às coletas de fezes, obtendo-se volume urinário de forma direta por meio de bureta graduada (FIGURA 6). Em todos os estudos foram coletadas sub amostras de 5 mL de urina, onde estas foram diluídas em 45 ml de solução de H₂SO₄ 0,036 N e armazenadas a -20°C para posterior análise laboratorial.

Figura 2 – Coleta total de fezes com bolsa coletora



Fonte: Rocha (2022).

Figura 3 – Coleta de urina *spot* em machos usando saco plástico



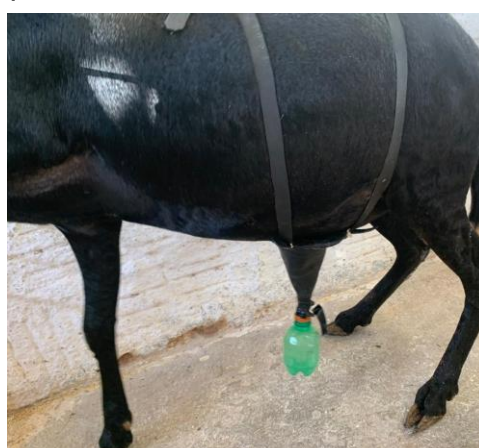
Fonte: Mendes (2018).

Figura 4 - Coleta de urina *spot* em fêmeas usando bolsa de colostomia humana



Fonte: Brito Neto (2020).

Figura 5 – Coleta total de urina em machos usando coletores plásticos



Fonte: Rocha (2022).

Figura 6 – Mensuração do volume urinário total



Fonte: Rocha (2022).

3.2 Procedimento de abate

No início dos períodos experimentais foram escolhidos aleatoriamente um grupo de animais, denominado grupo referência, representativos aos demais animais remanescentes (estudo de Mendes *et al.*, 2021 cinco animais, estudo de Herbster, C.J.L e Brito Neto, A.S quatro animais e estudo de Rocha, A.C seis animais), que foram abatidos para se obter a composição corporal inicial (CCi). Previamente ao abate os animais foram submetidos ao período de jejum de alimentos e água por 18 horas, em seguida foram pesados para a obtenção do peso corporal em jejum (PCJ). No momento do abate, os animais foram insensibilizados, seguido de sangria pela secção da carótida e da jugular, sendo o sangue amostrado e pesado. Após o abate foi feita a esfolagem, evisceração, retirada da cabeça, patas e trato reprodutivo.

O trato gastrointestinal (TGI) foi pesado cheio, lavado, escorrido e, posteriormente, pesado com os demais órgãos (fígado, vesícula biliar cheia e vazia, coração, traqueia + pulmões + língua + esôfago, bexiga cheia e vazia, rins + adrenais, trato reprodutivo, baço), partes do corpo (carcaça, cabeça, sangue, patas e couro) e gordura visceral (omental, mesentérica, cardíaca e perirrenal). O peso de corpo vazio (PCVZ) foi estimado pela diferença do PCj menos o conteúdo do TGI, vesícula biliar e da bexiga. O couro foi amostrado em tiras e congelado. Posteriormente, as

carcaças foram pesadas para a obtenção do peso da carcaça quente (PCQ), logo após a pesagem, foram envolvidas por sacos plásticos, identificadas e resfriadas na temperatura de 4°C, onde permaneceram por 24 horas, sendo novamente pesadas para a obtenção do peso da carcaça fria (PCF). A carcaça foi dividida em duas partes simétricas através do corte longitudinal da coluna vertebral. Todos os componentes do corpo (meia carcaça direita, componentes não carcaça e couro) foram congelados a -20°C, em seguida cortados em pequenos pedaços em uma serra fita e moídos em um *Cutter* industrial.

Após a moagem, as amostras foram homogeneizadas separadamente e coletadas cerca de 500 gramas de cada componente (meia carcaça direita, componentes não carcaça e couro), e novamente congelados para posteriores análises químicas. O mesmo procedimento foi realizado ao fim dos períodos experimentais nos animais remanescentes, obtendo-se a composição corporal final (CCf).

3.3 Análises laboratoriais

Para obter a composição química das dietas experimentais (TABELA 1) os alimentos, foram moídos em moinho de facas tipo Wiley (Wiley mill, Arthur H. Thomas, Philadelphia, PA, USA) utilizando a peneira de 1,00 mm. As amostras foram analisadas para determinar os teores de matéria seca (AOAC, 1990; MS; método número 967,03), proteína bruta (AOAC, 1990; PB; método número 981,10), extrato etéreo (AOAC, 1990; EE; método número 920,29). O teor de fibra em detergente neutro (FDN) foi obtido através da metodologia proposta por Van Soest *et al.* (1991), sendo utilizada a alfa-amilase termoestável sem sulfito de sódio (MERTENS *et al.*, 2002).

A energia bruta dos alimentos, sobras, fezes e urina foram determinadas em bomba calorimétrica adiabática modelo IKA C-200. Para a mensuração da EB, primeiramente as amostras dos alimentos, sobras e fezes foram moídas em moinho de facas tipo Wiley (Wiley mill, Arthur H. Thomas, Philadelphia, PA, USA) utilizando a peneira de 1,00 mm. Foi pesado uma sub amostra de 0,500 mg onde esta foi prensada e mensurada a energia.

Para mensurar a energia da urina, as amostras foram pré secas a 55°C por 72h em estufa de circulação forçada de ar em becker de vidro. Inicialmente

cápsulas de polietileno foram levadas para combustão na bomba calorimétrica para se obter a energia bruta das mesmas. Posteriormente para mensurar a energia bruta da urina (EBU), as amostras pré secas foram colocadas em cápsulas para mensurar a combustão obtendo-se a energia total (urina + cápsula). A diferença do calor de combustão da energia total mensurada, menos a energia bruta da cápsula foi considerada como a energia bruta da urina.

3.4 Estimativa de produção de gases

Para estimar a energia bruta dos gases (EBG) nos estudos foi utilizada a equação proposta por Blaxter e Clapperton (1965):

$$\text{EBG (Mcal/dia)} = \text{CEB} \times [4,28 + (0,059 \times \text{CDEB})]$$

onde, EBG = energia bruta dos gases (Mcal/dia); CEB = consumo de energia bruta (Mcal/dia); CDEB = coeficiente de digestibilidade da energia bruta (%).

A produção de calor foi estimada pela diferença entre consumo de energia metabolizável (CEM Mcal/dia) e energia retida (ER Mcal).

3.5 Cálculos dos consumos de energia

O CEB foi calculado pela diferença entre a energia bruta dos alimentos fornecidos e as sobras, conforme a seguinte equação:

$$\text{CEB} = (\text{EB}_{\text{volumoso}} + \text{EB}_{\text{concentrado}}) - \text{EB}_{\text{sobras}}$$

onde CEB = consumo de energia bruta (Mcal/dia); $\text{EB}_{\text{volumoso}}$ = energia bruta do volumoso (Mcal/dia); $\text{EB}_{\text{concentrado}}$ = energia bruta do concentrado (Mcal/dia); e $\text{EB}_{\text{sobras}}$ = energia bruta das sobras (Mcal/dia).

O CED foi calculado pela diferença entre o CEB e a energia bruta das fezes (EBF), de acordo com a seguinte equação:

$$\text{CED} = \text{CEB} - \text{EBF}$$

onde CED = consumo de energia digestível (Mcal/dia); CEB = consumo de energia

bruta (Mcal/dia); e EBF = energia bruta das fezes (Mcal/dia).

O CEM foi calculado pela diferença entre o CEB e a energia bruta das fezes, da urina e dos gases, conforme a seguinte equação:

$$\text{CEM} = \text{CEB} - (\text{EBF} + \text{EBU} + \text{EBG})$$

onde CEM = consumo de energia metabolizável (Mcal/dia); CEB = consumo de energia bruta (Mcal/dia); EBF = energia bruta das fezes (Mcal/dia); EBU = energia bruta da urina (Mcal/dia); e EBG = energia bruta dos gases (Mcal/dia).

3.6 Composição corporal e determinação da energia retida

Os componentes corporais dos animais foram submetidos à pré secagem em estufa com ventilação forçada a 55°C até atingir peso constante. Posteriormente, as amostras foram analisadas para conteúdo de matéria seca (AOAC, 1990; método 930,15) e, em seguida, a gordura extraída com solvente orgânico em aparelho Soxhlet, durante 12h (AOAC, 1990; método 920,39). Após a extração, as amostras foram moídas em moinho de bola e analisadas para cálculo dos teores de proteína bruta (AOAC, 1990; método 984,13).

Os conteúdos corporais de gordura (CCG) e proteína (CCP) foram determinados em função de suas concentrações percentuais no corpo vazio dos animais. O conteúdo corporal de energia (CCE) foi obtida conforme a equação preconizada pelo ARC (1980), onde o CCG e o CCP foram multiplicados pelos seus respectivos coeficientes calóricos:

$$\text{CCE}_{(\text{Mcal})} = (5,6405 \times \text{CCP}) + (9,3929 \times \text{CCG})$$

onde CCE = conteúdo corporal de energia (Mcal) CCP = conteúdo corporal de proteína (kg); e CCG = conteúdo corporal de gordura (kg).

A energia retida diária foi determinada pela diferença entre o conteúdo corporal de energia final e inicial dividido pela quantidade de dias dos períodos experimentais de cada estudo.

Tabela 1 - Caracterização dos estudos e das dietas experimentais

Estudo	Nível de alimentação	Volumoso	Genótipo	Sexo	Número de observações	PC (kg)	CMS (kg/dia)	Porcentagem na MS		
								PB	EE	FDN
Mendes <i>et al.</i> (2021)	Alto	Feno de Tifton 85	DP x SI	Machos inteiros	10	39,1	1,369	14,2	3,0	49,8
	Intermediário	Feno de Tifton 85	DP x SI	Machos inteiros	10	36,2	0,972	14,2	3,0	49,8
	Mantença	Feno de Tifton 85	DP x SI	Machos inteiros	10	30,6	0,513	14,2	3,0	49,8
C.J.L. Herbster	Alto	Feno de Tifton 85	DP x SI	Fêmeas	8	28,9	1,120	15,8	3,0	45,6
	Intermediário	Feno de Tifton 85	DP x SI	Fêmeas	8	26,2	0,754	15,8	3,0	45,6
	Mantença	Feno de Tifton 85	DP x SI	Fêmeas	8	21,0	0,376	15,8	3,0	45,6
A.S. Brito Neto	Alto	Feno de Tifton 85	SI	Fêmeas	12	22,6	0,818	13,9	3,1	43,0
	Intermediário	Feno de Tifton 85	SI	Fêmeas	12	22,4	0,815	13,4	2,5	56,5
	Mantença	Feno de Tifton 85	SI	Fêmeas	12	16,0	0,297	13,4	2,5	56,5
A.C. Rocha	Alto	Feno de Tifton 85	SI/MN	Machos inteiros	6	32,2	1,151	12,6	2,4	51,4
	Intermediário	Feno de Tifton 85	SI/MN	Machos inteiros	6	32,2	1,057	11,1	2,6	51,5
	Baixo	Feno de Tifton 85	SI/MN	Machos inteiros	6	32,0	1,071	9,2	2,9	51,5
	Mantença	Feno de Tifton 85	SI/MN	Machos inteiros	6	19,5	0,347	12,6	2,4	51,4

Fonte: Próprio autor

DP x SI, Dorper x Santa Inês; SI, Santa Inês; MN, Morada Nova; PC, Peso Corporal; CMS, Consumo de Matéria Seca; PB, Proteína Bruta; FDN, Fibra em Detergente Neutro; EE, Extrato Etéreo.

3.7 Análise estatística

A análise estatística foi realizada no software SAS versão 9.2, utilizando o programa GLM. Foi avaliado o efeito dos níveis de alimentação sobre as variáveis estudadas na partição da energia conforme o seguinte modelo matemático:

$$Y_{jk} = \mu + R_j + e_{jk}$$

onde, Y_{jk} é a variável dependente mensurada no animal ou unidade experimental “k” submetido ao nível alimentar “j”; μ é média geral; R_j = nível alimentar; e_{jk} = o erro aleatório não observado. Para comparação de médias foi utilizado o teste com Tukey com 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nem toda energia pode ser utilizada pelo animal para realizar seus processos metabólicos, pois parte dela é perdida como energia fecal (BLAXTER; WAINMAN, 1961). Uma fração da energia digestível é liberada na forma de gases, principalmente metano, que é produzido durante a fermentação microbiana dos alimentos no trato digestivo (NRC, 1981; VAN SOEST, 1994).

A quantificação da energia bruta presente nas fezes e na urina pode ser realizada de maneira direta por meio da utilização de uma bomba calorimétrica. Com relação as perdas energéticas na forma de gases, essas podem ser estimadas de forma relativamente simples por meio de equações (BLAXTER; CLAPPERTON, 1965), caso não haja disponibilidade de equipamentos respirométricos.

Em valores absolutos (TABELA 2), o CEB foi maior ($P < 0,05$) para os níveis de alimentação intermediário e alto (3,964 e 4,872 Mcal/dia, respectivamente) em comparação ao nível em manutenção (1,706 Mcal/dia). Esse comportamento pode ser facilmente justificado, pois o CEB dos animais acima da manutenção é evidentemente maior, o que está correlacionado com maior disponibilidade de energia para o animal.

As maiores perdas de energia ocorreram pelo componente fecal, sendo significativamente maiores para os níveis intermediário e alto ($P < 0,05$) registrando-se valores de 1,531 e 1,863 Mcal/dia, respectivamente. Em ambos os níveis acima da manutenção não houve diferença ($P > 0,05$) para as perdas diárias de energia na urina (Mcal/dia), com valores médios de (0,094 Mcal/dia), porém essa perda foi menor ($P < 0,05$) em animais alimentados no nível manutenção (0,046 Mcal/dia). Com relação as perdas de energia pela urina, essas ocorrem principalmente devido ao catabolismo de compostos contendo nitrogênio (VANDEHAAR; ST-PIERRE, 2006), além disso, animais alimentados muito próximo ou abaixo da manutenção podem apresentar, além da uréia, maiores quantidades de alantoína e ácido hipúrico, que ocorre quando a proteína é oxidada no organismo, correspondendo a maiores perdas energéticas pela urina (BLAXTER; WAINMAN, 1961).

Tabela 2 - Ineficiências e partição da energia (Mcal/dia) sob diferentes níveis alimentares com seus respectivos intervalos de confiança

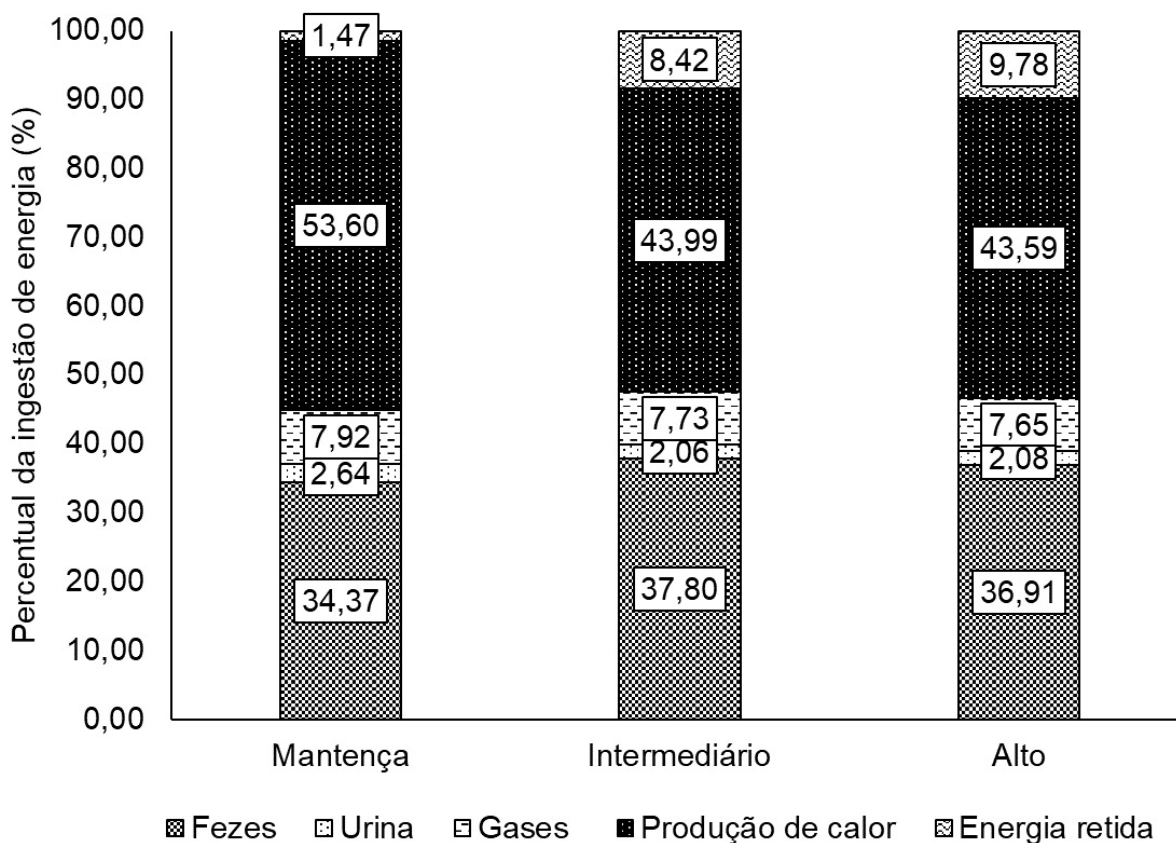
Item	Níveis de alimentação			P - valor
	Mantença	Intermediário	Alto	
CEB	1,706 [1,45; 1,96]	3,964 [3,71; 4,22]	4,872 [4,63; 5,11]	<0,0001
EBF	0,600 [0,42; 0,78]	1,531 [1,35; 1,71]	1,863 [1,70; 2,03]	<0,0001
CED	1,106 [0,93; 1,28]	2,433 [2,25; 2,61]	3,009 [2,84; 3,17]	<0,0001
EBU	0,046 [0,03; 0,06]	0,083 [0,06; 0,10]	0,105 [0,09; 0,12]	<0,0001
EBG	0,138 [0,12; 0,16]	0,313 [0,29; 0,33]	0,386 [0,37; 0,40]	<0,0001
CEM	0,921 [0,77; 1,07]	2,037 [1,88; 2,19]	2,519 [2,38; 2,66]	<0,0001
PCI	0,936 [0,79; 1,08]	1,782 [1,64; 1,92]	2,200 [2,07; 2,33]	<0,0001
ER	0,026 [-0,01; 0,06]	0,341 [0,31; 0,38]	0,493 [0,46; 0,53]	<0,0001

Fonte: Próprio autor

CEB, Consumo de Energia Bruta; EBF, Energia Bruta das Fezes; CED, Consumo de Energia Digestível; EBU, Energia Bruta da Urina; EBG, Energia Bruta dos Gases; CEM, Consumo de Energia Metabolizável; PC, Produção de Calor; ER, Energia Retida.

No presente estudo, a variação nas perdas de energia nos níveis em manutenção, intermediário e alto podem ser explicadas pela clássica lei dos rendimentos decrescentes, na qual pequenos acréscimos no plano alimentar acima da manutenção diminuem consideravelmente as perdas de energia na urina e por gases (VANDEHAAR; ST-PIERRE, 2006). Analisando as perdas proporcionalmente, foi possível perceber maiores perdas energéticas (FIGURA 7) no componente fecal (34,37; 37,80 e 36,91%), seguidas das perdas urinárias (2,64; 2,06 e 2,08%).

Figura 7 - Partição da energia em diferentes níveis alimentares



Fonte: Próprio autor.

Para comparação em medidas proporcionais observa-se que conforme o nível de alimentação aumenta, a energia retida apresenta o mesmo comportamento, dessa forma a produção de calor é comprimida, acarretando uma diluição dos requerimentos de manutenção e conseqüentemente maior retenção de energia em animais de níveis acima da manutenção. Este fato confirma que um animal alimentado em nível de manutenção é ineficiente, devido ao aumento das perdas de energia por produção de calor.

Em níveis dietéticos muito acima da manutenção, a retenção de energia aumenta proporcionalmente com aumento do consumo de energia bruta. A razão para o declínio é em grande parte devido a digestão e a fermentação dos alimentos que diminuem com o aumento da ingestão e aumento na taxa de passagem no trato gastrointestinal dos animais (VAN SOEST, 1994).

5 CONCLUSÃO

Com o presente estudo foi possível concluir que os níveis de alimentação em manutenção, intermediário e alto consumo influenciam na partição e consequentemente, na energia utilizada para o animal depositar tecidos e crescer.

A partir do conhecimento da partição da energia de dietas tropicais é possível verificar que as maiores perdas de energia ocorrem principalmente pelo componente fecal seguida das perdas por gases.

Animais alimentados em nível de manutenção podem ser considerados ineficientes devido a energia ser exclusivamente utilizada para produzir calor.

Quantificar as perdas energéticas é importante para propor estratégias alimentares com finalidades de maximizar a produtividade de animais alimentados com dietas tropicais.

REFERÊNCIAS

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock**. 2. ed. Slough. Commonwealth Agricultural Bureaux. p. 351. 1980.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15. ed. Washington. AOAC, 1990.
- BLAXTER, K. L. Methods of measuring the energy metabolism of animals. *In: The energy metabolism of ruminants*. p.26. 1962.
- BLAXTER, K. L.; CLAPPERTON, J. L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **British Journal of Nutrition**, v. 19, n. 1, p. 511-522, 1965.
- BLAXTER, K. L.; WAINMAN, F. W. The utilization of food by sheep and cattle. **The Journal of Agricultural Science**, v. 57, n. 3, p. 419-425, 1961.
- BORGES, A. L. C. C.; SILVA, R. R.; FERREIRA, A. L.; LAGE, H. F.; VIVENZA, P. A. D.; CARVALHO, P. H. A.; FONSECA, M. P.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. Respirimetria e exigências nutricionais de zebuínos e cruzados de leite, em diferentes níveis de alimentação e estádios fisiológicos. *In: VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, L. F. C.; GIONBELLI, M.P.; ROTTA, P.P.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L PRADOS, L. F. Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-CORTE*. 3. ed. Viçosa. p. 151-262. 2016.
- BRITO NETO, A. S. [**Sem título**]. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza. [202-].
- CASALI, A. O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PEREIRA, J. C.; HENRIQUES, L. T.; FREITAS, S. G.; PAULINO, M. F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, p. 335–342, 2008.
- CAVALCANTI, A. C. **Valor nutricional do feno de *Andropogon gayanus* colhido em diferentes idades**. 2014. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-9L5HUG>. Acesso em: 14 jun. 2023.
- FERREL, C. L. Energy Metabolism. In: CHURCH, D. C. **The ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. 2. ed. New Jersey. Waveland Press. p. 250-268. 1988.
- FERRELL, C. L.; OLTJEN, J. W. ASAS Centennial Paper: Net energy systems for beef cattle - Concepts, application, and future models. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 10, p. 2779-2794, 2008.

GALYEAN, M. L.; COLE, N. A.; TEDESCHI, L. O.; BRANINE, M. E. BOARD-INVITED REVIEW: Efficiency of converting digestible energy to metabolizable energy and reevaluation of the California Net Energy System maintenance requirements and equations for predicting dietary net energy values for beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 4, p. 1329-1341, 2016.

GARRETT, W. N.; MEYER, J. H.; LOFGREEN, G. P. The comparative energy requirements of sheep and cattle for maintenance and gain. **Journal of Animal Science**, v. 18, n. 2, p. 528-547, 1959.

HENRY, R. J.; CANNON, D. C.; WINKELMAN, W. J. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 2. ed. Hagerstown: Harper and Row, 1974.

HERBSTER, C. J. L. [**Sem título**]. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza. [202-].

KLEIBER, M. Energy. In: **The fire of life: an introduction to animal energetics**. 2. ed. Huntingdon. p. 104-129. 1975.

LAVOISIER, A. L. Mémoire Sur La Chaleur. In: **Oeuvres de lavoisier**. Paris. p. 283. 1862.

LAWRENCE, T. L. J.; FOWLER, V. R. Efficiency and Growth. In: **Growth of farm animals**. 2 ed. Wallingford: CAB International. p. 216-228. 2002.

MCLEAN, J. A.; TOBIN, G. **Animal and human calorimetry**. Cambridge University Press: Cambridge, UK, 1987, 336p.

MEDEIROS, A. N.; RESENDE, K. T.; TEIXEIRA, I. A. M. A.; ARAÚJO, M. J.; YÁÑEZ. E. A.; FERREIRA, A. C. D. Energy requirements for maintenance and growth of male Saanen goat kids. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, n. 9, p. 1293, 2014.

MENDES, M. S.; SOUZA, J. G.; HERBSTER, C. J. L.; BRITO NETO, A. S.; SILVA, L. P.; RODRIGUES, J. P. P.; MARCONDES, M. I.; OLIVEIRA, R. L.; BEZERRA, L. R.; PEREIRA, E.S. Maintenance and growth requirements in male Dorper x Santa Ines lambs. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 8, p. 676956, 2021.

MERTENS, D. R.; ALLEN, M.; CARMANY, J.; CLEGG, J.; DAVIDOWICZ, A.; DROUCHES, M.; FRANK, K.; GAMBIM, D.; GARKIE, M.; GILDEMEISTER, B.; JEFFRESS, D.; JEON, C. S.; JONES, D.; KAPLAN, D.; KIM, G. N.; KOBATA, S.; MAIN, D.; MOUA, X.; PAUL, B.; ROBERTSON, J.; TAYLON, D.; THIEX, N.; WILLIAMS, J.; WOLF, M. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feed with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, p.1217–1240, 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Energy. In: **Nutrient requirements of beef cattle**. 7. ed. Washington. National Academy Press. p. 3-15. 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Energy. *In: Nutritional energetics of domestic animals & glossary of energy terms*. 2. Ed. Washington. National Academy Press. p. 1-19. 1981.

ØRSKOV, E. R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v. 92, n. 2, p. 499-503, 1979.

REGADAS FILHO, J. G. L.; PEREIRA, E. S.; PIMENTEL, P. G.; VILLARROEL, A. B. S.; MEDEIROS, A. N.; FONTENELE, R. M. Body composition and net energy requirements for Santa Ines lambs. **Small Ruminant Research**, v. 109, p. 107-112, 2013.

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*. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP. p.111-140. 2011.

ROCHA, A. C. [**Sem título**]. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza. [202-].

SILVA, J. F. C.; LEÃO, M. I. **Avaliação energética dos alimentos**. *In: Fundamentos de nutrição de ruminantes*. p. 247-256. 1979

VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, L. F. C.; GIONBELLI, M.P.; ROTTA, P.P.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L PRADOS, L. F. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-CORTE**. 3. ed. Viçosa. 2016.

VAN SOEST, P. J. Energy Balance. *In: Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. Ithaca. Cornell University Press, p. 385-401. 1994.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583–3597, 1991.

VANDEHAAR, M. J.; ST-PIERRE, N. Major advances in nutrition: Relevance to the sustainability of the dairy industry. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 4, p. 1280-1291, 2006.