



MORGANA DAYANE GROBE

**CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E
COMPONENTES NÃO-CARÇAÇA DE
CORDEIROS EM FUNÇÃO DO CONSUMO
ALIMENTAR RESIDUAL**

LAVRAS – MG

2014

MORGANA DAYANE GROBE

**CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E COMPONENTES NÃO-
CARÇAÇA DE CORDEIROS EM FUNÇÃO DO CONSUMO
ALIMENTAR RESIDUAL**

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

Orientador

Dr. José Camisão de Souza

Coorientadora

Dra. Iraides Ferreira Furusho Garcia

LAVRAS – MG

2014

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Grobe, Morgana Dayane.

Características de carcaça e componentes não-carcaça de
cordeiros em função do consumo alimentar residual / Morgana
Dayane Grobe. – Lavras : UFLA, 2014.

59 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: José Camisão de Souza.

Bibliografia.

1. Composição tecidual. 2. Cortes comerciais. 3. Eficiência
alimentar. 4. Órgãos. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.313

MORGANA DAYANE GROBE

**CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E COMPONENTES NÃO-
CARÇAÇA DE CORDEIROS EM FUNÇÃO DO CONSUMO
ALIMENTAR RESIDUAL**

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

APROVADA em 24 de julho de 2014.

Dra. Iraides Ferreira Furucho Garcia UFLA

Dr. Raimundo Vicente de Sousa UFLA

Dr. Idalmo Garcia Pereira UFMG

Dr. José Camisão de Souza
Orientador

LAVRAS – MG

2014

Ao meu pai Jorge Roberto Grobe

Com amor, dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Medicina Veterinária (DMV), pela oportunidade concedida para a realização do mestrado.

À FAPEMIG, ao CNPq, ao Programa Institucional de Auxílio à Pesquisa de Doutores Recém-Contratados da PRPq e à Fazenda Experimental Prof. Hélio Barbosa da UFMG.

À minha família, especialmente ao meu pai Jorge Roberto Grobe que sempre me apoiou e esteve presente nos momentos bons e difíceis da minha vida. Um pai presente e conselheiro faz tudo ser mais fácil!

Ao meu caríssimo orientador José Camisão de Souza que me ajudou no desenvolvimento da escrita deste trabalho e pelos seus conselhos construtivos, além de ter se tornado um espelho no quesito dedicação (eu ainda falarei inglês de maneira fluente e tão bem quanto o senhor). Valeu por tudo!

A minha querida coorientadora Iraides Ferreira Furusho Garcia que, além de me ajudar na parte técnica, teve um papel importante nos momentos que pensei em desistir de tudo. Obrigada, sempre, por tudo Prof^a Iraides, considero-a e a admiro muito.

Professor Idalmo Garcia Pereira! Obrigada por permitir a realização da minha dissertação, com a ajuda do seu projeto. Sem a sua ajuda, eu não conseguiria!

Colegas de profissão, em destaque a Natália Ludmila Lins Lima! Aprendi muito com você, obrigada de coração por toda a sua ajuda. Pessoal do Grupo de Apoio a Ovinocultura (GAO), vocês são ótimos, obrigada pelas ajudas no laboratório e por poder aprender mais sobre ovinos, com vocês.

Minhas queridas amigas: Francielli Theodoro, Deivid Kelly Barbosa, Eliane Duarte. Amo-as muito! Vocês estarão eternamente em meu coração.

Angelo Felipe Dezevecki, pela ajuda, pelo carinho, paciência, preocupação e todo amor. Obrigada, querido!

E o mais importante de tudo e todos: DEUS!!! Obrigada, pela chance de acordar a cada dia, para que eu seja uma pessoa melhor. E assim será. Amém.

Muito Obrigada!

*“Não te mandei eu? Seja forte e corajoso, não temas, nem te espantes,
porque o Senhor, teu Deus, é contigo por onde quer que andares.”*

Josué 1.9

RESUMO

Conduziu-se este trabalho, com o objetivo de avaliar o consumo alimentar residual (CAR) em cordeiros e estudar sua relação com características da carcaça e componentes não-carcaça. Cordeiros cruzados da raça Dorper (47) de 3 meses de idade foram alocados para dois períodos experimentais de 56 dias cada, após 15 dias de adaptação. Durante o primeiro período, 20 cordeiros (de $25,89 \pm 1,72$ a $43,68 \pm 2,55$ kg de peso corporal) e, no segundo período, 27 cordeiros (de $27,28 \pm 1,87$ a $42,51 \pm 3,59$ kg de peso corporal) foram usados. Quinzenalmente, o peso corporal, a área de olho de lombo e a espessura de gordura subcutânea no nível do *Longissimus dorsi* entre a 12ª e a 13ª costelas foram mensurados. Após o abate, os órgãos internos foram pesados, a carcaça seccionada ao meio e os cortes (pernas, paleta, lombo, costela, carne e pescoço) do lado esquerdo, pesados e suas proporções em relação ao peso da carcaça fria calculadas. O pernil foi dissecado para determinação das proporções de músculo, osso e gordura. O Consumo alimentar residual foi ajustado com medidas da composição corporal no animal vivo (ganho médio diário e peso vivo metabólico médio; CAR1) variando de $-0,148$ kg/d até $0,230$ kg/d (DP= $0,080$ kg/d). O segundo CAR (com ajuste adicional da espessura de gordura subcutânea; CAR2) variando de $-0,130$ kg/dto $0,189$ kg/d (DP= $0,073$ kg/d). Os efeitos das classes de eficiência de CAR1 e 2 (positivo ou menos eficiente, intermediário, negativo ou mais eficiente) no peso e rendimento de carcaça e dos componentes não-carcaça foram analisados pelo procedimento GLM do SAS ® e as médias comparadas pelo teste de Tukey-Krumer em 5% significância. Os pesos da carcaça quente, paleta, lombo e gordura total foram maiores ($P < 0,05$) para a classe CAR1-negativa comparados aos pesos da classe CAR1-mediana ($22,4 \pm 0,4$ e $21,5 \pm 0,4$ g, $2,02 \pm 0,04$ e $1,87 \pm 0,04$ g, $0,48 \pm 0,19$ e $0,41 \pm 0,02$ g, $0,41 \pm 0,02$ e $0,34 \pm 0,02$ g, respectivamente). O peso e o rendimento de lombo foram maiores ($P < 0,05$) para a classe CAR2-negativa comparado àqueles da classe CAR2-mediana ($0,49 \pm 0,02$ g e $0,40 \pm 0,02$ g; $2,27 \pm 0,09$ e $1,95 \pm 0,07$ %). O rendimento de músculo foi diferente somente no CAR2, sendo maior ($P = 0,02$) na classe mediana ($66,05 \pm 0,7$ %), em comparação com a classe positiva ($62,54 \pm 0,9$ %). Componentes não-carcaça não diferiram entre as classes de eficiência nas duas equações de CAR. Apesar de que animais CAR-negativos tenham apresentado menor consumo de alimentar, os valores de carcaça foram adequados, especialmente dos cortes nobres, sendo esse achado importante para a recomendação de seleção genética baseada em CAR.

Palavras-chave: Composição tecidual. Cortes comerciais. Eficiência alimentar. Órgãos.

ABSTRACT

The objective was to evaluate lamb RFI and study its relationship with carcass and non-carcass components. Three month old Dorper crossbred lambs (47), were allocated to two experimental periods of 56 days each, after a 15-d pre experimental period. During the first period, 20 lambs (from 25.89±1.72 to 43.68±2.55 kg of body weight) and in the second period, 27 lambs (from 27.28±1.87 to 42.51±3.59 kg of body weight) were used. Every fifteen days weights were taken and backfat thickness (BT) measured on the *Longissimus dorsi* muscle between the 12nd and the 13th ribs. After slaughter internal organs were weighed, the carcass was split in half and the left-side cuts (hind-legs, shoulder, loin, ribs, rack and neck) weighed and their proportions in relation to the cold carcass weight calculated. Legs were dissected for the determination of muscle, bone and fat proportions. Residual feed intake adjusted for live animal measures of body composition (averages daily gain and metabolic mid-point weight; RFI1) ranged from -0.148 kg d⁻¹ to 0.230 kg d⁻¹ (SD= 0.080 kg d⁻¹). A second RFI (additionally adjusted for gain in ultrasound backfat thickness; RFI2) ranged from -0.130 kg d⁻¹ to 0.189 kg d⁻¹ (SD= 0.073 kg d⁻¹). The effects of RFI1 and 2 efficiency classes (positive or less efficient, intermediate, negative or more efficient) on carcass and non-carcass component weights and yields were analyzed by the GLM procedure of SAS[®] and means compared by the Tukey-Kramer test at 5% significance. Warm carcass, shoulder, loin and total fat weights were greater (P<0.05) for RFI1-negative compared to RFI1-intermediate animals (22.4±0.4 and 21.5±0.4g, 2.02±0.04 and 1.87±0.04g, 0.48±0.19 and 0.41±0.02g, 0.41±0.02 and 0.34±0.02g, respectively). Loin weight and percentage yield were greater (P<0.05) for RFI2-negative compared to RFI2-intermediate animals (0.49±0.02g and 0.40±0.02g, 2.27±0.09 and 1.95±0.07%). Muscle yield was different only in RFI2-classes, such that, it was greater (P=0.02) in intermediate (66.05±0.7%) than in positive animals (62.54±0.9%). Non-carcass components were not different between classes in both RFI equations. Although RFI-negative animals had lower feed intakes, their carcass values were adequate, especially for prime cuts, and this finding underscores the importance of genetic selection based on residual feed intake.

Keywords

Commercial cuts. Feed efficiency. Organs. Tissue composition.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO

Table 1.	Bromatologic and percentage composition of the experimental diet.....	40
Table 2.	Observed and predicted dry matter intakes for RFI efficiency classes.....	43
Table 3.	RFI1 class effect on weight (kg) and yield1 (%) of lamb carcasses. Numbers are least square means \pm standard error of the mean.	44
Table 4.	RFI2 class effect on weight (kg) and yield1 (%) of lamb carcasses. Numbers are least square means \pm standard error of the mean.	45
Table 5.	Effect of RFI1 class on weight (kg) and yields (%) of cold carcass commercial cuts of lambs. Numbers are least square means \pm standard error of the mean.	46
Table 6.	Effect of RFI2 class on weight (kg) and yield (%) of cold carcass commercial cuts of lambs. Numbers are least square means \pm standard error of the mean.	47
Table 7.	Effect of RFI1 class on weight (kg) and yield (%) of hind leg tissue composition in lambs. Numbers are least square means \pm standard error of the mean.....	48
Table 8.	Effect of RFI2 class on weight (kg) and yield (%) of hind leg tissue composition in lambs. Numbers are least square means \pm standard error of the mean.....	49

APÊNDICES

- Tabela 1. Efeito da classe de CAR1 sobre os pesos (kg) e rendimentos (%) dos componentes não-carcaça de cordeiros. Números são médias dos quadrados mínimos \pm erro padrão da média.56
- Tabela 2. Efeito da classe de CAR1 sobre os pesos (kg) e rendimentos (%) dos componentes não-carcaça de cordeiros. Números são médias dos quadrados mínimos \pm erro padrão da média.57
- Tabela 3. Efeito da classe de CAR2 sobre os pesos (kg) e rendimentos (%) dos componentes não-carcaça de cordeiros. Números são médias dos quadrados mínimos \pm erro padrão da média.58
- Tabela 4. Efeito da classe de CAR2 sobre os pesos (kg) e rendimentos (%) dos componentes não-carcaça de cordeiros. Números são médias dos quadrados mínimos \pm erro padrão da média.59

LISTA DE ABREVIATURAS

CAR	Consumo Alimentar Residual
CMS	Consumo de Matéria Seca
CMS _{obs}	Consumo de Matéria Seca Observado
CMS _{pred}	Consumo de Matéria Seca Predito
CMS	Consumo de Matéria Seca
CTG	Conteúdo do Trato Gastrointestinal
E.	Esôfago
EGS	Espessura de Gordura Subcutânea
G.	Gordura
GMD	Ganho Médio Diário
GT	Gordura Total
IMP	Índice da Musculabilidade da Perna
Int+G	Intestino vazio + gordura
MT	Músculos Totais
P.	Pulmão
PCA	Peso corporal ao abate
PCF	Peso de Carcaça Fria
PCQ	Peso de Carcaça Quente
PCVZ	Peso de Corpo Vazio
PPR	Perda Por Resfriamento
PVMM	Peso Vivo Metabólico Médio
RCQ	Rendimento da Carcaça Quente
RCF	Rendimento da Carcaça Fria
Rel.M:G	Relação Músculo:Gordura
Rel.M:O	Relação Músculo:Osso

RV Rendimento Verdadeiro

LISTA DE ABREVIATURAS DO ARTIGO

ADG Average Daily Gain
MIDWT Metabolic Mid-Point Weight
CEUA Animal Research Ethical Committee
CCW Cold Carcass Weight
CCY Cold Carcass Yield
DMI Dry Matter Intake
DMI_{obs} Dry Matter Intake Observed
DMI_{pred} Dry Matter Intake Predicted
DTC Digestive Tract Content
EBW Empty body weight
LBC Losses By Cooling
LMI Leg Muscle Index
M:B Muscle to bone ratio
M:F Muscle to fat ratio
RFI Residual Feed Intake
SBW Slaughter Body Weight
BT Backfat Thickness
TF Total Fat
TM Total Muscle
TY True Yield
WCW Warm Carcass Weight
WCY Warm Carcass Yield

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO 15
2	HIPÓTESE 17
3	REVISÃO DE LITERATURA 18
3.1	Consumo Alimentar Residual 19
3.2	Metodologia para determinação de CAR 22
3.3	CAR associado a características da carcaça e componentes não-carcaça 24
	REFERÊNCIAS 29
	SEGUNDA PARTE- ARTIGO 36
	ARTIGO 1 Residual feed intake (RFI) and carcass and Non-carcass components in lambs 36

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Diversas pesquisas vêm destacando a grande importância da ovinocultura como uma atividade de efetiva expressão econômica. Para que essa atividade permaneça em crescimento e seja cada vez mais próspera, deve-se levar em consideração o custo de produção.

A alimentação é um fator de suma importância para o custo benefício da atividade, por isso, torna-se desejável animais mais eficientes na utilização de alimentos. A eficiência alimentar é a relação entre o ganho de peso (kg) e a quantidade de alimento ingerido (kg), ou seja, pode ser entendida como a eficácia da conversão do alimento ingerido em produtos comerciais, como carne, leite e lã. O consumo alimentar residual é uma medida de eficiência alimentar que auxilia selecionar animais de menor consumo para um determinado ganho de peso fixo, principalmente por possuir uma moderada herdabilidade.

O fato de animais apresentarem menor consumo em relação a animais de maior consumo, com mesmo ganho de peso, é de suma importância econômica, porém deve-se levar em consideração a avaliação da carcaça desses animais, verificando se não há prejuízo nas proporções de cortes comerciais, decorrentes dessa menor ingestão de alimentos. O ideal seria que animais mais eficientes (menor consumo) apresentassem maior rendimento de cortes nobres, como pernil, paleta e lombo. Os componentes não-carcaça também devem ser considerados, já que estes também são considerados uma fonte de renda, porém não devem comprometer o rendimento da carcaça. O que se sabe é que animais selecionados para consumo alimentar residual e classificados como mais eficientes, apresentam menores proporções de órgãos (rúmen, fígado e intestinos) em relação ao peso de corpo vazio (BASARAB et al., 2003).

Além da representatividade econômica, animais mais eficientes para utilização de alimentos podem desempenhar uma função importante na redução do impacto ambiental, por apresentarem menor produção de resíduos, como esterco e metano, em razão do melhor aproveitamento da dieta, em relação aos menos eficientes.

Objetivou-se, neste trabalho avaliar a influência do consumo alimentar residual sobre as características relacionadas à carcaça e aos componentes não-carcaça.

2 HIPÓTESE

As classes de consumo alimentar residual (CAR) 1 e 2 não influenciam as características de carcaça e de componentes não-carcaça.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Eficiência tem por definição a capacidade com que os recursos são transformados em resultados de modo mais econômico possível, ou seja, na produção animal, se refere à habilidade da conversão do alimento ingerido em produtos como carne, leite e lã. Já é reconhecido que existe uma variação na eficiência alimentar em animais de sexo, raça, estado fisiológico e idades distintas, porém os fatores que promovem divergências na utilização do alimento em animais similares e recebendo mesma dieta ainda não são bem esclarecidos (CORVINO, 2010). Sugere-se que animais menos eficientes possuam maiores taxas de catabolismo, o que eleva o gasto energético de manutenção desses animais, diminuindo a disponibilidade de nutrientes para produção (SANTANA, 2009).

Segundo Arthur e Herd (2008), existem diversas mensurações para avaliação da eficiência e desempenho dos animais. Dentre elas se destacam o ganho médio diário (GMD), o peso vivo metabólico médio ($PV^{0,75}$), a eficiência alimentar bruta (EA: relação do GMD pela quantidade de alimento ingerido), conversão alimentar (CA: relação da quantidade de alimento ingerido pelo GMD).

Outra medida que pode ser utilizada na avaliação da eficiência alimentar é o consumo alimentar residual (CAR: diferença entre o consumo observado e o consumo predito para determinado peso e GMD), que pode ser uma ferramenta para selecionar animais de menor consumo e menores exigências de manutenção (BASARAB et al., 2003).

3.1 Consumo Alimentar Residual

O consumo alimentar residual (CAR) ou consumo alimentar líquido é uma medida de eficiência alimentar que é definida como a diferença entre o consumo alimentar observado e o consumo predito de um animal, em função do peso vivo médio metabólico e do ganho médio diário. Essa medida foi primeiramente explorada pelos pesquisadores Koch et al. (1963), os quais propuseram que a eficiência alimentar poderia ser expressa de duas formas: 1) CMS ajustado para diferenças em GMD, 2) GMD ajustado para diferenças em CMS. Para retirar as diferenças em exigências nutricionais, ambas as medidas foram ajustadas para peso vivo metabólico médio. O desvio do valor esperado em relação ao propriamente observado é atribuído a diferenças na utilização do alimento. Valores de desvios negativos são determinados como CAR negativo que se referem a animais de maior eficiência, por consumirem menor quantidade predita para um mesmo peso e ganho em peso, em comparação a animais com consumo alimentar residual positivo. Porém, essas medidas não foram rapidamente acatadas pelos pesquisadores em geral, apenas a partir da década de 90, australianos e canadenses iniciaram as pesquisas com CAR. Mais recentemente, australianos como Arthur, Renand e Krauss(2001) conduziram experimentos avaliando o uso do CAR como critério de seleção, concluindo que parece resultar em animais de menor consumo e menores exigências de manutenção, sem alterar o peso adulto ou ganho de peso.

Considerando a espécie ovina, há escassez em pesquisas com consumo alimentar residual, havendo a necessidade de basear o assunto em informações provenientes também de outras espécies, principalmente a bovina.

O CAR surgiu como uma ferramenta para avaliar as diferenças na eficiência alimentar entre os animais. Porém, Richardson e Herd (2004) ressaltam que há alguns mecanismos fisiológicos que contribuem para variações

no CAR. Os autores destacaram que a digestão contribui em 10% na variação observada no CAR, padrão de alimentação em 2%, incremento calórico associado à digestão em 9%, atividade física em 10%, o “*turnover*” proteico, metabolismo tecidual e estresse contribuem com pelo menos 37% e o transporte de íons juntamente com outros mecanismos até então desconhecidos, contribuiria em 27% da variação no CAR em bovinos. Os mesmos autores avaliaram os processos metabólicos que contribuem para a variação quanto ao CAR e relataram, em animais CAR positivos, maiores teores de alguns metabólitos sanguíneos, tais como: insulina, cortisol e uréia e menores teores de triglicérides. Os autores sugerem que sejam respostas relacionadas à mudança na composição corporal, reciclagem tecidual e na eficiência do uso de nutrientes. Basarab et al. (2003) também comentaram que essas diferenças para CAR entre animais são decorrentes de maior ou menor ingestão de energia metabolizável e a variações nos custos energéticos com manutenção, incremento calórico e atividade física. Almeida (2005) explica que, conforme há um aumento no CAR, uma maior proporção da ingestão de energia metabolizável é direcionada para a produção de calor e uma menor proporção para a retenção de energia.

Em termos de melhoramento genético, uma das vantagens ao selecionar animais com base no CAR é que essa medida de eficiência possui uma herdabilidade classificada como moderada a alta de 0,28 a 0,43 (ARTHUR; RENAND; KRAUSS, 2001; KOCH et al., 1963). No experimento de Arthur et al. (2001), fêmeas de CAR negativo (mais eficientes) foram acasaladas com touros de CAR negativo (mais eficientes) e fêmeas de CAR positivos (menos eficientes) foram acasaladas com touros de CAR positivos (menos eficientes). A progênie oriunda de pais com CAR negativo apresentou o mesmo ganho de peso (1,44 vs 1,40 kg/dia), mesmo peso final (384 vs 381 kg) em comparação à progênie de pais com CAR positivo. As progênies apresentaram valores de CAR de -0,54 e 0,70 kg/d, sendo que os animais CAR negativos consumiram menos

alimento (9,4 vs 10,6 kg de MS) e apresentaram melhor conversão alimentar (6,6 vs 7,8). Aqueles autores concluíram que o consumo alimentar residual é uma característica que auxilia na identificação de animais mais eficientes.

Archer et al. (2002) consideram a existência de uma alta correlação genética entre as características relacionadas com consumo no pós-desmame e na maturidade, indicando que os processos biológicos atuantes na regulação do consumo e eficiência em idades mais jovens são semelhantes em idades mais avançadas. A alta correlação genética entre CAR no pós-desmame e CAR na idade adulta ($r_g=0,98$) permite o uso da seleção genética para aprimorar a eficiência de animais em crescimento e vacas adultas de forma simultânea. Em contradição, Redden et al. (2011) avaliaram ovelhas confinadas em épocas distintas, com intenção de verificar se a eficiência dos animais no pós-desmame corresponde à eficiência no sobreano. Os autores não encontraram correlação entre as duas fases avaliadas e sugerem que o teste de eficiência no pós-desmame possa não resultar em animais mais eficientes em teste, quando adultos.

Em termos de eficiência produtiva, animais CAR negativos possuem composição corporal diferente de animais CAR positivos. Tal afirmação partiu dos resultados de Basarab et al. (2003) e Nkrumah et al. (2004) em experimento com bovinos, que determinaram correlações positivas entre CAR e deposição de gordura na carcaça, variando de 0,30 a 0,14 e correlações negativas para a deposição muscular com variação de -0,22 a -0,21, afirmando que animais ineficientes possuem maior deposição de gordura na carcaça e animais eficientes maior deposição de músculo na carcaça. Esse fato tem sido uma preocupação entre os pesquisadores, já que poderá levar à depreciação na qualidade da carcaça desses animais considerados mais eficientes. Como sugestão para solucionar esse problema, Lanna e Almeida (2004) consideram que o consumo predito seja calculado também em função da espessura de gordura subcutânea.

Além do consumo alimentar residual proporcionar melhorias em termos de melhoramento genético e eficiência produtiva, a seleção baseada no CAR pode reduzir o impacto ambiental com a diminuição da produção de esterco e metano. De acordo com Herd et al. (2002), cerca de 8% a 14% da energia digestível é eliminada via gás metano por parte dos ruminantes. Nkrumah et al. (2006) verificaram em bovinos, que animais eficientes (CAR negativos) emitiram 28% menos metano na atmosfera do que animais menos eficientes. Okine et al. (2003) observaram que a emissão de metano dos animais mais eficientes foi 5% menor que dos animais menos eficientes e a produção de esterco foi maior nos animais menos eficientes (24,0 e 26,5 kg/dia).

Como desvantagem ou limitação em se utilizar o CAR, tem-se o alto custo para mensurar o consumo individual (HERD; ARCHER; ARTHUR, 2003). A partir disso, Lanna e Almeida (2004) sugerem duas fases para a seleção de CAR: primeiramente os animais poderiam ser selecionados com base em indicadores fisiológicos e/ou marcadores moleculares; em seguida, numa segunda fase, apenas os mais eficientes serem submetidos à avaliação de desempenho.

3.2 Metodologia para determinação de CAR

O CAR é uma medida calculada de forma individual, sendo que o período ideal para a obtenção mais precisa não deve ser inferior a 70 dias para bovinos de raças européias (ARCHER; ARTHUR; HERD, 1997) e de até 60 dias para ovinos (KNOTT et al., 2008). Essa diferença é decorrente do desenvolvimento corporal ser mais rápido na espécie ovina em comparação à bovina.

Os animais devem ser mantidos em baias individuais ou em grupos, registrando, diariamente, as quantidades de alimento fornecido e recusado, e o

ganho médio de peso. Se os animais forem mantidos em grupo na mesma baia, recomenda-se verificar o consumo individual com o uso de equipamentos especializados, como, por exemplo, o *Grow-Safe* (OKINE et al., 2004; SAINZ; GUEDES; GOMES, 2006).

Segundo Okine et al. (2004), o ganho de peso de um grupo de animais deve ser medido e modelado por regressão, em função de determinado intervalo de tempo para a obtenção de uma curva de crescimento de cada animal que permita o cálculo do peso inicial, ganho médio diário (GMD), peso vivo médio (PVM) e o peso final.

Ao término do período de alimentação, o consumo alimentar residual é calculado como a diferença entre o consumo de matéria seca observado (CMS_{obs} kg/dia) e o consumo de matéria seca predito (CMS_{pred}). A determinação do consumo predito ou estimado pode ser feita, a partir de bases de dados de nutrição como o National Research Council- NRC (2007) ou por regressão do consumo em função do tamanho corporal e velocidade de crescimento, procedimento que torna o CAR independente das características produtivas (GMD e PVMM). O método de regressão tem sido o mais utilizado na obtenção de CAR, segundo o seguinte modelo (ARTHUR; RENAND; KRAUSS, 2001):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 GMD + \beta_2 PVMM + \epsilon_i$$

em que:

Y_i = consumo de matéria seca predito para o animal i ;

β_0 = intercepto da regressão;

β_1 = coeficiente de regressão parcial sobre GMD;

β_2 = coeficiente de regressão parcial sobre PVMM;

ϵ_i = erro residual do consumo predito do animal i .

Com o objetivo de melhorar o coeficiente de determinação da regressão, pesquisadores franceses utilizaram um modelo de estimativa que inclui, além do PVMM e GMD, mensurações da composição corporal dos animais (deposição de músculo e gordura entre a 12^a e 13^a costela), proporcionando melhor padronização da cobertura de gordura da carcaça (FRANÇOIS et al., 2002).

3.3 CAR associado a características da carcaça e componentes não-carcaça

A carcaça tem grande importância comercial, estando o seu valor diretamente ligado ao rendimento e qualidade da porção comestível. O rendimento está relacionado à quantidade e distribuição dos músculos, ossos e gordura (CORVINO, 2010). Para Luchiari Filho (2000), uma carcaça de boa qualidade e rendimento deve possuir maior proporção de músculos, o mínimo de ossos e uma quantidade adequada de gordura que garanta ao produto condições de manuseio e palatabilidade. Além da carcaça, alguns componentes não-carcaça também são porções comestíveis, já que estes representam 40% do peso corporal de ovinos (GASTALDI et al., 2000) e apresentam contribuição na alimentação humana, bem como uma fonte de renda adicional, considerando a importância de incluir a avaliação desses componentes nos estudos.

Em pesquisas (ARCHER et al., 1999; HERD; ARCHER; ARTHUR, 2003) verificou-se que animais mais eficientes (CAR negativos) tendem a apresentar carcaças mais magras, com menor acabamento e com menor gordura intramuscular, além de menor teor de gordura na cavidade abdominal. Lawrie (1981) ressalta que a gordura subcutânea depositada na carcaça tem como principais funções o isolamento térmico e a diminuição da velocidade do resfriamento.

Richardson et al.(2001) sugerem que a seleção para CAR altera a composição corporal, principalmente da gordura subcutânea. Em adição, sabe-se

que a concentração do hormônio leptina está associada ao aumento da gordura e foi negativamente correlacionada ($r = -0,40$) com o CAR, onde animais mais eficientes apresentaram maior concentração desse hormônio (RICHARDSON et al., 2004).

Arthur, Archer e Johnston(2001) estimaram que as diferenças na composição corporal contribuíram para 5% da variação genética do CAR e que a deposição de gordura subcutânea na 12^a/13^a costelas foi, positivamente, relacionada com o CAR ($r = 0,17$). Santana (2009) explica que essas diferenças na composição corporal podem ser um reflexo das mudanças no metabolismo dos tecidos em resposta ao estresse, ou seja, animais menos eficientes podem ser mais susceptíveis ao estresse. Sendo assim, uma das respostas metabólicas dos animais quando submetidos ao estresse é a maior demanda energética para suprir um gasto provido pela agitação desses animais. Portanto, isso se deve a uma tentativa do organismo em suprir essa maior demanda energética, acarretando a uma maior quebra tecidual das reservas corporais, ocasionando menor eficiência na deposição de tecidos.

O conhecimento dos pesos e rendimentos dos principais cortes da carcaça possibilita a interpretação do desempenho animal (MACEDO, 1998). Sousa (1993) comenta que os cortes nobres da carcaça ovina são a perna, paleta e lombo. Osório et al. (2002) ressaltam em relação aos cortes da carcaça ovina, que a paleta e a perna possuem desenvolvimento precoce, e costelas, lombo e pescoço possuem desenvolvimento tardio. Moreno et al. (2010) ressaltam que apesar do lombo ser um corte nobre, tem o desenvolvimento mais tardio da carcaça ovina. No sistema de cortes, Reis et al. (2001) observaram que os cortes podem ser agrupados de acordo com as regiões anatômicas: cortes de primeira, que compreendem a perna e o lombo; de segunda, a paleta e as costelas; e de terceira, com costelas descobertas, baixos e pescoço.

A relação dos cortes comerciais da carcaça ovina com consumo alimentar residual não está totalmente elucidada, em razão da escassez de estudos. Sabe-se que os cortes sofrem influência do genótipo do animal (FURUSHO-GARCIA et al., 2009) e que o ritmo de crescimento muscular dos cortes é distinto entre raças ou grupos genéticos, verificando que a paleta em cordeiros Santa Inês teve um ritmo de crescimento maior que em cordeiros Bergamácia. Souza Júnior et al. (2009) complementam que os cortes não crescem de maneira proporcional, cada um tem seu ritmo de crescimento em determinada fase da vida do animal, explicando o fato dos cortes serem classificados em “primeira” e “segunda” categorias. Os mesmos autores verificaram em animais Dorper x Rabo largo, que a paleta possui desenvolvimento mais precoce em relação ao peso de carcaça fria, e desenvolvimento mais tardio da costela em animais Dorper x Santa Inês.

Bueno et al. (2000) verificaram que os rendimentos dos cortes da carcaça apresentaram variação em decorrer do aumento da idade dos animais, com diminuição do traseiro, aumento do costilhar e sem alteração do dianteiro, mostrando que o aumento da idade de abate diminui a porcentagem de cortes mais nobres da carcaça. Animais submetidos à sistema de pastejo possuem, proporcionalmente, maior proporção dos cortes de dianteiro e costilhar, em comparação a animais terminados em sistema de confinamento, que apresentam maior proporção dos cortes de traseiro (DÍAZ et al., 2002).

Em bovinos, Bonilha et al. (2009) avaliaram o consumo alimentar residual em relação aos cortes comerciais, no qual não detectaram diferenças significativas para os pesos de carcaça entre animais de CAR negativo e positivo. Animais mais eficientes para CAR apresentaram menor proporção de ponta-de-agulha (12,9 vs 13,9) em relação aos menos eficientes, e maior proporção de traseiro especial (46,6 vs 45,6) que animais CAR positivo. Corvino (2010) não observou diferenças significativas no rendimento dos cortes cárneos

comerciais com base no CAR, concluindo que o consumo alimentar residual pode ser utilizado como ferramenta na seleção de animais mais eficientes na utilização de alimentos, sem afetar, negativamente, o rendimento dos cortes. Zorzi (2011) também não encontrou efeito significativo nos cortes comerciais em animais CAR positivo e CAR negativos, sugerindo que o consumo alimentar residual tenha pouca ou nenhuma relação com as características da carcaça, e considera que se torna interessante selecionar animais com CAR negativo pelo fato de não trazer prejuízos à carcaça.

Entre os cortes, a perna é considerada o mais nobre das carcaças ovinas, por possuir o maior acúmulo de massas musculares (MONTEIRO et al., 1999). Portanto, a composição tecidual da mesma é característica de suma importância para a avaliação da qualidade da carcaça (MONTEIRO et al., 2000). Garcia et al. (2003) avaliaram o efeito de três níveis de energia (2,6; 2,8 e 3,0 Mcal EM/kg MS) sobre os pesos e rendimentos dos cortes, além da composição tecidual e musculabilidade da carcaça de cordeiros alimentados em *creepfeeding*. Observaram que animais submetidos à ingestão de 3,0 Mcal EM/kg MS tiveram maior rendimento de costela (6,70%) e maiores pesos de gordura intermuscular (115g) da perna. Já Galvani et al. (2014), avaliando o consumo alimentar residual de cordeiros confinados em relação às características da carcaça (peso da carcaça quente e fria; rendimento; espessura de gordura); composição tecidual da perna e componentes não-carcaça (Proporções de rúmen-retículo, abomaso, intestino delgado, fígado, rins e depósitos de gordura em relação ao peso de corpo vazio) não observaram diferenças significativas para nenhum dos parâmetros para CAR positivo e negativo.

Em bovinos, Richardson et al. (2001), avaliando novilhos oriundos de pais selecionados para CAR positivo e negativo, observaram que os filhos de pais CAR negativos, também foram negativos (-0,15 kg/d) e os filhos de pais CAR positivos, também foram positivos (0,16 kg/d). Observaram que a carcaça

das progênes CAR negativo tiveram menor proporção de gordura em relação ao peso vivo final (9,9 vs 11,3 kg) em relação aos menos eficientes. Além disso, a proporção dos órgãos externos (pele, cabeça, cascos e cauda), em relação ao peso vivo final, foram maiores em animais CAR negativo (13,2 vs 12,8 kg), bem como a proporção de ossos também foi superior em animais CAR negativo (10,73 vs 10,27 %). Basarab et al. (2003) encontraram valores para CAR negativo e positivo (-0,75vs0,69kg/dia), respectivamente. Verificaram que animais de CAR negativo apresentaram vísceras menores: fígado (6,06 kg), estômago e intestinos (45,05 kg), gordura renal (8,82 kg) em comparações aos menos eficientes (6,57kg; 48,73kg, 10,23 kg respectivamente). Além disso, os animais mais eficientes apresentaram carcaças mais magras em relação aos menos eficientes. Gomes (2009), avaliando o CAR em relação a características da carcaça, peso do trato gastrointestinal e da gordura (TGI), peso das vísceras (TGI vazio, coração, pulmões, fígado, rins e pâncreas), observou apenas diferença estatística para massa de gordura no trato gastrointestinal, em que animais CAR negativo (-0,80 kg/d) tiveram menor peso (30,5 kg), em relação aos animais CAR positivo (0,91 kg/d), com peso (36,8 kg) de gordura no TGI.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. **Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento**. 2005. 181p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2005.

ARCHER, J. A.; ARTHUR, P. F.; HERD, R. M. Optimum postweaning test for measurement of growth rate, feed intake, and feed efficiency in British breed cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75, n.8, p.2024-2032, Aug. 1997.

ARCHER, J.A. et al. Genetic variation in feed intake and efficiency of mature beef cow and relationships with postweaning measurements. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: 7WCGALP, 2002.1 CD-ROM.

ARCHER, J. A.et al. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.50, n. 2, p. 147-161, Jan. 1999.

ARTHUR, P. F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 79, n. 11, p. 2805-2811, Nov. 2001.

ARTHUR, P.F. et al. Response to selection for net feed intake in beef intake. In: THE ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF ANIMAL BREEDING, 14., 2001, Queenstown. **Proceedings...** Queenstown: Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics, 2001. p.135-138.

ARTHUR, P.F.; HERD, R.M. Residual feed intake in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, p. 269-279, jul. 2008. Número especial.

ARTHUR, P.F.; RENAND, G.; KRAUSS, D. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 68, n. 2, p. 131-139, Mar. 2001.

BASARAB, J.A. et al. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 83, n. 2, p. 189-204, Feb. 2003.

BONILHA, S.F. M. et al. Effects of residual feed intake on carcass characteristics of Nelore bulls. In: ASDA-ASAS JOINT MEETING, 1., 2009, Toronto. **Anais...** Toronto: FASS, 2009. 1CD-ROM.

BUENO, M. S. et al. Características de carcaças de cordeiros Suffolk abatidos em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.29, n.6, p.1803-1810, 2000.

CORVINO, T.L.S. **Caracterização do consumo alimentar residual e relações com desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore**. 2010. 84f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

DÍAZ, M.T. et al. Use of concentrate or pasture for fattening lambs and its effect on carcass and meat quality. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.43, n.3, p. 257-268, 2002.

FRANÇOIS, D. et al. Genetic parameters of feeding traits in meat sheep. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: WCGALP, 2002. p. 233-236.

FURUSHO-GARCIA, I. F. et al. Estudo alométrico dos tecidos da carcaça de cordeiros Santa Inês puros ou mestiços com Texel, Ile de France e Bergamácia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 3, p. 539-546, mar. 2009.

GALVANI, D.B. et al. Growth performance and carcass traits of early-weaned lambs as affected by the nutritional regimen of lactating ewes. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 120, n. 1, p. 1-5, July 2014.

GARCIA, C.A. et al. Medidas objetivas e composição tecidual da carcaça de cordeiros alimentados com diferentes níveis de energia em *Creep Feeding*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.32, n.6, p.1380-1390, nov./dez. 2003.

GASTALDI, K. A. et al. Influência de diferentes relações volumoso: concentrado e peso de abate de cordeiros confinados: 3., componentes do peso vivo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SBZ, 2000. 1 CD-ROM.

GOMES, R. C. **Metabolismo protéico, composição corporal, características de carcaça e qualidade de carne de novilhos Nelore (Bos indicus) em função de seu consumo alimentar residual**. 2009. 93f. Tese (Doutorado em Qualidade e Produtividade Animal) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

HERD, R. M.; ARCHER, J. A.; ARTHUR, P. F. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: opportunity and challenges to application. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.81, n.1, p.9-17, Jan. 2003.

HERD, R. M. et al. Potential to reduce greenhouse gas emissions from beef production by selection for reduced residual feed intake. In: WORLD CONGRESS OF GENETIC APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 31., 2002, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier, 2002. p.281-284.

KNOTT, S. A. et al. The use of different models for the estimation of residual feed intake (RFI) as a measure of feed efficiency in meat sheep. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 143, n. 1/4, p. 242-255, May 2008.

KOCH, R. M. et al. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 22, p. 486-494, 1963.

LANNA, D.P.;ALMEIDA, R. Residual feedintake, um novo critério para seleção? In:SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5., 2004, Pirassununga. **Anais...Pirassununga**, 2004.1 CD-ROM.

LAWRIE, R. **Developments in meat science**.London: Elsevier Applied Science, 1981.v. 2, 254 p.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. São Paulo: R. Viera, 2000. 134p.

MACEDO, F.A.F. **Desempenho e características de carcaças de cordeirosCorriedale e mestiços Bergamácia x Corriedale e Hampshire Down x Corriedale, terminados em confinamento**. 1998.72p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

MONTEIRO, A. L. G. et al. Avaliação da compacidade e da composição tecidual das carcaças de cordeiros alimentados em creepfeeding. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 2000. 1 CD-ROM.

MONTEIRO, A.L.G. et al. Pesos e rendimentos dos cortes e órgãos de cordeiros confinados alimentados com polpa cítrica. **Revista Unimar Ciências**, Marília, v.8, n.1, p.97-100, 1999.

MORENO, G.M.B. et al. Rendimentos de carcaça, composição tecidual e musculosidade da perna de cordeiros alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar em dois níveis de concentrado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**,Belo Horizonte,v. 62, n. 3, p. 686-695, jun.2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants:** sheep, goats, cervids, and new world camelids. 6th ed. Washington: National Academy, 2007. 384 p.

NKRUMAH, J. D. et al. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 8, p. 2451-2459, Aug. 2004.

NKRUMAH, J. D. et al. Relationships of feedlot, feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 1, p. 145-153, Jan. 2006.

OKINE, E. K. et al. Residual feed intake and feed efficiency: differences and implications. In: FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 15., 2004, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 2004. p. 27-38.

OKINE, E. K. et al. Residual feed intake: what is it and how does it differ from traditional concepts of feed utilization. In: CANADIAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE CONFERENCE, 1., 2003, Saskatoon. **Proceedings...** Saskatoon: Canadian Society of Animal Science, 2003. p. 10-13.

OSÓRIO, J. C. S. et al. **Qualidade, morfologia e avaliação de carcaças.** Pelotas: UFPEL, 2002. 197p.

REDDEN, R.R. et al. Residual feed efficiency established in a post-weaning growth test may not result in more efficient ewes on the range. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 96, n. 2/3, p. 155-159, Apr. 2011.

REIS, W. et al. Características de carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo grãos de milho conservados em diferentes formas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 4, p. 1308-1315, 2001.

RICHARDSON, E. C. et al. Body composition and implications for heat production of Angus steers progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 41, n. 7, p. 1065-1072, Oct. 2001.

RICHARDSON, E. C. et al. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. **Animal Production Science. Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 44, n. 5, p. 441-452, June 2004.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle: 2., synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.44, n. 5, p.431-440, June 2004.

SAINZ, R. D.; GUEDES, C. F.; GOMES, R. C. Residual feed intake, feed efficiency and its implications on meat quality. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 2006, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Suprema, 2006. p. 345-360.

SANTANA, M.H.A. **Relação do consumo alimentar residual e conversão alimentar com características de carcaça, perfil metabólico e sanguíneo de touros da raça nelore.** 2009. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

SOUSA, O.C.R. **Rendimento de carcaça, composição regional e física dapaleta e quarto em cordeiros RomneyMarsh abatidos aos 90 e 180 dias de idade.** 1993. 102p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1993.

SOUZA-JÚNIOR, A. A. O. et al. Estudo alométrico dos cortes da carcaça de cordeiros cruzados Dorper com as raças Rabo Largo e Santa Inês. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.10, n.2, p.423-433, abr./jun. 2009.

ZORZI, K. **Consumo alimentar residual e relações com características nutricionais e de qualidade da carne em bovinos nelores.** 2011. 71p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

SEGUNDA PARTE- ARTIGO

ARTIGO 1 Residual feed intake (RFI) and carcass and Non-carcass components in lambs

Artigo segundo as normas da revista *Small Ruminant Research*.

Residual Feed Intake (RFI) and Carcass and Non-Carcass Components in Lambs

M.D. Grobe^a, N.L.L. Lima^b, J.C. Souza^c, I.F. Furusho-Garcia^d, I.G. Pereira^e

^aDepartamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG 37200-000, Brasil. Corresponding author, morganagrobe@hotmail.com.

^{b,e}Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG31270-901, Brasil

^{c,d} Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG 37200-000, Brasil

Abstract

The objective was to evaluate lamb RFI and study its relationship with carcass and non-carcass components. Three month old Dorper crossbred lambs (47), were allocated to two experimental periods of 56 days each, after a 15-d pre experimental period. During the first period, 20 lambs (from 25.89±1.72 to 43.68±2.55 kg of body weight) and in the second period, 27 lambs (from 27.28±1.87 to 42.51±3.59 kg of body weight) were used. Every fifteen days weights were taken and backfat thickness (BT) measured on the *Longissimus dorsi* muscle between the 12nd and the 13th ribs. After slaughter internal organs were weighed, the carcass was split in half and the left-side cuts (hind-legs, shoulder, loin, ribs, rack and neck) weighed and their proportions in relation to the cold carcass weight calculated. Legs were dissected for the determination of muscle, bone and fat proportions. Residual feed intake adjusted for live animal measures of body composition (averages daily gain and metabolic mid-point weight; RFI1) ranged from -0.148 kg d⁻¹ to 0.230 kg d⁻¹ (SD= 0.080 kg d⁻¹). A second RFI (additionally adjusted for gain in ultrasound backfat thickness; RFI2) ranged from -0.130 kg d⁻¹ to 0.189 kg d⁻¹ (SD= 0.073 kg d⁻¹). The effects of RFI1 and 2 efficiency classes (positive or less efficient, intermediate, negative or more efficient) on carcass and non-carcass component weights and yields were analyzed by the GLM procedure of SAS[®] and means compared by the Tukey-Kramer test at 5% significance. Warm carcass, shoulder, loin and total fat weights were greater (P<0.05) for RFI1-negative compared to RFI1-intermediate animals (22.4±0.4 and 21.5±0.4g, 2.02±0.04 and 1.87±0.04g, 0.48±0.19 and 0.41±0.02g, 0.41±0.02 and 0.34±0.02g, respectively). Loin weight and percentage yield were greater (P<0.05) for RFI2-negative compared to RFI2-intermediate animals (0.49±0.02g and 0.40±0.02g, 2.27±0.09 and 1.95±0.07%). Muscle yield was different only in RFI2-classes, such that, it was greater

($P=0.02$) in intermediate ($66.05\pm 0.7\%$) then in positive animals ($62.54\pm 0.9\%$). Non-carcass components were not different between classes in both RFI equations. Although RFI-negative animals had lower feed intakes, their carcass values were adequate, especially for prime cuts, and this finding underscores the importance of genetic selection based on residual feed intake.

Keywords

Commercial cuts; Feed efficiency; Organs; Tissue composition

1. Introduction

In order to optimize productivity in sheep farming, the selection of more feed efficient animals is in great demand, especially to lower feed costs. Firstly, as proposed by Koch et al. (1963), residual feed intake (RFI) is a handy tool for achieving productivity improvements, because it is an alternative feed efficiency measure, which is able to distinguish animals with superior diet conversion and the consequent lower intake in relation to weight gain. Residual feed intake is calculated by the difference between the actual observed intake and the predicted intake, estimated as a function of the metabolic mid-point weight and the average daily weight gain (Arthur et al., 2001). Thus, RFI-positive animals are considered less efficient and RFI-negative more efficient in terms of feed utilization. Nkrumah et al. (2004) and Basarab et al. (2003) reported positive correlations, ranging from 0.14 to 0.30, between RFI and fat deposition, indicating that RFI-negative animals deposit less fat, which leads to greater carcass quality losses. François et al. (2002) suggested that RFI should also be calculated including backfat thickness, in order to standardize the carcasses. The objective was to evaluate the relationship of RFI of feedlot lambs with carcass and non-carcass component characteristics and the effect of backfat thickness adjustment.

2. Materials and methods

2.1. Animals and experimental diet

The experiment was carried out at the research unit “Fazenda Experimental Professor Hélio Barbosa”-Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Igarapé – MG, between October of 2013 and January of 2014. Three month old Crossbred Dorper (1/2) non-castrated male lambs (n=47), were allocated to two experimental periods. During the first period, 20 animals weighing from 25.89 ± 1.72 to 43.68 ± 2.55 kg were used. In the second period animals (n=27) weighed from 27.28 ± 1.87 to 42.51 ± 3.59 kg. Lambs were kept in individual stalls and spent 15 days on a pre-experiment period and 56 days in each the experimental period. Animals were kept under a routine endoparasite control program (GORDON and WHITLOCK, 1939).The experimental procedures were carried out after approval (122/2012) from the Animal Research Ethical Committee (CEUA/UFMG).

The experimental diet met the NRC (2007) requirements for 300g/day average gains for lambs at that age. The forage to concentrate ratio was 35:65, offered *ad libitum* at 8:00 AM and 5:00 PM. Chopped Tifton hay was the only forage offered. Total feed offered and orts were weighed at each daily feeding (table 1).

Table 1. Bromatologic and percentage composition of the experimental diet.

Ingredients	%	Chemical Components	%
Sodium bicarbonate	0.5	Calcium (%)	0.72
Limestone	0.3	ME (Mcal/kg)	2.68
Dicalcium phosphate	0.3	Ether Extract (%)	2.74
Ground cornseed	37.4	ADF (%)	16.59
Ovinofós®*	1.0	NDF (%)	32.66
Salt	0.5	Total phosphorus (%)	0.46
Soybean meal	25.0	TDN (%)	73.51
Tifton hay	35.0	Crude Protein (%)	19.32
	100.0	Met. Protein (%)	13.63

*Mineral Mix: Ovinofós Núcleo Produção® - Tortuga Companhia Zootécnica Agrária. Minimum levels/kg – P: 61 g; Ca: 267 g; S: 35 g; Co: 20 mg; Mn: 2000 mg; Cu: 350 mg; F: 610 mg; Se: 23 mg; Mg: 20 g; Cr: 60 mg; Mo: 500 mg; Zn: 6000 mg; Fe: 3000 mg; I: 80 mg.

2.2. Body weight, feedstuff and ort measurements

Animals were weighed every fifteen days, after fasting, to monitor weight gain up to the end of the experiment at 56 days. Diet ingredients were sampled every fifteen days, homogenized into a single sample for chemical analyses. Orts were collected and weighed before each morning feeding. Orts collected for fifteen days from each animal were homogenized and a single resulting sample frozen for bromatological analyses.

2.3. Slaughtering, cuts and non-carcass component handling

An 18h solid fasting was imposed before slaughter. Afterwards, animals were weighed to determine slaughter bodyweight (SBW). After electric stunning animals were exsanguinated at the jugular vein. Organs from the thoracic and abdominal cavities were individually weighed and emptied when necessary.

Heart, kidney and omental fat were weighed. A total of 40 samples were processed. The digestive tract content was used for empty body weight determination (EBW): “SBW – digestive tract content”, which was later used to calculate non-carcass component proportions. Warm carcass weight (WCW), warm carcass yield ($WCY = WCW/SBW \times 100$) and true yield ($TY = WCW/EBW \times 100$) were recorded. Carcasses were kept at 4°C for 24 hours and cold carcass yield calculated ($CCY = CCW/SBW \times 100$). Next, carcasses were split in half and the left side used for the following commercial cuts: neck, shoulder, ribs, rack, loin and hind-leg, according to Santos et al.(2001).Cuts were weighed and their yields calculated in relation to the cold carcass weights (n=46).Losses by cooling were calculated [$LBC = (WCW - CCW/WCW) \times 100$].

2.4. Tissue composition of the hind-leg

Forty two left hind-legs were dissected according to the methodology of Purchas et al. (1991).Muscles adjacent to the femur (semimembranous, semitendinous, biceps femoris, quadriceps femoris and adductor) were weighed. Total fat, total bone, femur length and weight, total muscle, muscle:fat and muscle:bone ratios, and leg muscle index [$LMI = (\text{Square root of the five femur muscles weights/femur length})/\text{femur length}$] were evaluated.

2.5. Residual feed intake determination

According to the methodology from Koch et al. (1963), the residual feed intake (RFI) was calculated as the difference between the observed and the predicted dry matter intake (DMI). The observed dry matter intake (DMI_{obs}) was calculated by the difference between the total feed offered and the orts. The predicted dry matter intake (DMI_{pred}) was calculated by regression of the DMI_{obs}

as a function of the metabolic mid-point weight ($MIDWT^{0.75}$) and the average daily weight gain (ADG) of each animal. The ADG was obtained by the regression of the individual live body weights on the experimental period. The metabolic mid-point weight ($MIDWT^{0.75}$), was obtained by the ADG estimated by regression until half of the experimental period and the initial weight, $MIDWT = [(initial\ weight + 28*ADG)]^{0.75}$. For RFI1 the following equation was obtained: $DMI_{pred} = -0.4010 + 1.9548\ ADG + 0.0770\ MIDWT$ ($R^2=0.80$). For RFI2 the variable backfat thickness (BT) was included and the equation was: $DMI_{pred} = -0.4771 + 1.8524\ ADG + 0.0718\ MIDWT + 0.4434\ BT$ ($R^2=0.83$).

Based on RFI1 and 2, lambs were divided into three efficiency classes: RFI-positive ($> 0.5*$ standard error of the mean – less efficient), RFI-intermediate (± 0.5 standard error of the mean, average efficiency), and RFI-negative ($< 0.5*$ standard error of the mean- more efficient), according to Nhrumah et al. (2004).

2.6. Statistical analyses

All analyses were performed using the SAS[®] (Cary, NC, USA) statistical package. Data were submitted to analyses of variance by the GLM procedure and means compared by the Tukey-Krumer test at 5% significance. Animals were blocked by slaughter date (2) and the final weight was used as covariate. The model included effects of treatment (RFI classes), block and animal within treatment as the random error term as independent variables and the remaining as dependent.

3. Results

3.1. Lamb performance

The average observed and predicted RFI1 and RFI2 dry matter intakes are shown in table 2. RFI1 values ranged from -0.148 kg d^{-1} to 0.230 kg d^{-1} such that, the least efficient consumed 0.378 kg d^{-1} in excess of that consumed by the most efficient animals. RFI2-intake values ranged from -0.130 kg d^{-1} to 0.189 kg d^{-1} , so that, the least efficient animals ingested 0.319 kg d^{-1} more than the more efficient ones.

Table 2. Observed and predicted dry matter intakes for RFI efficiency classes.

RF1	Positive	N*	Intermediate	N	Negative	N
DMI _{obs} ¹	1.441±0.05	14	1.221±0.04	19	1.160±0.06	14
DMI _{pred} ²	1.314±0.04	14	1.216±0.03	19	1.298±0.04	14
RF2	Positive	N	Intermediate	N	Negative	N
DMI _{obs}	1.361±0.06	12	1.243±0.04	20	1.231±0.05	15
DMI _{pred}	1.269±0.04	12	1.240±0.03	20	1.309±0.04	15

*Number of animals

¹Dry Matter Intake observed (kg d⁻¹)

²Dry Matter Intake predicted (kg d⁻¹)

3.2. Carcass characteristics

Warm carcass weight was greater ($P=0.047$) for RFI1-negative animals compared to intermediate and similar to that of positive animals (table 3). Moreover, losses from cooling and backfat thickness were similar between all RFI classes.

Table 3. RFI1 class effect on weight (kg) and yield1 (%) of lamb carcasses. Numbers are least square means \pm standard error of the mean.

Carcass Characteristics	RFI1 classes*			Prob. ² P=
	Positive	Intermediate	Negative	
SBW	43.807 \pm 1.03	42.622 \pm 0.73	44.951 \pm 0.81	0.083
EBW	39.530 \pm 0.95	38.438 \pm 0.66	40.709 \pm 0.74	0.062
DTC	4.151 \pm 0.21	3.959 \pm 0.19	4.021 \pm 0.21	0.817
% DTC	10.580 \pm 0.54	10.349 \pm 0.47	9.953 \pm 0.54	0.717
WCW	22.197 \pm 0.55 ^{ab}	21.051 \pm 0.39 ^b	22.373 \pm 0.43 ^a	0.047
CCW	21.392 \pm 0.54	20.446 \pm 0.38	21.625 \pm 0.42	0.082
WCY	50.565 \pm 0.63	49.411 \pm 0.44	49.824 \pm 0.49	0.384
CCY	48.819 \pm 0.61	47.988 \pm 0.43	48.117 \pm 0.48	0.596
TY	56.030 \pm 0.79	54.796 \pm 0.55	55.018 \pm 0.62	0.508
LBC	3.409 \pm 0.31	2.841 \pm 0.22	3.411 \pm 0.24	0.142
BT	0.341 \pm 0.03	0.270 \pm 0.02	0.344 \pm 0.03	0.122

SBW= Slaughter body weight; EBW= Empty body weight; DTC= Digestive tract content; WCW= Warm carcass weight; CCW= Cold carcass weight; WCY= Warm carcass yield; CCY= Cold carcass yield; TY= True yield; LBC = Loss by cooling; BT= backfat thickness (*Longissimus dorsi*).

* Positive: >0.36 ; Intermediate: -0.039 to 0.036 and Negative: <-0.039

¹⁻ Yield- Digestive tract weight divided by the empty body weight

²⁻ Probability, P value. Distinct letters in the same line indicate statistical difference ($P<0.05$)

When the RFI2 equation is used, no differences on carcass parameters are detected, indicating that there was no negative influence of RFI and that the carcasses were uniform between the RFI2 classes after the inclusion of backfat thickness in the equation (table 4).

Table 4. RFI2 class effect on weight (kg) and yield1 (%) of lamb carcasses. Numbers are least square means \pm standard error of the mean.

Carcass Characteristics	RFI2 classes*			Prob. ² P=
	Positive	Intermediate	Negative	
SBW	44.106 \pm 1.05	42.745 \pm 0.66	44.860 \pm 0.80	0.125
EBW	39.678 \pm 0.99	38.691 \pm 0.62	40.499 \pm 0.75	0.183
DTC	4.202 \pm 0.20	3.845 \pm 0.17	4.156 \pm 0.20	0.332
% DTC	10.751 \pm 0.52	9.952 \pm 0.44	10.370 \pm 0.51	0.502
WCW	22.157 \pm 0.59	21.333 \pm 0.37	22.260 \pm 0.45	0.232
CCW	15.437 \pm 0.41	14.527 \pm 0.26	14.698 \pm 0.31	0.238
WCY	50.112 \pm 0.65	49.904 \pm 0.41	49.670 \pm 0.49	0.860
CCY	48.566 \pm 0.62	48.323 \pm 0.39	47.991 \pm 0.47	0.745
TY	55.731 \pm 0.81	55.135 \pm 0.50	55.017 \pm 0.61	0.774
LBC	3.022 \pm 0.33	3.125 \pm 0.21	3.376 \pm 0.25	0.649
BT	0.321 \pm 0.04	0.298 \pm 0.02	0.333 \pm 0.03	0.678

SBW= Slaughter body weight; EBW= Empty body weight; DTC= Digestive tract content; WCW= Warm carcass weight; CCW= Cold carcass weight; WCY= Warm carcass yield; CCY= Cold carcass yield; TY= True yield; LBC = Loss by cooling; BT= backfat thickness (*Longissimus dorsi*).

* Positive: >0.36 ; Intermediate: -0.029 to 0.036 and Negative: <-0.029

¹⁻ Yield- Digestive tract weight divided by the empty body weight

²⁻ Probability, P value. Distinct letters in the same line indicate statistical difference ($P<0.05$)

3.3. Commercial cuts

Shoulder weight was greater ($P=0.022$) in RFI1-negative compared to intermediate animals, however it was similar to RFI1-positive animals. RFI1-negative animals had greater loin weight than RFI1-intermediate, but similar to RFI1-positive animals (table 5).

Table 5. Effect of RFI1 class on weight (kg) and yields (%) of cold carcass commercial cuts of lambs. Numbers are least square means \pm standard error of the mean.

Cuts	RFI1 classes*			Prob. ¹ P=
	Positive	Intermediate	Negative	
Shoulder	1.952 \pm 0.04 ^{ab}	1.866 \pm 0.03 ^b	2.021 \pm 0.04 ^a	0.022
%Shoulder ²	9.485 \pm 0.17	9.187 \pm 0.15	9.383 \pm 0.16	0.402
Neck	0.792 \pm 0.06	0.817 \pm 0.05	0.933 \pm 0.06	0.241
% Neck	3.833 \pm 0.29	4.032 \pm 0.26	4.328 \pm 0.29	0.510
Rack	1.707 \pm 0.06	1.683 \pm 0.05	1.754 \pm 0.06	0.675
% Rack	8.304 \pm 0.27	8.275 \pm 0.24	8.094 \pm 0.27	0.827
Hind Leg	3.075 \pm 0.09	2.993 \pm 0.08	3.268 \pm 0.09	0.087
%Hind Leg	14.908 \pm 0.27	14.699 \pm 0.24	15.133 \pm 0.27	0.447
Loin	0.414 \pm 0.01 ^{ab}	0.405 \pm 0.01 ^b	0.479 \pm 0.01 ^a	0.012
% Loin	2.013 \pm 0.09	1.991 \pm 0.08	2.230 \pm 0.09	0.104
Rib	0.909 \pm 0.03	0.909 \pm 0.03	0.963 \pm 0.03	0.487
% Rib	4.437 \pm 0.26	4.191 \pm 0.23	4.470 \pm 0.26	0.656

* Positive: >0.36 ; Intermediate: -0.039 to 0.036 and Negative: <-0.039

¹ Probability, P value. Distinct letters in the same line indicate statistical difference ($P<0.05$)

² Yield- cut weight divided by the cold carcass weight.

RFI2 class animals, although consuming less dry matter, had greater ($P=0.003$) loin weight than RFI2-intermediate and positive animals (table 6). Additionally, loin proportion was greater ($P=0.021$) for RFI2-negative than intermediate, but similar to that of positive animals.

Table 6. Effect of RFI2 class on weight (kg) and yield (%) of cold carcass commercial cuts of lambs. Numbers are least square means \pm standard error of the mean.

Cuts	RFI2 classes*			Prob. ¹ P=
	Positive	Intermediate	Negative	
Shoulder	1.948 \pm 0.04	1.888 \pm 0.03	2.006 \pm 0.04	0.124
%Shoulder ²	9.434 \pm 0.16	9.275 \pm 0.14	9.359 \pm 0.16	0.767
Neck	0.791 \pm 0.06	0.815 \pm 0.05	0.931 \pm 0.06	0.221
% Neck	3.819 \pm 0.28	4.005 \pm 0.24	4.345 \pm 0.28	0.414
Rack	1.717 \pm 0.06	1.693 \pm 0.05	1.734 \pm 0.06	0.873
% Rack	8.316 \pm 0.26	8.301 \pm 0.22	8.052 \pm 0.26	0.705
Hind Leg	3.093 \pm 0.09	3.005 \pm 0.08	3.242 \pm 0.09	0.174
%Hind Leg	14.940 \pm 0.27	14.714 \pm 0.23	15.106 \pm 0.26	0.515
Loin	0.419 \pm 0.01 ^b	0.399 \pm 0.01 ^b	0.483 \pm 0.01 ^a	0.003
% Loin	2.036 \pm 0.08 ^{ab}	1.948 \pm 0.07 ^b	2.265 \pm 0.08 ^a	0.021
Rib	0.939 \pm 0.03	0.906 \pm 0.03	0.933 \pm 0.03	0.772
% Rib	4.534 \pm 0.26	4.212 \pm 0.22	4.373 \pm 0.26	0.643

* Positive: >0.36 ; Intermediate: -0.029 to 0.036 and Negative: <-0.029

¹ Probability, P value. Distinct letters in the same line indicate statistical difference ($P<0.05$).

² Yield- cut weight divided by the cold carcass weight.

3.4. Hind leg tissue composition

Total fat was greater ($P=0.047$) for the RFI1-negative animals compared to intermediate, but similar to that of positive animals (table 7).

Table 7. Effect of RFI1 class on weight (kg) and yield (%) of hind leg tissue composition in lambs. Numbers are least square means \pm standard error of the mean.

Tissue composition	RFI1 classes*			Prob. ¹ P=
	Positive	Intermediate	Negative	
Hind leg	3.141 \pm 0.13	2.972 \pm 0.09	3.241 \pm 0.10	0.133
TM	1.979 \pm 0.08	1.957 \pm 0.06	2.110 \pm 0.07	0.221
% TM ²	63.068 \pm 1.07	65.850 \pm 0.79	65.190 \pm 0.89	0.159
TF	0.401 \pm 0.02 ^{ab}	0.339 \pm 0.02 ^b	0.410 \pm 0.02 ^a	0.047
% TF	12.650 \pm 0.75	11.436 \pm 0.55	12.648 \pm 0.63	0.227
Bone	0.499 \pm 0.02	0.432 \pm 0.02	0.467 \pm 0.02	0.157
% Bone	15.914 \pm 0.56	14.507 \pm 0.41	14.403 \pm 0.47	0.137
M:B Ratio	7.546 \pm 0.26	7.621 \pm 0.19	7.789 \pm 0.22	0.756
M:F Ratio	3.056 \pm 0.25	3.544 \pm 0.18	3.179 \pm 0.21	0.214
LMI	0.465 \pm 0.01	0.463 \pm 0.01	0.467 \pm 0.01	0.935

TM = Total muscle; TF = Total fat; M:B = Muscle to bone ratio; M:F = Muscle to fat ratio; LMI = Leg muscle index

* Positive: >0.36 ; Intermediate: -0.039 to 0.036 and Negative: <-0.039

¹ Probability, P value. Distinct letters in the same line indicate statistical difference ($P<0.05$).

² Yield- tissue weight divided by the hind leg weight

Muscle yield was greater ($P=0.019$) in intermediate RIF2 compared to positive animals and similar between RIF2 negative and intermediate and positive animals (table 8).

Table 8. Effect of RFI2 class on weight (kg) and yield (%) of hind leg tissue composition in lambs. Numbers are least square means \pm standard error of the mean.

Tissue composition	RFI2 classes*			Prob. ¹ P=
	Positive	Intermediate	Negative	
Hind leg	3.179 \pm 0.12	3.018 \pm 0.09	3.171 \pm 0.11	0.441
TM	1.984 \pm 0.08	1.994 \pm 0.06	2.055 \pm 0.07	0.755
% TM ²	62.545 \pm 0.94 ^b	66.055 \pm 0.68 ^a	64.889 \pm 0.80 ^{ab}	0.019
TF	0.409 \pm 0.02	0.348 \pm 0.02	0.399 \pm 0.02	0.132
% TF	12.729 \pm 0.72	11.575 \pm 0.52	12.565 \pm 0.61	0.312
Bone	0.497 \pm 0.02	0.449 \pm 0.01	0.454 \pm 0.02	0.355
% Bone	15.666 \pm 0.53	14.884 \pm 0.38	14.294 \pm 0.45	0.162
M:B Ratio	7.583 \pm 0.24	7.548 \pm 0.18	7.848 \pm 0.21	0.514
M:F Ratio	3.032 \pm 0.24	3.487 \pm 0.17	3.206 \pm 0.20	0.277
LMI	0.468 \pm 0.01	0.462 \pm 0.01	0.467 \pm 0.01	0.866

TM = Total muscle; TF = Total fat; M:B = Muscle to bone ratio; M:F = Muscle to fat ratio; LMI = Leg muscle index

* Positive: >0.36 ; Intermediate: -0.029 to 0.036 and Negative: <-0.029

¹- Probability, P value. Distinct letters in the same line indicate statistical difference ($P < 0.05$).

²- Yield- tissue weight divided by the hind leg weight

3.5. Non carcass components

Despite the differences in dry matter intake, non-carcass component weights did not differ between RFI1 and 2 efficiency class. Organ and fat weight (kg) and yield (%) overall means were: Rumen (0.761 \pm 0.09); % Rumen (1.96 \pm 0.02); Reticulum (0.143 \pm 0.03); % Reticulum (0.37 \pm 0.07); Omasum (0.118 \pm 0.02); % Omasum (0.30 \pm 0.05); Abomasum (0.262 \pm 0.05); % Abomasum (0.67 \pm 0.13); Intestines (2.052 \pm 0.33); % Intestines (5.3 \pm 0.76); Omental Fat (0.876 \pm 0.25); % Omental Fat (2.25 \pm 0.66); Liver (0.821 \pm 0.12); % Liver (2.11 \pm 0.23); Heart (0.169 \pm 0.02) % Heart (0.44 \pm 0.03); Heart Fat (0.088 \pm 0.03);

% Heart Fat (0.23 ± 0.07); Kidneys (0.132 ± 0.02); % Kidneys (0.34 ± 0.04); Kidney Fat (0.271 ± 0.09); % Kidney Fat (0.69 ± 0.24); Pancreas (0.055 ± 0.01); % Pancreas (0.14 ± 0.04); Spleen (0.082 ± 0.02); % Spleen (0.21 ± 0.04); Lungs + Diaphragm (0.575 ± 0.07); % Lungs + Diaphragm (1.48 ± 0.18); Esophagus + Trachea (0.294 ± 0.06); % Esophagus + Trachea (0.76 ± 0.15).

4. Discussion

Residual feed intake has been used to determine more efficient animals in the utilization of feedstuffs, that is, lower intake animals gaining similar weight as more efficient animals. However, carcass characteristics must be taken into account, so that no losses in quality of specific cuts or general composition traits occur that may be related to lower feed intake.

According to Basarab et al. (2003) and Nkrumah et al. (2004), when the RFI1 equation is applied there is a negative correlation between RFI and carcass fat deposition. Thus, RFI1-negative carcasses may be depreciated (leaner) by a lower fat content in comparison to intermediate and positive classes. However, when there is an adjustment for backfat thickness, as in RFI2, carcasses become more standardized among RFI efficiency classes.

For RFI1 carcass characteristics, warm carcass weight was higher in negative than intermediate, but similar to positive animals. This shows that the reduced intake did not influence negatively this characteristic, which was not true for intermediate animals. In RFI2, there was no efficiency class effect on the characteristics studied, which may have been the result of increased carcass standardization, in spite of intake divergences. In the literature available (Bonilha et al., 2009; Sobrinho et al., 2013; Zorzi et al., 2013), carcass trait similarities could be observed between RFI efficiency classes, suggesting that RFI has low or no relationship with carcass characteristics. The general concept

it is to select RFI-negative animals, since no carcass loss is detected. The lack of efficiency class carcass differences in RFI2 compared to RFI1 may indicate that the adjustment for backfat thickness represents an improvement for the former method.

Shoulder and loin weights in RFI1-negative animals were higher compare to intermediate and similar to positive animals. Those results indicate that animals that eat less, which is desirable from an economic stand point, show more noble cuts weight, underling the importance of RFI based selection. In this case, it is preferable to select lower intake animals which proportionately produce more desirable cut weights. Loin weight was higher for RFI2-negative animals compared to intermediate and positive animals, which were similar between each other. Loin yield in relation to cold carcass weight was higher in negative animals compared to intermediate and similar to that of positive animals. In relation to commercial cuts, lower intake animals based on RFI, were more efficient, thus, contributing to selection processes and showing potential economic benefits to producers. Bonilha et al. (2009) reported that RFI efficient animals had greater proportion of noble cuts, stating that there are differences between RFI efficiency classes, similar, in part, to the present findings.

Total hind leg fat was lower in RFI1-intermediate, although eating more, than in negative animals. Unexpectedly, total hind leg fat was similar between RFI1-positive, which had higher intake, and negative animals; this was not observed between the RFI2-classes, which demonstrates an improvement when there is an adjustment for backfat thickness. Muscle yield was higher in RFI2-intermediate in comparison to positive animals and similar to that of negative. Differently, Galvani et al (2014) did not find differences in the hind leg muscle, bone and fat proportions between RFI efficiency classes they studied. The leg muscle index (LMI) reflects well the muscle:carcass bone ratio, such that, the

higher the LMI the higher the proportion of meat in the carcass. No differences in leg muscle index could be found between RFI1 and 2 models, indicating carcass similarity for these characteristics.

For commercial cuts and tissue composition, RFI negative and positive animals had similar values, with the exception of loin weight. It is possible that variables not controlled in this experiment, which affected animals in different ways within RFI class, may have caused intermediate animals to not express their true intake, influencing the expected results. Perhaps, the intermediate animals would have entered a different RFI class. Another problem that may have affected the expected outcome occurred during the slaughter in the first experimental period, in which, a power surge took place for nearly five hours. This may have caused different cooling temperatures between the two periods, altering carcass weights and yields. Perhaps, in the absence of these problems, result might have been even more favorable for RFI-negative in comparison to positive animals.

As for non-carcass components, either RFI1 or 2 classes did not show any difference in organ yields in relation to EBW. It would be expected that more efficient animals had lower rumen, liver and intestine weights, since they ingested less feed, which consequently should have resulted in lower metabolism or function in these organs compared to those of the less efficient animals. Similarly, Galvani et al. (2014) did not find differences in non-carcass components between RFI efficiency classes. On the other hand, Basarab et al. (2003) reported that RFI-negative animals had lower liver, stomach, renal fat and intestine weights relative to less efficient animals.

Since there were no differences in weight and organ yield, it would be critical to evaluate whether the yield for these organs may not have influenced carcass yield, which was not the case in this trial, in which the RFI-classes were similar in this respect. However, in lower intake animals, the nutrient flux was

enough to guarantee no loss in noble cut weights, compared to the other intake classes.

Considering the results observed, the RFI2 equation may suit better commercial sheep beef production, since it is desirable to process more uniform carcasses, especially in terms of fat content to assure quality. From an economic stand point it is desirable to have lower intake (more efficient) animals with commercially valuable carcasses.

5. Conclusion

Residual feed intake efficiency class influenced carcass characteristics, but not non-carcass components. RFI1 and 2-negative or lower intake animals had superior carcass, commercial cuts and hind leg tissue composition values, which confirms that it is viable to select animals based on RFI criteria because it assures better feed utilization. For growing lambs destined to slaughter, the RFI2 equation adjusted for backfat thickness was better, since it enhanced carcass standardization between RFI efficiency classes.

Acknowledgements

To FAPEMIG, to CNPq, to the National Program of Recently-Hired Doctors Research Aid of PRPP and to the staff at the Prof. Hélio Barbosa research farm at UFMG.

References

Arthur, P.F., Renand, G., Krauss, D., 2001. **Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls**. *Livest. Prod. Sci.* 68, 131-139.

Basarab, J.A., Price, M.A., Aalhus, J.L., Okine, E.K., Snelling, W.M., Lyle, K.L., 2003. **Residual feed intake and body composition in young growing cattle.** *Can. J. Anim. Sci.* 83, 189–204.

Bonilha, S.F.M., Branco, R.H., Alleoni, G.F., Castilhos, A.M., Figueiredo, L.A., Razook, A.G., 2009. **Effects of residual feed intake on carcass characteristics of Nellore bulls.** *ASAS ADSA Joint Annual Meeting. Anais...* Toronto: FASS, 294-295.

Sobrinho, T.L., Bonilha, S.F.M., Gonçalves, H.C., Castilhos, A.M., Magnani, E., Razook, A.G., Branco, R.H., 2013. **Feedlot performance, feed efficiency and carcass traits in nellore cattle selected for postweaning weight.** *R. Bras. Zootec.* 42, 125-129.

François, D., Bibe, D., Brunel, J.B., Weisbeker, J.L., Ricard, E., 2002. **Genetic parameters of feeding traits in meat sheep.** In. 7th World congress on genetics applied to livestock production, Montpellier. Proceedings ... Montpellier, 233-236.

Galvani, D.B., Pires, C.C., Hubner, C.H., Carvalho, S., Wommer, T.P., 2014. **Growth performance and carcass traits of early-weaned lambs as affected by the nutritional regimen of lactating ewes.** *Small Rumin. Res.* 120, 1–5.

Gordon, H.M., Whitlock, H.V., 1939. **A new technique for counting nematode eggs in sheep faeces.** *J. CSIR.* 12, 50-52.

Koch, R.M., Swiger, L.A., Chambers, D., Gregory, K.E., 1963. **Efficiency of feed use in beef cattle.** *J. Anim. Sci,* Champaign. 22, 486-494.

NRC, 2007. **NRC Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids** (6th Ed.) National Academy Press, Washington, DC (2007) 384 pp.

Nkrumah, J.D., Basarab, J.A., Price, M.A., Okine, E.K., Ammoura, A., Guercio, S., Hansen, C., Benkel, B., Murdoch, B., Moore, S.S., 2004. **Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle.** *J. Anim. Sci.* 82, 2451-2459.

Purchas, R.W., Davies, A.S., Abdullah, A.Y., 1991. **An Objective Measure of Muscularity: Changes with Animal Growth and Differences between Genetic Lines of Southdown Sheep.** *Meat Sci.* 30, 81-94.

Santos, C.L., Pérez, J.R.O., Muniz, J.A., 2001. **Desenvolvimento relativo dos tecidos ósseo, muscular e adiposo dos cortes das carcaças de cordeiros da raça Santa Inês.** Revista R. Bras. Zootec. 30, 487-492.

Zorzi, K., Bonilha, S.F.M., Queiroz, A.C., Branco, R.H., Sobrinho, T.L., Duarte, M.S., 2013. **Meat quality of young Nellore bulls with low and high residual feed intake.** Meat Sci. 93, 593-599.

APÊNDICES

Tabela 1. Efeito da classe de CAR1 sobre os pesos (kg) e rendimentos (%) dos componentes não-carcaça de cordeiros. Números são médias dos quadrados mínimos \pm erro padrão da média.

Órgãos e Gorduras	Classes de CAR1*			Prob. ¹ P=
	Positivo	Mediano	Negativo	
Rúmen	0,822 \pm 0,02	0,751 \pm 0,02	0,781 \pm 0,02	0,197
% Rúmen ³	2,098 \pm 0,05	1,952 \pm 0,04	1,933 \pm 0,05	0,117
Retículo	0,135 \pm 0,01	0,142 \pm 0,01	0,148 \pm 0,01	0,609
% Retículo	0,347 \pm 0,02	0,369 \pm 0,01	0,367 \pm 0,02	0,755
Omaso	0,125 \pm 0,01	0,118 \pm 0,01	0,122 \pm 0,01	0,793
% Omaso	0,319 \pm 0,01	0,306 \pm 0,01	0,299 \pm 0,01	0,742
Abomaso	0,261 \pm 0,01	0,288 \pm 0,01	0,274 \pm 0,01	0,530
% Abomaso	0,667 \pm 0,04	0,746 \pm 0,04	0,676 \pm 0,04	0,267
Int+G	2,108 \pm 0,10	2,007 \pm 0,09	1,965 \pm 0,10	0,642
% Int+G	5,400 \pm 0,23	5,230 \pm 0,21	4,850 \pm 0,23	0,258
G.Omental	0,967 \pm 0,07	0,854 \pm 0,06	0,843 \pm 0,07	0,503
% G.Omental	2,452 \pm 0,20	2,217 \pm 0,18	2,068 \pm 0,20	0,458
G.Coração	0,090 \pm 0,01	0,087 \pm 0,01	0,097 \pm 0,01	0,720
% G.Coração	0,231 \pm 0,02	0,225 \pm 0,02	0,240 \pm 0,02	0,884
G.Rins	0,294 \pm 0,02	0,274 \pm 0,02	0,251 \pm 0,02	0,619
% G.Rins	0,746 \pm 0,07	0,704 \pm 0,06	0,620 \pm 0,07	0,479

Int+G = Intestino vazio + gordura; G.Omental = Gordura omental; G.Coração = Gordura do coração; G.Rins = Gordura dos rins.

* Positivo: $>0,36$; Mediano: $-0,039$ até $0,036$ e Negativo: $<-0,039$

¹⁻ Probabilidade, P valor. Letras distintas na linha indicam diferença estatística ($P<0,05$)

²⁻ Rendimento- valor do peso do órgão dividido pelo peso de corpo vazio

Tabela 2. Efeito da classe de CAR1 sobre os pesos (kg) e rendimentos (%) dos componentes não-carcaça de cordeiros. Números são médias dos quadrados mínimos \pm erro padrão da média.

Órgãos	Classes de CAR1*			Prob. ¹ P=
	Positivo	Mediano	Negativo	
Fígado	0,871 \pm 0,03	0,807 \pm 0,03	0,829 \pm 0,03	0,457
% Fígado ³	2,220 \pm 0,07	2,100 \pm 0,06	2,044 \pm 0,07	0,265
Coração	0,173 \pm 0,01	0,170 \pm 0,01	0,172 \pm 0,01	0,960
% Coração	0,441 \pm 0,01	0,444 \pm 0,01	0,426 \pm 0,01	0,331
Rins	0,138 \pm 0,01	0,130 \pm 0,01	0,132 \pm 0,01	0,572
% Rins	0,354 \pm 0,01	0,339 \pm 0,01	0,328 \pm 0,01	0,348
Pâncreas	0,055 \pm 0,01	0,056 \pm 0,01	0,052 \pm 0,01	0,822
% Pâncreas	0,140 \pm 0,01	0,146 \pm 0,01	0,133 \pm 0,01	0,620
Baço	0,079 \pm 0,01	0,085 \pm 0,01	0,087 \pm 0,01	0,574
% Baço	0,202 \pm 0,01	0,222 \pm 0,01	0,214 \pm 0,01	0,485
P+Diafragma	0,579 \pm 0,02	0,589 \pm 0,02	0,583 \pm 0,02	0,947
% P+Diafragma	1,482 \pm 0,05	1,540 \pm 0,05	1,440 \pm 0,05	0,351
E+Traquéia	0,305 \pm 0,01	0,285 \pm 0,01	0,281 \pm 0,01	0,687
% E+Traquéia	0,785 \pm 0,04	0,743 \pm 0,04	0,693 \pm 0,04	0,438

P+Diafragma = Pulmão+Diafragma; E+Traquéia= Esôfago+Traquéia.

* Positivo: $>0,36$; Mediano: $-0,039$ até $0,036$ e Negativo: $<-0,039$

¹⁻ Probabilidade, P valor. Letras distintas na linha indicam diferença estatística ($P<0,05$)

²⁻ Rendimento- valor do peso do órgão dividido pelo peso de corpo vazio

Tabela 3. Efeito da classe de CAR2 sobre os pesos (kg) e rendimentos (%) dos componentes não-carcaça de cordeiros. Números são médias dos quadrados mínimos \pm erro padrão da média.

Órgãos e Gorduras	Classes de CAR2*			Prob. ¹ P=
	Positivo	Mediano	Negativo	
Rúmen	0,814 \pm 0,02	0,757 \pm 0,02	0,793 \pm 0,02	0,275
% Rúmen ³	2,074 \pm 0,05	1,954 \pm 0,04	1,981 \pm 0,05	0,262
Retículo	0,133 \pm 0,01	0,144 \pm 0,01	0,145 \pm 0,01	0,539
% Retículo	0,340 \pm 0,02	0,375 \pm 0,01	0,363 \pm 0,02	0,437
Omaso	0,126 \pm 0,01	0,117 \pm 0,01	0,122 \pm 0,01	0,612
% Omaso	0,324 \pm 0,01	0,302 \pm 0,01	0,303 \pm 0,01	0,552
Abomaso	0,274 \pm 0,01	0,272 \pm 0,01	0,280 \pm 0,01	0,928
% Abomaso	0,700 \pm 0,04	0,698 \pm 0,03	0,698 \pm 0,04	0,999
Int+G	2,158 \pm 0,09	1,934 \pm 0,08	2,030 \pm 0,09	0,223
% Int+G	5,509 \pm 0,23	5,026 \pm 0,19	5,055 \pm 0,23	0,247
G.Omental	0,939 \pm 0,07	0,915 \pm 0,06	0,806 \pm 0,07	0,393
%G.Omental	2,365 \pm 0,19	2,368 \pm 0,16	1,988 \pm 0,19	0,264
G.Coração	0,091 \pm 0,01	0,086 \pm 0,01	0,097 \pm 0,01	0,697
%G.Coração	0,232 \pm 0,02	0,224 \pm 0,01	0,242 \pm 0,02	0,828
G.Rins	0,286 \pm 0,02	0,292 \pm 0,02	0,238 \pm 0,02	0,297
% G.Rins	0,717 \pm 0,07	0,753 \pm 0,05	0,591 \pm 0,06	0,191

Int+G = Intestino vazio + gordura; G.Omental = Gordura omental; G.Coração = Gordura do coração; G.Rins = Gordura dos rins.

* Positivo: $>0,36$; Mediano: $-0,029$ até $0,036$ e Negativo: $<-0,029$

¹- Probabilidade, P valor. Letras distintas na linha indicam diferença estatística ($P<0,05$)

²- Rendimento- valor do peso do órgão dividido pelo peso de corpo vazio

Tabela 4. Efeito da classe de CAR2 sobre os pesos (kg) e rendimentos (%) dos componentes não-carcaça de cordeiros. Números são médias dos quadrados mínimos \pm erro padrão da média.

Órgãos	Classes de CAR2*			Prob. ¹ P=
	Positivo	Mediano	Negativo	
Fígado	0,876 \pm 0,03	0,808 \pm 0,03	0,833 \pm 0,03	0,351
% Fígado ³	2,229 \pm 0,06	2,088 \pm 0,05	2,071 \pm 0,06	0,216
Coração	0,173 \pm 0,01	0,170 \pm 0,01	0,172 \pm 0,01	0,925
% Coração	0,442 \pm 0,01	0,441 \pm 0,01	0,429 \pm 0,01	0,571
Rins	0,137 \pm 0,01	0,131 \pm 0,01	0,133 \pm 0,01	0,751
% Rins	0,350 \pm 0,01	0,340 \pm 0,01	0,333 \pm 0,01	0,624
Pâncreas	0,053 \pm 0,01	0,055 \pm 0,01	0,053 \pm 0,01	0,869
% Pâncreas	0,137 \pm 0,01	0,146 \pm 0,01	0,136 \pm 0,01	0,757
Baço	0,076 \pm 0,01	0,088 \pm 0,01	0,085 \pm 0,01	0,187
% Baço	0,195 \pm 0,01	0,228 \pm 0,01	0,210 \pm 0,01	0,076
P+Diafragma	0,582 \pm 0,02	0,587 \pm 0,02	0,582 \pm 0,02	0,986
% P+Diafragma	1,494 \pm 0,05	1,519 \pm 0,04	1,449 \pm 0,05	0,614
E+Traquéia	0,307 \pm 0,01	0,293 \pm 0,01	0,272 \pm 0,01	0,408
% E+Traquéia	0,787 \pm 0,04	0,761 \pm 0,03	0,674 \pm 0,04	0,192

P+Diafragma = Pulmão+Diafragma; E+Traquéia= Esôfago+Traquéia.

* Positivo: $>0,36$; Mediano: $-0,029$ até $0,036$ e Negativo: $<-0,029$

¹⁻ Probabilidade, P valor. Letras distintas na linha indicam diferença estatística ($P<0,05$)

²⁻ Rendimento- valor do peso do órgão dividido pelo peso de corpo vazio