

HENRIQUE JORGE FERNANDES

**ESTUDO DO CRESCIMENTO DE TOURINHOS EM PASTEJO
RECEBENDO SUPLEMENTAÇÃO CONCENTRADA COM
DIFERENTES PERFIS PROTÉICOS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

F363e
2009

Fernandes, Henrique Jorge, 1970-

Estudo do crescimento de tourinhos em pastejo recebendo
suplementação concentrada com diferentes perfis protéicos /
Henrique Jorge Fernandes. – Viçosa, MG, 2009.
xvi, 283f. : il. ; 29cm.

Texto em português e inglês.

Orientador: Mário Fonseca Paulino.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Zebu - Nutrição. 2. Bovino de corte. 3. Proteínas na
nutrição animal. 4. Zebu - Crescimento. 5. Modelos
matemáticos. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

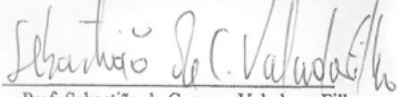
CDD 22.ed. 636.20885

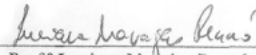
HENRIQUE JORGE FERNANDES

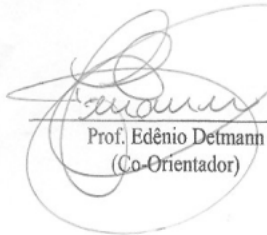
ESTUDO DO CRESCIMENTO DE TOURINHOS EM PASTEJO
RECEBENDO SUPLEMENTAÇÃO CONCENTRADA COM DIFERENTES
PERFIS PROTÉICOS

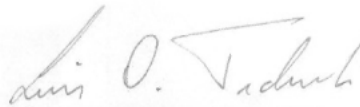
Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, para obtenção
do título de *Doctor Scientiae*.

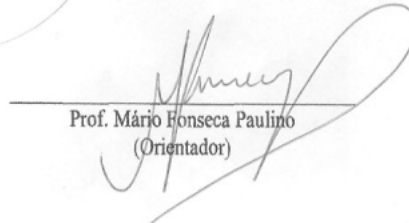
APROVADA: 04 de dezembro de 2009.


Prof. Sebastião de Campos Valadares Filho


Prof.^a Luciana Navajas Rennó


Prof. Edênio Detmann
(Co-Orientador)


Prof. Luis Orlindo Tedeschi
(Co-Orientador)


Prof. Mário Fonseca Paulino
(Orientador)

A Deus, pela vida.

À minha família, por tudo o que me deram nesta vida, e sem os quais não seria quem sou: minha Mãe (Márcia), meu Pai (César), Sú, Bê, Vó Wanda, Vô José Jorge, Vó Matilde, Vô Batista, Tia Fernanda, Tia Vânia, Tio Mário, Tio Rogério, Tia Luisa, Padrinho (Fernando), Tio Tom, Madrinha (Vera), Paty, Paulinha, Ricardo, Cissa, João, Fafá, Luisa, Vó Ilse, Vô Percival, Dona Ena, Sr. Dilo, Alice, Flávia, Ermê, Pedrão, Cacá, André e Arthur.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, à Texas A&M University, e à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, pela oportunidade de realização deste curso e de desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT-CA) pelo suporte financeiro para realização deste trabalho de pesquisa.

Ao Professor Mário Fonseca Paulino pela amizade, pelo profissionalismo, pelo apoio incondicional, e pela orientação, sem os quais seria muito difícil que este trabalho fosse realizado.

Ao Professor Edênio Detmann pela amizade, apoio e colaborações imprescindíveis ao trabalho.

Ao Professor Luis Orlindo Tedeschi pela oportunidade de tê-lo participando deste trabalho, pela amizade, pelos ensinamentos e pelo apoio contínuos.

Ao Professor Sebastião de Campos Valadares Filho pela amizade, pelas sugestões, pelo apoio e pela disponibilidade contínuos durante todo o curso.

À professora Luciana Navajas Rennó pelo apoio e sugestões na formatação final deste trabalho.

A todos os professores do DZO/UFV, na pessoa dos professores Tião, Marcelo, Rogério, Edênio, Rostagno e Mário Paulino, pelos ensinamentos e pela oportunidade de aprendizado.

A todos os funcionários do DZO/UFV, na pessoa dos funcionários dos setores de gado de corte e de gado de leite, dos laboratórios de animais e de nutrição animal, das secretarias e de apoio da Zootecnia pelo apoio, amizade e colaboração no curso.

A todos os colegas de curso e amigos, na pessoa de Marlos, Jucilene, Juliana, Luisa, José Augusto, Maria Ignez, Aline e Gabriel, pelo apoio e pela amizade imprescindíveis.

A todos que colaboraram no desenvolvimento deste trabalho, na pessoa de Luisa, Marlos, Jucilene, Victor, Acreano, Ivana, Anny, Aline, Gabriel, Gabriel Rocha e Sidney.

BIOGRAFIA

Henrique Jorge Fernandes, filho de César Augusto Fernandes e Márcia Alves Fernandes, nasceu em Juiz de Fora, Minas Gerais, em 27 de maio de 1970.

Cursou a Escola Preparatória de Cadetes do Ar, tendo se formado cadete da Força Aérea Brasileira em dezembro de 1988.

Iniciou seu curso de graduação em Zootecnia em 1989 na Universidade Federal de Viçosa, tendo se graduado por esta universidade em janeiro de 1994.

Em outubro de 1994, concluiu o curso de Aperfeiçoamento em Pesquisa na área de Melhoramento Genético Animal junto à EMBRAPA Gado de Corte.

A partir de novembro de 1994, trabalhou como técnico e como consultor em empresas rurais e fazendas.

Em julho de 1998 foi contratado por concurso público, como professor do curso de zootecnia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS).

Iniciou o mestrado em Zootecnia junto à Universidade Federal de Viçosa em março de 2000, tendo concentrado seus estudos na área de nutrição e produção de ruminantes, e defendido dissertação em junho de 2001.

Foi professor, gerente de unidade e coordenador de Pós-Graduação na UEMS/Unidade de Aquidauana no período de 2001 a 2005.

Em fevereiro de 2006 iniciou seu curso de doutorado junto à Universidade Federal de Viçosa, tendo desenvolvido pesquisa cooperativa com a Texas A&M University, e defendido tese em dezembro de 2009.

SUMÁRIO

| | Página | |
|---|--------|----|
| RESUMO..... | ix | |
| ABSTRACT | xii | |
| INTRODUÇÃO GERAL..... | 1 | |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 4 | |
| <u>I PARTE – Avaliação Nutricional nas diferentes fases da vida</u> | | |
| CAPÍTULO 1 – Avaliação nutricional de tourinhos em pastejo recebendo suplementação concentrada com diferentes perfis protéicos da amamentação à terminação I: Fase de amamentação na transição águas-seca..... | | 6 |
| Resumo | 6 | |
| Abstract..... | 7 | |
| Introdução..... | 7 | |
| Material e Métodos..... | 8 | |
| Resultados e Discussão..... | 16 | |
| Conclusões | 27 | |
| Literatura Citada | 27 | |
| CAPÍTULO 2 – Avaliação nutricional de tourinhos em pastejo recebendo suplementação concentrada com diferentes perfis protéicos da amamentação à terminação II: Fase de recria na estação seca | | 30 |
| Resumo | 30 | |
| Abstract..... | 31 | |
| Introdução..... | 32 | |
| Material e Métodos..... | 33 | |
| Resultados e Discussão..... | 39 | |
| Conclusões | 56 | |
| Literatura Citada | 56 | |
| CAPÍTULO 3 – Avaliação nutricional de tourinhos em pastejo recebendo suplementação concentrada com diferentes perfis protéicos da amamentação à terminação III: Fase de recria na estação de transição seca-águas | | 60 |
| Resumo | 60 | |

| | |
|--|-----|
| Abstract..... | 61 |
| Introdução..... | 62 |
| Material e Métodos..... | 63 |
| Resultados e Discussão..... | 69 |
| Conclusões..... | 86 |
| Literatura Citada..... | 86 |
| CAPÍTULO 4 – Avaliação nutricional de tourinhos em pastejo recebendo suplementação concentrada com diferentes perfis protéicos da amamentação à terminação IV: Fase de terminação na estação das águas..... | |
| Resumo..... | 90 |
| Abstract..... | 91 |
| Introdução..... | 92 |
| Material e Métodos..... | 93 |
| Resultados e Discussão..... | 99 |
| Conclusões..... | 116 |
| Literatura Citada..... | 116 |
| <u>II PARTE – Estudo do crescimento animal</u> | |
| CAPÍTULO 5 – Avaliação do crescimento de tourinhos em pastejo recebendo suplementação concentrada com diferentes perfis protéicos I: | |
| Modelos matemáticos para descrição do crescimento..... | 120 |
| Resumo..... | 120 |
| Abstract..... | 121 |
| Introdução..... | 122 |
| Material e Métodos..... | 123 |
| Resultados e Discussão..... | 126 |
| Conclusões..... | 135 |
| Literatura Citada..... | 135 |
| CAPÍTULO 6 – Evaluation of growth of grazing young bulls, receiving concentrate supplementation with different protein profiles II: Body’s growth curve and shape..... | |
| Abstract..... | 138 |
| Introduction..... | 139 |
| Materials and Methods..... | 140 |
| Results and Discussion..... | 145 |

| | |
|---|-----|
| Literature Cited..... | 153 |
| CAPÍTULO 7 – Avaliação do crescimento de tourinhos em pastejo recebendo suplementação concentrada com diferentes perfis protéicos III: | |
| Carcaça e seus componentes..... | 164 |
| Resumo | 164 |
| Abstract..... | 165 |
| Introdução..... | 166 |
| Material e Métodos..... | 167 |
| Resultados e Discussão..... | 172 |
| Conclusões | 186 |
| Literatura Citada | 186 |
| CAPÍTULO 8 – Avaliação do crescimento de tourinhos em pastejo recebendo suplementação concentrada com diferentes perfis protéicos IV: | |
| Cortes cárneos..... | 188 |
| Resumo | 188 |
| Abstract..... | 189 |
| Introdução..... | 190 |
| Material e Métodos..... | 190 |
| Resultados e Discussão..... | 197 |
| Conclusões | 214 |
| Literatura Citada | 215 |
| CAPÍTULO 9 – Avaliação do crescimento de tourinhos em pastejo recebendo suplementação concentrada com diferentes perfis protéicos V: | |
| Tecidos adiposos e exigências nutricionais para ganho | 217 |
| Resumo | 217 |
| Abstract..... | 218 |
| Introdução..... | 219 |
| Material e Métodos..... | 219 |
| Resultados e Discussão..... | 227 |
| Conclusões | 247 |
| Literatura Citada | 248 |
| CAPÍTULO 10 – Determination of carcass and body fat compositions of grazing crossbred bulls using body measurements..... | |
| Abstract..... | 250 |

| | |
|-----------------------------|-----|
| Introduction..... | 251 |
| Materials and Methods | 252 |
| Results and Discussion..... | 259 |
| Literature Cited..... | 270 |
| CONCLUSÕES GERAIS..... | 281 |

RESUMO

FERNANDES, Henrique Jorge, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2009. **Estudo do crescimento de tourinhos em pastejo recebendo suplementação concentrada com diferentes perfis protéicos.** Orientador: Mário Fonseca Paulino. Coorientadores: Edênio Detmann e Luis Orlindo Tedeschi.

Acompanhou-se o crescimento de tourinhos de corte a pasto, da fase de amamentação à terminação, recebendo diferentes estratégias de suplementação. Os objetivos foram avaliar as condições nutricionais dos animais em cada fase de vida ou época do ano, e avaliar e comparar o crescimento do corpo como um todo, de medidas biométricas (BM) e dos componentes corporais, bem como estimar as exigências nutricionais para ganho de peso. Foram utilizados 57 bezerros nelorados com idade e peso vivo iniciais de 144 d e 129 kg, respectivamente. Cinco animais foram abatidos no início do experimento e os demais divididos em quatro grupos, alojados em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf e suplementados com concentrados com diferentes perfis protéicos ou sal mineral *ad libitum* (controle). Estes animais foram abatidos escalonadamente 120 d, 210 d, 315 d e 434 d após o início do experimento. Os animais designados para cada tratamento de suplementação concentrada, nomeados como T1, T2 e T3, permaneciam no mesmo tratamento até seu abate, assim como os animais designados ao grupo controle. Na fase de amamentação, durante o período de transição águas-seca, variou-se o nível de proteína nos suplementos concentrados. Nesta fase, os animais foram alojados nos pastos juntamente com suas mães e receberam o suplemento em um sistema de *creep-feeding*. Nas demais fases (recria no período seco, recria na transição seca-águas e terminação nas águas), manteve-se o nível de proteína em todos os suplementos concentrados (suplementos isoprotéicos) e variou-se o teor de nitrogênio não protéico (NNP) nesta proteína. Em cada fase, após 45 dias do início da fase, realizou-se uma avaliação nutricional dos animais, que incluiu a estimativa de consumo e digestão de nutrientes e de características do metabolismo protéico. Para a estimativa do consumo e digestibilidade, utilizaram-se os indicadores: LIPE®, dióxido de titânio e fibra em detergente neutro indigestível. Realizou-se ainda coleta de amostras de urina e de sangue. O efeito de suplementação, e os efeitos linear e quadrático do nível de proteína no concentrado foram avaliados pela decomposição da soma de quadrados em contrastes ortogonais, adotando-se $\alpha = 0,10$. Na fase de amamentação o consumo de

concentrado pelos bezerros substituiu parte do pasto ingerido pelos bezerros, o que melhorou a digestibilidade da dieta, da mesma forma que o aumento do nível de proteína neste concentrado. Durante a recria, no período da seca e da transição seca-águas, o consumo de concentrado reduziu a ingestão de pasto, e incrementou os aspectos nutricionais avaliados, incluindo os coeficientes de digestibilidade e o teor de NDT. Na transição seca-águas, altos níveis de NNP neste concentrado prejudicou o aproveitamento metabólico da proteína da dieta, o que aponta para a necessidade de se equilibrar os teores de NNP do suplemento e do pasto. No período seco, o consumo de concentrado melhorou ainda a produção e a eficiência de síntese de proteína microbiana. Na fase de terminação durante o período das águas, além de reduzir o consumo de pasto, o consumo de concentrado reduziu também a eficiência de síntese de N microbiano. O nível de NNP no suplemento também reduziu a produção e eficiência de síntese de N microbiano. Os resultados mostraram que, nesta fase do ano, o tipo de proteína no suplemento deve ser avaliado considerando-se a velocidade de degradação da proteína disponível no pasto. Foram avaliados cinco modelos matemáticos para descrever o crescimento animal: Multifásico, Linear, Logarítmico, Gompertz e Logístico. O modelo multifásico mostrou-se mais eficiente que os demais em todos os aspectos da descrição do crescimento de bovinos de corte a pasto. O peso corporal sem jejum (PC) e as BM foram tomados a cada 28 dias. As BM incluíram abertura de íleos (HW), de ísquios (PW), comprimento de garupa (PGL), altura de garupa (RuH), largura de abdômen (AW), comprimento corporal (BL), altura de cernelha (HeW) e comprimento de costelas (RiD). Estimou-se a primeira e segunda variáveis canônicas para cada fase e para o período experimental como um todo, utilizando-se todas as BM. Ajustou-se um modelo de crescimento multifásico, considerando-se três fases de produção, para o PC e cada BM. Equações baseadas em um modelo logístico foram também ajustadas para as BM. Compararam-se os modelos de crescimento entre os tratamentos que recebiam concentrados e entre estes e o controle (efeito da suplementação). As principais BM a explicar as diferenças entre a forma do corpo dos animais variaram de acordo com a fase de vida dos animais. Na fase de amamentação, os tratamentos não foram capazes de afetar a forma do corpo dos animais. Nas demais fases, as alterações na forma dos animais são compatíveis com um menor tamanho adulto dos animais controle. A curva de crescimento dos animais controle foi afetada principalmente pela época de baixa produção forrageira do ano. Em cada abate, as meia carcaças foram resfriadas, pesadas, e a meia carcaça direita foi dissecada e seus componentes (músculos, gordura

subcutânea, gordura intermuscular, ossos longos, ossos da costela, e ossos das vértebras) pesados. O dianteiro e o traseiro da meia carcaça esquerda foram pesados e desossados, procedendo-se à pesagem dos cortes comerciais: Paleta, Acém, Maçã de Peito, Chã de Dentro, Chã de Fora, Alcatra, Filé Mignon, Fraldinha, Lagarto, Picanha, Costela e Contra-Filé. O PCVZ e o ganho de PCVZ, bem como suas composições químicas foram estimados. Estimou-se a primeira e segunda variáveis canônicas utilizando-se os dados dos componentes da carcaça, e dos cortes comerciais. Ajustou-se também um modelo de crescimento multifásico, considerando-se três fases de produção, para a carcaça e cada componente; para o dianteiro, o traseiro e os cortes comerciais; e para os tecidos adiposos, o conteúdo corporal de proteína e de energia, e as relações entre PCVZ e PV, e entre o tecido adiposo da carcaça e o tecido adiposo total. Compararam-se os modelos de crescimento entre os tratamentos que recebiam concentrados e entre estes e o controle (efeito da suplementação). Estimaram-se as exigências nutricionais de proteína e energia para ganho. O efeito do período de baixa disponibilidade nutricional anual sobre a curva de crescimento dos tecidos da carcaça foi mais pronunciado nos animais que não receberam suplementação concentrada e não foi afetado pelo perfil protéico do programa de suplementação. O tecido da carcaça mais susceptível às variações nutricionais foi a gordura subcutânea, e o mais resistente os ossos das vértebras. Os cortes mais sensíveis às variações nutricionais durante o ano foram o Contra-Filé e a Picanha, e os mais resistentes, o Filé e as Costelas. O fornecimento de concentrado e a presença de uréia interferiram no crescimento dos cortes cárneos, especialmente durante a fase de restrição nutricional. Para a conversão do PV em PCVZ em animais a pasto deve-se utilizar dados obtidos em situação de pastagem e suplementação semelhantes. O tecido adiposo da carcaça é de mobilização prioritária. A curva de crescimento dos tecidos adiposos é influenciada pelo fornecimento de concentrado, mas não pelo perfil protéico deste. A participação da energia da proteína na energia retida total reduz-se e a proteína retida no ganho aumenta à medida que aumenta a concentração energética do ganho nas condições aqui avaliadas. Na véspera dos abates mediram-se as BM e o peso corporal em jejum (SBW). Coletaram-se ainda, no abate, os dados de gordura interna, volume e área corporais, peso e composição da seção da 9ª e 11ª costelas e espessura de gordura, que foram utilizados juntamente aos dados de gordura da carcaça e do corpo vazio para se estudar as relações entre BM e os componentes corporais. Equações de predição da área e do volume corporal, da gordura subcutânea, da carcaça e do corpo foram ajustadas. O

primeiro sistema para prever a gordura física e química da carcaça e do corpo vazio foi elaborado utilizando-se informações *in vivo*, e o segundo sistema usou o PC e o peso da gordura da seção da 9ª à 11ª costela. A combinação de BM, PC e características da carcaça foram precisas e acuradas em prever a composição de gordura da carcaça e do corpo dos animais. O uso de BM pode melhorar a acurácia e a precisão das predições da composição corporal de animais a pasto.

ABSTRACT

FERNANDES, Henrique Jorge, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2009. **Study of the growth of young bulls in grazing areas receiving concentrated supplementation with different protein profiles.** Adviser: Mário Fonseca Paulino. Co-Advisers: Edênio Detmann and Luis Orlindo Tedeschi.

The growth of grazing young bulls from the nursing to the finishing phase, receiving different supplementation strategies, was evaluated. The objectives were to evaluate the nutritional status of the animals in each phase of their life or season of the year, to compare the growth of the whole body of the biometrical measurements (**BM**) and of the body components, and to evaluate nutritional requirements to weight gain. Fifty seven Nellore crossbreed young bulls with initial age and live weight of 144 d and 129 kg were used. Five animals were slaughtered at the beginning of the experiment and the others were divided into four groups, housed in *Brachiaria decumbens* Stapf pastures and supplemented with concentrate with different protein profiles or *ad libitum* mineral supplement (control). These animals were slaughtered scaling 120, 210, 315 and 434 d after the beginning of the trial. Animals assigned to a concentrate supplementation treatment, named as T1, T2 and T3, remained in the same treatment until slaughter, as the control animals. In the nursing phase, during the transition of rainy to dry season, the levels of protein in the concentrate supplements varied. In this phase, cows and calves were housed in paddocks and calves received the supplement in a “creep-feeding” system. In other phases (growing in dry season and in transition dry to rain season, and finishing phase in rain season), the same protein level was maintained (isoprotéicos supplements) and the non-protein nitrogen (**NPN**) content was varied. In each phase, after 45 d, the nutritional evaluation of animals, which included the estimate of intake and digestion of nutrients and characteristics of protein metabolism, was made. The estimate of intake and digestibility used the indicators: LIPE[®], titanium dioxide and indigestible neutral detergent fiber. Urine and blood samples were collected too. The supplementation effect and the linear and quadratic effects of the level of protein in the concentrate were evaluated by the decomposition of the sum of squares into orthogonal contrasts, adopting $\alpha = 0.10$. In the nursing phase, the concentrate intake by the calves

replaced part of the pasture ingested by the calves, which improved the digestibility of the diet, as the level of protein on the concentrate. During the growing phase, in the dry and in the transition of the dry season to the rainy season, the concentrate intake reduced the intake of pasture, and increased the nutritional aspects evaluated, including the digestibility and the TDN content of the diet. In the transition of the dry season to the rainy season, high NPN content of the concentrate decreased the metabolic use of the protein of the diet. It pointed out the need of a balance between the NPN of the supplement and the pasture. In the dry season, the concentrate intake increased the production and efficiency of microbial protein synthesis. In the finishing phase, during the rainy season, the concentrate intake reduced the intake of pasture, and the efficiency of microbial protein synthesis. The NPN level in the concentrate also reduced the production and efficiency of microbial protein synthesis. The results showed that, in this season, the protein pattern in the supplement should be evaluated considering the speed of degradation of it and of the protein available in the pasture. Five mathematical models to describe the growth of the animals were evaluated: Multi-phase, Linear, Logarithm, Gompertz, and Logistic. The Multi-phase model was more efficient than the others in all aspects to describe the growth of grazing beef cattle. The full body weight (**FBW**) and the BM were taken each 28 d. The BM included hooks width (**HW**), pins width (**PW**), pelvic girdle length (**PGL**), rump height (**RuH**), abdomen width (**AW**), body length (**BL**), height at withers (**HeW**) and rib depth (**RiD**). It was estimated the first and the second canonical variables for each phase and for the entire experimental period using all BM. A growth multi-phase model with three phases was adjusted for the FBW and each BM. Equations based on a logistic model were also adjusted for each BM. Growth models were compared between the treatments that received concentrate and between these and the control (supplementation effect). The main BM to explain the differences between animal's body shapes varied according to the life phase of the animals. The treatments were not able to change animal's body shapes in the nursing phase. On the other phases, the changes in animal's body shapes were compatible with the small mature size of the control animals. The growth curves of the whole body of the control animals were mainly affected by the low forage production season of the year. At the slaughter, the half carcasses were chilled, weighed, and the right half carcass was dissected and its components (muscles, subcutaneous fat, intermuscular fat, long bones, rib bones, and vertebra bones) were weighed. The frontquarters, the hindquarters, and the commercial cuts (blade, chuck, brisket, top side, outside round,

sirloin, tenderloin, flap, eyeround, tri tip, short ribs and striploin) were weighed. The empty body weight (**EBW**) and the empty body gain (**EBG**) and their chemical compositions were estimated. The first and the second canonical variables were estimated using the data of the carcass and its components, and of the commercial cuts. A multi-phase growth model was adjusted, considering three production phases, to the carcass and its components, the frontquarters, the hindquarter, and the commercial cuts; and to the adipose tissues, the protein and energy body content, and to the relationship between EBW and BW, and between the carcass adipose tissue and the total adipose tissue. Growth models were compared between the treatments that received concentrate and between these and the control (supplementation effect). The nutritional requirements of protein and energy to gain were estimated. The effect of the annual period of low nutritional availability over the growth curve of the carcass tissues were more pronounced in animals receiving no concentrate supplement, and was not affected by the protein profile of the concentrate. The carcass tissue more affected by the seasonal nutritional variations was the subcutaneous fat, and the most resistant was the vertebrae bones. The most sensitive cuts to the annual nutritional variations were the striploin and the tri tip, and the most resistant ones, the tenderloin and the short ribs. The concentrate intake and the use of urea interfered with the growth of the meat cuts, especially during the nutritional restriction phase. To convert BW in EBW in grazing animals, data from grazing animals with similar supplementation should be used. Adipose carcass tissue is the priority for mobilization. The growing curve of the adipose tissue is affected by the concentrate supply, but not by its protein profile. The participation of the protein energy in the total retained energy reduces, and the protein retained on the gain increases as the energetic concentration of the gain increases in the conditions here evaluated. In the day before the harvest, the BM and the shrunk body weight were obtained. Other measurements, including internal fats, body volume, body area, 9 to 11th rib section weight and composition, and fat thickness, were used with the data of carcass and empty body fat to evaluate the relationships between BM and body components. Equations to predict body area, body volume, subcutaneous fat, and carcass and body fat were developed. The first system used to predict carcass and empty body physical and chemical fat was devised using in vivo information whereas the second system used BW and the 9 to 11th rib fat weight. The combination of BW, carcass traits, and BM was precise and accurate in estimating carcass and body fat

composition. The use of BM can improve the accuracy and precision of the predictions of body composition of grazing animals.

INTRODUÇÃO GERAL

As pastagens representam a forma mais prática e econômica para a alimentação de bovinos, sendo a base para a bovinocultura de corte no Brasil. Segundo Paulino et al. (2003), os sistemas de produção de carne bovina no Brasil apresentam o fato comum de utilizarem as pastagens como substrato básico, constituindo 99% da dieta dos animais.

Neste contexto, a produção de carne a pasto segue a sazonalidade da produção das forrageiras. Verifica-se, então, características marcantes na curva de crescimento dos animais, com períodos de ganho de peso satisfatório, normalmente durante a estação chuvosa, e dificuldades em ganhar ou mesmo manter o peso corporal durante a estação seca do ano.

Com a crescente demanda de produtos de origem animal, entretanto, faz-se necessária a maximização desta produção de bovinos a pasto. Um programa de produção contínua de carne eficiente e competitivo deve buscar eliminar as fases negativas do desenvolvimento. A exploração da bovinocultura de corte intensiva em regime de pastagens é caracterizada por acasalamento das novilhas e abate dos machos em idades próximas aos 18 meses. Neste sistema, ganhos de peso otimizados desde a fase de amamentação são fundamentais para o sucesso.

A prática de suplementar bovinos em pastagens tem sido, ainda, incapaz de maximizar e garantir a estabilidade da produção animal. Diversos trabalhos (Euclides et al., 2001; Manella, 2002; Rocha et al., 2004; e outros), avaliaram alternativas de sistemas de produção para recria e terminação de bovinos de corte e concluíram que a suplementação múltipla durante todo o ano possibilita maiores ganhos de peso. Apesar disto, muito ainda se questiona sobre a suplementação: o nível ideal de suplementação a ser utilizado em cada fase de produção e época do ano, o tipo de nutriente a ser fornecido e mesmo a resposta produtiva possível de ser alcançada.

Na maioria dos trabalhos realizados sobre a suplementação de bovinos a pasto geralmente se avaliam períodos específicos da produção, ou se mede o efeito final de determinado sistema de suplementação. A falta de informações sobre as bases nutricionais

envolvidas na resposta à suplementação a pasto tem limitado a aplicação destes resultados nos sistemas comerciais de produção.

Somente o entendimento da integração entre as condições das pastagens, normalmente influenciadas pela época do ano; o suplemento fornecido, que pode variar em quantidade e nível de nutrientes específicos; a capacidade de digestão do animal, muito dependente da relação entre pastagem e suplemento; os padrões de crescimento e desenvolvimento dos animais, afetados pela genética e pelas condições de produção; e as exigências nutricionais do animal, que variam com a fase de vida e a composição do ganho de peso dos animais, permite gerar conhecimentos extrapoláveis para situações além daquelas nas quais o experimento foi produzido.

Observa-se, desta forma, carência na literatura brasileira de trabalhos avaliando a evolução destas características em animais em pastejo, mantidos em condições específicas desde a fase de amamentação até a terminação, interagindo com as diferentes épocas do ano.

Um programa de suplementação eficiente deve adicionar nutrientes à dieta do animal e não substituir nutrientes que estariam presentes no leite e/ou na forragem ingeridos naturalmente. O suplemento deve, então, ser fornecido com o objetivo de corrigir deficiências nutricionais específicas, estimular o desenvolvimento ruminal e manter elevadas ingestão e digestão de forragem pelo animal.

Considerando-se o início da vida do bezerro, Brito & Sampaio (2001) sugeriram que a proteína ingerida permanece abaixo do requerimento durante toda a lactação. Assim, a suplementação protéica nesta fase tenderia a equilibrar a dieta. Os animais poderiam ainda obter mais energia de cada unidade de forragem ingerida pela melhoria nas condições ruminais e no aporte energético total.

Por sua vez, suplementos ricos em energia, em geral com baixo teor protéico, podem causar drástica redução na ingestão e na digestibilidade da forragem, resultando em mínima adição de nutrientes à dieta do animal. Cremin et al. (1991) observaram que a ingestão *ad libitum* de suplemento energético resultou em decréscimo no pH ruminal, redução na degradação da matéria seca e na digestibilidade da fibra da forragem, e na relação acetato: propionato no líquido ruminal.

Os bezerros jovens são ainda sensíveis à qualidade da proteína e apenas aquelas altamente digestíveis, com adequado perfil de aminoácidos, são desejáveis. Em termos de alimentos, o farelo de soja é um dos produtos vegetais que contém proteína com composição de aminoácidos razoavelmente balanceada (Campos & Silva, 1986). O milho, por sua vez, um alimento cosmopolita, tem ainda propriedades palatilizantes naturais.

A partir da desmama, os requerimentos dietéticos de nitrogênio degradável no rúmen podem, teoricamente, ser supridos inteiramente com uréia. Entretanto, algumas necessidades dos microrganismos, entretanto, como ácidos graxos e aminoácidos de cadeia ramificada somente podem ser supridas por proteína verdadeira degradável (Russell, 2002). Deve-se, então, avaliar as características dos alimentos (inclusive as forragens) a serem fornecidos conjuntamente à uréia observando-se, também, a taxa de digestão das fontes de energia presentes.

Sendo a desmama geralmente realizada no início do período seco, a recria dos animais tende a se estender por esta fase do ano, e pelo período imediatamente posterior, a transição entre o período seco e o chuvoso do ano.

No período seco, a queda na qualidade da forragem, em função do aumento da parede celular e lignificação (Van Soest, 1994), influencia negativamente a digestibilidade da matéria seca (MS) e o consumo. Observa-se ainda que os teores protéicos destas gramíneas dificilmente atingem um mínimo de proteína bruta para uma adequada atividade dos microrganismos do rúmen (Minson, 1990). Este pequeno conteúdo protéico, e o fato de que a maior parte desta proteína encontra-se ligada à parte fibrosa das plantas forrageiras, acaba por prejudicar as condições ruminais para crescimento microbiano, reduzindo a digestibilidade (Mathis et al., 2001).

Por outro lado, no final do período seco e início da estação das chuvas (transição seca/águas), observa-se predominância de aparecimento de brotos na pastagem. Estes brotos, segundo Poppi & McLennan (1995), são constituídos de proteína de alta degradabilidade, elevando o risco de perdas na forma de amônia. Por outro lado, à medida que as plantas vão amadurecendo, ocorre mobilização deste nitrogênio (N) presente sob forma de proteínas solúveis para formas insolúveis, associadas à parede celular (Paulino et al., 2003).

Por fim, no período das águas realiza-se, normalmente, a terminação precoce de animais produzidos a pasto. Nesta época do ano, verifica-se que as pastagens tropicais geralmente possibilitam desempenhos inferiores aos observados em regiões de clima temperado, estando aquém do limite genético dos animais (Poppi & McLennan, 1995).

Segundo Ruas et al. (2000), geralmente, o nutriente mais limitante para produção de animais mantidos em regimes de pastagens nesta época é a energia. Apesar desta importância da energia, maior ênfase na suplementação normalmente é dada à correção das deficiências protéicas das pastagens.

Poppi & McLennan (1995) destacaram ainda que existem poucas informações sobre o quanto a proteína é limitante para animais pastejando forragens de climas tropicais no

período das águas. Por fim, Prohmann (2004) ressaltou que o uso de suplementos energéticos no período das águas somente poderia melhorar o aproveitamento de pastagens com um suprimento adequado de PDR.

Evidencia-se, então, a importância de se definir não só a quantidade da proteína suplementar a ser fornecida aos animais, mas também o perfil desta proteína em cada estação do ano e fase de produção. A degradação efetiva da proteína nos suplementos e a composição desta PDR (a proporção entre proteína verdadeira e NNP) podem influenciar a resposta animal à suplementação, dependendo da época do ano, e, conseqüentemente, da quantidade e perfil da proteína disponível no pasto. Apenas quantidade adequada de proteína com o perfil adequado poderá atender aos objetivos da suplementação concentrada: complementar o pasto no que se refere ao atendimento às exigências nutricionais dos animais e otimizar as condições ruminais visando ao aumento na eficiência de utilização do pasto.

Devido às interações existentes entre forragem, suplemento protéico e fase de produção, nas diferentes épocas do ano, grandes variações no consumo e aproveitamento do pasto e na produção animal podem ocorrer. Estudos, entretanto, são necessários para o entendimento adequado dos mecanismos de resposta à suplementação protéica nas diferentes épocas do ano e fases de produção.

Objetivou-se avaliar as características nutricionais dos animais em cada fase de vida ou época do ano, avaliar e comparar o crescimento do corpo como um todo, de medidas biométricas e dos componentes corporais, e estimar as exigências nutricionais para ganho de peso de tourinhos em pastejo recebendo suplementação concentrada com diferentes perfis protéicos.

Os trabalhos a seguir foram elaborados segundo as normas da Revista Brasileira de Zootecnia (Capítulos 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8 e 9) e do Journal of Animal Science (Capítulos 6 e 10).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRITO, R.M.; SAMPAIO, A.A.M. **Técnicas de suplementação de pastagens na criação de bezerros de corte: creep-feeding**. Jaboticabal: FUNEP, 2001.126p.
- CAMPOS, O.F.; SILVA, A.G. Fontes alternativas de proteína no sucedâneo do leite para bezerros: revisão de literatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, p.1089-1099,1986.

- CREMIN, J.D.; FAULKNER, N.R.; MERCHEN G.C. et al. Digestion criteria in nursing beef calves supplemented with limited levels of protein and energy. **Journal of Animal Science**, v.69, n.3, p.1322-1331, 1991.
- EUCLIDES, V.P.B.; EUCLIDES FILHO, K.; COSTA, F.P. et al. Desempenho de novilhos F1s Angus-Nelore em pastagens de *Brachiaria decumbens* submetidos a diferentes regimes alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.470-481, 2001.
- MANELLA, M. Q.; LOURENCO, A. J.; LEME, P. R. Recria de bovinos nelore em pastos de *Brachiaria brizantha* com suplementação protéica ou com acesso a banco de proteína de *Leucaena leucocephala*: desempenho animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2274-2282. 2002.
- MATHIS, C.P.; COCHRAN, R.C.; HELDT, J.S. et al. Effects of supplemental degradable intake protein on utilization of medium-to low-quality forages. **Journal of Animal Science**, v.78, n.1, p.224-232, 2001.
- MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. Academic Press: New York, 1990, 483p.
- PAULINO, M.F.; ACEDO, T.S; SALES, M.F.L. et al. Suplementação como estratégia de manejo das pastagens. In: Volumosos na produção de ruminantes: Valor alimentício de forragens. Jaboticabal. **Anais...** p. 87-100. 2003.
- POPPI, D.P.; MCLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v.73, p.278-290, 1995.
- PROHMANN, P.; BRANCO, A.F.; JOBIM, C.C. et al. Suplementação de bovinos em pastagem de Coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) no verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.792-800, 2004.
- ROCHA, M.G.; PILAU, A.; SANTOS, D.T. et al. Desenvolvimento de novilhas de corte submetidas a diferentes sistemas alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, supl.2, p.2123-2131, 2004.
- RUAS, J.R.M.; TORRES, C.A.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Efeito da suplementação protéica a pasto sobre consumo de forragens, ganho de peso e condição corporal, em vacas Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.930-934, 2000.
- RUSSELL, J.B. **Rúmen microbiology and its role in ruminant nutrition**. Ithaca, NY. 2002. 119p.
- VAN SOEST, P.J. 1994 **Nutritional ecology of the ruminant**. 2^a ed. Ithaca: Cornell University Press. 476p.

Capítulo 1

Avaliação nutricional de tourinhos em pastejo recebendo suplementação concentrada com diferentes perfis protéicos da amamentação à terminação I: Fase de amamentação na transição águas-seca

Resumo - O objetivo deste estudo foi avaliar as condições nutricionais de tourinhos em aleitamento, a pasto, suplementados com concentrados com diferentes perfis protéicos durante a época de transição águas-seca. Foram utilizados 52 bezerros nelorados, com idade média inicial de 130 d. Os animais foram distribuídos em quatro lotes, alojados em piquetes de *Brachiaria decumbens* Stapf junto com suas mães, e receberam uma das quatro diferentes estratégias de suplementação: três diferentes suplementos concentrados, ou sal mineral (controle). Nos suplementos concentrados variou-se o nível de proteína. Após 45 dias, realizou-se a avaliação nutricional dos animais, que incluiu a estimativa de consumo e digestão de nutrientes e de características do metabolismo protéico. A estimativa do consumo e digestibilidade utilizaram os indicadores: LIPE[®], dióxido de titânio e fibra em detergente neutro indigestível. Realizou-se ainda coleta de amostras de urina e de sangue. O efeito de suplementação, e os efeitos linear e quadrático do nível de proteína no concentrado foram avaliados pela decomposição da soma de quadrados em contrastes ortogonais, adotando-se $\alpha = 0,10$. O consumo de concentrado pelos bezerros reduziu a ingestão de pasto e aumentou a ingestão de proteína, a digestibilidade da matéria seca e orgânica, o teor de NDT, e a excreção de N na urina. O nível de proteína no suplemento apresentou efeito linear positivo sobre a ingestão diária de proteína, a digestibilidade de todos os nutrientes e o teor de NDT, e efeito quadrático sobre a excreção de N na uréia na urina. Os resultados mostraram que o consumo de concentrado substituiu parte do pasto ingerido pelos bezerros, o que melhorou a digestibilidade da dieta, da mesma forma que o aumento do nível de proteína neste concentrado.

Palavras-chave: bezerros, consumo, digestibilidade, gado de corte, suplementação

Nutritional evaluation of grazing young bulls receiving concentrated supplementation with different protein profiles from milking to finishing I: Nursing phase in transition rainy-dry season

Abstract - The objective of this study was to evaluate the nutritional status of grazing nursing young bulls supplemented with concentrates with different protein profiles during the transition rainy-dry season. Fifty two crossbred Nellore calves with initial mean age of 130 d were used. The calves and cows were divided into four lots, housed in paddocks of *Brachiaria decumbens* Stapf and received one of the four different supplementation strategies: three different concentrate supplements, or salt mineral (control). The levels of protein in the concentrate supplements varied. After 45 d, the nutritional evaluation of animals, which included the prediction of intake and digestion of nutrients and characteristics of protein metabolism, was made. The prediction of intake and digestibility used the indicators: LIPE[®], titanium dioxide and neutral detergent fiber indigestible. Urine and blood samples were collected too. The supplementation effect, and the linear and quadratic effects of the level of protein in the concentrate were evaluated by the decomposition of the sum of squares into orthogonal contrasts, adopting $\alpha = 0.10$. The concentrate intake by calves reduced the intake of pasture and increased protein intake, the digestibility of dry and organic matter, the TDN content, and the N excretion in urine. The level of protein in the supplement showed a positive linear effect on the daily protein intake, the digestibility of all nutrients and TDN content, and quadratic effect on the excretion of N urea in the urine. The results showed that consumption of concentrate replaced part of the pasture ingested by the calves, which improved the digestibility of the diet, the same effect of the increasing in the level of protein on the concentrate.

Keywords: calves, intake, digestibility, beef cattle, supplementation

Introdução

Os sistemas de produção de carne bovina no Brasil utilizam as pastagens como substrato básico, constituindo 99% da dieta dos animais (Paulino et al., 2003). Por outro lado, a produção de carne a pasto segue a sazonalidade da produção das forrageiras.

A prática de suplementar bovinos em pastagens tem sido ainda incapaz de maximizar e garantir a estabilidade da produção animal nestas condições. Muito ainda se questiona sobre a

viabilidade da suplementação e o nível ideal de suplementação a ser utilizado em cada fase de vida dos animais e época do ano, o tipo de nutriente a ser fornecido e mesmo a resposta produtiva possível de ser alcançada. A falta de informações sobre as bases nutricionais envolvidas na resposta à suplementação a pasto tem limitado a aplicação destes resultados nos sistemas comerciais de produção.

Ainda que o aumento da produção de leite permitisse aumentar o peso à desmama dos bezerros, não se pode esquecer que o nível nutricional das matrizes, na maior parte dos sistemas de produção, é limitante para suportar níveis elevados de produção de leite. Por outro lado, à medida que o rúmen se desenvolve, a dependência de leite materno pelo bezerro é reduzida.

O *creep-feeding*, ao complementar e enriquecer a dieta do bezerro, pode possibilitar incremento no desenvolvimento corporal, o que resultaria em melhor ganho de peso no período de amamentação, e maior peso corporal e maior desenvolvimento do sistema digestivo dos animais à desmama.

Brito & Sampaio (2001) sugeriram que a proteína ingerida permanece abaixo do requerimento do bezerro durante toda a lactação. Assim, a suplementação protéica nesta fase tende a equilibrar a dieta, permitindo ainda aos animais obter mais energia de cada unidade de forragem ingerida.

Objetivou-se com este trabalho avaliar as características nutricionais de bezerros na fase de aleitamento, durante a época de transição águas-seca do ano, suplementados com concentrados com diferentes perfis protéicos.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Bovinocultura de Corte da Universidade Federal de Viçosa, no período de março a junho de 2007, em um total de 112 dias.

Foram utilizados 52 bezerros nelorados, com, no mínimo, 50% de sangue nelore, machos, com idade média inicial de $130 \pm 30,1$ dias, todos amamentados por suas respectivas mães.

No início, e sempre que necessário durante o período experimental realizou-se combates contra ecto e endoparasitas.

Após a pesagem inicial, para cada animal foi designada, aleatoriamente, uma das quatro diferentes estratégias de suplementação nutricional avaliadas: um dos três suplementos concentrados com diferentes perfis protéicos (T1, T2 e T3), ou mistura mineral. Os animais que recebiam os tratamentos de suplementação concentrada, recebiam, nesta fase da vida, 1,2 kg/animal/dia de suplementos, enquanto os animais controle recebiam suplemento mineral *ad libitum* (tratamento controle).

Os suplementos concentrados foram formulados de forma a atender às exigências nutricionais dos animais (de acordo com o NRC, 2000) e às características específicas do pasto naquela época do ano. Nesta fase da vida dos animais (amamentação durante a estação de transição águas – seca), variou-se o nível de proteína bruta (PB) nos suplementos concentrados (Tabela 1), e forneceu-se 1,2 kg deste suplemento por animal por dia.

Os animais que recebiam uma mesma estratégia de suplementação foram agrupados em lotes, que foram então alojados em piquetes formados com *Brachiaria decumbens* Stapf junto com suas mães. A cada sete dias, os lotes foram rotacionados entre os piquetes, visando à eliminação de possíveis diferenças entre os piquetes.

Durante toda esta fase da vida dos animais, as vacas tiveram acesso à suplementações de macro e micro elementos minerais, em comedouro de madeira coberto de dois metros de comprimento. Os comedouros eram duplos, com acesso de um lado para as vacas e do outro lado para os bezerros, colocado mais baixo que o cocho das vacas e cercado com cerca de

madeira para o oferecimento seletivo da suplementação (concentrada ou mineral) para os mesmos (*creep feeding*).

Tabela 1 - Composição dos suplementos concentrados, do pasto e do leite consumidos pelos animais

| Item ¹ | Suplementos | | | Pasto ⁴ | Leite |
|---------------------------------------|-------------|------|------|--------------------|-------------------|
| | T1 | T2 | T3 | | |
| <i>Combinação de Alimentos (% MN)</i> | | | | | |
| Milho | 32,5 | 64,9 | 97,4 | | |
| Farelo Soja | 64,9 | 32,5 | 0,00 | | |
| Suplemento Mineral | 2,60 | 2,60 | 2,60 | | |
| <i>Composição Química²</i> | | | | | |
| MS | 95,9 | 95,4 | 95,4 | 22,1 | 14,1 |
| MO | 92,8 | 94,8 | 96,5 | 90,1 | 92,0 |
| PB | 31,8 | 24,8 | 9,42 | 13,9 | 25,8 |
| NNP | 34,7 | 25,4 | 20,8 | 18,6 | n.a. ³ |
| FDNcp | 20,3 | 21,4 | 6,50 | 54,4 | 0,00 |
| FDNi | 1,09 | 1,45 | 1,32 | 16,5 | 0,00 |
| EE | 1,83 | 2,45 | 2,84 | 1,46 | 34,2 |

¹ FDNcp = Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, FDNi = Fibra em detergente neutro indigestível.

² Expresso como % MS, exceto MS (expressa como % MN) e NNP (expressa como % PB).

³ Não avaliado.

⁴ Obtido através de simulação manual de pastejo.

No início e no final desta fase de vida, e a cada 28 dias os bezerros foram pesados sem jejum (PC) para acompanhamento de seu crescimento.

O ganho médio diário (GMD) da fase foi calculado como a diferença entre os pesos iniciais e finais, divididos pelos 112 dias de duração deste experimento. O GMD durante a avaliação nutricional foi calculado pela diferença entre os pesos tomados aos 28 e aos 56 dias deste experimento, dividida pelo período de 28 dias.

Após 45 dias de experimento, conduziu-se o ensaio para avaliação nutricional dos animais. Esta avaliação incluiu a estimativa de consumo e digestão e estimativa de características do metabolismo protéico dos animais experimentais. A estimativa do consumo

pelos animais foi realizada por intermédio da técnica dos indicadores. Empregou-se o LIPE[®] como indicador para estimação da excreção fecal (Rodríguez et al., 2006), o dióxido de titânio como indicador do consumo de suplemento (Kincheloe, 2004) e a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador interno para estimação direta do consumo de pasto e indireta da digestibilidade da dieta.

No período do ensaio, durante os nove primeiros dias, o dióxido de titânio foi adicionado ao suplemento concentrado de cada tratamento, na proporção de 1%, conforme sugestão de Kincheloe (2004). Nos dias sete, oito e nove procedeu-se à aplicação nos bezerras, via sonda esofágica, de cápsulas de 500 mg de LIPE[®]. Entre o 8º e 10º dias procedeu-se à coleta de amostras de fezes, por defecação espontânea ou diretamente no reto dos animais, uma vez por dia, às 16:00, 12:00 e 08:00 h, respectivamente. As amostras fecais foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e congeladas a -20 °C.

No 11º dia do ensaio foi realizada a coleta, nos animais, de amostras “spot” de urina (10 mL), em micção espontânea e de sangue, realizadas aproximadamente quatro horas após o fornecimento do suplemento. Após a coleta, as amostras de urina foram diluídas em 40 mL de H₂SO₄ (0,036 N) e congeladas a -20°C para posterior determinação dos teores de creatinina e uréia segundo Valadares et al. (1999). As amostras de sangue foram coletadas imediatamente após a coleta de urina utilizando-se tubos de vacuntainer, sendo as amostras imediatamente centrifugadas e o soro congelado para posterior avaliação de uréia sérica (Nursg).

A cada mês do experimento procedeu-se à avaliação quantitativa e qualitativa do pasto. Foi realizada coleta de amostra da forragem através do corte rente ao solo de cinco áreas delimitadas por um quadrado metálico de 0,5 x 0,5 m, escolhidas aleatoriamente em cada piquete experimental (McMeniman, 1997), em um total de vinte amostras.

Após a coleta, as amostras foram pesadas e homogeneizadas, e, a partir desta amostra homogênea, retiradas duas amostras compostas. Uma para avaliação da disponibilidade total de MS e outra para análise das disponibilidades de MS de folha verde, folha seca, colmo verde e colmo seco em cada piquete experimental. No dia imediatamente após o ensaio de avaliação nutricional, realizou-se amostragem qualitativa do pasto consumido pelos animais via simulação manual de pastejo.

Dois dias após o ensaio, realizou-se coleta de leite das vacas para estimação da produção e composição do mesmo. Coletaram-se amostras de leite de sete vacas de cada grupo, escolhidas aleatoriamente. Antes da estimação da produção de leite, os bezerros foram separados das mães às 18:00 h do dia anterior, assim permanecendo por um período de doze horas, em curral com acesso à água. As vacas foram soltas no pasto próximo. Às 06:00 h foi realizada a esgota da vacas para estimação da produção de leite, através de ordenha manual, com aplicação de oxitocina. A produção diária de leite de cada vaca foi estimada como a produção do período (considerando-se a hora da separação dos bezerros e a hora de ordenha de cada vaca), ajustada para 24 horas.

Após a pesagem, foram retiradas amostras de leite para análise, as quais foram enviadas para o laboratório de qualidade do leite da EMBRAPA - Gado de Leite para quantificação dos teores de sólidos totais, proteína, gordura e lactose.

As amostras de fezes, após seca em estufa com ventilação forçada (60°C / 72 h) e processadas em moinho com peneira de 1 mm, foram compostas, com base no peso seco ao ar, por animal. As amostras de pasto foram secas e moídas do mesmo modo. As análises de matéria seca (**MS**), matéria orgânica (**MO**), proteína bruta (**PB**) e extrato etéreo (**EE**) dos suplementos concentrados, do pasto e das fezes foram realizadas de acordo com as técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002). O conteúdo de NNP foi determinado utilizando-se o

método do ácido tri-cloro-acético (Licitra et al., 1996). A quantificação dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) seguiu os métodos de Van Soest & Robertson (1985).

As amostras de suplemento e forragem foram quantificadas, em conjunto às amostras fecais, quanto aos teores de FDNi, segundo método descrito por Cochran et al. (1986), adotando-se, no entanto, incubação ruminal *in situ* por 240 h, como sugerido por Casali et al. (2008).

A excreção fecal foi estimada segundo a metodologia proposta por Rodríguez et al. (2006).

O consumo de matéria seca de suplemento (kg/dia) foi estimado segundo a Equação [1].

$$CSUP = \frac{EF \times CFti}{CSti} \quad \text{Eq. [1]}$$

em que: CSUP = consumo de matéria seca de suplemento (kg/dia); EF = excreção fecal (kg/dia); CFti = concentração fecal de titânio (kg/kg); CSti = concentração de titânio no suplemento (1%).

As estimativas do consumo voluntário foram obtidas segundo a Equação [2].

$$CMS = \frac{[(EF \times Fz) - (CSUP \times Sp)]}{Ps} + CSUP + CL \quad \text{Eq. [2]}$$

em que: CMS = consumo de matéria seca (kg/dia); EF = excreção fecal (kg/dia); Fz = concentração de FDNi nas fezes (kg/kg); CSUP = consumo de matéria seca de suplementos (kg/dia); Sp = concentração de FDNi no suplemento (kg/kg); Ps = concentração de FDNi na forragem (kg/kg); e CL = consumo de matéria seca de leite (kg/dia).

Os consumos de nutrientes foram obtidos a partir das estimativas de consumo e da composição das amostras de pasto, de suplementos, de leite e das fezes, segundo os métodos descritos anteriormente.

O coeficiente de substituição (CS) do pasto pelo concentrado foi calculado como a diferença entre o consumo de pasto do grupo controle e de cada grupo suplementado, dividido pelo consumo de concentrado (g pasto / g de concentrado ingerido).

A relação volumoso: concentrado foi calculada como a proporção que o consumo de MS de pasto e o consumo de MS de suplemento concentrado representavam, respectivamente, da soma do consumo de MS de pasto e concentrado de cada animal.

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CD) de cada nutriente foram calculados segundo a Equação [3].

$$CD_{nut} = \frac{[(CFOR \times CF_{nut}) + (CSUP \times CS_{nut}) + (CLEI \times CL_{nut}) - (EF \times CF_{nut})]}{[(CFOR \times CF_{nut}) + (CSUP \times CS_{nut}) + (CLEI \times CL_{nut})]} \quad \text{Eq.}$$

[3]

em que: CD_{Nut} = Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente (%); CFOR = Consumo de forragem (kg/dia); CF_{nut} = Concentração do nutriente na forragem (%); CSUP = Consumo de suplemento (kg/dia); CS_{nut} = Concentração do nutriente no suplemento (%); CLEI = Consumo de leite (kg/dia); CL_{nut} = Concentração do nutriente no leite (%); EF = excreção fecal (kg/dia); CF_{nut} = Concentração do nutriente nas fezes (%).

O calculo de NDT da dieta foi realizado considerando-se o teor de nutrientes digestíveis, segundo a Equação [4]:

$$NDT = PBd + 2,25 \times EEd + FDNd + CNFd \quad \text{Eq. [4]}$$

onde: NDT = nutrientes digestíveis totais (% MS); PBd = Proteína bruta digestível (% MS); EEd = Extrato etéreo digestível (%MS); FDNd = Fibra em detergente neutro digestível (%MS); CNFd = Carboidratos não fibrosos digestíveis (%MS).

Foram utilizados kits comerciais para a estimacão dos teores de creatinina e uréia nas amostras de urina. O total de proteína excretada na urina foi determinada pelo método Kjeldahl, segundo Silva & Queiroz (2002). A síntese de proteína microbiana (PB_{mic}) foi estimada através das amostras de urina. Estas foram analisadas para os derivados de purinas

(alantoína e ácido úrico), por intermédio do método colorimétrico, segundo técnica de Fujihara et al. (1987) descrita por Chen & Gomes (1992).

O volume urinário foi obtido pela relação entre a excreção diária de creatinina, adotando-se a equação descrita por Chizotti et al. (2004) e a concentração de creatinina nas amostras coletadas.

As purinas microbianas absorvidas (Y mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purinas na urina (X mmol/dia) através da equação:

$$Y = \frac{X - 0,385 \times PC^{0,75}}{0,85} \quad \text{Eq. [5]}$$

em que: 0,85 = recuperação de purinas absorvidas como derivados urinários de purinas; 0,385 = contribuição endógena para a excreção de purinas (Verbic et al., 1990).

A síntese ruminal de compostos nitrogenados (N_{mic}) (Y , g N/dia) foi calculada em função das purinas absorvidas (X , mmol/dia), pela equação de Chen & Gomes (1992), Eq. [6].

$$Y = 70 X / (0,83 \times 0,116 \times 1000) \quad \text{Eq. [6]}$$

em que: 70 é o conteúdo de N de purinas (mg N/mol); 0,116 a relação N purina : N total nas bactérias; e 0,83 a digestibilidade das purinas microbianas.

Estimou-se então a eficiência de síntese de PB_{mic} segundo a Eq. [7].

$$PB_{mic} = (N_{mic} \times 6,25) / IDNDT \quad \text{Eq. [7]}$$

onde: PB_{mic} = Eficiência de produção de PB microbiana (g/kg NDT); N_{mic} = produção diária de nitrogênio microbiano (g/d); IDNDT = Ingestão diária de NDT (Kg/d).

O efeito de suplementação, e os efeitos lineares e quadráticos do nível de proteína no suplemento sobre o consumo, a digestibilidade e características do metabolismo protéico dos animais foram avaliados por intermédio da decomposição da soma de quadrados de tratamentos por intermédio de contrastes ortogonais (Steel et al., 1997). Utilizou-se o PROC

GLM do SAS (SAS Institute, 2004). Para todos os procedimentos estatísticos adotou-se $\alpha = 0,10$.

Resultados e Discussão

Os dados de peso e ganho de peso dos animais (Tabela 2) foram apresentados como indicativos do tipo de animal e do estado fisiológico dos mesmos durante esta fase de vida e durante o período de avaliação nutricional.

Tabela 2 - Pesos corporais iniciais e finais e ganho médio diário dos animais experimentais nesta fase da vida, e peso corporal e ganho médio diário durante o período de ensaio de avaliação nutricional

| Item ¹ | Suplementos | | | |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Controle | T1 | T2 | T3 |
| PC inicial | 130 ± 29,8 | 128 ± 28,8 | 127 ± 28,8 | 131 ± 28,6 |
| PC final | 200 ± 25,2 | 213 ± 36,4 | 218 ± 31,4 | 203 ± 34,4 |
| GMD fase | 0,620 ± 0,161 | 0,737 ± 0,151 | 0,800 ± 0,154 | 0,680 ± 0,108 |
| PC avaliação | 172 ± 24,9 | 178 ± 33,5 | 181 ± 30,3 | 172 ± 34,0 |
| GMD avaliação | 0,633 ± 0,219 | 0,628 ± 0,137 | 0,890 ± 0,289 | 0,863 ± 0,205 |

¹ PC = Peso corporal, kg; GMD = ganho médio diário, kg/d.

Na Figura 1 mostra-se a evolução das condições de pastagem durante a fase de amamentação dos animais experimentais. Esta fase ocorreu entre os meses de março e junho de 2007, envolvendo o fim do período das águas e o período de transição águas-seca daquele ano.

Os dados mostram uma disponibilidade de matéria seca total do pasto uniforme durante os três primeiros meses (de março a maio), com valores em torno de 4.500 kg MS / ha. Segundo Euclides et al. (1992), uma disponibilidade desta ordem seria suficiente para se manter um desempenho ótimo para bovinos de corte em condições do Brasil central. Por outro lado, a disponibilidade de cerca de 3.000 kg MS /ha observada em junho, segundo este parâmetro, indicaria uma possível redução no desempenho dos animais a partir deste mês.

Apesar desta constância na disponibilidade de MS da pastagem durante os primeiros meses, a composição desta MS variou bastante. Observou-se aumento contínuo da participação de materiais secos na composição da massa forrageira, paralelamente à redução da disponibilidade de folhas e caules verdes à medida que o experimento avançava. O aumento da participação de material seco mostrou-se maior nos caules, provavelmente devido ao consumo preferencial de folhas pelos animais (o que diminuía a quantidade de folhas disponíveis para senescência).

No mês de junho, paralelamente à redução da disponibilidade de MS total do pasto, observou-se intensificação neste processo de “substituição” de material verde por seco. Neste caso, a redução de MS de folhas verdes foi de cerca de 70%, quando comparada à disponibilidade de março. Esta redução foi proporcionalmente menor que a de caules verdes (em torno de 80% da disponibilidade observada em março). Apesar disto, esta redução na quantidade de caules secos disponíveis indica algum consumo deste material pelos animais.

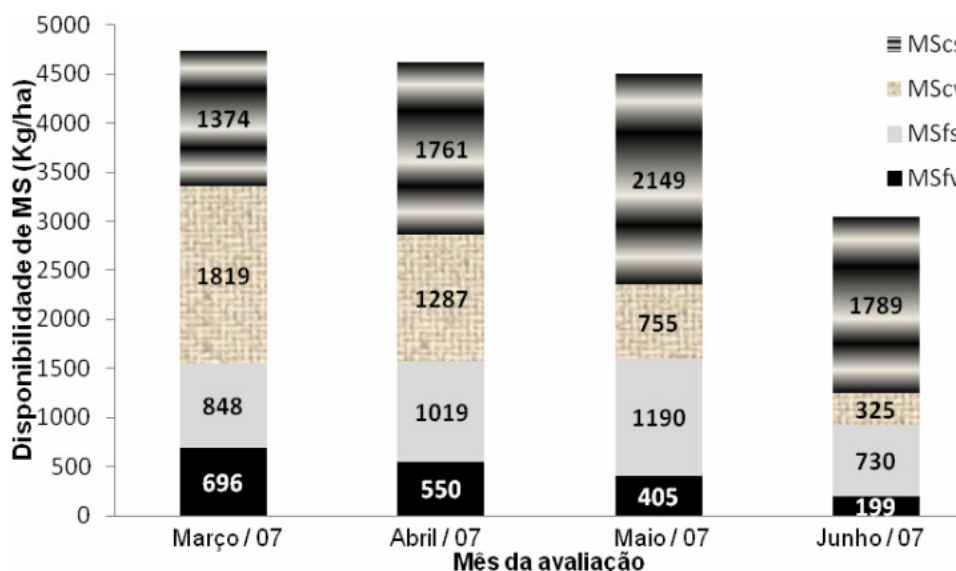


Figura 1 - Disponibilidade de matéria seca total do pasto, e de seus componentes (folhas verdes (MSfv), folhas seca (MSfs), caules verdes (MScv) e caules secos (MScs)), nos meses de realização do experimento.

Segundo os dados apresentados na Tabela 3, não foram observadas diferenças significativas ($P>0,10$) no consumo de MS pelos animais dos diferentes tratamentos (efeito de suplementação concentrada ou do nível de PB neste suplemento).

A decomposição desta ingestão diária (**ID**) de MS em seus componentes mostrou, no entanto, resultados importantes. A avaliação da IDMS de leite confirmou que a produção de leite das mães foi semelhante nos diferentes grupos de suplementação, o que não interferia na diferença de desempenho dos grupos de animais. Também o consumo de suplemento concentrado não foi diferente nos grupos que o recebiam ($P>0,10$), sendo em média de 0,996 kg/d. Este consumo representou cerca de 0,563% do PC médio dos animais suplementados durante o ensaio de avaliação nutricional.

A IDMS de pasto, apesar de não ter sido afetada pelo nível de proteína dos concentrados ($P>0,10$), foi menor ($P<0,01$) nos animais suplementados. A manutenção de um mesmo nível de IDMS total e a redução da IDMS do pasto pelos animais suplementados evidenciam a ocorrência de efeito substitutivo do concentrado fornecido sobre o consumo de pasto. Neste caso, a substituição média foi de cerca de 0,78 g de consumo de pasto/g de concentrado ingerido. Isto mostra que cerca de 78% do consumo de concentrado foi compensado pela redução no consumo de pasto dos animais.

Zin & Garces (2006) explicam que, a partir de um fornecimento de concentrado em níveis correspondentes a 0,3 % PC ocorre redução no consumo de forragem. Segundo estes autores, este processo seria intensificado somente a partir do fornecimento de 0,8 % PC. O alto nível de redução na ingestão de pasto para o consumo de 0,563% do PC de concentrado aqui observado parece ser além do predito por estes autores.

Acompanhando o comportamento da IDMS, também a IDMO não foi afetada significativamente pela suplementação concentrada, ou pelo nível de PB no concentrado ($P>0,10$).

A IDFDN, por sua vez, foi afetada pelo fornecimento de concentrado ($P < 0,05$). Os animais que recebiam apenas suplemento mineral, consumiram mais FDN que aqueles que recebiam suplementação concentrada. Isto está ligado ao maior consumo de MS de pasto por estes animais.

Como este pasto consumido a mais foi substituído pelo concentrado na dieta dos animais suplementados, a diferença de IDFDN reflete a diferença do teor de FDN entre o pasto e o concentrado, multiplicada por esta substituição.

Tabela 3 - Características ingestivas dos animais dos grupos experimentais

| Itens ¹ | Suplementos | | | | CV (%) | Valor- <i>P</i> | | |
|--------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | Contro- le | T3 | T2 | T1 | | Efeito da suplementação Concentrada | Efeito linear nível proteína | Efeito quadr. nível proteína |
| | kg/d | | | | | | | |
| IDMS | 3,425 | 3,477 | 3,804 | 3,857 | 18,3 | 0,1999 | 0,1625 | 0,5528 |
| IDMSpast | 2,721 | 1,923 | 1,957 | 1,951 | 30,6 | 0,0008 | 0,9178 | 0,9278 |
| IDMSconc | -- | 0,846 | 1,091 | 1,052 | 61,2 | -- | 0,4081 | 0,4993 |
| IDMSleite | 0,703 | 0,707 | 0,755 | 0,855 | 21,1 | 0,3704 | 0,2499 | 0,1809 |
| IDMO | 3,088 | 3,193 | 3,485 | 3,512 | 18,4 | 0,1347 | 0,1992 | 0,5279 |
| IDFDN | 1,575 | 1,168 | 1,367 | 1,343 | 25,9 | 0,0197 | 0,2237 | 0,3621 |
| IDPB | 0,560 | 0,530 | 0,734 | 0,827 | 19,3 | 0,0023 | <0,0001 | 0,1845 |
| IDPBpast | 0,378 | 0,267 | 0,272 | 0,271 | 30,6 | 0,0008 | 0,9200 | 0,9257 |
| IDPBleite | 0,182 | 0,183 | 0,195 | 0,221 | 21,0 | 0,3630 | 0,2517 | 0,1841 |
| IDPBconc | -- | 0,080 | 0,271 | 0,334 | 65,9 | -- | 0,0002 | 0,2310 |
| IDNNP | 0,070 | 0,066 | 0,119 | 0,166 | 34,9 | 0,0005 | <0,0001 | 0,8238 |
| IDNDT | 2,387 | 2,617 | 2,869 | 2,922 | 18,5 | 0,0378 | 0,2048 | 0,6097 |
| Rel. Vol:Conc (%) | -- | 84:16 | 79:21 | 77:23 | 108 | -- | 0,3351 | 0,8185 |
| CS(g/g) | -- | 0,94 | 0,70 | 0,73 | -- | -- | -- | -- |
| | g/kg PC | | | | | | | |
| IDMS | 20,3 | 20,8 | 21,8 | 22,0 | 23,9 | 0,4454 | 0,5659 | 0,8262 |
| IDMSpast | 16,1 | 11,2 | 10,8 | 11,1 | 29,0 | <0,0001 | 0,9414 | 0,7729 |
| IDFDN | 9,30 | 6,80 | 7,70 | 7,60 | 26,2 | 0,0073 | 0,3328 | 0,5269 |

¹ Ingestão diária de: IDMS = matéria seca total, IDMSpast = matéria seca do pasto, IDMSconc = matéria seca do concentrado, IDMSleite = matéria seca do leite, IDFDN = fibra em detergente neutro, IDPB = proteína bruta total, IDPBpast = proteína bruta da pastagem, IDPBleite = proteína bruta do leite, IDPBconc = proteína bruta do concentrado, IDNNP = nitrogênio não protéico, e IDNDT = de NDT; Rel. Vol:Conc = relação volumoso:concentrado; e CS = coeficiente de substituição.

A IDPB foi maior nos animais suplementados e, nestes, aumentou linearmente ($P < 0,01$) à medida que se aumentou o teor de proteína no suplemento concentrado.

A análise da origem desta proteína mostrou que o principal fator destas diferenças foi a proteína oriunda dos suplementos concentrados. Apesar dos animais que só recebiam suplemento mineral terem ingerido cerca de 100 g de proteína do pasto por dia a mais que os suplementados com concentrados, a ingestão de PB do concentrado dos tratamentos T1 e T2 mais que compensou esta proteína. Por outro lado, a ingestão de PB do tratamento T3 acabou por ser bastante semelhante à dos animais controle, devido à baixa IDPB oriunda do concentrado deste grupo de animais.

A IDPB do leite consumido pelos animais não variou entre nenhum dos grupos avaliados e não afetou as diferenças observadas na IDPB total dos animais.

Os valores de IDPB apresentados pelos animais suplementados foram cerca de 110 g a menos que os 0,810 kg/d de PB sugeridos pelo NRC (2000) como exigência para animais com peso e ganho de peso semelhantes. A IDPB do grupo controle, por sua vez, ficou cerca de 150 g abaixo da exigência de 0,707 kg/d predita pelo NRC (2000). Necessidades de proteína cerca de 15 a 20% menor que as exigências preditas pelo NRC (2000) também foram observadas por Freitas (2006) considerando dados próprios e de 14 trabalhos da literatura brasileira.

As diferenças observadas na IDNNP parecem estar ligadas às variações da IDPB. Da mesma forma que na IDPB, o efeito significativo da suplementação concentrada e o efeito linear ($P < 0,01$) do nível de proteína no concentrado refletem níveis de IDNNP próximos entre os animais dos grupos que recebiam os suplementos T1 e T2, e entre os dos grupos controle e os que recebiam o suplemento T3. O efeito linear da redução do teor de PB do concentrado pode ainda ser parcialmente associado ao menor teor de NNP dos suplementos com menos proteína (Tabela 2).

A IDNDT foi ampliada pelo fornecimento de suplementação concentrada ($P < 0,05$), mas não foi afetada pelos níveis de proteína bruta neste suplemento ($P > 0,10$). A substituição de parte da forragem consumida pelo concentrado, como já discutido, pode explicar a maior parte destes resultados. A maior concentração energética do suplemento concentrado em relação ao pasto que deixou de ser consumido levou à maior ingestão de energia (aqui medida na forma de NDT), mesmo com IDMS similares entre os grupos controle e suplementados.

O consumo médio de 2,803 kg NDT/animal/dia observado nos animais dos grupos suplementados foi cerca de 400 g (12,5%) inferior à exigência predita pelo NRC (2000) para animais com peso e desempenho semelhantes. Os animais do grupo controle, por outro lado, ingeriram em média, 383 g NDT/animal/dia a menos que os 2,770 kg estimados pelo NRC (2000). Este valor representa ingestão cerca de 16% abaixo das previsões daquele sistema. Esta menor exigência nutricional de energia é coerente com diversos trabalhos realizados em condições brasileiras (Freitas et al., 2006; Silva et al., 2002).

Observaram-se pequenas variações ($P > 0,10$) na relação volumoso:concentrado consumida pelos animais que consumiam os diferentes suplementos concentrados.

Devido aos pesos corporais bastante semelhantes dos animais, a expressão da IDMS como g/kg PC não evidenciou nenhuma diferença em relação aos resultados da análise da IDMS expressa como kg/d. Nenhum efeito de suplementação ou de nível de proteína no suplemento sobre a IDMS ($P > 0,10$) pôde ser observado.

Também a IDMS oriunda de pastagem e a IDFDN, expressas como g/kg PC, mostraram o mesmo efeito de suplementação ($P < 0,01$) evidenciado no estudo destas características expressas como kg/d. Estas características também não apresentaram efeito significativo ($P > 0,10$) do nível de proteína no suplemento concentrado.

Os baixos valores de IDFDN aqui observados podem ser explicados pela fase de vida dos animais. Como cerca de 20% da IDMS dos animais provinham do leite materno, e este

leite não possui FDN, era de se esperar que a IDFDN fosse menor que o normalmente observado em animais a pasto. Esta presença do leite materno na dieta dos animais atua ainda causando menor desenvolvimento ruminal, o que reduz ainda a capacidade de IDMS de pasto destes animais.

Os coeficientes de digestibilidade da MS e da MO, foram afetados ($P < 0,01$) pelo fornecimento de suplemento concentrado (Tabela 4). O aumento da digestibilidade destes componentes (cerca de 5 pontos percentuais), representa uma melhoria de cerca de 7 % na capacidade do animal de retirar nutrientes dos alimentos. Esta melhoria pode ser associada à substituição de pasto pelo concentrado na MS ingerida dos animais suplementados.

Zamperlini (2008) destacou o maior desenvolvimento ruminal de animais suplementados com concentrados, o que pode levar a um possível aumento na capacidade de digestão do pasto por estes animais.

O CDPB apresentou efeito significativo ($P > 0,01$) de suplementação. As pequenas diferenças absolutas no CDPB da dieta como um todo, no entanto, podem ser explicadas pela época do ano e o alto teor de PB no pasto. Neste caso, o CDPB do pasto pode ter assumido valores próximos ao do concentrado, causando este efeito.

Tabela 4 - Coeficientes de digestibilidade aparente total (%) e teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas

| Itens ¹ (%) | Suplementos | | | | | Valor- P | | |
|------------------------|-------------|------|------|------|--------|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | Controle | T3 | T2 | T1 | CV (%) | Efeito da suplementação Concentrada | Efeito linear nível proteína | Efeito quadr. nível proteína |
| CDMS | 63,4 | 65,6 | 68,2 | 70,6 | 5,72 | 0,0006 | 0,0019 | 0,9653 |
| CDMO | 66,1 | 67,9 | 71,1 | 73,5 | 5,16 | 0,0002 | 0,0004 | 0,7797 |
| CDPB | 77,5 | 79,3 | 80,5 | 84,2 | 3,95 | 0,0006 | 0,0004 | 0,2848 |
| CDFDN | 65,5 | 65,3 | 70,1 | 70,0 | 7,28 | 0,0728 | 0,0230 | 0,1597 |
| CDEE | 78,3 | 79,5 | 82,5 | 83,5 | 4,14 | 0,0083 | 0,0164 | 0,4201 |
| CDCNF | 63,6 | 71,4 | 70,2 | 72,4 | 7,38 | 0,0003 | 0,7025 | 0,3817 |
| NDT | 67,4 | 72,6 | 74,0 | 75,9 | 3,38 | <0,0001 | 0,0068 | 0,7745 |

¹ Coeficientes de Digestibilidade: CDMS = da matéria seca, CDMO = da matéria orgânica, CDPB = da proteína bruta, CDFDN = da fibra em detergente neutro, CDEE = do extrato etéreo, CDCNF = dos carboidratos não fibrosos.

Os coeficientes de digestibilidade da MS, MO, PB e FDN apresentaram aumento significativo ($P < 0,05$) à medida que se aumentou o nível de PB nos concentrados.

É interessante se notar que, enquanto os CDMS, CDMO, e CDPB apresentam um aumento relativamente uniforme à medida que se aumenta o teor de PB no suplemento, o CDFDN é menor no tratamento T3, tornando-se constante nos tratamentos T1 e T2 (com maiores teores de proteína).

Uma possível explicação para este fenômeno poderia estar ligada à acidificação do rúmen dos animais que recebiam o tratamento T3. Como os animais eram jovens, seus rúmens ainda estavam em desenvolvimento, o que deixava-os mais susceptíveis a distúrbios digestivos. O suplemento fornecido aos animais do T3 constituía-se basicamente de milho, que possui altos teores de amido. Apesar de as quantidades fornecidas diariamente não serem altas, devido à susceptibilidade ruminal esta quantidade de amido poderia baixar o pH ruminal, reduzindo a digestibilidade da fibra da dieta.

Este mesmo fenômeno poderia causar também a IDMS de concentrado ligeiramente menor, observada neste grupo de animais. Paulino et al. (2003) discutiram este tipo de resposta.

O aumento do CDMS, CDMO, e do CDPB à medida que se aumentou o teor de PB da dieta como um todo, foi predito por Coelho da Silva & Leão (1979). Para Van Soest (1994), este efeito pode estar associado à diluição das perdas metabólicas fecais de proteína à medida que se aumenta o consumo de PB. Como o coeficiente de digestibilidade aparente é uma medida relativa, em baixos consumos de PB estas perdas metabólicas têm maior capacidade de reduzir a estimativa do CDPB, com reflexos sobre o CDMS e o CDMO.

O CDEE e o CDCNF foram maiores nos animais que recebiam suplemento concentrado ($P < 0,01$). Devido à menor disponibilidade destes nutrientes no pasto, isto pode ser diretamente associado à maior digestibilidade dos mesmos nos concentrados.

O teor de NDT também foi maior na dieta dos animais suplementados com concentrados, e aumentou linearmente com o nível de proteína na dieta ($P < 0,01$). Como todos os grupos de animais suplementados apresentaram NDT maior que o dos animais do grupo controle e o aumento no teor de NDT dos grupos suplementados foi uniforme à medida que se aumentou o teor de proteína do concentrado, pode-se inferir que a substituição de parte da IDMS de pasto por concentrado (de maior digestibilidade) e o aumento da digestibilidade graças ao maior teor de PB na dieta sejam igualmente responsáveis por estes resultados. Neste último aspecto, vale destacar que a questão levantada por Van Soest (1994) sobre a amplitude da interferência das perdas metabólicas fecais de proteína à medida que se aumenta a IDPB também pode se refletir sobre a estimativa do NDT da dieta.

O fornecimento de suplementos concentrados ou a alteração no nível de proteína nestes concentrados não foram capazes de afetar a produção de PBmic no rúmen ($P > 0,10$) (Tabela 5).

Os pequenos tamanho e idade dos animais neste estudo tornam-se um fator naturalmente limitante a altas produções de PBmic. Isto pode explicar a falta de diferença na produção de PBmic entre os animais referência e os suplementados, e mesmo entre os suplementados com diferentes níveis de proteína no concentrado.

A conseqüência direta destes fatores é a baixa eficiência de produção de PBmic quando considerada a IDNDT. Este resultado vem apontar para uma alta variabilidade no padrão de produção de 130 g PBmic/Kg NDT adotado pelo NRC (2000). Esta possível variabilidade era assumida por este conselho ao definir este padrão. Fatores como os aqui destacados (idade e estágio fisiológico dos animais, além de suprimento inadequado de PDR na dieta) podem afetar diretamente a eficiência de síntese dos microrganismos ruminais.

Tabela 5 - Parâmetros da nutrição protéica dos animais experimentais

| Itens ¹ (%) | Suplementos | | | | | Valor- P | | |
|--------------------------|-------------|------|------|------|------|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | Controle | T3 | T2 | T1 | CV | Efeito da suplementação Concentrada | Efeito Linear Nível Proteína | Efeito Quadr. Nível Proteína |
| Nmic (g/d) | 39,4 | 45,4 | 46,6 | 37,1 | 44,2 | 0,3663 | 0,6708 | 0,7014 |
| PBmic(g/kg NDT) | 96,7 | 106 | 91,0 | 81,5 | 47,5 | 0,8327 | 0,2988 | 0,8844 |
| Nursg (mg/dl) | 11,7 | 9,66 | 11,0 | 16,4 | 38,6 | 0,6484 | 0,0008 | 0,2226 |
| Nurinário | | | | | | | | |
| Nur – Uréia (g/d) | 26,8 | 28,9 | 25,4 | 34,9 | 49,8 | 0,5427 | 0,3579 | 0,2844 |
| Nur – Total (g/d) | 30,8 | 37,5 | 34,7 | 42,0 | 43,6 | 0,1723 | 0,5227 | 0,4318 |

¹ Nmic = Produção de N microbiano, PBmic = proteína bruta microbiana, Nursg = N uréia sérico, Nur = excreção urinária de nitrogênio, na forma de uréia e N total.

Os níveis de Nursg não foram significativamente diferentes entre os animais que recebiam ou não suplementos concentrados ($P>0,10$). Como a IDPB foi diferente entre estes grupos, a semelhança do Nursg pode ser atribuída às diferenças na eficiência de uso desta PB pelo metabolismo dos animais.

Uma vez que os animais suplementados ingeriram mais PB que os animais controle, níveis semelhantes de Nursg poderiam ser produzidos por um melhor uso da proteína bruta

absorvida pelos últimos. Como a IDPB de pasto dos animais controle foi maior que nos suplementados, e que a superioridade destes últimos na IDPB é devido à IDPB do concentrado, pode-se elencar duas hipóteses para explicar esta diferença no uso da PB absorvida.

Inicialmente, pode-se considerar que uma maior degradabilidade ruminal da PB ingerida a partir do pasto, sem que os microrganismos ruminais sejam capazes de aproveitar toda a amônia liberada na degradação desta PB, levaria a uma maior produção de uréia no fígado, a qual seria excretada, elevando-se os níveis plasmáticos de uréia.

Outra possibilidade seria um melhor balanceamento dos aminoácidos da PNDR dos concentrados em relação ao pasto. Como a produção de PBmic foi semelhante entre os grupos, pode-se supor que as diferenças no aporte de aminoácidos absorvidos no intestino delgado estariam ligadas às diferenças de consumo e à composição de aminoácidos do pasto e dos concentrados. Caso a composição de aminoácidos do pasto fosse mais desbalanceada que a dos concentrados, uma maior porcentagem dos aminoácidos oriundos do pasto seriam deaminados no fígado, gerando maior produção de uréia neste órgão. Como a IDPB oriunda do pasto dos animais controle foi maior que a dos suplementados, apesar dos animais suplementados ingerirem mais PB no dia (boa parte oriunda dos concentrados), a quantidade diária de aminoácidos deaminados no fígado acabou por ser semelhante entre os grupos, assim como a produção de uréia por este órgão.

Entre os animais que recebiam suplemento concentrado, os níveis de N_{ur}g aumentaram linearmente com o aumento do teor de PB no concentrado ($P < 0,01$). Este resultado acompanhou o comportamento da IDPB destes grupos de animais, podendo ser associado diretamente à quantidade de proteína disponível para metabolização pelos animais (Valadares et al., 1997).

A análise da excreção diária de N pela urina não mostrou efeito de suplementação ou do nível de proteína no concentrado.

Quanto aos animais suplementados, pode-se acrescentar ainda que não só a quantidade de PB ingerida, mas também a velocidade de ingestão de suplemento pode afetar a eficiência de utilização desta proteína no fígado, e, conseqüentemente, a produção e secreção de uréia por este órgão. O rápido consumo de proteína dificulta o aproveitamento desta pelo metabolismo, aumentando a excreção urinária de N. Isto pode ser responsável pelos valores de excreção urinária de N numericamente menores observados nos animais que recebiam o suplemento T2.

Conclusões

O consumo de concentrado substituiu parte do pasto ingerido pelos bezerros, melhorando a digestibilidade da dieta, melhorando o aproveitamento metabólico da proteína.

O nível de proteína no suplemento afetou linear e positivamente a digestibilidade da dieta.

Literatura Citada

- BRITO, R.M.; SAMPAIO, A.A.M. **Técnicas de suplementação de pastagens na criação de bezerros de corte: creep-feeding**. Jaboticabal: FUNEP, 2001.126p.
- CASALI; A.O.; DETMANN; E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. 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.
- CHEN, X.B.; GOMES, M.J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details** (Occasional publication). International Feed Resources Unit. Bucksburnd, Aberdeen:Rowett Research Institute. 1992, 21p.
- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Excreção de creatinina em novilhos e novilhas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...**Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. CD-ROM. Nutrição de ruminantes.

- COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D. et al. Predicting digestibility of different diets with internal markers: Evaluation of four potential markers. **Journal of Animal Science**, v.63, n.5, p.1476-1483. 1986
- COELHO DA SILVA, J. F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos da Nutrição de Ruminantes**. Piracicada: Ed. Livroceres, 1979. 384p.
- EUCLIDES, V.P.B., MACEDO, M.C.M., OLIVEIRA, M.P. Avaliação de diferentes métodos de amostragem (para se estimar o valor nutritivo de forragens) sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.2, p.691-702, 1992.
- FREITAS, J.A.F.; QUEIROZ, A.C.; DUTRA, A.R. et al. Composição do ganho e exigências de energia e proteína para ganho de peso em bovinos Nelore puros e mestiços. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.886-893, 2006.
- KINCHELOE, J.J. **Variation in supplement intake by grazing beef cows**. 2004. Thesis (Master of Science in Animal and Range Sciences). Bozeman, Montana. Montana State University, 2004.
- LICITRA, G.; HERNANDES, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardizations of procedures for nitrogen fractionation of ruminant's feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
- MCMENIMAN, N.P. Methods of estimating intake of grazing animals. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34, Juiz de Fora, 1997. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.131-168.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. 243p.
- PAULINO, M. F.; ACEDO, T.S; SALES, M.F.L. et al. Suplementação como estratégia de manejo das pastagens. In: Volumosos na produção de ruminantes: Valor alimentício de forragens. Jaboticabal. **Anais...** p. 87-100. 2003.
- RODRÍGUEZ, N.M.; SIMÕES SALIBA, E.O.; GUIMARÃES JR. R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (43 : 2006 : João Pessoa, PB). **Anais de Simpósios ...** Sup. especial da Revista Brasileira de Zootecnia v. 35. P. 323-352. 2006.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p
- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V. et al. Composição corporal e requisitos energéticos e protéicos de Nelore, não castrados, alimentados com rações

- contendo diferentes níveis de concentrado e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.503-513, 2002 (supl. 1).
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS system: SAS/STAT**. version 9.0 (software), Cary: SAS Institute, 2004. (CD-ROM).
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics. A biometrical approach**. 3.ed. New York: McGraw Hill Co., 1997. 666p.
- VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Níveis de proteína em dietas de bovino. 4. Concentrações de amônia ruminal e uréia plasmática e excreções de uréia e creatinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1270-1278, 1997.
- VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.11, p.2686-2696, 1999.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Ithaca: Cornell University, 1985. 202p.
- VAN SOEST, P.J. 1994 **Nutritional ecology of the ruminant**. 2a ed. Ithaca: Cornell University. 476 p.
- VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effects of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, v.114, n.3, p.243-248, 1990.
- ZAMPERLINI, B. Concentração de proteína e cronologia de fornecimento de suplementos para bezerros lactentes sob sistema de creep feeding. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. 68p. **Tese** (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2008.
- ZIN, R.A.; GARCES, P. Suplementação de bovinos de corte a pasto: considerações biológicas e econômicas. In: SIMCORTE – Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte (I: 2006: Viçosa, MG). **Anais...** Viçosa: DZO/UFV. 2006.

Capítulo 2

Avaliação nutricional de tourinhos em pastejo recebendo suplementação concentrada com diferentes perfis protéicos da amamentação à terminação II: Fase de recria na estação seca

Resumo - O objetivo deste estudo foi avaliar as condições nutricionais de tourinhos desmamados, a pasto, suplementados com concentrados com diferentes perfis protéicos durante a estação da seca. Foram utilizados 40 tourinhos nelorados, com idade média inicial de 256 d, sendo dez animais de cada lote do Capítulo 1, alojados em piquetes de *Brachiaria decumbens* Stapf. Os lotes mantiveram a estratégia de suplementação em que estavam designados na fase anterior, sendo os suplementos adequados à época do ano e aos animais. Os suplementos concentrados eram isoprotéicos, variando-se o nível de NNP. Após 45 dias, realizou-se a avaliação nutricional dos animais, que incluiu a estimativa de consumo e digestão de nutrientes e de características do metabolismo protéico. A estimativa do consumo e digestibilidade utilizou os indicadores: LIPE[®], dióxido de titânio e fibra em detergente neutro indigestível. Realizou-se ainda coleta de amostras de urina e de sangue. O efeito de suplementação, e os efeitos linear e quadrático do nível de NNP no concentrado foram avaliados pela decomposição da soma de quadrados em contrastes ortogonais, adotando-se $\alpha = 0,10$. O consumo de concentrado reduziu a ingestão de pasto (até um consumo fixo de FDN), e aumentou o consumo de proteína, de NNP e de NDT; os coeficientes de digestibilidade da MS, MO e da proteína; o teor de NDT; a produção e a eficiência de síntese de proteína microbiana; e os níveis de N no sangue e na urina. O consumo de concentrado incrementou os aspectos nutricionais avaliados, e o aumento do nível de NNP neste concentrado prejudicou o aproveitamento metabólico da proteína da dieta.

Palavras-chave: bezerros, consumo, digestibilidade, gado de corte, suplementação

Nutritional evaluation of grazing young bulls receiving concentrated supplementation with different protein profiles from milking to finishing II: Growing phase in dry season

Abstract - The objective of this study was to evaluate the nutritional status of grazing young bulls supplemented with concentrates with different protein profiles during the dry season. Forty crossbred Nellore calves with initial mean age of 256 d, being ten animals from each lot of Chapter 1, housed in paddocks of *Brachiaria decumbens* Stapf, were used. The lots maintained the same supplementation strategies from the previous phase and the supplements were adjusted to the season and the animals. The concentrate supplements were isoproteic and the levels of NPN varied. After 45 d, the nutritional evaluation of animals, which included the prediction of intake and digestion of nutrients and characteristics of protein metabolism, was made. The prediction of intake and digestibility used the indicators: LIPE ®, titanium dioxide and neutral detergent fiber indigestible. Urine and blood samples were collected too. The supplementation effect, and the linear and quadratic effects of the level of NPN in the concentrate were evaluated by the decomposition of the sum of squares into orthogonal contrasts, adopting $\alpha = 0.10$. The concentrate intake reduced the intake of pasture (up to a fixed consumption of NDF), and increased consumption of protein, no protein nitrogen and TDN, the digestibility of DM, OM and protein, the TDN content; the production and efficiency of microbial protein synthesis and the levels of N in blood and urine. The consumption of concentrate increased the nutritional aspects evaluated, and increasing the level of NNP on this concentrate prejudiced the metabolic use of the protein of the diet.

Keywords: calves, intake, digestibility, beef cattle, supplementation

Introdução

As pastagens representam a forma mais prática e econômica para a alimentação de bovinos no Brasil. Por outro lado, a produção de carne a pasto segue a sazonalidade da produção de forrageiras. Um programa de produção de carne eficiente e competitivo deveria ser capaz de minimizar as fases de desenvolvimento negativo.

A prática de suplementar bovinos em pastagens tem sido, ainda, incapaz de maximizar e garantir a estabilidade da produção animal. Diversos trabalhos (Euclides et al., 2001; Manella, 2002; Rocha et al., 2004; e outros), avaliaram alternativas de sistemas de produção para recria e terminação de bovinos de corte e concluíram que a suplementação múltipla durante todo o ano possibilita maiores ganhos de peso. Apesar disto, muito ainda se questiona sobre a suplementação: o nível ideal de suplementação a ser utilizada em cada fase de produção e época do ano, o tipo de nutriente a ser fornecido e mesmo a resposta produtiva possível de ser alcançada.

Somente o entendimento da interação entre as condições das pastagens, o suplemento fornecido, a capacidade de digestão do animal, e as exigências nutricionais do animal, permite gerar conhecimentos extrapoláveis aos sistemas comerciais de produção.

A partir da desmama, os requerimentos dietéticos de nitrogênio degradável no rúmen podem, teoricamente, ser supridos a partir de NNP. Algumas necessidades dos microrganismos, entretanto, como ácidos graxos e aminoácidos de cadeia ramificada somente podem ser supridas por proteína verdadeira degradável (Russell, 2002).

Em condições tropicais, os pastos variam em conteúdo total e perfil protéico de acordo com as variações sazonais. Em sistemas de produção de animais precoces, a fase de recria geralmente envolve a estação seca e a transição seca-águas. Estas fases envolvem então animais e condições de pastagens bem diferentes da fase de amamentação, avaliada no Capítulo 1.

No período seco, além do aumento da parede celular e lignificação (Van Soest, 1994), observa-se ainda os baixos teores protéicos destas gramíneas como limitante para uma adequada atividade do rúmen.

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características nutricionais de tourinhos na fase de recria, durante o período seco do ano, suplementados com concentrados com diferentes perfis protéicos.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Bovinocultura de Corte da Universidade Federal de Viçosa, no período de julho a setembro de 2007, após a desmama dos animais apresentados no Capítulo 1, em um total de 84 dias.

Foram utilizados 40 bezerros machos, desmamados, nelorados, com idade média inicial de $256 \pm 30,2$ dias, sendo 10 bezerros oriundos de cada lote da fase de amamentação, descrita no Capítulo 1.

Sempre que necessário durante o período experimental, realizaram-se combates contra ecto e endoparasitas.

Após a pesagem inicial, os animais foram alojados em piquetes formados com *Brachiaria decumbens* Stapf. A cada sete dias, os lotes foram rotacionados entre os piquetes, visando à eliminação de possíveis diferenças entre os piquetes.

Cada animal continuou em seu lote de origem, e recebeu a mesma estratégia de suplementação nutricional (T1, T2, T3 ou Controle) que recebia na fase de amamentação (Capítulo 1).

A diferença entre os tratamentos nesta fase de vida estava em que os suplementos concentrados foram re-formulados de forma a atender às exigências nutricionais dos animais (de acordo com o NRC, 2000) e às características específicas da época do ano. Nesta fase da vida dos animais (recria durante o período seco do ano), fixou-se o nível de proteína bruta

(PB) nos suplementos concentrados – rações isoprotéicas, e variou-se a participação do nitrogênio não protéico (NNP) nesta PB através da variação dos teores de uréia (Tabela 1). Os animais que recebiam os tratamentos concentrados receberam então 1,5 kg/animal/dia dos suplementos concentrados com diferentes perfis protéicos (estratégias de suplementação T1, T2 e T3, respectivamente, conforme Tabela 1), e o lote controle continuou recebendo mistura mineral *ad libitum*.

Tabela 1 - Composição dos suplementos concentrados e da pastagem consumidos pelos animais

| Itens ¹ | Suplementos | | | Pasto ³ |
|---------------------------------------|-------------|------|------|--------------------|
| | T1 | T2 | T3 | |
| <i>Combinação de Alimentos (% MN)</i> | | | | |
| Milho | 71,3 | 48,3 | 26,2 | |
| Far. Soja | 15,9 | 42,9 | 69,0 | |
| Uréia | 8,00 | 4,00 | 0,00 | |
| Suplemento Mineral | 4,80 | 4,80 | 4,80 | |
| <i>Composição Química²</i> | | | | |
| MS | 93,5 | 93,6 | 93,6 | 52,2 |
| MO | 91,3 | 92,6 | 94,3 | 92,0 |
| PB | 34,5 | 34,3 | 34,3 | 5,05 |
| NNP | 61,9 | 33,7 | 9,7 | 26,8 |
| FDNcp | 16,8 | 14,8 | 22,8 | 66,2 |
| FDNi | 1,22 | 1,3 | 1,31 | 23,8 |
| EE | 3,96 | 3,33 | 1,77 | 1,63 |

¹ FDNcp = Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, FDNi = Fibra em detergente neutro indigestível.

² Expresso como % MS, exceto MS (expressa como % MN) e NNP (expressa como % PB).

³ Obtido através de simulação manual de pastejo.

No início e no final desta fase de vida, e a cada 28 dias os bezerros foram pesados sem jejum (PC) para acompanhamento de seu crescimento.

O ganho médio diário (GMD) da fase foi calculado como a diferença entre os pesos iniciais e finais, divididos pelos dias de duração deste experimento. O GMD durante a

avaliação nutricional foi calculado pela diferença entre os pesos tomados aos 28 e aos 56 dias desta fase de vida, dividida pelo período de 28 dias.

Após 45 dias de experimento, conduziu-se o ensaio para avaliação nutricional dos animais. Esta avaliação incluiu a estimação de consumo e digestão e estimação de características do metabolismo protéico dos animais experimentais. A estimação do consumo pelos animais foi realizada por intermédio da técnica dos indicadores. Empregou-se o LIPE[®] como indicador para estimação da excreção fecal (Rodríguez et al., 2006), o dióxido de titânio como indicador do consumo de suplemento (Kincheloe, 2004) e a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador interno para estimação direta do consumo de pasto e indireta da digestibilidade da dieta.

No período do ensaio, durante os nove primeiros dias, o dióxido de titânio foi adicionado ao suplemento concentrado de cada tratamento, na proporção de 1%, conforme sugestão de Kincheloe (2004). Nos dias sete, oito e nove procedeu-se à aplicação nos bezerros, via sonda esofágica, de cápsulas de 500 mg de LIPE[®]. Entre o 8º e 10º dias procedeu-se à coleta de amostras de fezes, por defecação espontânea ou diretamente no reto dos animais, uma vez por dia, às 16:00, 12:00 e 08:00 h, respectivamente. As amostras fecais foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e congeladas a -20 °C.

No 11º dia do ensaio foi realizada a coleta, nos animais, de amostras “spot” de urina (10 mL), em micção espontânea e de sangue, realizadas aproximadamente quatro horas após o fornecimento do suplemento. Após a coleta, as amostras de urina foram diluídas em 40 mL de H₂SO₄ (0,036 N) e congeladas a -20°C para posterior determinação dos teores de creatinina e uréia segundo Valadares et al. (1999). As amostras de sangue foram coletadas imediatamente após a coleta de urina utilizando-se tubos de vacuntainer, sendo as amostras imediatamente centrifugadas e o soro congelado para posterior avaliação de uréia sérica (Nursg).

A cada mês do experimento procedeu-se à avaliação quantitativa e qualitativa do pasto. Foi realizada coleta de amostra da forragem através do corte rente ao solo de cinco áreas delimitadas por um quadrado metálico de 0,5 x 0,5 m, escolhidas aleatoriamente em cada piquete experimental (McMeniman, 1997), em um total de vinte amostras.

Após a coleta, as amostras foram pesadas e homogeneizadas, e, a partir desta amostra homogênea, retiradas duas amostras compostas. Uma para avaliação da disponibilidade total de MS e outra para análise das disponibilidades de MS de folha verde, folha seca, colmo verde e colmo seco em cada piquete experimental. No dia imediatamente após o ensaio de avaliação nutricional, realizou-se amostragem qualitativa do pasto consumido pelos animais via simulação manual de pastejo.

As amostras de fezes, após seca em estufa com ventilação forçada (60°C / 72 h) e processadas em moinho com peneira de 1 mm, foram compostas, com base no peso seco ao ar, por animal. As amostras de pasto foram secas e moídas do mesmo modo. As análises de matéria seca (**MS**), matéria orgânica (**MO**), proteína bruta (**PB**) e extrato etéreo (**EE**) dos suplementos concentrados, do pasto e das fezes foram realizadas de acordo com as técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002). O conteúdo de NNP foi determinado utilizando-se o método do ácido tricloroacético (Licitra et al., 1996). A quantificação dos teores de fibra em detergente neutro (**FDN**) seguiram os métodos de Van Soest & Robertson (1985).

As amostras de suplemento e forragem foram quantificadas, em conjunto às amostras fecais, quanto aos teores de FDN_i, segundo método descrito por Cochran et al. (1986), adotando-se, no entanto, incubação ruminal *in situ* por 240 h (Casali et al., 2008).

A excreção fecal foi estimada segundo a metodologia proposta por Rodríguez et al. (2006).

O consumo de matéria seca de suplemento (kg/dia) foi estimado segundo a Equação [1].

$$CSUP = \frac{EF \times CFti}{CSti} \quad \text{Eq. [1]}$$

em que: CSUP = consumo de matéria seca de suplemento (kg/dia); EF = excreção fecal (kg/dia); CFti = concentração fecal de titânio (kg/kg); CSti = concentração de titânio no suplemento (1%).

As estimativas do consumo voluntário foram obtidas segundo a Equação [2].

$$CMS = \frac{[(EF \times Fz) - (CSUP \times Sp)]}{Ps} + CSUP \quad \text{Eq. [2]}$$

em que: CMS = consumo de matéria seca (kg/dia); EF = excreção fecal (kg/dia); Fz = concentração de FDNi nas fezes (kg/kg); CSUP = consumo de matéria seca de suplementos (kg/dia); Sp = concentração de FDNi no suplemento (kg/kg); e Ps = concentração de FDNi na forragem (kg/kg).

Os consumos de nutrientes foram obtidos a partir das estimativas de consumo e da composição das amostras de pasto, de suplementos e das fezes, segundo os métodos descritos anteriormente.

O coeficiente de substituição (CS) do pasto pelo concentrado foi calculado como a diferença entre o consumo de pasto do grupo controle e de cada grupo suplementado, dividido pelo consumo de concentrado (g pasto / g de concentrado ingerido).

A relação volumoso: concentrado foi calculada como a proporção que o consumo de MS de pasto e o consumo de MS de suplemento concentrado representavam, respectivamente, da soma do consumo de MS de pasto e concentrado de cada animal.

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CD) de cada nutriente foram calculados segundo a Equação [3].

$$CDnut = \frac{[(CFOR \times CFnut) + (CSUP \times CSnut) - (EF \times CFnut)]}{[(CFOR \times CFnut) + (CSUP \times CSnut)]} \quad \text{Eq. [3]}$$

em que: CDNut = Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente (%); CFOR = Consumo de forragem (kg/dia); CFnut = Concentração do nutriente na forragem (%); CSUP = Consumo de suplemento (kg/dia); CSnut = Concentração do nutriente no suplemento (%); EF = excreção fecal (kg/dia); CFnut = Concentração do nutriente nas fezes (%).

O cálculo de NDT da dieta foi realizado considerando-se o teor de nutrientes digestíveis, segundo a Equação [4]:

$$\text{NDT} = \text{PBd} + 2,25 \times \text{EEd} + \text{FDNd} + \text{CNFd} \quad \text{Eq. [4]}$$

onde: NDT = nutrientes digestíveis totais (% MS); PBd = Proteína bruta digestível (% MS); EEd = Extrato etéreo digestível (%MS); FDNd = Fibra em detergente neutro digestível (%MS); CNFd = Carboidratos não fibrosos digestíveis (%MS).

Foram utilizados kits comerciais para a estimativa dos teores de creatinina e uréia nas amostras de urina. O total de proteína excretada na urina foi determinada pelo método Kjeldahl, segundo Silva & Queiroz (2002). A síntese de proteína microbiana (**PBmic**) foi estimada através das amostras de urina. Estas foram analisadas para os derivados de purinas (alantoína e ácido úrico), por intermédio do método colorimétrico, segundo técnica de Fujihara et al. (1987) descrita por Chen & Gomes (1992).

O volume urinário foi obtido pela relação entre a excreção diária de creatinina, adotando-se a equação descrita por Chizotti et al. (2004) e a concentração de creatinina nas amostras coletadas.

As purinas microbianas absorvidas (Y mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purinas na urina (X mmol/dia) através da equação:

$$Y = \frac{X - 0,385 \times PC^{0,75}}{0,85} \quad \text{Eq. [5]}$$

em que: 0,85 = recuperação de purinas absorvidas como derivados urinários de purinas; 0,385 = contribuição endógena para a excreção de purinas (Verbic et al., 1990).

A síntese ruminal de compostos nitrogenados (**Nmic**) (Y, g N/dia) foi calculada em função das purinas absorvidas (X, mmol/dia), pela equação de Chen & Gomes (1992), Eq. [6].

$$Y=70 X / (0,83 \times 0,116 \times 1000) \quad \text{Eq. [6]}$$

em que: 70 é o conteúdo de N de purinas (mg N/mol); 0,116 a relação N purina : N total nas bactérias; e 0,83 a digestibilidade das purinas microbianas.

Estimou-se então a eficiência de síntese de PBmic segundo a Eq. [7].

$$\text{PBmic} = (\text{Nmic} \times 6,25) / \text{IDNDT} \quad \text{Eq. [7]}$$

onde: PBmic = Eficiência de produção de PB microbiana (g / kg NDT); Nmic = produção diária de nitrogênio microbiano (g / d); IDNDT = Ingestão diária de NDT (Kg / d).

O efeito de suplementação, e os efeitos lineares e quadráticos do nível de NNP na proteína do suplemento sobre o consumo, a digestibilidade e características do metabolismo protéico dos animais foram avaliados por intermédio da decomposição da soma de quadrados de tratamentos por intermédio de contrastes ortogonais (Steel et al., 1997). Utilizou-se o PROC GLM do SAS (SAS Institute, 2004). Para todos os procedimentos estatísticos adotou-se $\alpha = 0,10$.

Resultados e Discussão

Os dados de peso e ganho de peso dos animais (Tabela 2) foram apresentados como indicativos do tipo de animal e do estado fisiológico dos mesmos durante a fase de vida e durante o período de avaliação nutricional.

Tabela 2 - Pesos corporais iniciais e finais e ganho médio diário dos animais experimentais nesta fase da vida, e peso corporal e ganho médio diário durante o período de ensaio de avaliação nutricional

| Item ¹ | Suplementos | | | |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Controle | T1 | T2 | T3 |
| PC inicial | 200 ± 27,3 | 222 ± 35,9 | 224 ± 34,7 | 215 ± 26,8 |
| PC final | 208 ± 28,1 | 256 ± 41,7 | 264 ± 33,7 | 262 ± 32,4 |
| GMD fase | 0,092 ± 0,073 | 0,409 ± 0,113 | 0,466 ± 0,138 | 0,547 ± 0,124 |
| PC avaliação | 207 ± 26,9 | 251 ± 39,7 | 254 ± 35,0 | 249 ± 30,6 |
| GMD avaliação | 0,104 ± 0,082 | 0,498 ± 0,204 | 0,329 ± 0,259 | 0,600 ± 0,201 |

¹PC = Peso corporal, kg e GMD = ganho médio diário, kg/d.

Os animais dos grupos que recebiam suplemento apresentavam, ao início desta fase, um peso pouco superior que os animais do grupo controle. Esta diferença, no entanto, acentuou-se durante esta fase de vida. Enquanto a diferença entre o peso médio dos grupos suplementados e o grupo controle era de cerca de 20 kg ao início da fase, ela passou para 44 kg à época da avaliação e para 53 kg ao fim do período seco.

Além desta evolução da diferença de peso, o próprio crescimento dos animais do grupo controle mostrou um padrão bem diferente daquele dos animais suplementados. Apesar dos animais suplementados não apresentarem altas taxas de crescimento, os animais do grupo controle parecem ter cessado o crescimento durante esta fase, mantendo pesos semelhantes no início do período seco, durante a avaliação nutricional e ao fim desta fase. O GMD durante o período de avaliação também evidencia este comportamento.

Na Figura 1 mostra-se a evolução física do pasto no período de julho a setembro de 2007. Os dados mostram uma redução uniforme da disponibilidade de matéria seca do pasto, de cerca de 1.000 kg de MS por mês.

Paralelamente a esta redução, reduziu-se também a participação dos componentes verdes das plantas nesta matéria seca. Enquanto as folhas verdes representavam cerca de

11,5% do total de MS do pasto no início da fase (em julho), passaram a representar apenas 2% desta MS em setembro.

Também a participação do caule verde na MS total das plantas reduziu-se de cerca de 24% para 11,8% durante os três meses da época seca do ano. Em contrapartida, a disponibilidade de componentes secos da planta variou pouco nestes meses, ficando em torno de 2.250 kg MS/ha para os caules secos e de 1.500 Kg MS/ha de folhas seca. Devido à redução na disponibilidade de MS total do pasto, no entanto, a participação destes componentes secos na MS total da planta passou de 36% para 48% da MS do pasto, no caso do caule seco, e de 28% para 38% da MS total do pasto, no caso das folhas seca.

Quando observados os parâmetros da literatura, no entanto, apenas a partir de setembro, esta disponibilidade de alimentos oriundos da pastagem parece ter-se tornado limitante ao desempenho animal. Até agosto, a disponibilidade de materiais verdes no pasto estava próxima ao padrão de 1.100 kg MS/ha sugerido por Euclides et al. (1992) como condição mínima para se garantir um adequado crescimento aos bovinos a pasto.

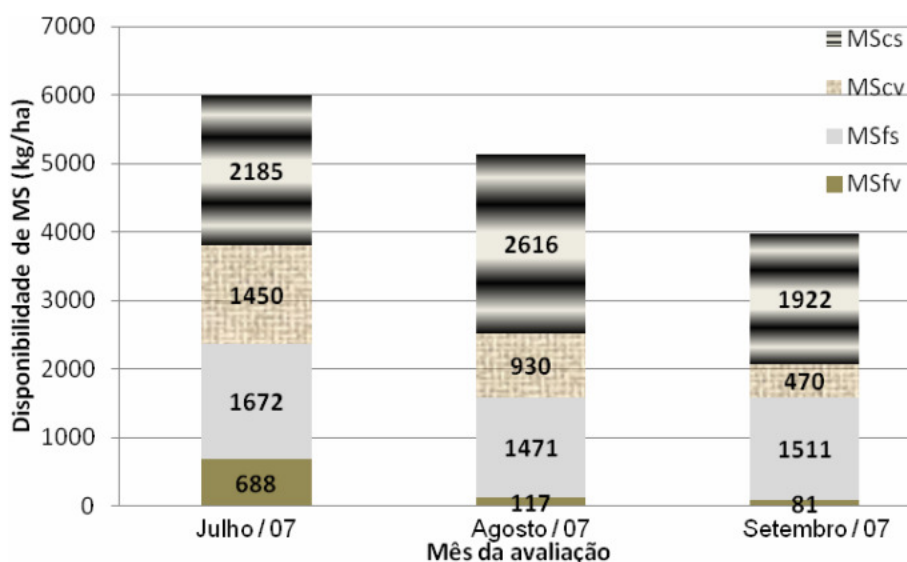


Figura 1 - Disponibilidade de matéria seca total do pasto, e de seus componentes (folhas verdes (MSfv), folhas seca (MSfs), caules verdes (MScv) e caules secos (MScs)), nos meses de realização do experimento.

Nesta época do ano, todos os suplementos concentrados foram formulados para fornecer cerca de 34,5% de PB, com variação no tipo desta proteína a partir da variação da quantidade de uréia na composição dos suplementos (Tabela 2). Desta forma, os animais que recebiam suplemento T1 recebiam cerca de 62% da PB do concentrado na forma de NNP, os T2, 34% da PB na forma de NNP, e os T3, 10%.

Quanto à composição química do pasto, o alto teor de FDN e os baixos níveis de PB mostram a baixa qualidade do material disponibilizado aos animais. Vale a pena destacar ainda que cerca de 27% da PB do pasto era NNP, o que contribuía (ainda que pouco) para o aumento da disponibilidade de amônia ruminal no decorrer do dia.

A IDMS foi maior ($P < 0,01$) nos animais suplementados com concentrado (Tabela 3). A decomposição deste consumo mostrou, entretanto, que houve uma redução do consumo de pasto por estes animais ($P < 0,01$), o chamado efeito de substituição.

Esta redução, no entanto, foi menor que o consumo médio de cerca de 1,35 kg MS de concentrado/dia pelos animais suplementados, o que acabou levando ao maior consumo de MS observado nestes animais.

O fato de não haver diferença significativa na IDFDN, expressa como kg/d ($P > 0,10$), entre os animais controle e os suplementados aponta para que a redução na IDMS oriunda do pasto se fizesse na quantidade necessária de modo que, quando combinada ao consumo de concentrado, levava a um consumo constante de FDN pelos animais. Por outro lado, a avaliação da IDFDN expressa como g/kg PC dos animais mostrou uma ingestão de FDN menor para os animais suplementados, quando comparados aos controle. Também a IDMS, quando expressa como g/kg PC dos animais, mostrou efeito da suplementação apenas quando considerada a IDMS oriunda apenas do pasto. Estes resultados mostram uma influência das diferenças de peso corporal dos animais sobre o comportamento ingestivo dos mesmos.

A IDMS total observada, em torno de 1,80% do PC para todos os grupos, não deveria ser uma limitação à IDMS. Diversos autores (Gomes Jr. et al., 2000; Moraes et al., 2009) mostraram que valores de até 2,4 % PC poderiam ser considerados normais para bovinos de corte a pasto na fase de recria, suplementados, durante a seca.

A maior IDMS oriunda de pastagem expressa como g/kg PC ($P < 0,01$) nos animais do grupo controle está ligada à substituição de parte da MS oriunda do pasto pela MS oriunda do suplemento concentrado, como aqui discutido.

Por outro lado, a baixa IDFND, expressa como % PC, mostrou que pode ser difícil se atingir um ótimo consumo de FDN, como predito por Mertens (1992), em condição de pasto de baixa qualidade.

Apesar do consumo total de MS dos animais suplementados ter sido menor que os 20,5 g/kg PC observados por Santos et al. (2004), a ingestão de pasto aqui medida foi maior que a média de 11,8 g/kg PC daquele experimento.

A combinação destes resultados sugere que, ao mesmo tempo em que a capacidade dos animais de ingerir FDN definiu (ou limitou) a IDMS, esta capacidade de consumo de FDN foi influenciada por outros fatores que não o peso corporal dos animais. A própria presença de maiores teores de CNF na dieta, oriundos do concentrado, pode ter reduzido a taxa de degradação do FDN. Este efeito traria como conseqüências: o aumento do efeito de repleção da fibra, reduzindo a capacidade de consumo de FDN dos animais, e a redução do CDFDN, aqui também observado (Tabela 4).

Nas condições deste estudo, o nível de NNP na PB dos suplementos não influenciou a IDMS (total, oriunda do pasto ou oriunda do suplemento), nem a IDFND, expressas como kg/d ou como g/kg PC dos animais ($P > 0,10$). Poder-se-ia esperar que o maior conteúdo de NNP permitisse maior disponibilidade de amônia ruminal, aumentando a capacidade dos animais degradarem a MS do pasto, aumentando assim a IDMS.

Este efeito foi observado por Moraes et al. (2009) quando incluído até 2,4% de uréia no concentrado. Aqueles autores, no entanto, trabalhavam com farelo de algodão no suplemento. A maior degradabilidade da proteína do farelo de soja, no presente estudo, pode ter mascarado este efeito, permitindo que mesmo os animais que não recebiam uréia (T3), e portanto tinham baixo nível de NNP no suplemento, mantivessem uma disponibilidade de PDR semelhante.

A IDMO seguiu o padrão da IDMS, apresentando diferença significativa ($P < 0,01$) entre os animais controle e suplementados, e não sendo influenciada pela proporção de NNP dos suplementos ($P > 0,10$).

Tabela 3 - Aspectos ingestivos dos grupos experimentais

| Itens ¹ | Suplementos | | | | | Valor- P | | |
|--------------------------|----------------|-------|-------|-------|------|---|----------------------------------|----------------------------------|
| | Controle | T3 | T2 | T1 | CV | Efeito da suplementação Concentrada | Efeito linear nível NNP | Efeito quadr. nível NNP |
| | kg/d | | | | | | | |
| IDMS | 3,726 | 4,428 | 4,675 | 4,415 | 17,5 | 0,0077 | 0,9679 | 0,3915 |
| IDMSpast | 3,726 | 3,063 | 3,326 | 3,083 | 17,2 | 0,0093 | 0,9388 | 0,2581 |
| IDMSconc | -- | 1,365 | 1,350 | 1,332 | 53,0 | -- | 0,9175 | 0,9954 |
| IDMO | 3,429 | 4,065 | 4,309 | 4,092 | 17,6 | 0,0072 | 0,9314 | 0,4004 |
| IDFDN | 2,500 | 2,367 | 2,431 | 2,293 | 15,8 | 0,3308 | 0,6652 | 0,4938 |
| IDPB | 0,188 | 0,622 | 0,631 | 0,616 | 40,6 | <0,0001 | 0,9475 | 0,8772 |
| IDPBpast | 0,188 | 0,155 | 0,168 | 0,156 | 17,2 | 0,0097 | 0,9569 | 0,2557 |
| IDPBconc | -- | 0,467 | 0,463 | 0,459 | 53,0 | -- | 0,9453 | 0,9975 |
| IDNNP | 0,050 | 0,087 | 0,201 | 0,326 | 56,4 | <0,0001 | <0,0001 | 0,8826 |
| IDNDT | 2,231 | 2,749 | 3,232 | 2,940 | 23,9 | 0,0139 | 0,5408 | 0,1650 |
| Rel. Vol:Conc (%) | -- | 71:29 | 84:16 | 77:23 | 94,0 | -- | 0,5694 | 0,1084 |
| CS (g/g) | -- | 0,486 | 0,296 | 0,483 | -- | -- | -- | -- |
| | g/kg PC | | | | | | | |
| IDMS | 18,2 | 17,9 | 18,6 | 18,0 | 20,7 | 0,9778 | 0,9624 | 0,6347 |
| IDMSpast | 18,2 | 12,4 | 13,3 | 12,4 | 19,7 | <0,0001 | 0,9929 | 0,4129 |
| IDFDN | 12,2 | 9,60 | 9,70 | 9,30 | 18,8 | 0,0005 | 0,7208 | 0,6947 |

1 Ingestão diária de : IDMS = matéria seca total, IDMSpast = matéria seca do pasto, IDMSconc = matéria seca do concentrado, IDFDN = fibra em detergente neutro, IDPB = proteína bruta total, IDPBpast = proteína bruta da pastagem, IDPBleite = proteína bruta do leite, IDPBconc = proteína bruta do concentrado, IDNNP = nitrogênio não protéico, e IDNDT = de NDT; Rel. Vol:Conc = relação volumoso:concentrado; e CS = coeficiente de substituição.

A IDPB foi maior nos animais suplementados, quando comparados aos controle (P<0,01). A decomposição desta IDPB em PB ingerida a partir do pasto e da suplementação concentrada mostrou a grande relação desta característica com o tipo de MS ingerida.

Os animais controle ingeriram mais PB oriunda de pasto devido à maior ingestão de pasto por estes animais. Enquanto isto, a IDPBconc dos animais suplementados (quase três vezes maior que a IDPBpast destes animais) não só compensou este menor consumo de PB oriunda de pasto, como garantiu a estes animais um consumo total de PB mais de três vezes maior que os animais controle.

O nível uniforme de PB nos suplementos e o consumo uniforme destes suplementos garantiu que não houvesse efeito significativo ($P>0,10$) do nível de NNP nos suplementos sobre a IDPB (total, ou oriunda do suplemento) dos animais suplementados.

Considerando-se as exigências de PB previstas pelo NRC (2000) para animais com este peso e desempenho, a IDPB aqui observada variou de um excesso de cerca de 4% de PB nos animais que recebiam o suplemento T2, até um déficit de cerca de 55% das exigências quando avaliados os animais do grupo controle. Os outros dois grupos suplementados (T1 e T3) ingeriram quantidades de PB ao redor de 85% das exigências previstas por aquele conselho.

Os resultados observados nos grupos suplementados são coerentes com os observados na literatura (Freitas et al., 2006). Isto representa variação que inclui diferenças nas exigências nutricionais devido ao fato de se utilizar animais e condições de produção diferentes das utilizadas pelo NRC (2000) para gerar as exigências previstas por aquele conselho.

Outro aspecto a ser considerado é o “desperdício” de parte da proteína disponível na dieta quando energia não está disponível em quantidade e no momento adequados para permitir o melhor uso desta proteína.

A grande diferença observada nos animais do grupo controle, por outro lado, levanta a questão de se realizar predições de exigências nutricionais a partir de dados de animais confinados, recebendo dietas ricas em nutrientes e com teores relativamente fixos e baixos de fibras, e aplicar-se estas predições a animais a pasto em situação de baixa qualidade forrageira.

Animais sujeitos a restrições nutricionais tendem a utilizar de forma mais eficiente os nutrientes disponíveis (Lawrence & Fowler, 2002). Assim, animais alimentados exclusivamente com pasto, durante o período seco, poderiam desenvolver estratégias fisiológicas e metabólicas no sentido de “poupar” proteína, tornando o uso deste nutriente (muito deficiente no pasto nesta época do ano) mais eficiente que o previsto “na média” de animais confinados. Isto permitiria desempenhos acima do esperado, como o observado aqui. Hennessy & Nolan (1988) também observaram este efeito em animais suplementados com feno de baixa qualidade e suplementos ou não com concentrados.

Outro aspecto importante de se destacar é que, em animais sob condições onde a dieta varia sua composição rapidamente (como no início da estação seca), o consumo desta dieta passa a ser diretamente influenciado pela qualidade da mesma, em especial o teor de fibra, como evidenciado aqui. Isto pode levar a variações no peso do conteúdo do trato gastrintestinal capazes de mascarar o real ganho de peso do corpo animal, confundindo-o com estas variações.

A IDNNP, por sua vez, mostrou não só o efeito da suplementação concentrada, como também um efeito linear do nível de NNP no suplemento. O efeito de suplementação pode ser associado à maior IDMS dos grupos de animais suplementados sobre o grupo controle, e ao grande nível de PB dos suplementos concentrados, o que garantiu maior aporte de NNP.

Isto se mostrou mesmo no caso dos animais que recebiam o suplemento T3, apesar deste suplemento possuir NNP (expresso como % da PB) menor que o próprio pasto consumido.

O consumo semelhante de concentrados, com níveis decrescentes de NNP, explica o efeito linear observado para a IDNNP.

Como a IDMS é cerca de 21% maior nos animais suplementados em relação aos controle, a diferença de cerca de 33% a mais de NDT ingerido por estes animais suplementados ($P < 0,05$) deve ser associada não só à maior IDMS, mas à substituição de parte da MS de pasto ingerida por concentrado. Isto aumentou a concentração de NDT da dieta como um todo, contribuindo igualmente para a maior IDNDT dos animais suplementados. O nível de NNP nos suplementos não afetou a ingestão de energia pelos animais ($P > 0,10$).

A IDNDT aqui observada para os animais do grupo controle foi cerca de 16% maior que a predita pelo NRC (2000) para animais com este peso e desempenho. Este resultado indica que o nível de ingestão de proteína parece ter sido o fator limitante ao crescimento dos animais que ingeriam exclusivamente pasto nesta época do ano.

Nos grupos de animais suplementados, a IDNDT foi de -11%, + 14% e - 23% daquelas preditas pelo NRC (2000) respectivamente, para os grupos que recebiam os suplementos T1, T2 e T3.

Ingestões de energia abaixo das predições do NRC (2000) tem sido comumente relatadas na literatura quando avaliados dados de animais em crescimentos nas condições brasileiras (Silva et al., 2002; Freitas et al., 2006).

Não se observou efeito do nível de NNP nos suplementos sobre a relação volumoso: concentrado ($P > 0,10$). O alto coeficiente de variação (CV) desta característica, no entanto, reflexo da alta variabilidade individual observada no consumo, tornaria difícil se identificar efeitos significativos.

Esta hipótese é reforçada pela proporção de concentrado na dieta dos animais apresentar variação de quase 100% (passando de 16 para 29%), e ainda assim não se conseguir identificar esta diferença como significativa.

De qualquer forma, um possível comportamento quadrático desta característica, com menor proporção de concentrado na dieta dos animais T2 seria mais associado à uma maior ingestão de MS de pasto por este grupo de animais que a variações na IDMS de concentrado.

Nestas condições, o coeficiente de substituição da MS de pasto ingerida por MS de concentrado foi, em média de 0,422 g pasto/g concentrado, tendo variado de 0,296 a 0,486 g/g. Estes valores significam que 30 a 48% do concentrado ingerido pelos animais, foi ingerido em substituição ao pasto que os mesmos poderiam ter consumido.

Zin & Garces (2006), explicam que, a partir de um fornecimento de concentrado em níveis correspondentes a 0,3 %PC poderia ocorrer redução no consumo de forragem. Os níveis de substituição aqui observados, para o consumo de cerca de 0,5 %PC de concentrado também observado neste experimento, parecem confirmar as predições destes autores.

O CDMS não foi alterado ($P>0,10$) para os grupos que recebiam suplemento concentrado, quando comparados aos animais que recebiam apenas sal mineral – efeito da suplementação concentrada (Tabela 4).

Este resultado pode ter sido afetado pelo CDMS do grupo de animais que recebiam o suplemento T3 (sem uréia). Este grupo de animais suplementados apresentou CDMS da dieta menor que o do grupo controle (que recebia apenas sal mineral).

Uma possível explicação para este fenômeno poderia estar ligada à acidificação do rúmen dos animais que recebiam o tratamento T3. Com a ausência de uréia, este suplemento era o que possuía mais CNF, o que deixava os animais mais susceptíveis a estes distúrbios digestivos. A ausência de uréia também elimina um fator normalmente responsável por elevar o pH ruminal quando se fornece suplementos concentrados a animais em pastejo.

Outro aspecto a ser discutido é o comportamento ingestivo deste suplemento. Silva et al. (2008) mostraram que o consumo de suplementos sem uréia pode ser muito rápido, o que é mais um fator predisponente à acidose ruminal.

Paulino et al. (2003) discutiram este efeito da acidificação ruminal sobre a capacidade digestiva dos animais suplementados a pasto.

A hipótese de acidificação ruminal poderia ser extrapolada aos animais que recebiam suplemento concentrado pelo menor CDFDN ($P < 0,05$) observado nestes animais. Neste caso, o maior CDMS dos animais que recebiam suplemento com uréia, pode estar ligado ao CDPB numericamente superior destes animais, o que poderia “mascarar” a redução na capacidade digestiva dos mesmos. Moraes et al. (2009) também não observaram alterações na digestibilidade quando adicionada uréia (fonte de NNP) ao suplemento de bovinos a pasto na estação seca, sem que os autores pudessem evidenciar um fator responsável por isto.

Apesar de Santos et al. (2004) terem relatado coeficientes de digestibilidade da MS e da MO menores que os aqui observados e melhor digestibilidade da dieta nos animais suplementados com concentrados, estes autores discutiram outra hipótese capaz de explicar os resultados aqui observados. Segundo eles, o aumento do nível de concentrado na dieta pode aumentar a taxa de passagem do alimento, o que poderia levar a aumento da ingestão de alimentos, como observado aqui, mas com efeito negativo sobre a digestibilidade do alimento, em especial da porção menos, ou mais lentamente digestível do mesmo, expressa pela fibra (Van Soest, 1994).

Semelhante ao observado nos dados de ingestão, também o CDMO acompanhou o comportamento do CDMS, não sendo afetado pelo efeito de suplementação ($P > 0,10$) e sendo afetado pelo nível de NNP no concentrado ($P < 0,01$).

Tabela 4 - Coeficientes de digestibilidade aparente total (%) e teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas

| Itens ¹ (%) | Suplementos | | | | CV (%) | Valor- P | | |
|------------------------|-------------|------|------|------|--------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Controle | T3 | T2 | T1 | | Efeito da Suplementação Concentrada | Ef. Linear Nível NNP | Ef. Quadr. Nível NNP |
| CDMS | 58,7 | 57,8 | 64,3 | 62,2 | 8,85 | 0,1744 | 0,0978 | 0,0541 |
| CDMO | 60,2 | 58,2 | 64,9 | 64,9 | 8,89 | 0,2348 | 0,0097 | 0,1301 |
| CDPB | 53,6 | 74,6 | 75,9 | 78,7 | 16,9 | <0,0001 | 0,4457 | 0,8804 |
| CDFDN | 64,5 | 59,8 | 59,7 | 59,6 | 8,12 | 0,0122 | 0,9095 | 0,9931 |
| CDEE | 67,0 | 74,2 | 80,3 | 78,1 | 7,91 | <0,0001 | 0,1549 | 0,0898 |
| CDCNF | 65,5 | 69,3 | 73,1 | 68,9 | 13,8 | 0,2319 | 0,9361 | 0,2984 |
| NDT | 60,2 | 61,1 | 66,3 | 67,2 | 8,83 | 0,0606 | 0,0250 | 0,3504 |

1 Coeficientes de Digestibilidade: CDMS = da matéria seca, CDMO = da matéria orgânica, CDPB = da proteína bruta, CDFDN = da fibra em detergente neutro, CDEE = do extrato etéreo, CDCNF = dos carboidratos não fibrosos.

Uma vez que a maior parte da PB ingerida pelos animais nesta estação do ano foi oriunda do suplemento concentrado, pode-se associar à maior digestibilidade desta PB do concentrado, o efeito significativo da suplementação ($P < 0,01$) sobre o CDPB. Para Van Soest (1994), este efeito pode ainda estar associado à diluição das perdas metabólicas fecais de proteína à medida que se aumenta o consumo de PB. Como o coeficiente de digestibilidade aparente é uma medida relativa, em baixos consumos de PB estas perdas metabólicas têm maior capacidade de reduzir a estimativa do CDPB, com reflexos sobre o CDMS e o CDMO.

É interessante se notar também que, apesar do aumento do CDPB à medida que se aumentou o conteúdo de NNP na dieta, não foi possível se identificar efeito linear ou quadrático ($P > 0,10$) do nível de NNP nos concentrados sobre o CDPB. Esta falta de significância pode ter sido influenciada pelo alto CV desta característica, quando comparado ao CV dos demais coeficientes de digestibilidade avaliados.

O aumento do NDT da dieta dos animais suplementados ($P < 0,10$) parece ser mais ligado à participação do concentrado, de maior densidade energética que o pasto, nesta dieta,

e ao maior CDPB da dieta destes animais do que propriamente a uma melhora na digestibilidade do pasto graças à melhoria das condições ruminais.

O maior componente do pasto nesta época do ano era a FDN. Como foi visto que o efeito da suplementação sobre a digestibilidade desta fibra foi negativo (reduzindo a digestibilidade), qualquer possível melhora no coeficiente de digestibilidade dos demais componentes do pasto não poderia reverter esta tendência a ponto de explicar uma maior disponibilidade energética na dieta.

Maiores níveis de NNP proporcionaram uma melhoria no teor de NDT da dieta ($P < 0,05$). Neste caso, os valores numericamente melhores do CDPB à medida que se aumentou o teor de NNP no suplemento, já discutidos, associados ao menor CV do teor de NDT das dietas, parecem ser a melhor explicação para estes resultados

A produção de Nmic (Tabela 5) foi afetada pelo fornecimento de suplementação concentrada ($P < 0,01$), mas não pelo nível de NNP no suplemento ($P > 0,10$).

Ao se avaliar a IDPB e a IDNDT dos animais do grupo controle, observa-se valores próximos de 30 % e de 75 % daqueles observados nos animais dos grupos suplementados, respectivamente. Quando se considera estes resultados em conjunto com a produção de Nmic do grupo de animais controle que é de cerca de 28% daquela dos animais suplementados, estes resultados parecem indicar que uma limitação de proteína foi a maior responsável pela baixa produção de Nmic destes animais.

Os dados de eficiência de síntese de PBmic em função da ingestão de NDT vêm reforçar esta hipótese. Segundo Sales et al. (2008), deficiência de PDR na dieta pode reduzir a eficiência de crescimento microbiano, o que explicaria o nível de síntese de cerca de 35 g PBmic/kg NDT, muito abaixo dos 130g PBmic / kg NDT preditos pelo NRC (2000). Este conselho, no entanto, alertava também para o fato de que dietas com baixo NDT tendem a reduzir esta eficiência de síntese.

Os níveis de produção de N microbiano aqui observados são menores que os descritos por Moraes et al. (2009). Também a eficiência de síntese relatada por estes autores (em torno de 120 g PBmic / kg NDT) foi maior que os valores aqui observados para os animais suplementados. Como a IDPB dos animais daquele experimento foi o dobro deste, isto também parece reforçar a hipótese de que a baixa disponibilidade de proteína no rúmen limitou os valores aqui observados.

Tabela 5 - Parâmetros da nutrição protéica dos animais experimentais

| Itens (%) | Suplementos | | | | | Valor P | | |
|--------------------------|-------------|------|------|------|--------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Controle | T3 | T2 | T1 | CV (%) | Efeito da suplementação Concentrada | Efeito linear nível NNP | Efeito quadr. nível NNP |
| Nmic (g/d) | 12,7 | 56,3 | 38,3 | 43,2 | 58,2 | 0,0007 | 0,2131 | 0,1994 |
| PBmic (g/kg NDT) | 35,0 | 132 | 85,0 | 100 | 70,0 | 0,0225 | 0,2999 | 0,2502 |
| Nursg (mg/dl) | 6,20 | 19,6 | 21,9 | 22,0 | 17,2 | <0,0001 | 0,0838 | 0,3404 |
| Nurinário | | | | | | | | |
| Nur – Uréia (g/d) | 10,8 | 62,9 | 62,2 | 63,7 | 30,5 | <0,0001 | 0,9157 | 0,8715 |
| Nur – Total (g/d) | 22,0 | 67,3 | 64,3 | 67,8 | 31,2 | <0,0001 | 0,9598 | 0,6765 |

1 Nmic = Produção de N microbiano, PBmic = proteína bruta microbiana, Nursg = N ureia seco, Nur = excreção urinária de nitrogênio, na forma de uréia e N total.

Os animais suplementados não diferiram entre si quanto à eficiência de síntese de PBmic por kg de NDT ($P > 0,10$).

A falta de diferenças entre os animais destes grupos quanto à IDPB e à IDNDT explica estes resultados. Por outro lado, isto mostra que, nas condições de produção em pastagens durante o período seco, as variações na IDNNP não foram capazes de influenciar a síntese de PBmic. Os menores níveis de NNP podem ter sido compensados pela boa degradabilidade da proteína do farelo de soja, usada em substituição à PB da uréia nos suplementos com baixo NNP.

Por outro lado, a eficiência de síntese de PBmic ligeiramente maior apresentada pelos animais que recebiam o suplemento T3 (sem uréia), pode ter sido causada por uma liberação mais lenta da PDR deste suplemento, uma vez que a maior parte desta PDR era constituída de proteína verdadeira. Esta liberação mais lenta da PDR garante uma disponibilização mais também mais lenta de N aos microrganismos ruminais, facilitando o aproveitamento deste N, e reduzindo-se as perdas. Moraes et al. (2009) observaram o mesmo efeito ao se reduzir progressivamente o teor de NNP na proteína de suplementos concentrados, substituindo-a por uma fonte de proteína menos degradável no rúmen.

O nível de Nursg dos animais do grupo controle foi menor ($P < 0,01$) que o dos animais suplementados. O nível de Nursg destes animais que recebiam apenas suplementação mineral mostrou valores muito abaixo dos relatados por Moraes et al. (2009), que foram próximos aos aqui observados para os animais suplementados. Manella et al. (2003), por sua vez, observaram valores bem próximos aos deste estudo, quando animais a pasto sem receber suplemento concentrado foram avaliados no mês de agosto.

Isto vem reforçar a hipótese de que estes animais do grupo controle estavam com níveis protéicos na dieta muito abaixo de suas necessidades, o que os teria levado a adequar o metabolismo de forma a reduzir ao máximo as perdas de N, maximizando sua eficiência de uso.

Entre os grupos de animais que recebiam suplemento concentrado, observou-se um aumento linear ($P < 0,10$) nos níveis de Nursg, à medida que se aumentou o nível de NNP destes suplementos. Este resultado apontaria para um melhor uso do N dietético quando o mesmo originava-se de proteína verdadeira nas condições aqui avaliadas. Isto pode estar ligado à velocidade de disponibilização da PDR, como discutido anteriormente.

A excreção urinária de N total, ou na forma de uréia, apresentou efeito de suplementação, sem que houvesse influência do nível de NNP no suplemento. Os níveis de excreção de N uréia na urina dos animais do grupo controle foram muito abaixo dos níveis normalmente observados (Moraes et al., 2009).

Outro aspecto a ser destacado é que apenas cerca de 50% do N urinário total destes animais estava na forma de uréia. Isto pode ser mais uma evidência de que o metabolismo dos compostos nitrogenados destes animais voltou-se à minimização das perdas através da uréia. Este processo trabalharia com produções hepáticas e renais de uréia tão baixas que a pequena quantidade de outros componentes nitrogenados na urina torna-se proporcionalmente mais evidente.

Waterflow (2006) observou a excreção de altos níveis de amônia em mamíferos com excesso de NNP na dieta. Este não é o caso deste estudo, mas levanta a questão sobre a possibilidade de secreção de outros compostos nitrogenados urinários em bovinos. Aquele autor afirmou que, em vista do conhecimento atual, não é mais aceitável que se trabalhe com a hipótese de que a uréia é o único produto final do metabolismo protéico de mamíferos. Outras pesquisas poderiam ser desenvolvidas visando identificar o tipo de composto nitrogenado que estaria compondo o restante da excreção urinária de N em bovinos nas condições aqui estudadas.

Também Costa (2009) observou baixas relações (em torno de 51%), entre N urinário na forma de uréia e N urinário total. Este autor associou esta relação à maior drenagem de uréia sanguínea pelo rúmen, em situações de deficiência ruminal de PDR, e ao fato de que a excreção de N-uréia na urina não ter variado com os níveis de Nursg, apesar da excreção de N-total ser associada a estes níveis. Estes resultados vêm corroborar a necessidade de se estudar os mecanismos de excreção urinária de compostos nitrogenados, e as situações que interferem nas proporções entre estes compostos.

Os níveis semelhantes ($P>0,10$) de N uréia e total na urina dos animais que consumiam concentrado, combinados à IDPB semelhante entre eles aponta para eficiências de uso similar do N dietético por estes animais.

Conclusões

O fornecimento de concentrado causou efeito substitutivo sobre o consumo de pasto, não melhorou a digestibilidade da dieta, mas melhorou a produtividade ruminal da proteína.

O nível de NNP na proteína do suplemento apresentou pouco efeito sobre o consumo, a digestibilidade e a eficiência de uso metabólico da proteína da dieta.

Novas pesquisas são necessárias de forma a se avaliar os fatores que interferem na eficiência de crescimento microbiano, e identificar a excreção de compostos nitrogenados na urina, além da uréia, e as condições que nela interferem.

Literatura Citada

- CHEN, X.B.; GOMES, M.J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details** (Occasional publication). International Feed Resources Unit. Bucksburnd, Aberdeen:Rowett Research Institute. 1992, 21p.
- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Excreção de creatinina em novilhos e novilhas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...**Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. CD-ROM. Nutrição de ruminantes.
- COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D. et al. Predicting digestibility of different diets with internal markers: Evaluation of four potential markers. **Journal of Animal Science**, v.63, n.5, p.1476-1483. 1986
- COSTA, V.A.C. **Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante o período das águas com suplementação protéica ou protéico-energética**. Viçosa:UFV, 2009, 90p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- EUCLIDES, V.P.B., MACEDO, M.C.M., OLIVEIRA, M.P. Avaliação de diferentes métodos de amostragem (para se estimar o valor nutritivo de forragens) sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.2, p.691-702, 1992.

- EUCLIDES, v. P. B.; EUCLIDES FILHO, K.; COSTA, F. P. et al. Desempenho de novilhos F1s Angus-Nelore em pastagens de *Brachiaria decumbens* submetidos a diferentes regimes alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.470-481, 2001.
- FREITAS, J.A.F.; QUEIROZ, A.C.; DUTRA, A.R. et al. Composição do ganho e exigências de energia e proteína para ganho de peso em bovinos Nelore puros e mestiços. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.886-893, 2006.
- GOES, R.H.T.B.; MANCIO, A.B.; LANA, R.P. et al. Recria de novilhos mestiços em pastagem de *Brachiaria brizantha*, com diferentes níveis de suplementação, na região amazônica. consumo e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1730-1739, 2005.
- GOMES JR., P. **Composição químico-bromatológica da *Brachiaria decumbens* e desenvolvimento de novilhos em recria suplementados durante a seca.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 51p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- HENNESSY, D.W.; NOLAN, J.V. Nitrogen Kinetics in Cattle Fed a Mature Subtropical Grass Hay with and without Protein Meal Supplementation. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.39, p.1135-1150. 1988
- KINCHELOE, J.J. **Variation in supplement intake by grazing beef cows.** 2004. Thesis (Master of Science in Animal and Range Sciences). Bozeman, Montana. Montana State University, 2004.
- MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, M.F.; KLING DE MORAES, K.A. et al. Exigências de energia de bovinos de corte em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.933-940, 2009.
- LAWRENCE, T.J.; FOWLER, V.R. **Growth of farm animals.** 2.ed. Wallingford: CAB International, 2002. 347p.
- MANELLA, M. Q.; LOURENCO, A. J.; LEME, P. R. Recria de bovinos nelore em pastos de *Brachiaria brizantha* com suplementação protéica ou com acesso a banco de proteína de *Leucaena leucocephala*: desempenho animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2274-2282, 2002.
- MANELLA, M. Q.; LOURENÇO, A.J.; LEME, P.R. Recria de bovinos nelore em pastos de *Brachiaria brizantha* com suplementação protéica ou com acesso a banco de proteína de *leucaena leucocephala*. características de fermentação ruminal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.1002-1012, 2003.

- MCMENIMAN, N.P. Methods of estimating intake of grazing animals. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34, Juiz de Fora, 1997. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.131-168.
- MERTENS, D.R. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p.1-33.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. 243p.
- ROCHA, M. G.; PILAU, A.; SANTOS, D. T. et al. Desenvolvimento de novilhas de corte submetidas a diferentes sistemas alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, supl.2, p.2123-2131, 2004.
- RODRÍGUEZ, N.M.; SIMÕES SALIBA, E.O.; GUIMARÃES JR. R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (43 : 2006 : João Pessoa, PB). **Anais de Simpósios ...** Sup. especial da Rev. Br. de Zoot. v. 35. p. 323-352. 2006.
- RUSSELL, J. B. **Rúmen microbiology and its role in ruminant nutrition**. Ithaca, NY. 2002. 119p.
- SALES, M.F.L.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Níveis de uréia em suplementos múltiplos para terminação de novilhos em pastagem de capim braquiária durante o período de transição águas-seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1704-1712, 2008.
- SANTOS, E.D.G.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em tourinhos limousin-nelore, suplementados durante a seca em pastagem diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.704-713, 2004.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p
- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V. et al. Composição corporal e requisitos energéticos e protéicos de Nelore, não castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.503-513, 2002 (supl. 1).

- SILVA, A.G.; FERNANDES, H.J.; LOPES, S.A. et al. Comportamento ingestivo de bovinos de corte a pasto suplementados com concentrados contendo diferentes níveis de uréia. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (45 : 2008 : Lavras, MG). **Anais...** Lavras: UFLA/SBZ. 2008. CD-ROM.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS system: SAS/STAT**. version 9.0 (software), Cary: SAS Institute, 2004. (CD-ROM).
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics. A biometrical approach**. 3.ed. New York: McGraw Hill Co., 1997. 666p.
- VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.11, p.2686-2696,1999.
- VAN SOEST, P.J. 1994 **Nutritional ecology of the ruminant**. 2a ed. Ithaca: Cornell University. 476 p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Ithaca: Cornell University, 1985. 202p.
- VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effects of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, v.114, n.3, p.243-248, 1990.
- WATERFLOW, J.C. **Protein Turnover**. Oxfordshire: CABI, 2006. 301p.
- ZIN, R.A.; GARCES, P. Suplementação de bovinos de corte a pasto: considerações biológicas e econômicas. In: SIMCORTE – Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte (I: 2006: Viçosa, MG). **Anais...** Viçosa: DZO/UFV. 2006.

Capítulo 3

Avaliação nutricional de tourinhos em pastejo recebendo suplementação concentrada com diferentes perfis protéicos da amamentação à terminação III: Fase de recria na estação de transição seca-águas

Resumo - O objetivo deste estudo foi avaliar as condições nutricionais de tourinhos a pasto, suplementados com concentrados com diferentes perfis protéicos durante a transição seca-águas. Foram utilizados 32 tourinhos nelorados, com idade média inicial de 346 d, sendo oito animais de cada lote do Capítulo 2, alojados em piquetes de *Brachiaria decumbens* Stapf. Os lotes mantiveram a estratégia de suplementação em que estavam designados na fase anterior, sendo os suplementos adequados à época do ano e aos animais. Os suplementos concentrados eram isoprotéicos, variando-se o nível de NNP. Após 45 dias, realizou-se a avaliação nutricional dos animais, que incluiu a estimação de consumo e digestão de nutrientes e de características do metabolismo protéico. A estimação do consumo e digestibilidade utilizou os indicadores: LIPE[®], dióxido de titânio e fibra em detergente neutro indigestível. Realizou-se ainda coleta de amostras de urina e de sangue. O efeito de suplementação, e os efeitos linear e quadrático do nível de proteína no concentrado foram avaliados pela decomposição da soma de quadrados em contrastes ortogonais, adotando-se $\alpha = 0,10$. O consumo de concentrado reduziu o consumo de pasto e aumentou a ingestão de proteína e de NDT, os coeficientes de digestibilidade, o teor de NDT, e o teor de N no sangue e na urina. O nível de NNP no suplemento apresentou efeito linear negativo sobre o consumo de concentrado; e quadrático sobre a ingestão de proteína, de NNP e de NDT, os coeficientes de digestibilidade, o NDT e a excreção de N na urina. Nesta fase, o consumo de concentrado incrementou os aspectos nutricionais, enquanto os efeitos do nível de NNP do concentrado apontam para a necessidade de se equilibrar os teores de NNP do suplemento e do pasto.

Palavras-chave: consumo, digestibilidade, gado de corte, NNP, uréia, suplementação

Nutritional evaluation of grazing young bulls receiving concentrated supplementation with different protein profiles from milking to finishing III: Growing phase in dry-rainy transition season

Abstract - The objective of this study was to evaluate the nutritional status of grazing young bulls supplemented with concentrates with different protein profiles during the dry-rainy transition season. Thirty two crossbred Nellore calves, with initial mean age of 346 d, being eight animals from each lot of Chapter 2, housed in paddocks of *Brachiaria decumbens* Stapf, were used. The lots maintained the same supplementation strategies of the previous phase and the supplements were adjusted to the season and the animals. The concentrate supplements were isoproteic and the levels of NPN were varied. After 45 d, the nutritional evaluation of animals, which included the prediction of intake and digestion of nutrients and characteristics of protein metabolism, was made. The prediction of intake and digestibility used the indicators: LIPE ®, titanium dioxide and neutral detergent fiber indigestible. Urine and blood samples were collected too. The supplementation effect, and the linear and quadratic effects of the level of NPN in the concentrate were evaluated by the decomposition of the sum of squares into orthogonal contrasts, adopting $\alpha = 0.10$. The concentrate intake reduced the intake of pasture and increased the intake of protein and TDN, the digestibility coefficients, the TDN content, and the N concentration in the blood and urine. The level of NPN in the supplement showed a negative linear effect on the consumption of concentrate and a quadratic effect on the intake of protein, no protein nitrogen and TDN, the digestibility coefficients, the TDN content and the excretion of N in urine. In this phase, the consumption of concentrate increased the nutritional aspects, while the effects of the level of NPN in the concentrate pointed to the need for a balance between the NPN of the supplement and of the pasture.

Keywords: intake, digestibility, beef cattle, NPN, urea, supplementation

Introdução

Apesar de a produção de carne a pasto seguir a sazonalidade da produção de forrageiras, as pastagens representam a forma mais prática e econômica para a alimentação de bovinos no Brasil. Um programa eficiente e competitivo de produção de carne deveria ser capaz de minimizar esta sazonalidade. A prática de suplementar bovinos em pastagens, no entanto, tem sido ainda incapaz de maximizar e garantir a estabilidade da produção animal.

Somente o entendimento da interação entre as condições das pastagens, o suplemento fornecido, a capacidade de digestão do animal, e as exigências nutricionais do animal, permite gerar conhecimentos extrapoláveis aos sistemas comerciais de produção.

Na fase de recria, apesar dos requerimentos dietéticos de nitrogênio degradável no rúmen poderem, teoricamente, ser supridos a partir de NNP, algumas necessidades dos microrganismos, devem ser supridas por proteína verdadeira ruminalmente degradável (Russell, 2002).

Em condições tropicais, os pastos variam o conteúdo total e o perfil protéico, de acordo com as variações sazonais. Em sistemas de produção de animais precoces, a fase de recria geralmente envolve a estação seca e a transição seca-águas. A recria na transição seca-águas envolve, então, animais e condições de pastagens bem diferentes das fases de amamentação na transição águas – seca, e de recria durante o período seco, avaliadas nos Capítulos 1 e 2.

No final do período seco e início da estação das chuvas (transição seca/águas), observa-se predominância de aparecimento de brotos na pastagem. Estes brotos, segundo Poppi & McLennan (1995), são constituídos de proteína de alta degradabilidade, elevando o risco de perdas na forma de amônia. Isto deve ser levado em consideração ao se avaliar a suplementação dos animais.

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as condições nutricionais de tourinhos na fase de recria, durante o período de transição seca-águas do ano, suplementados com concentrados com diferentes perfis protéicos.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Bovinocultura de Corte da Universidade Federal de Viçosa, no período de outubro a dezembro de 2007, em um total de 84 dias, após o fim do período seco, avaliado no Capítulo 2.

Foram utilizados 32 bezerros nelorados, machos, com idade média inicial de $346 \pm 30,2$ dias, sendo oito bezerros oriundos de cada lote da fase de recria no período seco, descrita no Capítulo 2.

Sempre que necessário durante o período experimental, realizaram-se combates contra ecto e endoparasitas.

Após uma pesagem inicial, os animais foram alojados em piquetes formados com *Brachiaria decumbens* Stapf. A cada sete dias, os lotes foram rotacionados entre os piquetes, visando à eliminação de possíveis diferenças entre os piquetes.

Cada animal continuou em seu lote de origem, e recebeu a mesma estratégia de suplementação nutricional (T1, T2, T3 ou Controle) que recebia nas fases de vida anteriores (Capítulos 1 e 2).

A diferença entre os tratamentos nesta fase de vida estava em que os suplementos concentrados foram re-formulados de forma a atender às exigências nutricionais dos animais (de acordo com o NRC, 2000) e às características específicas da época do ano. Nesta fase da vida dos animais (recria durante o período de transição seca-águas do ano), fixou-se o nível de proteína bruta (PB) nos suplementos concentrados – rações isoprotéicas, e variou-se a participação do nitrogênio não protéico (NNP) nesta PB através da variação dos teores de uréia (Tabela 1). Os animais que recebiam os tratamentos concentrados receberam então 1,5

kg/animal/dia dos suplementos concentrados com diferentes perfis protéicos (estratégias T1, T2 e T3, respectivamente, conforme Tabela 1), e o lote controle continuou recebendo mistura mineral *ad libitum*.

Tabela 1 - Composição dos suplementos concentrados e do pasto consumidos pelos animais

| Item ¹ | Suplementos | | | Pasto ⁵ |
|---------------------------|---------------------------------------|------|-------|--------------------|
| | T1 | T2 | T3 | |
| | <i>Combinação de Alimentos (% MN)</i> | | | |
| Milho | 69,5 | 47,9 | 25,5 | |
| Farelo Soja | 17,8 | 43,4 | 69,8 | |
| Uréia | 8,00 | 4,00 | 0,00 | |
| Suplemento Mineral | 4,70 | 4,70 | 4,70 | |
| | <i>Composição Química²</i> | | | |
| MS | 93,4 | 92,8 | 93,5 | 21,3 |
| MO | 94,3 | 92,3 | 91,1 | 92,2 |
| PB | 39,5 | 38,2 | 38,0 | 14,2 |
| NNP | 73,4 | 40,0 | 16,3 | 37,7 |
| FDNcp | 16,3 | 14,9 | 25,5 | 64,5 |
| FDNi | 0,941 | 1,50 | 0,995 | 18,1 |
| EE | 4,17 | 2,94 | 2,02 | 1,05 |

¹ FDNcp = Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, FDNi = Fibra em detergente neutro indigestível

² Expresso como % MS, exceto MS (expressa como % MN) e NNP (expressa como % PB).

³ Obtido através de simulação manual de pastejo.

No início e no final desta fase de vida, e a cada 28 dias os bezerros foram pesados sem jejum (**PC**) para acompanhamento de seu crescimento.

O ganho médio diário (**GMD**) da fase foi calculado como a diferença entre os pesos iniciais e finais, divididos pelos 84 dias de duração deste experimento. O GMD durante a avaliação nutricional foi calculado pela diferença entre os pesos tomados aos 28 e aos 56 dias desta fase de vida, dividida pelo período de 28 dias.

Após 45 dias de experimento, conduziu-se o ensaio para avaliação nutricional dos animais. Esta avaliação incluiu a estimativa de consumo e digestão e estimativa de características do metabolismo protéico dos animais experimentais. A estimativa do consumo

pelos animais foi realizada por intermédio da técnica dos indicadores. Empregou-se o LIPE[®] como indicador para estimação da excreção fecal (Rodríguez et al., 2006), o dióxido de titânio como indicador do consumo de suplemento (Kincheloe, 2004) e a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador interno para estimação direta do consumo de pasto e indireta da digestibilidade da dieta.

No período do ensaio, durante os nove primeiros dias, o dióxido de titânio foi adicionado ao suplemento concentrado de cada tratamento, na proporção de 1%, conforme sugestão de Kincheloe (2004). Nos dias sete, oito e nove procedeu-se à aplicação nos bezerros, via sonda esofágica, de cápsulas de 500 mg de LIPE[®]. Entre o 8º e 10º dias procedeu-se à coleta de amostras de fezes, por defecação espontânea ou diretamente no reto dos animais, uma vez por dia, às 16:00, 12:00 e 08:00 h, respectivamente. As amostras fecais foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e congeladas a -20 °C.

No 11º dia do ensaio foi realizada a coleta, nos animais, de amostras “spot” de urina (10 mL), em micção espontânea e de sangue, realizadas aproximadamente quatro horas após o fornecimento do suplemento. Após a coleta, as amostras de urina foram diluídas em 40 mL de H₂SO₄ (0,036 N) e congeladas a -20°C para posterior determinação dos teores de creatinina e uréia segundo Valadares et al. (1999). As amostras de sangue foram coletadas imediatamente após a coleta de urina utilizando-se tubos de vacuntainer, sendo as amostras imediatamente centrifugadas e o soro congelado para posterior avaliação de uréia sérica (Nursg).

A cada mês do experimento procedeu-se à avaliação quantitativa e qualitativa do pasto. Foi realizada coleta de amostra da forragem através do corte rente ao solo de cinco áreas delimitadas por um quadrado metálico de 0,5 x 0,5 m, escolhidas aleatoriamente em cada piquete experimental (McMeniman, 1997), em um total de vinte amostras.

Após a coleta, as amostras foram pesadas e homogeneizadas, e, a partir desta amostra homogênea, retiradas duas amostras compostas. Uma para avaliação da disponibilidade total de MS e outra para análise das disponibilidades de MS de folha verde, folha seca, colmo verde e colmo seco em cada piquete experimental. No dia imediatamente após o ensaio de avaliação nutricional, realizou-se amostragem qualitativa do pasto consumido pelos animais via simulação manual de pastejo.

As amostras de fezes, após seca em estufa com ventilação forçada (60°C / 72 h) e processadas em moinho com peneira de 1 mm, foram compostas, com base no peso seco ao ar, por animal. As amostras de pasto foram secas e moídas do mesmo modo. As análises de matéria seca (**MS**), matéria orgânica (**MO**), proteína bruta (**PB**) e extrato etéreo (**EE**) dos suplementos concentrados, do pasto e das fezes foram realizadas de acordo com as técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002). O conteúdo de NNP foi determinado utilizando-se o método do ácido tricloroacético (Licitra et al., 1996). A quantificação dos teores de fibra em detergente neutro (**FDN**) seguiram os métodos de Van Soest & Robertson (1985).

As amostras de suplemento e forragem foram quantificadas, em conjunto às amostras fecais, quanto aos teores de FDNi, segundo método descrito por Cochran et al. (1986), adotando-se, no entanto, incubação ruminal *in situ* por 240 h (Casali et al., 2008).

A excreção fecal foi estimada segundo a metodologia proposta por Rodríguez et al. (2006).

O consumo de matéria seca de suplemento (kg/dia) foi estimado segundo a Equação [1].

$$CSUP = \frac{EF \times CF_{Ti}}{CSti} \quad \text{Eq. [1]}$$

em que: CSUP = consumo de matéria seca de suplemento (kg/dia); EF = excreção fecal (kg/dia); CF_{Ti} = concentração fecal de titânio (kg/kg); CSti = concentração de titânio no suplemento (1%).

As estimativas do consumo voluntário foram obtidas segundo a Equação [2].

$$CMS = \frac{[(EF \times Fz) - (CSUP \times Sp)]}{Ps} + CSUP \quad \text{Eq. [2]}$$

em que: CMS = consumo de matéria seca (kg/dia); EF = excreção fecal (kg/dia); Fz = concentração de FDNi nas fezes (kg/kg); CSUP = consumo de matéria seca de suplementos (kg/dia); Sp = concentração de FDNi no suplemento (kg/kg); e Ps = concentração de FDNi na forragem (kg/kg).

Os consumos de nutrientes foram obtidos a partir das estimativas de consumo e da composição das amostras de pasto, de suplementos e das fezes, segundo os métodos descritos anteriormente.

O coeficiente de substituição (CS) do pasto pelo concentrado foi calculado como a diferença entre o consumo de pasto do grupo controle e de cada grupo suplementado, dividido pelo consumo de concentrado (g pasto / g de concentrado ingerido).

A relação volumoso: concentrado foi calculada como a proporção que o consumo de MS de pasto e o consumo de MS de suplemento concentrado representavam, respectivamente, da soma do consumo de MS de pasto e concentrado de cada animal.

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CD) de cada nutriente foram calculados segundo a Equação [3].

$$CD_{nut} = \frac{[(CFOR \times CF_{nut}) + (CSUP \times CS_{nut}) - (EF \times CF_{nut})]}{[(CFOR \times CF_{nut}) + (CSUP \times CS_{nut})]} \quad \text{Eq. [3]}$$

em que: CDNut = Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente (%); CFOR = Consumo de forragem (kg/dia); CFnut = Concentração do nutriente na forragem (%); CSUP = Consumo de suplemento (kg/dia); CSnut = Concentração do nutriente no suplemento (%); EF = excreção fecal (kg/dia); CFnut = Concentração do nutriente nas fezes (%).

O cálculo de NDT da dieta foi realizado considerando-se o teor de nutrientes digestíveis, segundo a Equação [4]:

$$\text{NDT} = \text{PBd} + 2,25 \times \text{EEd} + \text{FDNd} + \text{CNFd} \quad \text{Eq. [4]}$$

onde: NDT = nutrientes digestíveis totais (% MS); PBd = Proteína bruta digestível (% MS); EEd = Extrato etéreo digestível (%MS); FDNd = Fibra em detergente neutro digestível (%MS); CNFd = Carboidratos não fibrosos digestíveis (%MS).

Foram utilizados kits comerciais para a estimação dos teores de creatinina e uréia nas amostras de urina. O total de proteína excretada na urina foi determinada pelo método Kjeldahl, segundo Silva & Queiroz (2002). A síntese de proteína microbiana (**PBmic**) foi estimada através das amostras de urina. Estas foram analisadas para os derivados de purinas (alantoína e ácido úrico), por intermédio do método colorimétrico, segundo técnica de Fujihara et al. (1987) descrita por Chen & Gomes (1992).

O volume urinário foi obtido pela relação entre a excreção diária de creatinina, adotando-se a equação descrita por Chizotti et al. (2004) e a concentração de creatinina nas amostras coletadas.

As purinas microbianas absorvidas (Y mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purinas na urina (X mmol/dia) através da equação:

$$Y = \frac{X - 0,385 \times PC^{0,75}}{0,85} \quad \text{Eq. [5]}$$

em que: 0,85 = recuperação de purinas absorvidas como derivados urinários de purinas; 0,385 = contribuição endógena para a excreção de purinas (Verbic et al., 1990).

A síntese ruminal de compostos nitrogenados (**Nmic**) (Y, g N/dia) foi calculada em função das purinas absorvidas (X, mmol/dia), pela equação de Chen & Gomes (1992), Eq. [6].

$$Y = 70 X / (0,83 \times 0,116 \times 1000) \quad \text{Eq. [6]}$$

em que: 70 é o conteúdo de N de purinas (mg N/mol); 0,116 a relação N purina : N total nas bactérias; e 0,83 a digestibilidade das purinas microbianas.

Estimou-se então a eficiência de síntese de PBmic segundo a Eq. [7].

$$PBmic = (Nmic \times 6,25) / IDNDT \quad \text{Eq. [7]}$$

onde: PBmic = Eficiência de produção de PB microbiana (g / kg NDT); Nmic = produção diária de nitrogênio microbiano (g / d); IDNDT = Ingestão diária de NDT (Kg / d).

O efeito de suplementação, e os efeitos lineares e quadráticos do nível de NNP na proteína do suplemento sobre o consumo, a digestibilidade e características do metabolismo protéico dos animais foram avaliados por intermédio da decomposição da soma de quadrados de tratamentos por intermédio de contrastes ortogonais (Steel et al., 1997). Utilizou-se o PROC GLM do SAS (SAS Institute, 2004). Para todos os procedimentos estatísticos adotou-se $\alpha = 0,10$.

Resultados e Discussão

Os dados de peso e ganho de peso dos animais (Tabela 2) foram apresentados como indicativos do tipo de animal e do estado fisiológico dos mesmos durante a fase de vida e durante o período de avaliação nutricional.

Tabela 2 - Pesos corporais iniciais e finais e ganho médio diário dos animais experimentais nesta fase da vida, e peso corporal e ganho médio diário durante o período de ensaio de avaliação nutricional

| Item ¹ | Suplementos | | | |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Controle | T1 | T2 | T3 |
| PC inicial | 208 ± 28,1 | 256 ± 41,7 | 264 ± 33,7 | 262 ± 32,4 |
| PC final | 242 ± 35,4 | 312 ± 53,0 | 320 ± 42,7 | 324 ± 34,8 |
| GMD fase | 0,317 ± 0,077 | 0,477 ± 0,193 | 0,515 ± 0,093 | 0,535 ± 0,049 |
| PC avaliação | 206 ± 27,4 | 273 ± 46,2 | 283 ± 39,5 | 285 ± 27,7 |
| GMD avaliação | 0,261 ± 0,198 | 0,451 ± 0,411 | 0,632 ± 0,189 | 0,777 ± 0,113 |

¹PC = Peso corporal, kg; GMD = ganho médio diário, kg/d.

No início do período de transição águas-seca, os animais que recebiam suplemento pesavam, em média, 55 kg a mais que os animais do grupo controle, diferença esta que passou a 77 kg no final do período. Em especial, destaca-se que, durante o período de

avaliação nutricional, os animais suplementados apresentavam cerca de 74 kg a mais que os controle.

Em relação ao período anterior, no entanto, as maiores diferenças de desempenho observadas foram dos animais do grupo controle. Se durante o período seco este grupo de animais havia praticamente cessado o crescimento (Capítulo 2), isto parece ter continuado na primeira parte do período de transição, uma vez que os pesos médios deste grupo são semelhantes no início do período e durante a fase de avaliação nutricional.

Por outro lado, na metade final do período de transição seca-águas, os animais do grupo controle parecem ter revertido esta tendência, o que pode ter incluído algum ganho compensatório, uma vez que estes terminaram o período com 36 kg a mais que na fase de avaliação nutricional (cerca de 45 dias antes).

Tanto estas diferenças no peso corporal dos animais, quanto as variações no estado fisiológico dos mesmos podem influir na forma como estes respondem às condições nutricionais. Parte das diferenças aqui observadas entre os animais do grupo controle e os dos grupos suplementados, podem, então, estar ligada a estas diferenças de tamanho e de condição fisiológica, e não diretamente às diferenças na nutrição durante o período.

Ao contrário do observado nos períodos anteriores, a disponibilidade de matéria seca do pasto permaneceu uniforme durante os primeiros dois meses do período, pouco abaixo de 3,0 ton./ha (Figura 1). No mês de dezembro, esta disponibilidade subiu para valores próximos a 3,5 ton/ha. Mais do que a variação na quantidade total de MS de pasto, no entanto, chama a atenção a variação na composição deste pasto.

No primeiro momento de recuperação desta pastagem após o período seco do ano (durante o mês de novembro), observa-se um aumento na disponibilidade de folhas verdes, com redução proporcional dos componentes secos das plantas. Quando se compara a

composição do pasto em dezembro com a de novembro, observa-se que o incremento na disponibilidade de MS da pastagem foi, principalmente, de caules verdes.

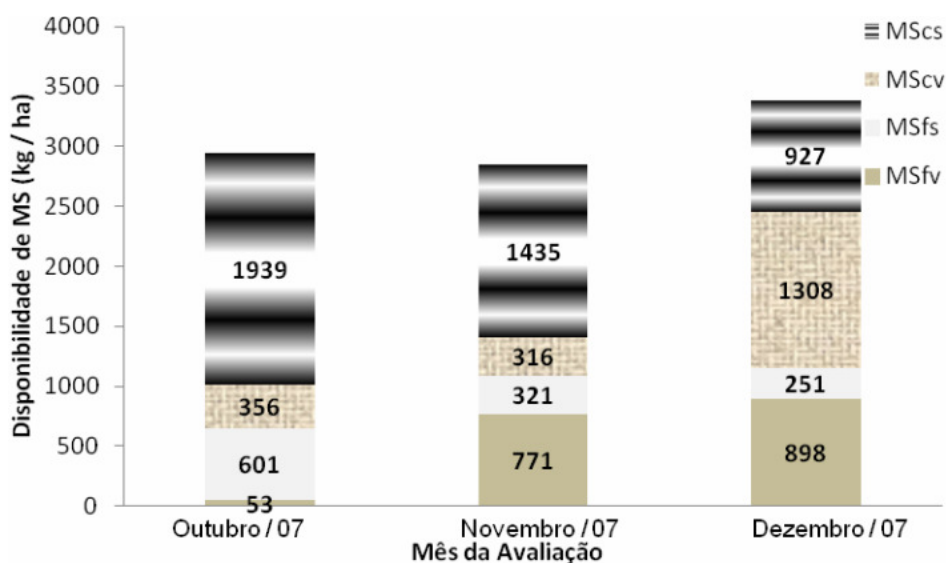


Figura 1 - Disponibilidade de matéria seca total do pasto, e de seus componentes (folhas verdes (MSfv), folhas seca (MSfs), caules verdes (MScv) e caules secos (MScs)), nos meses de realização do experimento.

Uma vez que a disponibilidade total de MS não variou tanto quanto a composição deste pasto, pode-se inferir que a alteração de desempenho observada nos animais do grupo controle (que recebiam apenas suplemento mineral) estaria mais ligada à qualidade da matéria seca ingerida pelos animais no último mês do período que propriamente à quantidade disponível.

Em outubro, os materiais secos (folhas e caules) correspondiam a cerca de 86% da MS seca do pasto. Esta proporção caiu para 62% em novembro e, finalmente, 35% em dezembro. A diferença na composição entre os materiais verdes e secos do pasto poderia ter fornecido a proteína e a energia que estes animais precisavam para retomar o crescimento.

Esta hipótese é suportada ainda pelos padrões sugeridos por Euclides et al. (1992). Segundo estes autores, o valor mínimo de disponibilidade total de MS/ha necessário para garantir a seletividade do pasto pelos animais (em torno de 4.500 kg) não teria sido atingido

em dezembro. Apesar disto, a disponibilidade de 2.200 kg MS/ha de materiais verdes do pasto supera em muito as necessidades previstas por estes autores.

Os suplementos concentrados fornecidos aos animais neste período foram semelhantes aos do período anterior (Tabela 2). Manteve-se as proporções de 8, 4 e 0% de uréia como principal diferenciador entre os suplementos, de modo a se variar a participação do NNP na PB de cada suplemento. Pequenas alterações nas proporções de milho e de farelo de soja aumentaram o teor de PB dos suplementos para cerca de 38,5% em média. Esta variação no teor de PB (e, conseqüentemente, também no NNP) foi a maior diferença entre estes suplementos e os utilizados no período seco do ano.

A composição química do pasto consumido pelos animais variou consideravelmente. Esta variação deu-se, principalmente, com a redução do teor de MS deste pasto de 52 % para 21 %, e o aumento do teor de PB de 5 % para 14 %.

Considerando-se estas variações e o desempenho dos animais, o principal nutriente limitante deste desempenho no grupo controle durante o período seco do ano e início da transição seca-águas parece ter sido a quantidade de proteína bruta no pasto destes animais.

Isto reforça a hipótese de que a variação na qualidade do pasto disponível, ligada às alterações na proporção de materiais secos e verdes das plantas seria a principal responsável pelas variações no desempenho dos animais controle na transição seca-águas.

A IDMS dos animais do grupo controle foi menor ($P < 0,01$) que a dos animais dos grupos que recebiam suplementação (Tabela 3). Quando se expressou a IDMS como g/kg PC, entretanto, esta diferença desapareceu ($P > 0,10$). Isto mostra que o maior consumo de MS observado nos animais suplementados com concentrado estava ligado principalmente ao maior tamanho destes animais e não a um efeito da suplementação em si.

Quando se avaliou o consumo de MS do pasto isoladamente, pode-se observar um caso extremo deste fenômeno. O consumo de MS oriunda do pasto pelos animais suplementados, expresso em kg/d, foi maior que o dos animais controle ($P < 0,01$).

A análise desta característica expressa como g/kg PC, no entanto, mostrou que os animais que recebiam apenas suplemento mineral consumiram, proporcionalmente, mais MS de pasto que os suplementados ($P < 0,10$). O cálculo do CS, neste caso, foi afetado, gerando uma informação distorcida que reflete o maior consumo de MS de pasto para os animais que recebiam concentrado (CS negativo). Neste caso, talvez o cálculo do CS a partir dos dados de consumo expressos como g/kg PC reflita melhor o real efeito da suplementação concentrada sobre a ingestão de pasto.

Realizando-se os cálculos desta forma, observam-se CS de 181%, 37% e 70% para os animais dos grupos T1, T2 e T3, respectivamente.

Zin & Garces (2006) explicam que, a partir de um fornecimento de concentrado em níveis correspondentes a 0,3 %PC poderia ocorrer redução no consumo de forragem. Considerando-se que o consumo de concentrado neste experimento variou de cerca de 0,2 % PC, no grupo T1, a 0,45% PC nos grupos T2 e T3, era de se esperar algum efeito substitutivo no consumo de pasto.

O efeito quadrático do nível de NNP no suplemento sobre a IDMS total e oriunda do pasto ($P < 0,01$), com maior consumo observado para os animais que recebiam o suplemento T2, também parece estar ligado mais a diferenças no tamanho dos animais que ao efeito dos suplementos em si. Isto é evidenciado pela não observação de efeito do tipo de suplemento ($P > 0,10$) quando estas características de consumo foram expressas como g/kg PC.

Os menores valores (expressos como kg/d ou g/kg PC) observados para a IDMS total dos animais que recebiam o suplemento T1, por sua vez, estão mais ligados ao menor

consumo de concentrado destes animais que a uma menor ingestão de pasto dos mesmos. Ambos os efeitos, no entanto, podem ser associados ao alto teor de uréia neste suplemento.

Tabela 3 - Aspectos ingestivos dos grupos experimentais

| Itens ¹ | Suplementos | | | | | Valor- P | | |
|--------------------------|-----------------|--------|-------|--------|-----------|---|----------------------------------|----------------------------------|
| | Contro le | T3 | T2 | T1 | CV (%) | Efeito da suplementação Concentrada | Efeito linear nível NNP | Efeito quadr. nível NNP |
| | Kg/d | | | | | | | |
| IDMS | 4,527 | 6,728 | 6,988 | 5,481 | 11,4 | <0,0001 | 0,0009 | 0,0053 |
| IDMSpast | 4,527 | 5,362 | 5,841 | 4,909 | 10,6 | 0,0008 | 0,1093 | 0,0061 |
| IDMSconc | -- | 1,365 | 1,148 | 0,572 | 26,4 | -- | <0,0001 | 0,1441 |
| IDMO | 4,159 | 6,170 | 6,424 | 5,047 | 11,4 | <0,0001 | 0,0011 | 0,0051 |
| IDFDN | 3,096 | 4,016 | 4,166 | 3,451 | 10,7 | <0,0001 | 0,0079 | 0,0175 |
| IDPB | 0,643 | 1,280 | 1,268 | 0,923 | 13,6 | <0,0001 | <0,0001 | 0,0106 |
| IDPBpast | 0,643 | 0,762 | 0,829 | 0,697 | 10,6 | 0,0008 | 0,1097 | 0,0061 |
| IDPBconc | -- | 0,519 | 0,438 | 0,226 | 26,3 | -- | <0,0001 | 0,1590 |
| IDNNP | 0,242 | 0,372 | 0,488 | 0,429 | 14,1 | <0,0001 | 0,0433 | 0,0008 |
| IDNDT | 2,452 | 4,559 | 4,711 | 3,251 | 12,0 | <0,0001 | <0,0001 | 0,0003 |
| Rel. Vol:Conc (%) | -- | 75:25 | 82:18 | 89:11 | 27,9 | -- | <0,0001 | 0,1362 |
| CS (g/g) | -- | -0,612 | -1,14 | -0,668 | -- | -- | -- | -- |
| | g /kg PC | | | | | | | |
| IDMS | 22,4 | 23,9 | 25,0 | 20,7 | 19,5 | 0,6624 | 0,1727 | 0,1745 |
| IDMSpast | 22,4 | 19,0 | 20,9 | 18,6 | 19,2 | 0,0769 | 0,8359 | 0,2201 |
| IDFDN | 15,3 | 14,2 | 14,9 | 13,1 | 19,2 | 0,2772 | 0,4037 | 0,3032 |

¹ Ingestão diária de : IDMS = matéria seca total, IDMSpast = matéria seca do pasto, IDMSconc = matéria seca do concentrado, IDFDN = fibra em detergente neutro, IDPB = proteína bruta total, IDPBpast = proteína bruta da pastagem, IDPBleite = proteína bruta do leite, IDPBconc = proteína bruta do concentrado, IDNNP = nitrogênio não protéico, e IDNDT = de NDT; Rel. Vol:Conc = relação volumoso:concentrado; e CS = coeficiente de substituição.

A análise do consumo de concentrado (expresso como kg MS/d) mostrou um efeito linear ($P < 0,01$) do nível de NNP no suplemento. De acordo com os dados, o aumento do teor de NNP no suplemento reduziu proporcionalmente o consumo deste suplemento. Isto também pode estar ligado ao grande teor de NNP presente nas pastagens neste período do ano.

De acordo com o mostrado na Tabela 2, cerca de 5,4% da MS do pasto era PB oriunda do NNP. Ao se considerar um consumo médio de 6,4 kg MS de pasto, obter-se-ia uma estimativa de ingestão média de 0,340 kg de PB oriunda de NNP oriundo da pastagem. Este valor fica especialmente alto quando se considera que, para obter uma ingestão de PB semelhante, o animal teria que ingerir cerca de 130 g de uréia.

Quando se considera a capacidade da uréia como inibidora de consumo pode-se visualizar uma explicação para o efeito de inibição de consumo de concentrado aqui detectado. Na verdade, este alto consumo de N prontamente degradável no rúmen da pastagem tem o potencial para manter uma alta concentração de amônia ruminal durante todo o dia.

Com estes altos níveis de amônia ruminal, a presença de maiores quantidades de NNP no suplemento concentrado passa a ser um fator de inibição à ingestão deste suplemento, como forma do animal regular o ambiente ruminal, evitando níveis tóxicos de amônia. A IDMS de concentrado sem uréia (com pouco NNP) semelhante aos níveis observados no período seco (Capítulo 2) vem corroborar esta hipótese.

Como nos outros períodos avaliados, a IDMO acompanhou o comportamento da IDMS.

Ao contrário do observado durante a estação seca do ano (Capítulo 2), a IDFDN pelos animais variou entre os animais suplementados ou não com concentrados ($P < 0,01$). A análise deste consumo expresso como g/kg PC, no entanto, mostrou que estas diferenças estavam mais ligadas ao tamanho dos animais que a um efeito da suplementação.

O efeito quadrático do nível de NNP dos suplementos sobre a IDFDN ($P < 0,05$) também parece estar ligado à questão do tamanho dos animais, uma vez que não foi observado ($P > 0,10$) quando avaliada a IDFDN expressa como g/kg PC.

Os níveis de consumo de FDN, em torno de 1,45% do PC são próximos ao preconizado por Mertens (1992). Estes níveis são também maiores que os observados durante o período seco do ano (Capítulo 2).

Isto pode indicar uma melhor condição ruminal, o que garantiria maior capacidade de degradação da fibra, reduzindo-se o tempo de retenção da mesma, e aumentando a capacidade de consumo desta fibra. Paulino et al. (2004) preconizavam esta resposta à melhoria das condições ruminais de animais em pastejo, em especial à melhoria da disponibilidade de proteína degradável no rúmen. Este aumento foi uma das principais variações na composição da dieta destes animais em relação à ingerida durante o período seco, em especial devido ao NNP da pastagem. Estes fatores sinalizam que um maior aporte de proteína naquela ocasião teria potencial para melhorar os aspectos nutricionais e a resposta produtiva dos animais.

Por outro lado, há que se considerar que também a composição da fração fibrosa variou entre estações do ano. Enquanto na estação seca, o FDN_i correspondia a 36% do FDN do pasto, na transição secas-águas, ele passou a representar cerca de 27% do FDN total. Isto implica em uma FDN mais digestível no pasto dos animais neste época do ano, o que também interfere sobre o consumo, como já discutido.

A maior IDPB dos animais suplementados ($P < 0,01$) pode ser parcialmente associada à maior ingestão de pastagem por estes animais. Como a pastagem apresentava valores altos de PB (acima de 14%), as diferenças de consumo desta pastagem permitiram um incremento de cerca de 19% na quantidade de PB ingerida, mesmo sem se considerar a PB oriunda do suplemento consumido. Quando se acrescenta este consumo de PB oriunda do suplemento, o consumo total de PB dos animais suplementados fica cerca de 80% acima daquele dos animais do grupo controle.

Os efeitos do nível de NNP do suplemento sobre a IDPB, por sua vez, podem ser associados às variações observadas na IDMS oriunda do pasto e do concentrado devido a estas variações de NNP. Uma vez que o teor de PB dos suplementos era semelhante e os animais ingeriam pastos também semelhantes, o efeito quadrático do nível de NNP dos concentrados sobre a IDPB oriunda do pasto e o efeito linear do nível de NNP do concentrado sobre a IDPB oriunda deste concentrado ($P<0,01$) estão diretamente relacionados aos efeitos do NNP dos suplementos sobre a IDMS oriunda do pasto e do concentrado, respectivamente.

A combinação destes resultados levou a um efeito quadrático do nível de NNP do suplemento sobre a IDPB total ($P<0,05$), com destaque para a baixa IDPB dos animais que recebiam o suplemento T1, devido à menor IDMS tanto de pasto quanto de concentrado por estes animais.

A IDPB foi maior que as exigências previstas pelo NRC (2000) para animais com este tamanho e ganho de peso em todos os grupos de animais. Nos grupos de animais suplementados com concentrados, no entanto, ela superou as previsões daquele conselho em média, em cerca de 45%, enquanto no grupo controle ela foi cerca de 25% maior que as exigências.

Também a IDNNP acompanhou o comportamento da IDMS pelos animais experimentais. Tanto o efeito de suplementação quanto o efeito quadrático do nível de NNP nos suplementos ($P<0,01$) sobre a IDNNP parecem estar ligados às variações na IDMS.

É interessante se observar que, apesar deste efeito quadrático significativo do nível de NNP no suplemento sobre a IDNNP, as variações observadas na IDNNP entre os tratamentos são muito menores que as variações dos teores de NNP dos suplementos. Isto reforça mais uma vez a hipótese do consumo de concentrado ter sido regulado de forma a garantir níveis semelhantes, e não excessivos, de amônia no rúmen.

Assim como os nutrientes isoladamente, as variações no consumo de NDT também acompanharam as variações na IDMS dos animais, evidenciando efeito de suplementação e efeito quadrático do nível de NNP nos suplementos ($P < 0,01$), com maior consumo de NDT pelos animais que receberam o suplemento T2. Apesar disto, as relações entre as variações de IDMS e IDNDT entre os grupos não são idênticas, sugerindo uma diferença entre o teor de NDT das diferentes dietas.

O consumo de NDT aqui observado foi semelhante (grupos T1 e T3), ou até 17% maior que o predito pelo NRC (2000) para animais deste tamanho e desempenho. Este resultado é contrário aos resultados da literatura, que apontam menores exigências energéticas para bovinos recriados em condições brasileiras (Silva et al., 2002; Freitas et al., 2006).

Este consumo “extra” de energia poderia ser explicado por uma deficiência acentuada de algum outro nutriente (que limitasse o desempenho dos animais), ou, mais provavelmente, por uma maior deposição de gordura no corpo destes animais, o que justificaria uma maior necessidade de energia para atender ao crescimento observado.

A relação volumoso:concentrado apresentou efeito linear do nível de NNP no suplemento, reduzindo-se a participação do concentrado na dieta total de 25 para 11 % à medida que se aumentou a quantidade de NNP no suplemento. Esta relação foi influenciada principalmente pelas variações no consumo de concentrado, e, em menor proporção, pelas variações no consumo de pasto. Isto provavelmente está ligado às questões de regulação do nível de amônia ruminal já discutidas.

O fornecimento de suplemento concentrado aumentou ($P < 0,01$) o coeficiente de digestibilidade dos principais nutrientes da dieta dos animais experimentais (Tabela 4).

Tabela 4 - Coeficientes de digestibilidade aparente total (%) e teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas

| Itens (%) | Suplementos | | | | CV (%) | Valor-P | | |
|--------------|-------------|------|------|------|--------|-------------------------------------|----------------|----------------|
| | Controle | T3 | T2 | T1 | | Efeito da suplementação Concentrada | Ef. Linear NNP | Ef. Quadr. NNP |
| CDMS | 49,0 | 64,2 | 65,3 | 57,0 | 17,8 | 0,0048 | 0,1967 | 0,3172 |
| CDMO | 52,8 | 65,2 | 66,8 | 58,2 | 4,41 | <0,0001 | <0,0001 | 0,0002 |
| CDPB | 70,3 | 78,1 | 80,7 | 75,8 | 4,12 | <0,0001 | 0,1605 | 0,0098 |
| CDFDN | 56,0 | 68,4 | 66,8 | 58,5 | 5,38 | <0,0001 | <0,0001 | 0,0308 |
| CDEE | 50,7 | 61,9 | 70,0 | 64,9 | 9,82 | <0,0001 | 0,3509 | 0,0209 |
| CDCNF | 56,7 | 74,6 | 79,1 | 61,8 | 9,51 | <0,0001 | 0,0007 | 0,0007 |
| NDT | 54,2 | 66,2 | 67,4 | 59,2 | 4,19 | <0,0001 | <0,0001 | 0,0003 |

1 Coeficientes de Digestibilidade: CDMS = da matéria seca, CDMO = da matéria orgânica, CDPB = da proteína bruta, CDFDN = da fibra em detergente neutro, CDEE = do extrato etéreo, CDCNF = dos carboidratos não fibrosos.

Como já discutido, os CS negativos aqui observados tratam-se de uma distorção devido às diferenças de peso entre os animais dos grupos suplementados ou não. O efeito de substituição do pasto pelo concentrado, avaliado a partir da ingestão expressa como g/kg PC, no entanto, não parece ser suficiente para explicar a melhoria da digestibilidade da MS quando se forneceu suplemento concentrado aos animais.

Um aumento médio de cerca de 12 pontos percentuais no CDMS exigiria consumo de concentrado muito maiores que os aqui observados, mesmo se considerando a melhor digestibilidade deste concentrado em relação ao pasto substituído. Isto aponta para um incremento na digestibilidade da MS do pasto quando os animais recebiam suplementação concentrada.

Como não foram observadas diferenças na IDMS dos animais suplementados, pode-se esperar que, neste período do ano, o fornecimento deste nível de concentrado não tenha afetado significativamente a taxa de passagem da digesta, permitindo a expressão desta melhoria na digestibilidade do pasto, ao contrário da época seca do ano (Capítulo 2).

Este efeito de “melhoria” na digestibilidade do pasto quando se fornece suplementação concentrada é chamado de “efeito associativo”, ou “efeito da interação entre os alimentos”, e foi discutido por Poppi & Mcleanm (1995) e Paulino et al. (2004).

Segundo estes autores, o princípio do efeito associativo de animais em pastejo é a base dos estudos da suplementação de bovinos em pastejo há décadas e envolve a melhoria das condições ruminais a partir do fornecimento de alimento de alta degradabilidade. Os nutrientes disponibilizados por este alimento seriam utilizados pelos microrganismos ruminais para promover o crescimento microbiano. Esta maior população microbiana ruminal seria capaz, então, de promover uma digestão mais completa do pasto.

Quando se avaliou a melhoria da digestibilidade da PB nos animais suplementados com concentrado observou-se que, apesar deste nutriente ter se beneficiado da melhoria da digestibilidade da MS como um todo, boa parte desta melhoria de digestibilidade pode ser associada à maior digestibilidade da PB do suplemento concentrado.

Diferente dos demais nutrientes, uma grande parte da PB ingerida diariamente pelos animais veio do suplemento (de 24 a 40%). Devido a esta grande participação da PB do concentrado, a melhoria observada na digestibilidade da proteína da dieta deixou de ser função prioritária da melhoria obtida na digestibilidade da PB do pasto, e passou a ser uma função ponderada desta e da digestibilidade da PB do concentrado.

Outro aspecto que pode contribuir para esta melhoria no CDPB, é a diluição das perdas metabólicas fecais de proteína à medida que se aumenta o consumo de PB (Van Soest, 1994). Como o coeficiente de digestibilidade aparente é uma medida relativa, em baixos consumos de PB estas perdas metabólicas têm maior capacidade de reduzir a estimativa do CDPB, com reflexos sobre o CDMS e o CDMO. O maior consumo de PB dos animais suplementados teria a capacidade de diluir este efeito.

A melhoria do CDFDN dos animais suplementados talvez seja a maior evidencia da melhoria da digestibilidade do pasto graças ao fornecimento de concentrado. A FDN dos concentrados geralmente apresenta maior digestibilidade que a do pasto, quer pela composição desta fibra, quer pela granulometria da mesma.

Considerando-se a melhoria da digestibilidade da MS do pasto como um todo, e que a fibra representava mais de 60% desta MS, seria impossível se melhorar a digestibilidade da MS se boa parte desta melhoria não viesse da digestibilidade da FDN.

Por fim, é importante se destacar também que o desenvolvimento anterior dos animais pode ter influenciado as diferentes capacidades digestivas dos animais dos grupos controle e suplementados. Sabe-se que animais sob restrição alimentar tendem a reduzir o tamanho de órgãos e vísceras (Berg & Butterfield, 1976). Como os animais do grupo controle estiveram por meses praticamente sem ganhar peso, é sensato presumir que tenham passado por este processo.

Como a avaliação nutricional ocorreu no meio do período de transição, quando os animais ainda não haviam retomado um ritmo de crescimento acelerado, pode-se esperar que ainda estivessem com estas órgãos e vísceras subdesenvolvidos em relação ao tamanho do corpo, o que reduziria sua capacidade digestiva, independente da dieta utilizada. Por outro lado, os animais dos grupos suplementados, que mantiveram crescimento positivo durante todo o período seco e início da transição seca-águas não teriam sofrido este efeito.

O nível de NNP nos suplementos apresentou efeito quadrático sobre a digestibilidade da MO, PB, FDN, EE e CNF ($P < 0,05$), com maiores digestibilidade associada aos níveis intermediários de NNP.

Como esta melhoria da digestibilidade da dieta dos animais suplementados foi influenciada pelo consumo do concentrado, o comportamento ingestivos dos suplementos pode explicar esta alteração na digestibilidade.

Silva et al. (2008), avaliando o comportamento ingestivo destes animais, mostraram que o nível de NNP influenciou diretamente o padrão de consumo do suplemento. Os animais que recebiam o T3, suplemento sem uréia, consumiam todo o concentrado do dia em questão de minutos após o fornecimento. Neste caso, o aporte instantâneo de grande quantidade de concentrado minimiza o efeito de melhoria das condições ruminais (que aumentaria a digestibilidade da dieta), uma vez que este concentrado irá atuar no rúmen apenas durante uma pequena fase do dia, até poucas horas após o fornecimento do concentrado.

Os animais que recebiam o T1, suplemento com alto teor de uréia, consumiam lentamente o suplemento, o que terminou por determinar que não conseguiam ingerir todo o suplemento fornecido no período de um dia. Esta menor quantidade de suplemento ingerido também reduziria a capacidade do suplemento de melhorar o ambiente ruminal e a digestibilidade da dieta, reduzindo o efeito associativo.

Finalmente, os níveis de uréia no suplemento T2 levaram a um consumo de suplemento bem distribuído durante todo o dia, e que não chegou a limitar a capacidade dos animais de consumirem a totalidade da quantidade de suplemento fornecido diariamente. Isto garantiria, além do aporte de nutrientes extras, uma maior uniformidade de condições ruminais durante todo o período diário, maximizando o efeito da suplementação em melhorar a digestibilidade da dieta. Poppi & McLennan (1995) também destacaram este efeito da velocidade de disponibilização do N ruminal sobre a eficiência do sistema digestivo ruminal.

Os efeitos de suplementação e o efeito quadrático do nível de NNP no suplemento ($P < 0,01$) sobre o teor de NDT da dieta representam o somatório destes efeitos já discutidos, sobre a digestibilidade de cada nutriente separadamente.

A produção diária de N_{mic} não foi afetada (Tabela 5) pela suplementação ou pelo nível de NNP nos suplementos ($P > 0,10$).

Em virtude das diferenças observadas na ingestão diária de nutrientes, era de se esperar que a produção de Nmic fosse diferente para os diferentes tratamentos. Apesar da falta de significância dos efeitos avaliados, a produção de Nmic dos animais suplementados foi cerca de 18% maior que a dos animais controle. Também a produção de Nmic dos animais que recebiam os suplementos T1 (alto NNP) e T3 (baixo NNP, sem uréia) foram cerca de 10% menores que a dos animais que recebiam a T2 (médio NNP), assemelhando esta resposta a um comportamento quadrático, com maior produção observada nos animais que recebiam o suplemento T2.

Estas respostas seriam coerentes com a ingestão de MS, PB e NDT aqui observadas e com o melhor comportamento ingestivo dos animais que consumiam o suplemento T2, como já discutido, e podem não ter sido significativas devido ao alto CV observado para a produção de Nmic.

Tabela 5 - Parâmetros da nutrição protéica dos animais experimentais

| Itens (%) | Suplementos | | | | CV (%) | Valor- P | | |
|---------------------------------|-------------|------|------|------|--------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Controle | T3 | T2 | T1 | | Efeito da suplementação Concentrada | Efeito linear nível NNP | Efeito quadr. nível NNP |
| Nmic (g/d) | 87,8 | 99,0 | 111 | 100 | 49,0 | 0,4612 | 0,9565 | 0,5965 |
| PBmic (g/kg NDT) | 232 | 132 | 150 | 199 | 59,4 | 0,1310 | 0,2339 | 0,7435 |
| Nur_{sg} (mg/dl) | 15,7 | 18,2 | 17,8 | 19,8 | 10,6 | 0,0008 | 0,0922 | 0,1637 |
| Nurinário | | | | | | | | |
| Nur – Uréia (g/d) | 42,6 | 79,9 | 62,7 | 66,4 | 25,2 | 0,0029 | 0,1334 | 0,1766 |
| Nur – Total (g/d) | 56,4 | 108 | 109 | 90,7 | 29,5 | 0,0013 | 0,2373 | 0,4419 |

1 Nmic = Produção de N microbiano, PBmic = proteína bruta microbiana, Nur_{sg} = N uréia sérico, Nur = excreção urinária de nitrogênio, na forma de uréia e N total.

Apesar de não haverem efeitos significativos ($P > 0,10$), a eficiência de produção da PBmic (expressa como kg PBmic/kg NDT ingerido) foi numericamente maior nos animais do grupo controle que nos que recebiam suplementação concentrada. Também entre os grupos

suplementados, parece haver um aumento desta eficiência à medida que se aumentou o nível de NNP na dieta. Devido às magnitudes das variações observadas, a falta de significância destes efeitos também pode estar mais ligada ao alto CV da característica que à ausência de influência da suplementação e do NNP no suplemento sobre a eficiência de produção da PBmic.

Outro aspecto a ser destacado é a alta eficiência de síntese observada neste período do ano, o que contrasta com os baixos valores observados durante a estação seca. Estes resultados parecem indicar que, nas condições de produção de bovinos a pasto do Brasil central, o aporte de PDR dietética teria influência direta sobre a eficiência com que o NDT da dieta é transformado em PBmic.

Também Véras et al. (2008), trabalhando com animais, recebendo uma proporção de 25% de concentrado na dieta, observaram uma eficiência média de 184 g PB mil/kg NDT, semelhante à média de 160 g PB mil/kg NDT dos animais aqui suplementados. Também o NRC (2000) destacava que a eficiência de síntese de PBmic está intimamente ligada a fatores da dieta.

Os menores níveis de Nursg observados para os animais controle ($P < 0,01$) ocorreram em virtude do menor consumo de PB por estes animais. Além de ligados ao consumo de PB, os níveis de Nursg estão intimamente ligados à produção de uréia no fígado, que é um indicador de deaminação de aminoácidos, indicando ineficiência de aproveitamento metabólica da proteína dietética. Esta parece ser a principal razão para o aumento do teor de Nursg com maiores teores de NNP no suplemento concentrado ($P < 0,10$).

A excreção de uréia na urina representa uma perda de N, o qual deixa de ser utilizado pelo metabolismo animal. Assim, altos níveis de excreção de N uréia na urina indica menores eficiências de uso do N dietético pelos animais. Por outro lado, quanto maior a ingestão diária

de proteína, geralmente maior será também a exceção de uréia na urina do animal (Valadares et al., 1997).

Observou-se (Tabela 5) que a exceção de uréia e de N total na urina dos animais do grupo controle foi menor ($P < 0,01$) que a daqueles que recebiam suplemento. Isto pode ser associado diretamente à menor ingestão diária de proteína destes animais.

Entre os grupos de animais que receberam suplementos, observou-se uma menor perda de N na forma de uréia urinária pelos animais que recebiam o suplemento T2, com média quantidade de uréia. Apesar de não ser significativo ($P > 0,10$), este resultado pode estar ligado ao comportamento ingestivo do suplemento pelos animais. Como discutido, a ingestão deste suplemento (T2) pelos animais foi realizada de forma mais uniforme durante o dia (Silva et al., 2008), o que levaria a uma maior constância do ambiente ruminal durante o dia, e a um aporte de proteína ao fígado melhor distribuído durante o dia, melhorando a capacidade de o animal aproveitar esta proteína dietética. Poppi & McLennan (1995) alertaram para a menor eficiência de uso de proteína dietética quando observado grande aporte instantâneo de PDR em animais a pasto.

Quando se avaliou a exceção total de N na urina, não se observou efeito do nível de NNP nos suplementos. De fato, entre os animais que recebiam os diferentes suplementos concentrados, a exceção de N total na urina mostrou-se bastante uniforme, não evidenciando diferenças entre eles. Também Costa (2009) observou comportamentos diferentes para as excreções urinárias de uréia e de N total.

Mais uma vez (como no período seco do ano - Capítulo 2) observou-se uma grande variação da participação do N uréia da urina no N total urinário. Waterflow (2006) evidenciou que, em condições onde o aporte de PDR é pontualmente alto, o metabolismo animal dos bovinos pode não conseguir converter todo o excesso de nitrogênio em uréia, o que leva à excreção de até 50% do N urinário na forma de amônia. Além disto, outras formas

de exceção de N urinário podem se tornar significativas em condições específicas de produção.

Costa (2009) associou variações na relação entre N uréia e N total na urina a diferenças na drenagem de uréia sanguínea pelo rúmen. Estes resultados vêm corroborar a necessidade de se estudar os mecanismos de excreção urinária de compostos nitrogenados, visando identificar o tipo de composto nitrogenado que estaria compondo o restante da excreção urinária de N em bovinos, e as situações que interferem nas proporções entre estes compostos.

Conclusões

O fornecimento de concentrado aos animais nestas condições reduziu o consumo de pasto e melhorou a digestibilidade da dieta.

O nível de NNP no suplemento influenciou o consumo de suplemento, a digestibilidade da dieta e os parâmetros nutricionais dos animais suplementados. Os melhores resultados foram observados com o suplemento que continha 4% de uréia.

Os resultados indicam a necessidade de se equilibrar os teores de PDR no suplemento e na pastagem em situações onde a disponibilidade desta seja elevada no pasto.

Pesquisas são necessárias para se avaliar os fatores que afetam a eficiência de síntese microbiana ruminal e para se identificar a excreção de compostos nitrogenados na urina.

Literatura Citada

BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. **New concepts of cattle growth**. 1.ed. Sydney: Sydney university press, 1976. 240p.

CHEN, X.B.; GOMES, M.J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details** (Occasional publication). International Feed Resources Unit. Bucksburnd, Aberdeen:Rowett Research Institute. 1992, 21p.

CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Excreção de creatinina em novilhos e novilhas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE

- BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...**Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. CD-ROM. Nutrição de ruminantes.
- COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D. et al. Predicting digestibility of different diets with internal markers: Evaluation of four potential markers. **Journal of Animal Science**, v.63, n.5, p.1476-1483. 1986
- COSTA, V.A.C. **Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante o período das águas com suplementação protéica ou protéico-energética**. Viçosa:UFV, 2009, 90p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- EUCLIDES, V.P.B., MACEDO, M.C.M., OLIVEIRA, M.P. Avaliação de diferentes métodos de amostragem (para se estimar o valor nutritivo de forragens) sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.2, p.691-702, 1992.
- FREITAS, J.A.F.; QUEIROZ, A.C.; DUTRA, A.R. et al. Composição do ganho e exigências de energia e proteína para ganho de peso em bovinos Nelore puros e mestiços. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.886-893, 2006.
- GOES, R.H.T.B.; MANCIO, A.B.; LANA, R.P. et al. Recria de novilhos mestiços em pastagem de Brachiaria brizantha, com diferentes níveis de suplementação, na região amazônica. consumo e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1730-1739, 2005.
- KINCHELOE, J.J. **Variation in supplement intake by grazing beef cows**. 2004. Thesis (Master of Science in Animal and Range Sciences). Bozeman, Montana. Montana State University, 2004.
- MCMENIMAN, N.P. Methods of estimating intake of grazing animals. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34, Juiz de Fora, 1997. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.131-168.
- MERTENS, D.R. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p.1-33.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. 243p.
- PAULINO, M.F.; FIGUEIREDO, D.M.; KLING DE MORAES, E.H.B. et al. Suplementação de bovinos em pastagens: uma visão sistêmica. In: SIMCORTE – Simpósio de Produção de Gado de Corte (IV: 2004: Viçosa, Mg). **Anais...** Viçosa: DZO/UFV. 2004.
- POPPI, D.P.; MCLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v.73, p.278-290, 1995.

- RODRÍGUEZ, N.M.; SIMÕES SALIBA, E.O.; GUIMARÃES JR. R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (43 : 2006 : João Pessoa, PB). **Anais de Simpósios ...** Sup. especial da Revista Brasileira de Zootecnia, v.35. p.323-352. 2006.
- RUSSELL, J. B. **Rúmen microbiology and its role in ruminant nutrition**. Ithaca, NY. 2002. 119p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p
- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V. et al. Composição corporal e requisitos energéticos e protéicos de Nelore, não castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.503-513, 2002 (supl. 1).
- SILVA, A.G.; FERNANDES, H.J.; LOPES, S.A. et al. Comportamento ingestivo de bovinos de corte a pasto suplementados com concentrados contendo diferentes níveis de uréia. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (45 : 2008 : Lavras, MG). **Anais...** Lavras: UFLA/SBZ. 2008. CD-ROM.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS system: SAS/STAT**. version 9.0 (software), Cary: SAS Institute, 2004. (CD-ROM).
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics. A biometrical approach**. 3.ed. New York: McGraw Hill Co., 1997. 666p.
- VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Níveis de proteína em dietas de bovino. 4. Concentrações de amônia ruminal e uréia plasmática e excreções de uréia e creatinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1270-1278, 1997.
- VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.11, p.2686-2696, 1999.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Ithaca: Cornell University, 1985. 202p.
- VÉRAS, R.M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; AZEVÊDO, J.A. et al. Níveis de concentrado na dieta de bovinos Nelore de três condições sexuais: consumo, digestibilidades total e

- parcial, produção microbiana e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.951-960, 2008.
- VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effects of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, v.114, n.3, p.243-248, 1990.
- WATERFLOW, J.C. **Protein Turnover**. Oxfordshire: CABI, 2006. 301p.
- ZIN, R.A.; GARCES, P. Suplementação de bovinos de corte a pasto: considerações biológicas e econômicas. In: SIMCORTE – Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte (I: 2006: Viçosa, MG). **Anais...** Viçosa: DZO/UFV. 2006.

Capítulo 4

Avaliação nutricional de tourinhos em pastejo recebendo suplementação concentrada com diferentes perfis protéicos da amamentação à terminação IV: Fase de terminação na estação das águas

Resumo - O objetivo deste estudo foi avaliar as condições nutricionais de tourinhos a pasto, suplementados com concentrados com diferentes perfis protéicos durante o período das águas. Foram utilizados 20 tourinhos nelorados, com idade média inicial de 455 d, sendo cinco animais de cada lote do Capítulo 3, alojados em piquetes de *Brachiaria decumbens* Stapf. Os lotes mantiveram a estratégia de suplementação em que estavam designados na fase anterior, sendo os suplementos adequados à época do ano e aos animais. Os suplementos concentrados eram isoprotéicos, variando-se o nível de NNP. Após 45 dias, realizou-se a avaliação nutricional dos animais, que incluiu a estimativa de consumo e digestão de nutrientes e de características do metabolismo protéico. A estimativa do consumo e digestibilidade utilizou os indicadores: LIPE[®], dióxido de titânio e fibra em detergente neutro indigestível. Realizaram-se ainda coletas de amostras de urina e de sangue. O efeito de suplementação, e os efeitos linear e quadrático do nível de proteína no concentrado foram avaliados pela decomposição da soma de quadrados em contrastes ortogonais, adotando-se $\alpha = 0,10$. O consumo de concentrado reduziu o consumo de pasto e de FDN e a eficiência de síntese de N microbiano; e aumentou o consumo de proteína e de NDT, os coeficientes de digestibilidade, o teor de NDT e os teores de N no sangue e na urina. O nível de NNP no suplemento apresentou efeito linear negativo sobre a produção e eficiência de síntese de N microbiano; e quadrático sobre a ingestão de NDT. O tipo de proteína no suplemento deve ser avaliado considerando-se a velocidade de degradação da proteína disponível no pasto. É importante se avaliar os fatores que afetam a eficiência de síntese de N microbiano e os produtos nitrogenados da urina.

Palavras-chave: consumo, digestibilidade, gado de corte, NNP, uréia, suplementação

Nutritional evaluation of grazing young bulls receiving concentrated supplementation with different protein profiles from milking to finishing IV: Finishing phase in rainy season

Abstract - The objective of this study was to evaluate the nutritional status of grazing young bulls supplemented with concentrates with different protein profiles during the rainy season. Twenty crossbred Nellore calves, with initial mean age of 445 d, being five animals from each lot of Chapter 3, housed in paddocks of *Brachiaria decumbens* Stapf, were used. The lots maintained the same supplementation strategies of the previous phase and the supplements were adjusted to the season and the animals. The concentrate supplements were isoproteic and the levels of NPN were varied. After 45 d, the nutritional evaluation of animals, which included the prediction of intake and digestion of nutrients and characteristics of protein metabolism, was made. The prediction of intake and digestibility used the indicators: LIPE®, titanium dioxide and neutral detergent fiber indigestible. Urine and blood samples were collected too. The supplementation effect, and the linear and quadratic effects of the level of NPN in the concentrate were evaluated by the decomposition of the sum of squares into orthogonal contrasts, adopting $\alpha = 0.10$. The concentrate intake reduced the intake of pasture and NDF and the efficiency of synthesis of microbial N, and increased intake of protein and TDN, the coefficients of digestibility, the TDN content and the N content in blood and urine. The level of NPN in the supplement had negative linear effect on production and efficiency of microbial N synthesis, and quadratic effect on the intake of TDN. The protein pattern in the supplement should be evaluated considering the speed of degradation of it and of the protein available in the pasture. It is important to assess factors that affect the efficiency of synthesis of microbial N and the nitrogen products of urine.

Keywords: intake, digestibility, beef cattle, NPN, urea, supplementation

Introdução

Apesar de a produção de carne bovina a pasto representar a forma mais prática e econômica no Brasil, esta ainda segue a sazonalidade da produção das forrageiras. Um programa eficiente e competitivo de produção de carne deveria ser capaz de minimizar esta sazonalidade. As práticas de suplementação de bovinos em pastagens, entretanto, tem sido ainda, incapazes de maximizar e garantir a estabilidade da produção animal nestas condições.

Somente a partir de informações sobre as bases nutricionais da resposta à suplementação pode-se esperar viabilizar a aplicação destes resultados nos sistemas comerciais de produção. O entendimento da interação entre as condições das pastagens, o suplemento fornecido, e a capacidade de digestão e as exigências nutricionais do animal, permite gerar conhecimentos extrapoláveis aos sistemas comerciais de produção.

No período das águas realiza-se, normalmente, a terminação precoce de animais produzidos a pasto. Nesta época do ano, as pastagens tropicais geralmente levam a desempenhos inferiores aos observados em regiões de clima temperado, estando aquém do limite genético dos animais (Poppi & McLennan, 1995).

Geralmente, o nutriente mais limitante para produção de animais mantidos em regimes de pastagens nesta época é a energia (Ruas et al., 2000). Apesar desta importância da energia, maior ênfase na suplementação normalmente é dada à correção das deficiências protéicas das pastagens.

Por outro lado, Poppi & McLennan (1995), destacam que existem poucas informações sobre o quanto a proteína é limitante para animais pastejando forragens de climas tropicais no período das águas.

Evidencia-se, então, a importância de se definir não só a quantidade da proteína suplementar a ser fornecida aos animais em terminação na época das águas, mas também o perfil desta proteína. A degradabilidade potencial da proteína nos suplementos e a

composição desta PDR (a proporção entre proteína verdadeira e NNP) podem influenciar a resposta animal à suplementação, interagindo ainda com a quantidade e perfil da proteína disponível no pasto.

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características nutricionais de tourinhos na fase de terminação, durante o período das águas, suplementados com concentrados com diferentes perfis protéicos.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Bovinocultura de Corte da Universidade Federal de Viçosa, no período de janeiro a abril de 2008, logo após o fim da recria e do período de transição seca-águas, apresentado no Capítulo 3, em um total de 112 dias.

Foram utilizados 20 tourinhos nelorados, machos, com idade média inicial de 455 ± 31 dias, sendo cinco tourinhos oriundos de cada lote da fase de recria no período de transição seca-águas, descrita no Capítulo 3.

Sempre que necessário durante todo o período experimental, realizaram-se combates contra ecto e endoparasitas.

Cada animal continuou em seu lote de origem, e recebeu a mesma estratégia de suplementação nutricional (T1, T2, T3 ou Controle) que recebia nas fases de vida anteriores (Capítulos 1, 2 e 3).

A diferença entre os tratamentos nesta fase de vida estava em que os suplementos concentrados foram re-formulados de forma a atender às exigências nutricionais dos animais (de acordo com o NRC, 2000) e às características específicas da época do ano. Nesta fase da vida dos animais (terminação durante o período das águas do ano) fixou-se o nível de proteína bruta (PB) nos suplementos concentrados – rações isoprotéicas, variando-se a participação do nitrogênio não protéico (NNP) nesta PB através da variação dos teores de uréia (Tabela 1). Os animais que recebiam os tratamentos concentrados receberam então 2,0

kg/animal/dia dos suplementos concentrados com diferentes perfis protéicos (T1, T2 e T3, respectivamente, conforme Tabela 1), e o lote controle continuou recebendo mistura mineral *ad libitum*.

Após uma pesagem inicial, os animais foram alojados em piquetes formados com *Brachiaria decumbens* Stapf. A cada sete dias, os lotes foram rotacionados entre os piquetes, visando à eliminação de possíveis diferenças entre os piquetes.

Tabela 1 - Composição dos suplementos concentrados e do pasto consumidos pelos animais

| Item ¹ | Suplementos | | | Pasto ⁵ |
|---------------------------|---------------------------------------|------|------|--------------------|
| | T1 | T2 | T3 | |
| | <i>Combinação de Alimentos (% MN)</i> | | | |
| Milho | 86,4 | 69,4 | 51,5 | |
| Farelo Soja | 3,80 | 23,8 | 44,7 | |
| Uréia | 6,00 | 3,00 | 0,00 | |
| Suplemento Mineral | 3,80 | 3,80 | 3,80 | |
| | <i>Composição Química²</i> | | | |
| MS | 92,8 | 93,6 | 93,4 | 24,6 |
| MO | 95,6 | 92,6 | 92,5 | 91,5 |
| PB | 27,4 | 26,7 | 26,8 | 11,9 |
| NNP | 67,5 | 49,9 | 12,2 | 24,7 |
| FDNcp | 24,6 | 24,3 | 19,6 | 56,3 |
| FDNi | 1,14 | 1,40 | 1,09 | 16,8 |
| EE | 3,74 | 3,72 | 3,29 | 1,94 |

¹ FDNcp = Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, FDNi = Fibra em detergente neutro indigestível.

² Expresso como % MS, exceto MS (expressa como % MN) e NNP (expressa como % PB).

³ Obtido através de simulação manual de pastejo.

No início e no final desta fase de vida, e a cada 28 dias os bezerros foram pesados sem jejum (**PC**) para acompanhamento de seu crescimento.

O ganho médio diário (**GMD**) da fase foi calculado como a diferença entre os pesos iniciais e finais, divididos pelos dias de duração deste experimento. O GMD durante a

avaliação nutricional foi calculado pela diferença entre os pesos tomados aos 28 e aos 56 dias desta fase de vida, dividida pelo período de 28 dias.

Após 45 dias de experimento, conduziu-se o ensaio para avaliação nutricional dos animais. Esta avaliação incluiu a estimacão de consumo e digestão e estimacão de características do metabolismo protéico dos animais experimentais. A estimacão do consumo pelos animais foi realizada por intermédio da técnica dos indicadores. Empregou-se o LIPE[®] como indicador para estimacão da excreção fecal (Rodríguez et al., 2006), o dióxido de titânio como indicador do consumo de suplemento (Kincheloe, 2004) e a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador interno para estimacão direta do consumo de pasto e indireta da digestibilidade da dieta.

No período do ensaio, durante os nove primeiros dias, o dióxido de titânio foi adicionado ao suplemento concentrado de cada tratamento, na proporção de 1%, conforme sugestão de Kincheloe (2004). Nos dias sete, oito e nove procedeu-se à aplicacão nos bezerros, via sonda esofágica, de cápsulas de 500 mg de LIPE[®]. Entre o 8º e 10º dias procedeu-se à coleta de amostras de fezes, por defecacão espontânea ou diretamente no reto dos animais, uma vez por dia, às 16:00, 12:00 e 08:00 h, respectivamente. As amostras fecais foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e congeladas a -20 °C.

No 11º dia do ensaio foi realizada a coleta, nos animais, de amostras “spot” de urina (10 mL), em micção espontânea e de sangue, realizadas aproximadamente quatro horas após o fornecimento do suplemento. Após a coleta, as amostras de urina foram diluídas em 40 mL de H₂SO₄ (0,036 N) e congeladas a -20°C para posterior determinacão dos teores de creatinina e uréia segundo Valadares et al. (1999). As amostras de sangue foram coletadas imediatamente após a coleta de urina utilizando-se tubos de vacuntainer, sendo as amostras imediatamente centrifugadas e o soro congelado para posterior avaliacaão de uréia sérica (Nursg).

A cada mês do experimento procedeu-se à avaliação quantitativa e qualitativa do pasto. Foi realizada coleta de amostra da forragem através do corte rente ao solo de cinco áreas delimitadas por um quadrado metálico de 0,5 x 0,5 m, escolhidas aleatoriamente em cada piquete experimental (McMeniman, 1997), em um total de vinte amostras.

Após a coleta, as amostras foram pesadas e homogeneizadas, e, a partir desta amostra homogênea, retiradas duas amostras compostas. Uma para avaliação da disponibilidade total de MS e outra para análise das disponibilidades de MS de folha verde, folha seca, colmo verde e colmo seco em cada piquete experimental. No dia imediatamente após o ensaio de avaliação nutricional, realizou-se amostragem qualitativa do pasto consumido pelos animais via simulação manual de pastejo.

As amostras de fezes, após seca em estufa com ventilação forçada (60°C / 72 h) e processadas em moinho com peneira de 1 mm, foram compostas, com base no peso seco ao ar, por animal. As amostras de pasto foram secas e moídas do mesmo modo. As análises de matéria seca (**MS**), matéria orgânica (**MO**), proteína bruta (**PB**) e extrato etéreo (**EE**) dos suplementos concentrados, do pasto e das fezes foram realizadas de acordo com as técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002). O conteúdo de NNP foi determinado utilizando-se o método do ácido tricloroacético (Licitra et al., 1996). A quantificação dos teores de fibra em detergente neutro (**FDN**) seguiram os métodos de Van Soest & Robertson (1985).

As amostras de suplemento e forragem foram quantificadas, em conjunto às amostras fecais, quanto aos teores de FDNi, segundo método descrito por Cochran et al. (1986), adotando-se, no entanto, incubação ruminal *in situ* por 240 h (Casali et al., 2008).

A excreção fecal foi estimada segundo a metodologia proposta por Rodríguez et al. (2006).

O consumo de matéria seca de suplemento (kg/dia) foi estimado segundo a Equação [1].

$$CSUP = \frac{EF \times CFti}{CSti} \quad \text{Eq. [1]}$$

em que: CSUP = consumo de matéria seca de suplemento (kg/dia); EF = excreção fecal (kg/dia); CFti = concentração fecal de titânio (kg/kg); CSti = concentração de titânio no suplemento (1%).

As estimativas do consumo voluntário foram obtidas segundo a Equação [2].

$$CMS = \frac{[(EF \times Fz) - (CSUP \times Sp)]}{Ps} + CSUP \quad \text{Eq. [2]}$$

em que: CMS = consumo de matéria seca (kg/dia); EF = excreção fecal (kg/dia); Fz = concentração de FDNi nas fezes (kg/kg); CSUP = consumo de matéria seca de suplementos (kg/dia); Sp = concentração de FDNi no suplemento (kg/kg); e Ps = concentração de FDNi na forragem (kg/kg).

Os consumos de nutrientes foram obtidos a partir das estimativas de consumo e da composição das amostras de pasto, de suplementos e das fezes, segundo os métodos descritos anteriormente.

O coeficiente de substituição (CS) do pasto pelo concentrado foi calculado como a diferença entre o consumo de pasto do grupo controle e de cada grupo suplementado, dividido pelo consumo de concentrado (g pasto / g de concentrado ingerido).

A relação volumoso: concentrado foi calculada como a proporção que o consumo de MS de pasto e o consumo de MS de suplemento concentrado representavam, respectivamente, da soma do consumo de MS de pasto e concentrado de cada animal.

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CD) de cada nutriente foram calculados segundo a Equação [3].

$$CDnut = \frac{[(CFOR \times CFnut) + (CSUP \times CSnut) - (EF \times CFnut)]}{[(CFOR \times CFnut) + (CSUP \times CSnut)]} \quad \text{Eq. [3]}$$

em que: CDNut = Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente (%); CFOR = Consumo de forragem (kg/dia); CFnut = Concentração do nutriente na forragem (%); CSUP = Consumo de suplemento (kg/dia); CSnut = Concentração do nutriente no suplemento (%); EF = excreção fecal (kg/dia); CFnut = Concentração do nutriente nas fezes (%).

O cálculo de NDT da dieta foi realizado considerando-se o teor de nutrientes digestíveis, segundo a Equação [4]:

$$\text{NDT} = \text{PBd} + 2,25 \times \text{EEd} + \text{FDNd} + \text{CNFd} \quad \text{Eq. [4]}$$

onde: NDT = nutrientes digestíveis totais (% MS); PBd = Proteína bruta digestível (% MS); EEd = Extrato etéreo digestível (%MS); FDNd = Fibra em detergente neutro digestível (%MS); CNFd = Carboidratos não fibrosos digestíveis (%MS).

Foram utilizados kits comerciais para a estimação dos teores de creatinina e uréia nas amostras de urina. O total de proteína excretada na urina foi determinada pelo método Kjeldahl, segundo Silva & Queiroz (2002). A síntese de proteína microbiana (**PBmic**) foi estimada através das amostras de urina. Estas foram analisadas para os derivados de purinas (alantoína e ácido úrico), por intermédio do método colorimétrico, segundo técnica de Fujihara et al. (1987) descrita por Chen & Gomes (1992).

O volume urinário foi obtido pela relação entre a excreção diária de creatinina, adotando-se a equação descrita por Chizotti et al. (2004) e a concentração de creatinina nas amostras coletadas.

As purinas microbianas absorvidas (Y mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purinas na urina (X mmol/dia) através da equação:

$$Y = \frac{X - 0,385 \times PC^{0,75}}{0,85} \quad \text{Eq. [5]}$$

em que: 0,85 = recuperação de purinas absorvidas como derivados urinários de purinas; 0,385 = contribuição endógena para a excreção de purinas (Verbic et al., 1990).

A síntese ruminal de compostos nitrogenados (**Nmic**) (Y, g N/dia) foi calculada em função das purinas absorvidas (X, mmol/dia), pela equação de Chen & Gomes (1992), Eq. [6].

$$Y=70 X / (0,83 \times 0,116 \times 1000) \quad \text{Eq. [6]}$$

em que: 70 é o conteúdo de N de purinas (mg N/mol); 0,116 a relação N purina : N total nas bactérias; e 0,83 a digestibilidade das purinas microbianas.

Estimou-se então a eficiência de síntese de PBmic segundo a Eq. [7].

$$\text{PBmic} = (\text{Nmic} \times 6,25) / \text{IDNDT} \quad \text{Eq. [7]}$$

onde: PBmic = Eficiência de produção de PB microbiana (g / kg NDT); Nmic = produção diária de nitrogênio microbiano (g / d); IDNDT = Ingestão diária de NDT (Kg / d).

O efeito de suplementação, e os efeitos lineares e quadráticos do nível de NNP na proteína do suplemento sobre o consumo, a digestibilidade e características do metabolismo protéico dos animais foram avaliados por intermédio da decomposição da soma de quadrados de tratamentos por intermédio de contrastes ortogonais (Steel et al., 1997). Utilizou-se o PROC GLM do SAS (SAS Institute, 2004). Para todos os procedimentos estatísticos adotou-se $\alpha = 0,10$.

Resultados e Discussão

Os dados de peso e ganho de peso dos animais (Tabela 2) foram apresentados como indicativos do tipo de animal e do estado fisiológico dos mesmos durante a fase de vida e durante o período de avaliação nutricional.

Tabela 2 - Pesos corporais iniciais e finais e ganho médio diário dos animais experimentais nesta fase da vida, e peso corporal e ganho médio diário durante o período de ensaio de avaliação nutricional

| Item ¹ | Suplementos | | | |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Controle | T1 | T2 | T3 |
| PC inicial | 242 ± 35,4 | 312 ± 53,0 | 320 ± 42,7 | 324 ± 34,8 |
| PC final | 353 ± 43,3 | 440 ± 55,7 | 446 ± 76,1 | 460 ± 22,3 |
| GMD fase | 0,692 ± 0,127 | 0,712 ± 0,105 | 0,824 ± 0,183 | 0,782 ± 0,054 |
| PC avaliação | 300 ± 39,7 | 379 ± 54,4 | 381 ± 62,8 | 402 ± 22,1 |
| GMD avaliação | 0,829 ± 0,132 | 0,536 ± 0,131 | 0,732 ± 0,121 | 1,014 ± 0,070 |

¹PC = Peso corporal, kg; GMD = ganho médio diário, kg/d.

A diferença de peso médio entre os animais dos grupos controle e suplementados era de cerca de 77 kg no início deste período e de 67 kg no momento de realização da avaliação nutricional. Isto mostra que, no início desta última fase do experimento, o grupo que recebia apenas sal mineral como suplemento estava ganhando mais peso que a média dos animais que recebiam suplemento concentrado.

Este resultado remete à hipótese de que estes animais tivessem realizado um ganho compensatório, tentando recuperar o tamanho que deixaram de obter devido à restrição nutricional durante o período seco e o início da transição seca-águas. A ocorrência de ganho compensatório pode alterar não só a forma como os animais ingerem e aproveitam os nutrientes, mas também as exigências nutricionais destes animais.

Por outro lado, apesar da diferença de peso entre estes grupos de animais durante o período de avaliação nutricional ser menor que o da avaliação anterior (período de transição seca-águas – Capítulo 3) esta é grande o suficiente para que cause diferenças nos parâmetros nutricionais avaliados.

Por fim, na parte final da fase de terminação no período das águas aqui avaliada, o GMD dos animais que recebiam suplemento concentrado voltou a ser maior que o dos animais controle pois a diferença de peso entre eles voltou a aumentar.

Os aspectos mais marcantes das variações do pasto neste período do ano foram a redução da disponibilidade de pasto no mês de fevereiro, e a redução contínua da proporção de materiais verdes (folhas e caules), com conseqüente aumento da presença de materiais secos nas plantas (Figura 1).

O mês de fevereiro foi o único deste período em que a disponibilidade de matéria seca do pasto foi menor que 5,0 t/ha, chegando a valores próximos a 3,5 t/ha.

Este comportamento pode ser atribuído à ocorrência do fenômeno chamado de “veranico”, comum nesta região durante parte dos meses de janeiro e fevereiro. Este fenômeno associa as altas temperaturas típicas da época, com a interrupção do regime de chuvas, também típicas do verão. A falta de umidade leva então à redução da taxa de crescimento do pasto.

Apesar da disponibilidade de MS de materiais verdes estar acima do preconizado por Euclides et al. (1992), segundo Detmann et al. (2001) a limitação na abundância de forragem pode ter limitado o desempenho dos animais.

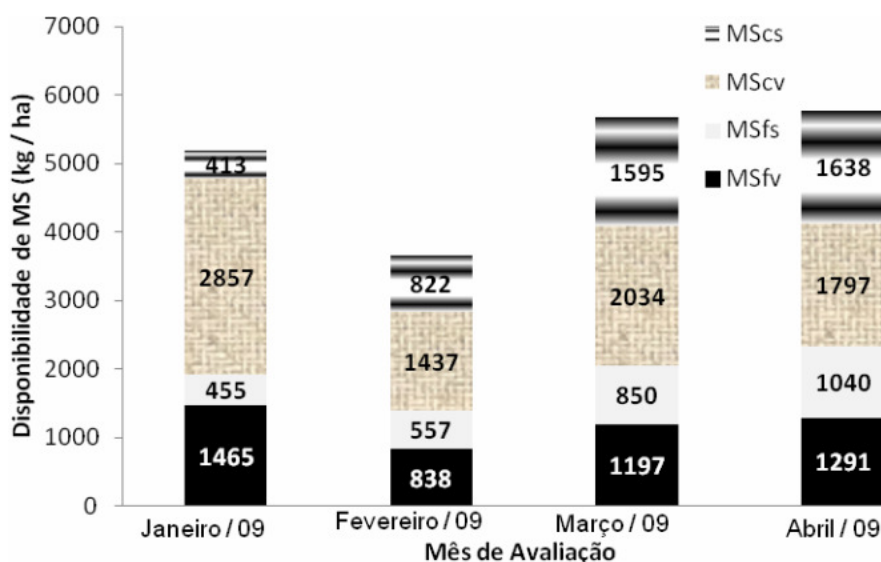


Figura 1 - Disponibilidade de matéria seca total do pasto, e de seus componentes (folhas verdes (MSfv), folhas seca (MSfs), caules verdes (MScv) e caules secos (MScs)), nos meses de realização do experimento.

No mês de janeiro, os materiais verdes (caules e folhas) das plantas do pasto representavam cerca de 83% das mesmas. Com a redução da disponibilidade forrageira no mês de fevereiro, esta proporção reduziu-se para cerca de 62%, tendência que continuou nos meses seguintes, reduzindo-se para 56% e 53%, respectivamente em março e abril.

Este processo representou o fim da fase de crescimento vegetativo e o início da fase de amadurecimento das plantas, e levaria, nos próximos meses à substituição progressiva do material verde das plantas por material seco, dentro do ciclo anual. Esta evolução pôde ser observada nas avaliações realizadas no período de transição águas-seca e seco do ano anterior (Capítulos 1 e 2).

Deve-se destacar ainda que a fase de crescimento acelerado do grupo de animais controle ocorreu justamente no início do período das águas, coincidindo com a fase em que o pasto estava no auge do crescimento vegetativo, e apresentava uma melhor combinação de quantidade e qualidade (com mais material verde), o que maximizava a disponibilidade de nutrientes por hectare.

A grande diferença dos suplementos utilizados nesta fase da vida dos animais em relação aos anteriores (Tabela 1) foi a redução do nível de proteína, menos necessária devido à fase de terminação na qual os animais se encontravam e à época do ano.

Os suplementos foram então formulados com 6 % (T1) ou 3% de uréia (T2), e balanceados para possuírem em torno de 27% de PB. Entre os nutrientes, o grande diferencial entre os suplementos concentrados foi o NNP, que variou de 12 a 68 % da PB.

Com relação ao período anterior (Capítulo 3), o pasto apresentou ligeiras diferenças que envolveram: aumento da matéria seca e redução dos teores de PB e de NNP. Estas variações são típicas do fim do período de crescimento vegetativo e início do processo de amadurecimento da planta.

O maior consumo diário de MS (Tabela 3) pelos animais que recebiam suplementação concentrada ($P < 0,05$) não foi devido a um aumento na ingestão de pasto por estes animais ($P > 0,10$) como no período de transição seca-águas (Capítulo 3).

Uma vez que o consumo de pasto foi semelhante, na verdade a diferença na IDMS observada entre animais controle e suplementados refere-se ao suplemento ingerido pelos últimos. Devido às diferenças de peso entre os animais, entretanto, quando se avalia o consumo expresso como g/kg PC, as diferenças entre animais suplementados e controle desaparecem ($P > 0,10$). Ao mesmo tempo, o consumo de pasto dos animais controle foi, proporcionalmente maior ($P < 0,01$) que o dos animais suplementados, evidenciando efeito substitutivo no fornecimento de suplemento concentrado.

Porto et al. (2008) também observaram este comportamento envolvendo um consumo total de MS semelhante e redução de consumo de pasto ao se suplementar animais de terminação na época das chuvas. Por outro lado, Sales et al. (2008) não observaram variação na IDMS de animais suplementados ou não, em condições semelhantes. O consumo observado por estes autores (em torno de 20 g/kg PC), no entanto, foi menor que os aqui obtidos, o que pode indicar que outros mecanismos de controle de consumo estavam agindo sobre a resposta animal naqueles estudos.

Zinn e Garces (2006) explicam que, a partir de um fornecimento de concentrado em níveis correspondentes a 0,3 %PC pode-se esperar ocorrer redução no consumo de forragem, como observado aqui.

Como discutido no Capítulo 3, estas diferentes respostas observadas quando se avalia o consumo expresso como kg/d ou como g/kg PC devem-se às diferenças de peso que os grupos de animais, suplementados ou não, apresentavam a partir de determinado momento de seu crescimento.

Neste caso, os resultados do CS calculado com base no consumo diário também ficam viesado, devendo-se dar preferência aos cálculos realizados a partir do consumo expresso como g/kg PC. O CS calculado seria, então, de 1,14; 1,73 e 1,54 g pasto/g de concentrado para os tratamentos T1, T2 e T3, respectivamente.

Parte destes resultados devem-se ao consumo relativo de MS dos animais controle, que era constituído apenas de pasto, ter sido numericamente superior ao dos animais suplementados. Um aumento da IDMS total de animais alimentados com dietas de baixa concentração energética foi observada por Detmann et al. (2001). Naquele estudo, como no atual, os autores também não observaram diferença significativa.

Outros aspectos que poderiam levar a este consumo elevado nos animais controle envolvem o provável ganho compensatório realizado por estes animais e o menor tamanho corporal dos mesmos.

Lawrence & Fowler (2002) descreveram o processo que leva ao ganho compensatório. Segundo os autores, no início do processo de ganho compensatório, há um maior desenvolvimento das vísceras para que o animal recupere capacidade de ingestão de alimentos, que é reduzida durante o processo de restrição alimentar anterior ao ganho. Este processo, não raro, mais que compensa a redução do tamanho relativo das vísceras dos animais, tornando a capacidade do animal de ingerir MS maior que a normal. Isto seria especialmente benéfico se os animais estão sendo alimentados com dietas ricas em fibra, onde o enchimento físico geralmente limita a IDMS.

Por outro lado, segundo Romney & Gill (2000) o consumo relativo de MS de pasto tende a se reduzir à medida que o animal cresce. Assim, o fato de os animais do grupo controle serem menores que os suplementados durante o ensaio de avaliação nutricional também contribuiria para permitir-lhes ingerir maior quantidade de MS fibrosa por unidade de peso corporal.

Tabela 3 - Aspectos ingestivos dos grupos experimentais

| Itens ¹ | Suplementos | | | | | Valor-P | | |
|--------------------------|-------------|-------|-------|-------|------|---|----------------------------------|----------------------------------|
| | Controle | T3 | T2 | T1 | CV | Efeito da suplementação Concentrada | Efeito linear nível NNP | Efeito quadr. nível NNP |
| | | | | | | (%) | | |
| Kg/d | | | | | | | | |
| IDMS | 7,097 | 8,523 | 7,679 | 8,704 | 10,1 | 0,0108 | 0,7275 | 0,0510 |
| IDMSpast | 7,097 | 6,703 | 5,859 | 6,884 | 10,5 | 0,1052 | 0,6845 | 0,0257 |
| IDMSconc | -- | 1,820 | 1,820 | 1,820 | 22,7 | -- | 0,9999 | 0,9999 |
| IDMO | 6,467 | 7,791 | 7,025 | 8,012 | 10,1 | 0,0086 | 0,6434 | 0,0459 |
| IDFDN | 4,109 | 4,234 | 3,835 | 4,434 | 10,0 | 0,7903 | 0,4585 | 0,0433 |
| IDPB | 0,845 | 1,285 | 1,183 | 1,316 | 11,4 | <0,0001 | 0,7189 | 0,1239 |
| IDPBpast | 0,845 | 0,797 | 0,697 | 0,819 | 10,5 | 0,1039 | 0,6819 | 0,0258 |
| IDPBconc | -- | 0,488 | 0,486 | 0,497 | 22,6 | -- | 0,9001 | 0,9192 |
| IDNNP | 0,209 | 0,257 | 0,415 | 0,538 | 14,9 | <0,0001 | <0,0001 | 0,5525 |
| IDNDT | 4,320 | 5,806 | 4,961 | 5,985 | 11,6 | 0,0012 | 0,6686 | 0,0151 |
| Rel. Vol:Conc (%) | -- | 79:21 | 77:23 | 80:20 | 26,8 | -- | 0,6617 | 0,2901 |
| CS (g/g) | -- | 0,216 | 0,680 | 0,117 | -- | -- | -- | -- |
| g/kg PC | | | | | | | | |
| IDMS | 24,0 | 21,3 | 20,7 | 23,4 | 17,6 | 0,2902 | 0,4007 | 0,4482 |
| IDMSpast | 24,0 | 16,7 | 15,7 | 18,6 | 17,8 | 0,0009 | 0,3857 | 0,3125 |
| IDFDN | 13,9 | 10,6 | 10,3 | 11,9 | 17,6 | 0,0132 | 0,3000 | 0,4142 |

¹ Ingestão diária de : IDMS = matéria seca total, IDMSpast = matéria seca do pasto, IDMSconc = matéria seca do concentrado, IDFDN = fibra em detergente neutro, IDPB = proteína bruta total, IDPBpast = proteína bruta da pastagem, IDPBleite = proteína bruta do leite, IDPBconc = proteína bruta do concentrado, IDNNP = nitrogênio não protéico, e IDNDT = de NDT; Rel. Vol:Conc = relação volumoso:concentrado; e CS = coeficiente de substituição.

Apesar do consumo diário de FDN não diferir entre os animais dos grupos controle e suplementados ($P > 0,10$), quando se avaliou o consumo relativo de FDN (expresso como g/kg PC), pôde-se evidenciar a maior ($P < 0,05$) ingestão de fibra pelos animais do grupo controle. Esta maior IDFDN relativa reforça a hipótese de que os animais controle tenham passado por um processo de aumento das vísceras que terminou por ampliar o limite físico de ingestão de MS, contribuindo ainda para uma IDMS numericamente maior deste grupo de animais.

Porto et al. (2008) não observaram esta diferença no consumo de fibra entre animais suplementados ou não. Estes autores, no entanto, observaram consumos de fibra menores que os aqui observados (em torno de 1,05% PC).

Os animais que recebiam o suplemento concentrado T2 ingeriram menos MS que os demais, levando a um efeito quadrático ($P < 0,10$) do nível de NNP nos suplementos sobre a IDMS dos animais nesta fase da vida. Esta menor IDMS está ligada ao menor consumo de pasto destes animais, que também apresentou um comportamento quadrático entre os grupos de animais suplementados ($P < 0,05$).

O consumo de MS do concentrado foi igual para todos os grupos de animais suplementados, e correspondeu ao consumo de todo o concentrado oferecido para cada lote diariamente.

A falta de significância das diferenças observadas na avaliação do consumo de MS total e de pasto dos animais suplementados, expressos como g/kg PC ($P > 0,10$) mostrou que parte destas diferenças observadas no consumo absoluto estavam ligadas à variação de peso entre os grupos de animais suplementados.

Os níveis de consumo de MS aqui observados para o grupo controle foram semelhantes aos observados por Detmann et al. (2001), de 23,2 g/kg PC. O consumo dos animais suplementados com concentrado relatado por estes autores (entre 16 e 20,8 g/kg PC), por outro lado, foram menores que os aqui observados. O consumo de FDN naquele estudo, por sua vez, foi maior para todos os animais, sendo de 16,7 g/kg PC para os animais controle e de 12,5 g/kg PC para os animais suplementados.

As pequenas variações no consumo de pasto e o consumo de todo o concentrado fornecido por todos os grupos de animais suplementados tornaram a relação volumoso: concentrado estável neste fase de vida ($P > 0,10$). A participação média do concentrado na

dieta total dos animais foi de cerca de 21%, variando de 20 a 23% da IDMS total. Isto representava um consumo de cerca de 0,470% do PC dos animais.

O efeito quadrático observado quando avaliado o efeito do teor de NNP sobre a IDFDN ($P < 0,05$) também se mostrou ligado às variações no PC dos animais de cada grupo suplementado. Quando avaliada como g/kg PC, a IDFDN não mostrou efeito significativo do nível de NNP nas dietas ($P > 0,10$). O consumo médio de FDN observado, em torno de 1,17% PC é semelhante àquele preconizado por Mertens (1992).

A IDPB foi maior ($P < 0,01$) para os animais que recebiam suplementação concentrada. Este resultado não foi influenciado pelo consumo de PB oriunda da pastagem ($P > 0,10$), sendo portanto devido ao aporte de PB derivada do consumo de suplemento. O fato de a IDPB não diferir entre os grupos de animais que recebiam suplemento ($P > 0,10$) é mais uma reflexo disto.

Apesar do efeito quadrático do nível de NNP no suplemento sobre a IDPB oriunda do pasto ($P < 0,05$) (o qual pode ser associado às diferentes IDMS de pasto dos grupos) o fato do consumo de concentrado ser semelhante entre os diferentes grupos, e de todos os suplementos possuírem o mesmo teor de PB levou à que a IDPB total dos animais não apresentasse diferenças significativas.

Contribuiu para esta semelhança também o fato que a PB oriunda do suplemento concentrado representou cerca de 40% do total de PB ingerida diariamente pelos animais.

A IDNNP foi maior nos grupos de animais que recebiam suplemento ($P > 0,01$) e apresentou efeito linear, respondendo positivamente ao nível de NNP do suplemento fornecido. Estes resultados estão ligados à semelhante IDPB oriunda da pastagem entre animais suplementados ou não. Uma vez que, considerando apenas esta proteína, os animais suplementados ingeriam quantidade semelhante à dos animais controle, toda a PB e,

conseqüentemente, o NNP oriundos do suplemento representavam aporte extra a estes animais.

Como foi visto que a PB do suplemento constituía grande parte da IDPB, os níveis de NNP nesta proteína foram capazes de garantir uma diferenciação significativa na IDNNP dos animais. Como o nível de NNP na pastagem encontrava-se menor, não se observou nestes resultados algum efeito inibidor do nível de PDR sobre a ingestão diária de alimentos, como observado no período de transição seca-águas (Capítulo 3).

O consumo de PB dos animais do grupo controle foi cerca de 8,5% menor que as predições do NRC (2000) para animais com este peso corporal e ganho de peso médios. O consumo de PB dos animais que recebiam suplemento concentrado, por sua vez, foi, em média, 35% maiores que as predições daquele conselho.

Entre estes grupos suplementados, os animais que recebiam o suplemento T1 apresentaram consumo cerca de 58% maior que as predições. Quando desconsiderado este grupo, a média do consumo de PB excedente dos animais dos grupos T2 e T3 foi de 23%. A maior exigência nutricional de proteína em condições brasileiras foi observada em diversos trabalhos (Silva et al., 2002; Freitas et al., 2006).

O resultado dos animais T1 parecem estar mais ligado ao menor GMD destes animais que propriamente a uma diferença de consumo em relação aos outros grupos de animais suplementados. Este menor desempenho pode estar ligado à composição do ganho de peso destes animais, o que poderia alterar a eficiência deste ganho.

Fatores semelhantes podem explicar a maior eficiência de uso da proteína dietética pelos animais do grupo referência. Uma das características dos animais que realizam ganho compensatório é exatamente a maior eficiência de uso dos nutrientes da dieta para manutenção e ganho de peso (Lawrence & Fowler, 2002).

O principal fator a influenciar o efeito de suplementação ($P < 0,01$) e o efeito quadrático do nível de NNP no suplemento ($P < 0,05$) sobre a IDNDT parece ter sido as diferenças observadas na IDMS entre os grupos uma vez que as diferenças proporcionais na IDNDT entre grupos são bastante semelhantes. Apesar disto, como estas variações não são perfeitamente iguais, pode-se supor a existência de variações relacionadas ao conteúdo de NDT da dieta de cada grupo de animais.

Exceto para o grupo de animais alimentado com o suplemento T1, todos os demais grupos apresentaram IDNDT em torno de 90% das exigências preditas pelo NRC (2000). Os trabalhos realizados no Brasil têm demonstrado que os animais criados em condições brasileiras geralmente necessitam menos energia que as predições do NRC (2000) (Silva et al., 2002; Freitas et al., 2006). Isto é geralmente associado à menor densidade energética das dietas utilizadas no Brasil e à própria constituição genética dos animais, o que torna o ganho de peso mais ligado ao acréscimo de tecidos musculares do que adiposos, exigindo menos energia.

O comportamento observado para os animais do grupo suplementado com o concentrado T1 (consumo de 36% a mais de NDT do que o predito para animais com este peso e ganho médios) pode mais uma vez ser associado ao baixo ganho de peso apresentado por estes animais no período da avaliação nutricional.

O fornecimento de suplemento concentrado melhorou o coeficiente de digestibilidade ($P < 0,01$) de todos os nutrientes aqui avaliados (Tabela 4), ao contrário do observado por Sales et al. (2008).

O aumento de cerca de 5,5 pontos percentuais no CDMS da dieta quando se forneceu suplemento concentrado aos animais não pode ser atribuído somente ao efeito substitutivo do concentrado. Considerando-se que os concentrados representavam cerca de 20% da dieta e que a digestibilidade da MS do pasto era de cerca de 59% (observada a partir do grupo de

animais controle), o coeficiente de digestibilidade do concentrado teria de ser de mais de 86% para que a melhoria observada na digestibilidade da dieta dos animais suplementados fosse associada apenas ao efeito substitutivo do concentrado.

Também nesta época do ano (como ocorrido na transição seca-águas – Capítulo 3) pôde-se observar o efeito associativo do fornecimento de concentrado a animais em pastejo: a melhoria das condições ruminais graças à presença dos nutrientes oriundos do concentrado acaba por melhorar a digestibilidade do próprio pasto.

Detmann et al. (2001) não observaram diferença entre os coeficientes de digestibilidade da MS, da FDN e da PB em animais em condições semelhantes às aqui observadas. Naquele estudo, no entanto, o coeficiente de digestibilidade dos nutrientes relatado para o grupo controle foi maior que o aqui observado, e semelhante aos coeficientes aqui observados para os animais suplementados.

Porto et al. (2008) também não observaram diferença no coeficiente de digestibilidade da MS entre animais suplementados ou não. A digestibilidade observada por estes autores para os animais controle também foi semelhante à dos animais suplementados aqui avaliados.

Estes resultados levantam a hipótese de uma relação inversa entre a capacidade de expressão do efeito associativo e a qualidade do pasto.

Tabela 4 - Coeficientes de digestibilidade aparente total (%) e teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas

| Itens ¹ (%) | Suplementos | | | | CV (%) | Valor- P | | |
|------------------------|-------------|------|------|------|--------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Controle | T3 | T2 | T1 | | Efeito da suplementação Concentrada | Efeito linear nível NNP | Efeito quadr. nível NNP |
| CDMS | 59,0 | 66,7 | 60,2 | 66,5 | 2,93 | <0,0001 | 0,8546 | <0,0001 |
| CDMO | 60,0 | 67,2 | 62,3 | 67,6 | 2,53 | <0,0001 | 0,7199 | <0,0001 |
| CDPB | 71,5 | 75,9 | 73,3 | 77,2 | 3,29 | 0,0067 | 0,4124 | 0,0266 |
| CDFDN | 62,6 | 68,6 | 62,0 | 68,4 | 2,89 | 0,0017 | 0,8823 | <0,0001 |
| CDEE | 56,3 | 71,5 | 64,7 | 73,1 | 6,01 | <0,0001 | 0,5395 | 0,0036 |
| CDCNF | 70,0 | 77,7 | 73,9 | 76,2 | 3,89 | 0,0014 | 0,4455 | 0,0741 |
| NDT | 60,8 | 68,1 | 64,4 | 69,9 | 2,29 | <0,0001 | 0,0871 | <0,0001 |

¹ Coeficientes de Digestibilidade: CDMS = da matéria seca, CDMO = da matéria orgânica, CDPB = da proteína bruta, CDFDN = da fibra em detergente neutro, CDEE = do extrato etéreo, CDCNF = dos carboidratos não fibrosos.

A diferença entre os CDMO dos animais controle e suplementados com concentrados parece estar ligada aos efeitos substitutivo e associativo do fornecimento de concentrados, que melhorou a digestibilidade da MS como um todo, e não a algum efeito específico do concentrado sobre a MO. A relação semelhante entre os CDMS e os CDMO em todos os grupos elenca esta hipótese.

Por outro lado, as diferenças entre os CDPB dos grupos controle e suplementado não mostraram seguir o mesmo padrão da variação do CDMS. Neste caso, a melhoria de cerca de 2,5 pontos percentuais no CDPB da dieta total a partir do fornecimento do concentrado pode ser mais devido ao efeito de se substituir parte significativa da proteína oriunda do pasto pela proteína do concentrado.

Utilizando-se o mesmo raciocínio anteriormente utilizado para se discutir o CDMS, e considerando-se o aporte de 40% da PB da dieta a partir do concentrado e o CDPB do pasto de 71,5%, o CDPB dos concentrados deveria ser, em média de cerca de 78%. Como este resultado é plausível, considerando-se os ingredientes utilizados na formulação do

concentrado, pode-se atribuir ao efeito substitutivo e não ao associativo a melhoria do CDPB nos animais suplementados.

A maior digestibilidade da proteína da dieta de animais suplementados observada por Porto et al. (2008) não foi explicada pelos autores, que, no entanto, não avaliaram a partição da PB ingerida pelos animais.

Também a melhoria de apenas 3,7 pontos percentuais observada no CDFDN não parece levantar evidências sobre a ocorrência de efeito associativo do fornecimento de concentrado sobre a digestibilidade deste nutriente. Neste caso o simples fato de se substituir 20% do FDN do pasto ingerido por FDN do concentrado (uma vez que a ingestão do FDN foi semelhante para todos os animais) levaria a uma melhora, uma vez que a FDN do concentrado tende a ser mais digestível, seja pela sua composição, seja pela sua menor granulometria.

O menor coeficiente de digestibilidade para todos os nutrientes avaliados, entre os animais suplementados, observado nos animais do grupo que recebia o suplemento T2, levou à detecção de um efeito quadrático significativo do nível de NNP. Não parece haver uma razão nutricional para esta redução de digestibilidade.

Cabe ressaltar, no entanto, que esta menor digestibilidade da MS, e principalmente da fibra, nos animais suplementados com o concentrado T2 pode explicar a menor IDMS observada nestes animais.

O teor de NDT da dieta destes animais seguiu o comportamento dos resultados discutidos para o coeficiente de digestibilidade de cada nutriente. Assim, a dieta dos animais controle apresentou menor concentração energética que a dos animais suplementados ($P < 0,01$) e a dieta dos animais do grupo que recebia o concentrado T2 apresentou menor concentração energética que a dos demais grupos suplementados, evidenciando um efeito quadrático do nível de NNP ($P < 0,01$).

A produção diária de Nmic (Tabela 5) não diferiu entre os animais controle e suplementados ($P>0,10$). Uma vez que a ingestão diária de NDT e de PB foram maiores para os animais suplementados, a produção microbiana não foi limitada por nenhum destes nutrientes. Outra explicação para esta semelhança de produção microbiana é a maior eficiência de aproveitamento dos nutrientes dietéticos pelos microrganismos ruminais dos animais controle ($P<0,05$).

Por este raciocínio, o limite de produção de Nmic teria sido definido pela ingestão diária de nutrientes no caso dos animais dos grupos suplementados e pelo limite de eficiência de aproveitamento destes nutrientes para síntese microbiana, nos animais controle.

Entre os grupos de animais que recebiam suplementação concentrada, a redução da produção de Nmic à medida que se aumentou o teor de NNP no suplemento (efeito linear, $P<0,01$) pode ser explicada pela menor eficiência de síntese observada quando se realizava este aumento (efeito linear, $P<0,05$).

Os menores teores de NNP nos suplementos reduzem a velocidade de degradação da proteína dietética. Esta velocidade mais lenta de degradação pode facilitar a captura desta PDR pelos microrganismos e sua utilização na síntese de Nmic, o que levaria a uma maior eficiência de síntese por unidade de NDT ingerida.

Os níveis de produção de Nmic aqui observados foram ligeiramente menores que os relatados por Leal et al. (2007), trabalhando com animais de tamanho semelhante.

A produção de proteína bruta microbiana projetada correspondeu, em média a 82% das exigências diárias de PB dos animais (NRC, 2000), sendo de 87% para os animais controle e 80% para os suplementados. Isto é interessante do ponto de vista nutricional devido à boa digestibilidade intestinal e ao ótimo balanceamento de aminoácidos desta proteína.

É interessante ainda se notar que, apesar da grande variabilidade na eficiência de síntese microbiana observada nas fases de vida dos animais (da amamentação até a

terminação, Capítulos 1, 2, 3 e o atual), quando se consideram os dados destas três fases em conjunto, a eficiência média de síntese fica em 128 g PBmic/Kg NDT, valor semelhante ao sugerido pelo NRC (2000), de 130 g PBmic/Kg NDT.

Tabela 5 - Parâmetros da nutrição protéica dos animais experimentais

| Itens (%) | Suplementos | | | | | Valor- P | | |
|--------------------------|-------------|------|------|------|--------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Controle | T3 | T2 | T1 | CV (%) | Efeito da suplementação Concentrada | Efeito linear nível NNP | Efeito quadr. nível NNP |
| Nmic (g/d) | 129 | 152 | 119 | 100 | 16,6 | 0,6064 | 0,0020 | 0,5310 |
| PBmic (g/kg NDT) | 188 | 163 | 153 | 106 | 22,9 | 0,0245 | 0,0398 | 0,3576 |
| Nursg (mg/dl) | 10,2 | 13,8 | 16,7 | 16,1 | 12,2 | <0,0001 | 0,0498 | 0,0886 |
| Nurinário | | | | | | | | |
| Nur – Uréia (g/d) | 30,0 | 56,8 | 54,5 | 51,5 | 16,4 | <0,0001 | 0,3248 | 0,9371 |
| Nur – Total (g/d) | 53,8 | 79,3 | 82,7 | 72,1 | 11,7 | <0,0001 | 0,1961 | 0,1485 |

1 Nmic = Produção de N microbiano, PBmic = proteína bruta microbiana, Nursg = N uréia sêco, Nur = excreção urinária de nitrogênio, na forma de uréia e N total.

Os menores níveis de uréia no sangue e na urina dos animais controle em relação aos animais suplementados ($P < 0,01$) podem ser explicados pela menor ingestão de proteína por aqueles animais. Apesar da produção de uréia pelo corpo animal ser um indicador da eficiência de uso da proteína pelo metabolismo animal, devido à relação entre a ingestão de proteína e a produção e excreção de uréia, este princípio somente pode ser aplicado quando os níveis de ingestão de proteína dietética entre os animais é semelhante.

Os valores aqui observados para Nursg dos animais controle foram semelhantes aos observados por Porto et al. (2008) e Leal et al. (2007). Os animais suplementados, por sua vez, apresentaram valores menores que os 21 mg/dl observados por aqueles autores em animais suplementados na estação das águas. Isto evidencia um possível melhor aproveitamento metabólico do N da dieta no presente experimento.

Quanto aos níveis de NNP nos suplementos dos grupos de animais suplementados, observou-se efeito quadrático destes sobre o nível de Nursg. A grande diferença entre os grupos, no entanto, foi o baixo nível de Nursg dos animais que recebiam o suplemento T3 (com menores teores de NNP e sem uréia).

Como todos os grupos de animais suplementados ingeriam quantidades similares de PB, este menor nível de Nursg pode ser um indicador de melhor uso metabólico da proteína pelos animais deste grupo. Pela ausência de uréia e baixo teor de NNP, pode-se inferir que o suplemento apresentava menor velocidade de degradação da proteína no rúmen, o que também foi discutido como causa provável para uma maior eficiência de uso do NDT na síntese de Nmic por estes animais.

Graças a esta maior eficiência, a produção de PBmic deste grupo representou uma maior proporção das exigências diárias de PB dos animais, quando comparado aos outros dois grupos que recebiam suplemento. Como mencionado, a PBmic possui ótimo balanceamento de aminoácidos, o que maximiza seu aproveitamento pelo metabolismo animal. Assim, o fato de que uma maior proporção das exigências protéicas estavam sendo supridas pela PBmic pode ser o fator responsável pela menor produção hepática de uréia nos animais deste grupo, o que reflete sobre os menores teores de Nursg.

Há que se destacar, no entanto, que os maiores valores de Nursg dos tratamentos com uréia (T1 e T2), estão próximos à faixa de máxima eficiência microbiana (entre 13 e 15 mg/dl) sugerida por Valadares et al. (1997).

Como discutido nos outros estudos realizados com estes animais (Capítulos 1, 2 e 3), a proporção de N total da urina que se encontrava na forma de uréia foi baixa, especialmente no grupo de animais controle (cerca de 56%). Mesmo nos grupos de animais suplementados a proporção variou de 66 a 72%.

Quando comparados aos dados de Leal et al. (2007), observa-se que a excreção de N-uréia foi cerca de 50% da observada naquele estudo. Estes resultados evidenciam novamente a necessidade de maiores estudos sobre as formas de excreção de N na urina e os fatores que poderiam interferir nestas formas alternativas.

Apesar dos valores divergentes, o comportamento da excreção total de N na urina foi semelhante ao da excreção de N uréia urinário, evidenciando efeito significativo ($P < 0,01$) apenas do fornecimento de suplemento concentrado (efeito de suplementação).

Conclusões

O fornecimento de suplemento concentrado aos animais reduziu o consumo de pasto e aumentou a digestibilidade da dieta.

O aumento do nível de NNP nos suplementos prejudicou a produção de proteína microbiana, o que evidencia a necessidade de se avaliar a quantidade de proteína de rápida degradabilidade disponível na pastagem ao se ajustar os níveis deste nutriente no suplemento.

Novas pesquisas são necessárias para se avaliar os fatores que afetam a eficiência de síntese de proteína microbiana e a excreção de produtos nitrogenados na urina.

Literatura Citada

- CHEN, X.B.; GOMES, M.J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details** (Occasional publication). International Feed Resources Unit. Bucksburnd, Aberdeen:Rowett Research Institute. 1992, 21p.
- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Excreção de creatinina em novilhos e novilhas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...**Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. CD-ROM. Nutrição de ruminantes.
- COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D. et al. Predicting digestibility of different diets with internal markers: Evaluation of four potential markers. **Journal of Animal Science**, v.63, n.5, p.1476-1483. 1986

- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Suplementação de novilhos mestiços durante a época das águas: parâmetros ingestivos e digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1340-1349, 2001.
- EUCLIDES, v.P.B., MACEDO, M.C.M., OLIVEIRA, M.P. Avaliação de diferentes métodos de amostragem (para se estimar o valor nutritivo de forragens) sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.2, p.691-702, 1992.
- FREITAS, J.A.F.; QUEIROZ, A.C.; DUTRA, A.R. et al. Composição do ganho e exigências de energia e proteína para ganho de peso em bovinos Nelore puros e mestiços. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.886-893, 2006.
- KINCHELOE, J.J. **Variation in supplement intake by grazing beef cows**. 2004. Thesis (Master of Science in Animal and Range Sciences). Bozeman, Montana. Montana State University, 2004.
- LAWRENCE, T.J.; FOWLER, V.R. **Growth of farm animals**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 2002. 347p.
- LEAL, T.L.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Variações diárias nas excreções de creatinina e derivados de purinas em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.896-904, 2007.
- MCMENIMAN, N.P. Methods of estimating intake of grazing animals. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34, Juiz de Fora, 1997. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.131-168.
- MERTENS, D.R. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p.1-33.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. 243p.
- POPPI, D.P.; MCLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v.73, p.278-290, 1995.
- PORTO, M.O.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Formas de utilização do milho em suplementos para novilhos na fase de terminação em pastagem no período das águas: desempenho e parâmetros nutricionais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2251-2260, 2008.
- RODRÍGUEZ, N.M.; SIMÕES SALIBA, E.O.; GUIMARÃES JR. R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: Reunião Anual da Sociedade

- Brasileira de Zootecnia (43 : 2006 : João Pessoa, PB). **Anais de Simpósios ...** Sup. especial da Rev. Br. de Zoot. v. 35. p. 323-352. 2006.
- ROMNEY, D.L.; GILL, M. Intake of forages. In: GIVENS, D.I.; OWENS, E.; AXFORD, R.F.E. (Eds.) **Forage evaluation in ruminant nutrition**. Wallingford: CABI, 2000. p.43-62.
- RUAS, J. R. M.; TORRES, C. A. A.; VALADARES FILHO, S. C.; et al. Efeito da suplementação protéica a pasto sobre consumo de forragens, ganho de peso e condição corporal, em vacas Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.930-934, 2000.
- SALES, M.F.L.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Níveis de uréia em suplementos múltiplos para terminação de novilhos em pastagem de capim-braquiária durante o período de transição águas-seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1704-1712, 2008.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p
- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.v. et al. Composição corporal e requisitos energéticos e protéicos de Nelore, não castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.503-513, 2002 (supl. 1).
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS system: SAS/STAT**. version 9.0 (software), Cary: SAS Institute, 2004. (CD-ROM).
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics. A biometrical approach**. 3.ed. New York: McGraw Hill Co., 1997. 666p.
- VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Níveis de proteína em dietas de bovino. 4. Concentrações de amônia ruminal e uréia plasmática e excreções de uréia e creatinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1270-1278, 1997.
- VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.11, p.2686-2696, 1999.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Ithaca: Cornell University, 1985. 202p.

VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effects of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, v.114, n.3, p.243-248, 1990.

Capítulo 5

Avaliação do crescimento de tourinhos em pastejo recebendo suplementação concentrada com diferentes perfis protéicos I: Modelos matemáticos para descrição do crescimento

Resumo - O objetivo com este estudo foi avaliar o uso de diferentes modelos matemáticos para descrever o crescimento de bovinos de corte a pasto. Foram utilizados dados obtidos de 20 bovinos machos não castrados, com pesos inicial médio de $129 \pm 28,1$ kg, e final médio de $405 \pm 62,0$ kg. Os animais foram divididos aleatoriamente em quatro lotes e alojados em pastagens de *B. decumbens* Stapf. Três lotes receberam diariamente suplemento concentrado composto de milho, farelo de soja e uréia, e o quarto lote recebeu apenas sal mineral. A cada 28 dias, pesaram-se os animais para elaboração da curva de crescimento do peso vivo sem jejum. Foram avaliados cinco modelos matemáticos para descrever o crescimento animal: Multifásico, Linear, Logarítmico, Gompertz e Logístico. A avaliação da adequação dos modelos foi realizada usando o coeficiente de determinação, o teste *F* simultâneo para identidade dos parâmetros, o coeficiente de correlação e concordância, a raiz quadrada do quadrado médio do erro da predição e a partição do quadrado médio do erro de predição. Foram utilizadas a análise do quadrado médio do erro da predição pareado e o Critério Delta de Informação de Akaike para comparação entre os modelos quanto à acurácia e à precisão das predições. O modelo multifásico mostrou-se mais eficiente que os demais em todos os aspectos da descrição do crescimento de bovinos de corte a pasto.

Palavras-chave: gado de corte em pastejo, modelagem, sazonalidade

Evaluation of growth of grazing young bulls, receiving concentrate supplementation with different protein profiles I: Mathematical models to describe the growth

Abstract - The goal of this study was to evaluate the use of different mathematical models to describe the growth of grazing beef cattle. We used data from 20 young bulls, with average initial weight of 129 ± 28.1 kg and final weight of 405 ± 62.0 kg. The animals were randomly divided into four lots and placed in pastures of *B. decumbens* Stapf. Three lots received daily concentrate supplement consisting of corn, soybean meal and urea, and the fourth lot received only mineral. At every 28 d, animals were weighed to adjust the growth curve of full body weight. Five mathematical models were evaluated to describe animal growth: Multiphase, Linear, Logarithmic, Gompertz and Logistic. Assessment of the adequacy of the models was performed using the coefficient of determination, the *F*-test simultaneous test of identity of the parameters, the concordance correlation coefficient, the square of the mean square error of prediction and the partition of the mean square error of prediction. We used the analysis of the paired mean square error of prediction and the Delta Information Criterion of Akaike to compare the models on the accuracy and precision of the predictions. The Multiphase model was more efficient than the others in all aspects to describe the growth of grazing beef cattle.

Keywords: grazing beef cattle, modeling, seasonality

Introdução

A principal função de um modelo matemático é prover a melhor representação do fenômeno que se deseja descrever (Thornley & France, 2007). Assim, quando se estuda o crescimento animal, deve-se buscar adequar os modelos de crescimento às situações onde estes serão aplicados.

Depois que a genética definiu a curva de crescimento do animal, a fase da vida e os fatores ambientais respondem pelas variações em seus padrões de crescimento (Berg & Butterfield, 1976; Lawrence & Fowler, 2002). Assim, nos estudos de bovinos produzidos a pasto em condições tropicais, deve-se levar em consideração os efeitos da variabilidade sazonal de nutrientes da forragem.

Poucos são os estudos que avaliaram a eficiência de modelos matemáticos nesta situação. Entre as opções matemáticas disponíveis, o uso de modelos multifásicos foi sugerido por Berg & Butterfield (1976) para se superar as dificuldades de ajuste de modelos matemáticos aos padrões de crescimento animal. Outra vantagem destes modelos é a maior capacidade de se obter informações sobre o crescimento animal a partir dos parâmetros estimados.

Lawrence & Fowler (2002), por outro lado, afirmaram que, quando se avaliam períodos de tempo curtos em relação ao tempo de vida normal dos animais, o crescimento pode se comportar segundo um modelo linear.

Os modelos de Gompertz e Logístico, por sua vez, fazem parte de uma “família” de modelos não lineares, utilizados há décadas para se descrever o crescimento de seres vivos (Thornley & France, 2007), e estão entre os mais usados para descrever a curva de crescimento em bovinos no Brasil (Garnero, 2005).

Por fim, o modelo de transformação logarítmica é, talvez, o mais utilizado nos últimos anos para se descrever o crescimento alométrico de componentes corporais, em especial em

experimentos que avaliam a composição corporal dos animais, como sugerido pelo ARC (1980).

Objetivou-se, com este estudo, avaliar o uso de diferentes modelos matemáticos para descrever o crescimento de bovinos de corte a pasto.

Material e Métodos

Foram utilizados dados obtidos de um experimento realizado entre os meses de março de 2007 e abril de 2008 no setor de bovinocultura de corte da Universidade Federal de Viçosa.

Neste experimento, foram utilizados 20 bovinos machos não castrados, com composição genética de, pelo menos, 50% de raça nelore, e com peso inicial médio de $129 \pm 28,1$ kg, e final médio de $405 \pm 62,0$ kg.

No início do experimento os animais foram divididos aleatoriamente em quatro lotes e alojados em pastagens de *B. decumbens* Stapf. Três lotes receberam diariamente suplemento concentrado composto de milho, farelo de soja e uréia nas quantidades de 1,2 kg (fase de amamentação, período de transição águas-seca, de março a junho), 1,5 kg (fase de recria, nos períodos de seca e transição seca-águas, de julho a dezembro), ou 2,0 kg (fase de terminação no período das águas, de janeiro ao final de abril) por animal. O quarto lote de animais recebeu apenas sal mineral *ad libitum* como suplemento.

A cada 28 dias, pesaram-se os animais para elaboração da curva de crescimento do peso vivo sem jejum (PV).

Foram avaliados cinco modelos matemáticos para descrever o crescimento animal. O primeiro foi um modelo Multifásico que dividiu o crescimento dos animais em três fases. A primeira fase, de crescimento rápido, correspondeu ao período de transição águas-seca até o momento em que o animal reduzia significativamente sua taxa de crescimento devido às limitações de disponibilidade de forragem na época mais seca do ano. A segunda fase do

modelo correspondeu à fase de crescimento restrito (menor taxa de crescimento diário) devido à escassez alimentar, típica da estação de seca e parte inicial da transição seca-águas do ano em regiões tropicais. Finalmente, a terceira fase do modelo correspondeu ao crescimento na fase de re-alimentação, associada ao final da transição seca-águas, à estação das águas e ao início da estação de transição águas-seca do ano seguinte. Por fim, dois parâmetros (“Idade1” e “Idade2”) estimaram o momento de transição entre estas fases. Este modelo pode ser descrito pelas Eq. [1], [2] e [3].

$$PV = a + b * T \quad \text{enquanto } T \leq \text{Idade1}, \quad \text{Eq. [1]}$$

$$PV = a + b * \text{Idade1} + c * (T - \text{Idade1}) \quad \text{enquanto } \text{Idade1} < T \leq \text{Idade2}, \quad \text{Eq. [2]}$$

$$PV = a + b * \text{Idade1} + c * (\text{Idade2} - \text{Idade1}) + d * (1 - e^{(-k * (T - \text{Idade2}))})$$

se $T > \text{Idade2}$; Eq. [3]

Onde: PV é o peso vivo sem jejum dos animais, kg; T é o tempo no experimento, dias; “e” é a base do logaritmo neperiano; e “a”, “b”, “c”, “d”, “k”, “Idade1” e “Idade2” são os parâmetros do modelo.

Neste estudo, o peso médio inicial dos animais foi utilizado como parâmetro “a”, para se reduzir o número de parâmetros a serem estimados.

Dois outros modelos avaliados foram modelos lineares. O primeiro foi um modelo linear de primeira ordem (Linear) (Eq. [4]), e o segundo, um modelo de transformação logarítmica dos dados (Logarítmico) (Eq. [5]).

O modelo Linear estabelece a relação direta entre o PV e o período experimental, baseando-se no peso inicial e na taxa de ganho de peso média durante o período. O modelo Logaritmo, por sua vez, avalia a mesma relação, mas trabalhando os dados de PV e tempo transformados logaritmicamente de forma a considerar uma redução na taxa de crescimento por unidade de tempo à medida que o animal envelhece (Berg & Butterfield, 1976).

$$PV = a + b * T \quad \text{Eq. [4]}$$

$$\text{Log PV} = c + d * \text{Log T} \quad \text{Eq. [5]}$$

Onde: PV é o peso vivo sem jejum dos animais, kg; T é o tempo no experimento, dias; e “a”, “b”, “c” e “d” são os parâmetros dos modelos.

Avaliaram-se ainda dois modelos não lineares, conhecidos como Gompertz (Eq. [6]) e Logístico (Eq. [7]). Estes modelos descrevem o crescimento considerando taxas de crescimento uniformemente variadas, e são derivados de estudos de crescimento de diferentes espécies realizados no início do século XX. Segundo López (2008), este tipo de modelo seria o que melhor representa o fenômeno de crescimento quando nenhuma limitação é imposta ao mesmo.

$$\text{PV} = a * e^{(-e^{(-k*T)})} \quad \text{Eq. [6]}$$

$$\text{PV} = a / (1 + e^{(-k*T)}) \quad \text{Eq. [7]}$$

Onde: PV é o peso vivo sem jejum dos animais, kg; T é o tempo no experimento, dias; “e” é a base do logaritmo neperiano; e “a”, e “k” são os parâmetros do modelo.

O ajuste dos modelos e estimação dos parâmetros foram realizados utilizando-se os procedimentos (PROC) REG (para os modelos Linear e Logarítmico) e NLIN (para os modelos Multifásico, Gompertz e Logístico) do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC).

A avaliação da adequação dos modelos foi realizada como sugerido por Tedeschi (2006). Foi estimada a regressão linear dos dados observados pelos dados preditos por cada modelo e avaliados o coeficiente de determinação (r^2) e o teste F simultâneo para identidade dos parâmetros ($\beta_0 = 0$ e $\beta_1 = 1$). Outros critérios utilizados foram o coeficiente de correlação e concordância (CCC), a raiz quadrada do quadrado médio do erro da predição (RQMEP) e a partição do quadrado médio do erro de predição em vício médio, vício sistemático e erro aleatório.

Finalmente, foram utilizadas a análise do quadrado médio do erro da predição pareado (Wallach & Goffinet, 1989) para comparação entre os modelos quanto à acurácia das

predições, e o Critério Delta de Informação de Akaike (Burnham & Anderson, 2002) para comparação entre os modelos quanto à precisão das predições.

Todos os cálculos das estatísticas de avaliação e comparação de modelos foram realizados utilizando-se o MES - Model Evaluation System (<http://nutritionmodels.tamu.edu/mes.htm>, College Station, TX, USA; Tedeschi, 2006).

Resultados e Discussão

A avaliação da adequação dos modelos (Tabela 1) mostrou que todos foram capazes de prever a variabilidade observada entre os pesos dos animais ($r^2 > 0,86$). O CCC também mostra que todos os modelos tiveram boas acurácia e precisão em conjunto, sendo menor que 0,900 apenas para o modelo Logístico.

A avaliação do teste de identidade dos parâmetros mostrou que os modelos Gompertz, Logarítmico e Logístico, geraram predições que não podem ser aceitas como verdadeiras ($P < 0,01$). A avaliação do r^2 e da RQMEP mostram que o problema destes modelos pode estar mais ligado à capacidade deles predizerem o valor exato do PV de cada animal, do que a variabilidade observada entre animais. Enquanto estes modelos apresentaram RQMEP variando de 25 a 34 kg, os modelos Multifásico e Linear apresentaram valores de 6,8 e 16,1 kg, respectivamente.

A análise da decomposição do QMEP também mostrou resultados interessantes. Nos dois primeiros modelos avaliados (Multifásico e Linear), praticamente todo o desvio observado (mais de 99%) pôde ser associado a um erro aleatório, não evidenciando uma deficiência sistemática ou média dos modelos. Nos modelos Gompertz, Logarítmico e Logístico, por sua vez, de 10 a 21 % dos desvios da predição puderam ser associados a um vício sistemático, ou seja, a um erro multiplicativo nos valores preditos.

A boa adequação do modelo Multifásico era esperada, uma vez que o mesmo foi desenvolvido considerando-se a disponibilidade forrageira, principal fator a influenciar o crescimento de bovinos de corte a pasto (Paulino, 1999). A boa capacidade preditiva mostrada pelo modelo Linear, por outro lado, pode ser associada ao curto período de tempo avaliado, em relação ao tempo de vida dos animais. Este comportamento foi observado também por Waldman et al. (1969) e por Fernandes et al. (2007).

Tabela 1 - Estatísticas¹ de avaliação da adequação dos modelos de predição do crescimento de bovinos de corte a pasto

| Modelos ² | Nº de Parâmetros | r ² | Valor – P | | RQM EP | Decomposição do QMEP (%) | | |
|----------------------|------------------|----------------|-----------|-------|--------|--------------------------|-------------------|----------------|
| | | | CCC | P | | Vício Médio | Vício Sistemático | Erro Aleatório |
| Multifásico | 7 | 0,993 | 0,617 | 0,996 | 6,83 | 0,075 | 0,271 | 99,6 |
| Linear | 2 | 0,961 | 0,678 | 0,980 | 16,1 | 0,091 | 0,188 | 99,7 |
| Gompertz | 2 | 0,916 | < 0,001 | 0,945 | 25,0 | 0,169 | 12,3 | 87,6 |
| Logarítmico | 2 | 0,902 | < 0,001 | 0,936 | 26,7 | 0,034 | 10,3 | 89,6 |
| Logístico | 2 | 0,861 | < 0,001 | 0,886 | 34,0 | 0,000 | 21,1 | 78,9 |

¹ r² = coeficiente de determinação, **Valor – P** = probabilidade associada ao Teste F para a identidade dos parâmetros, da regressão dos dados observados pelos preditos, **CCC** = coeficiente de concordância de correlação, **RQMEP** = raiz quadrada do quadrado médio do erro de predição e **QMEP** = quadrado médio do erro da predição.

² **Multifásico**, do tipo $PV = a + b * T$, enquanto $T \leq Idade1$, $PV = a + b * Idade1 + c * (T - Idade1)$, enquanto $Idade1 < T \leq Idade2$, e, $PV = a + b * Idade1 + c * (Idade2 - Idade1) + d * (1 - e^{(-k * (T - Idade2))})$, se $T > Idade2$; **Linear**, do tipo $PV = a + b * T$; **Gompertz**, do tipo $PV = a * e^{(-e^{(-k * T)})}$; **Logarítmico**, do tipo $\text{Log PV} = a + b * \text{Log T}$; e, **Logístico**, do tipo $PV = a / (1 + e^{(-k * T)})$.

A análise do quadrado médio do erro da predição pareado mostrou que os modelos diferiram entre si ($P < 0,01$) quanto à sua acurácia. Os mais acurados foram, em ordem: Multifásico, Linear, Gompertz, Logarítmico e Logístico. De forma semelhante, também a precisão foi diferente para cada modelo ($P < 0,01$) segundo o Critério Delta de Informação de Akaike. Uma ordenação dos modelos dos mais para os menos precisos, segundo esta análise, seguiu a mesma seqüência da comparação da acurácia.

A inadequação dos modelos de Gompertz, Logarítmico e Logístico aqui observada pode estar associada à premissa básica dos modelos não lineares normalmente utilizados para

descrição de crescimento: uma taxa de crescimento que admite, no máximo, um ponto de inflexão ao longo do crescimento. A taxa de crescimento nestes modelos pode iniciar o crescimento com uma fase acelerada (taxa crescente), que sofre uma inflexão tornando o crescimento desacelerado (taxa decrescente) até que o animal atinja um peso próximo ao peso à maturidade, quando esta taxa continua reduzindo-se, aproximando-se de um nível zero, mas sem nunca atingi-lo (nível assintótico) ou tornar-se novamente crescente.

Nestes casos, pode ter havido uma distorção do padrão predito pelos modelos durante o ajuste dos parâmetros devido à fase de restrição alimentar no meio do período experimental. Como estes modelos não prevêem um novo aumento na taxa de crescimento após a redução desta, eles podem ter ajustado uma taxa de crescimento retardado média entre as menores taxas de crescimento da fase de restrição nutricional e as maiores taxas de crescimento no período de re-alimentação.

Isto levaria à superestimação do peso dos animais durante a fase de restrição, e à subestimação deste peso na fase de re-alimentação. Neste caso, o efeito destes erros sobre o desvio médio seriam atenuado pelo cancelamento dos erros. Isto seria consistente com a análise da partição do QMEP aqui apresentada.

Por fim, a comparação dos modelos quanto à acurácia e à precisão mostrou diferenças significativas ($P < 0,01$) entre todos os modelos. Em ambas as análises, o modelo Multifásico mostrou-se superior, seguido pelos modelos Linear, Gompertz, e Logarítmico. Estas análises mostraram ainda ser o modelo Logístico o de menor acurácia e precisão entre os avaliados.

Uma análise do comportamento dos erros de predição (Figura 1) reforça a hipótese elencada para a falta de ajuste dos modelos Logarítmico, Gompertz e Logístico. Por estes dados, pode-se observar que estes modelos superestimaram o peso dos animais no meio do período de crescimento avaliado. À medida que os pesos dos animais vão aumentando (e avança o período experimental), os modelos passam a subestimar estes pesos. Este

comportamento torna-se mais extremo à medida que os animais vão ficando mais pesados. Isto é compatível com o anteriormente hipotetizado.

O modelo Linear e Multifásico mostram erros de predição de menor amplitude, e de distribuição mais homogênea. Com exceção de alguns pontos de subestimação e uma tendência a se reduzir os erros a pesos maiores, o modelo Linear foi o que apresentou erros mais homogeneamente distribuídos durante toda a faixa de pesos avaliada.

O modelo Multifásico, por sua vez, vai reduzindo a amplitude de seus erros à medida que os animais crescem, assumindo uma “forma de funil”, relativamente comum em series temporais. Esta deficiência, no entanto, parece comprometer pouco a eficiência deste modelo. Mesmo nas fases iniciais, este modelo mostra pequena amplitude dos erros quando comparado com o modelo linear (Figura 1). Isto vem reforçar a superioridade das predições deste modelo em relação aos demais, evidenciada também pelos dados de avaliação da Tabela 1.

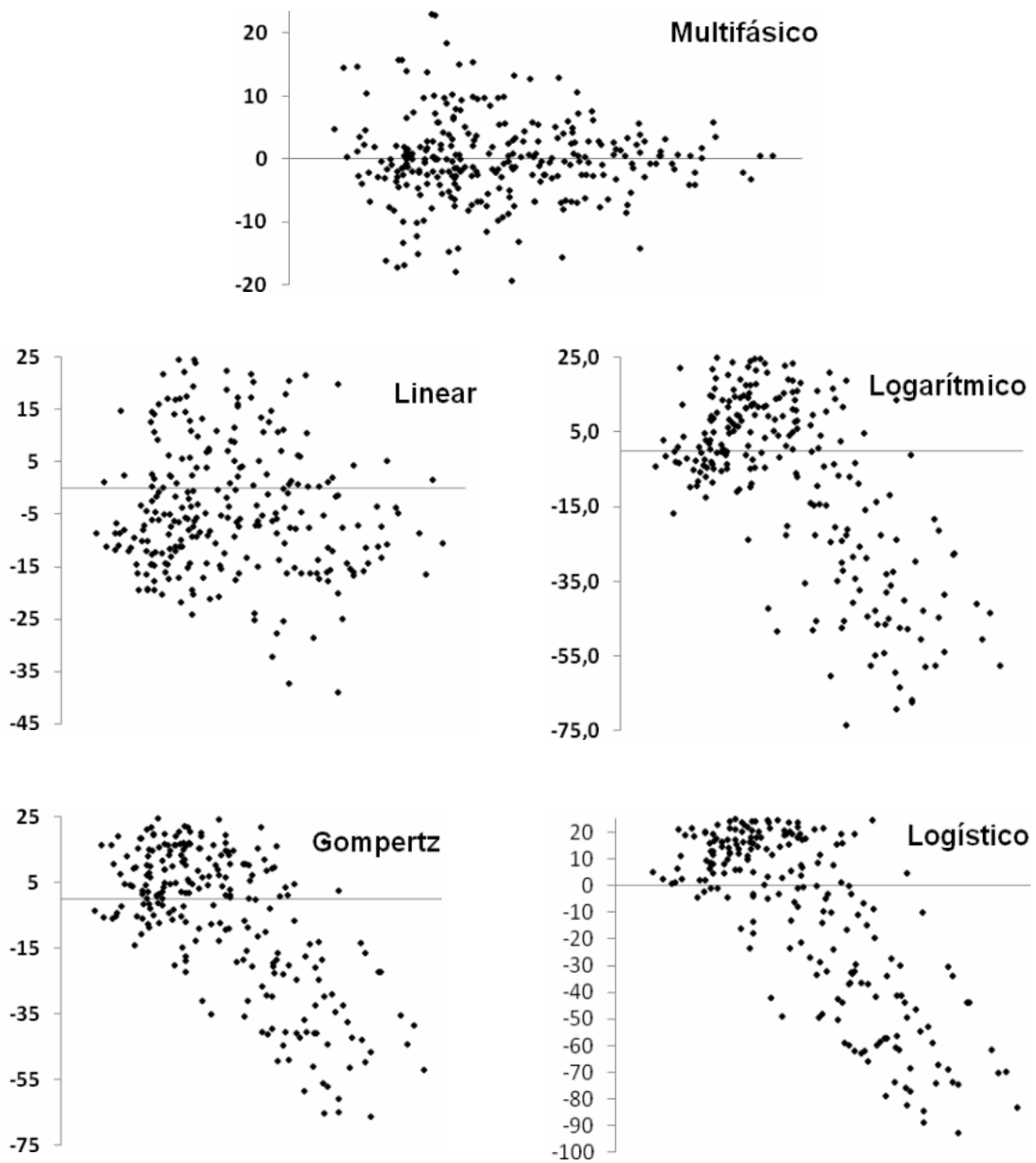


Figura 1 - Distribuição dos erros de predição dos modelos Linear, Logarítmico, Multifásico, Gompertz e Logístico em função do peso observado dos animais.

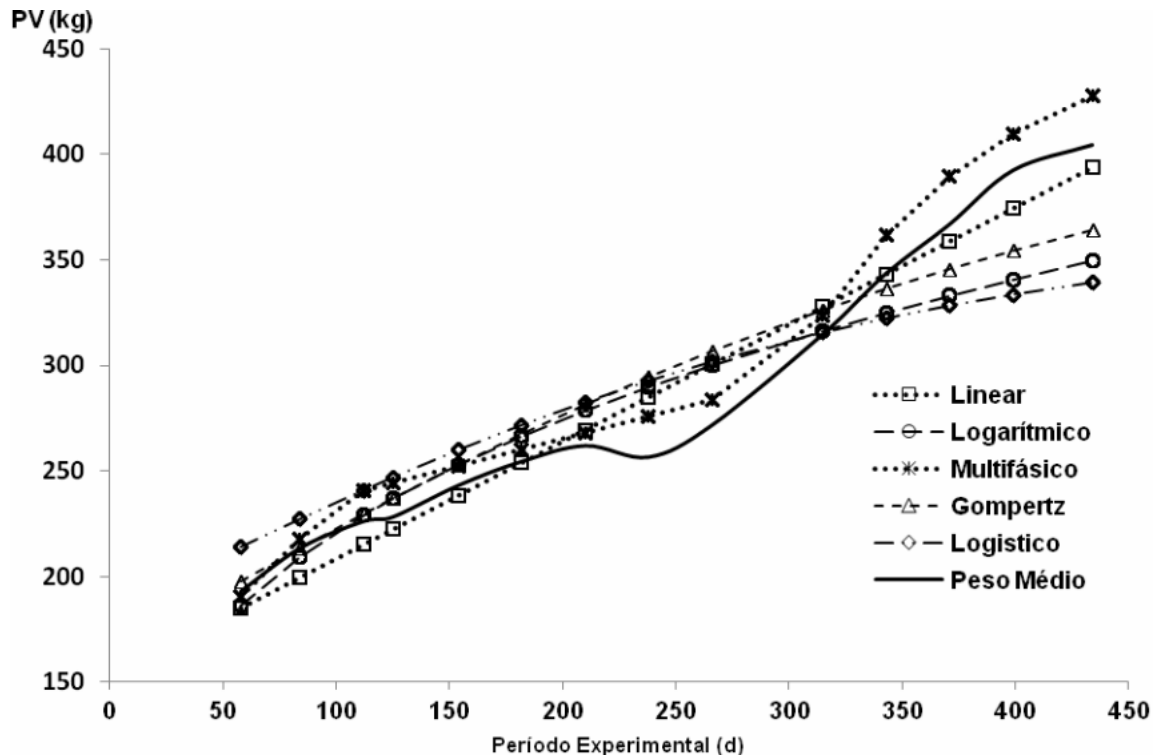


Figura 2 - Pesos médios observados e curvas de crescimento projetadas pela média dos parâmetros estimados para cada animal com os modelos Linear, Logarítmico, Multifásico, Gompertz e Logístico.

Mostrou-se na Figura 2 mostra a curva de crescimento predita por cada modelo, gerada pela média dos parâmetros ajustados para cada animal. Plotou-se também, na mesma figura, o peso médio observado dos animais em cada momento do período experimental.

Esta figura mostra uma redução apenas ligeira da taxa de crescimento dos animais após a desmama (próxima aos 120 dias de experimento), e uma redução drástica nesta taxa de crescimento após os 200 dias de experimento.

Colocando esta informação em um perspectiva anual, a época desta redução drástica do crescimento corresponde aos meses de setembro e outubro. Na região de realização do experimento, este período do ano pode ser associado ao fim da estação seca e ao início da transição seca-águas, com o registro das primeiras chuvas.

De acordo com Paulino et al. (2002), é exatamente neste momento que se pode esperar os menores ganhos de peso de animais em pasto. Isto seria associado às baixas reservas forrageiras, exauridas pelo longo período de seca, e pela própria fisiologia das plantas forrageiras, que iniciam um novo ciclo a partir da rebrota, o que altera sua composição, chegando inclusive a um balanço negativo de carbono. Este processo contribui ainda mais para a redução da disponibilidade total de nutrientes, agravada pela rejeição da forragem seca em um momento em que a nova brotação ainda não possui massa suficiente que permita atender ao consumo.

Este período de maior redução na taxa de crescimento durou pouco mais de 50 dias, com o crescimento retornando a taxas altas logo após os 250 dias de experimento. Pode-se observar ser este o período de maior desvio apresentado pelo crescimento médio dos animais em relação a uma linha quase reta.

Apesar do crescimento no período de re-alimentação ser um pouco mais intenso até pouco antes dos 400 dias de experimento, esta maior inclinação não chega a ser tão divergente da fase inicial da curva de crescimento quanto a manutenção e mesmo a perda de peso, observadas no período de menor disponibilidade forrageira.

A observação desta quase linearidade do crescimento médio dos animais aponta para uma possível razão, pela qual outros estudos observam bom ajuste dos modelos de crescimento não lineares na descrição do formato final da curva de crescimento.

Como a linearidade de crescimento é um fenômeno característico de curtos períodos de tempo, ela aponta para que o período de vida de bovinos destinados à produção de carne, devido aos baixos pesos típicos do mercado brasileiro, representa um período curto em relação à vida desta espécie.

Quando se avaliam dados de crescimento de bovinos a pasto por longos períodos de tempo, como no estudo do crescimento de fêmeas de Garner et al. (2005) por exemplo,

pode-se notar que as variações sazonais dentro do ano existem, mas não chegam a interferir significativamente com a forma da curva de crescimento como um todo. Esta curva, então, assemelha-se exatamente àquela predita pelos modelos não lineares aqui avaliados.

Com base nisto, os resultados aqui observados evidenciam que, quando se avalia o crescimento de bovinos de corte a pasto destinados à produção de carne em condições brasileiras, os efeitos destes curtos períodos sazonais não podem ser desconsiderados.

O modelo Multifásico foi o único a conseguir se adequar a este desvio do crescimento linear. Neste caso, o modelo identificou o início da fase de menor crescimento próximo aos 100 dias de experimento (pouco antes da desmama), e que os animais mantiveram esta menor taxa de crescimento até próximo aos 300 dias. Isto causou alguma superestimação dos pesos a partir dos 200 dias de experimento, mas em níveis bem menores que a observada nas predições realizadas pelos outros modelos.

O modelo Linear, por não possuir curvatura, projetou um crescimento constante durante todo o período experimental. Esta projeção, em um primeiro momento, subestima o peso médio dos animais, superestimando-o em um momento intermediário, e voltando a subestimá-lo na fase final do experimento. Apesar disto, os desvios médios de predição deste modelo são pequenos em todas as fases, o que foi suficiente para fazer com que modelo mostrasse boas predições.

Em relação aos modelos Logarítmico, Logístico e Gompertz, mostrou-se na Figura 2 que a superioridade das predições do modelo Linear foi mais evidente na fase final do crescimento avaliado. Estes modelos, por outro lado, projetaram curvas de crescimento bastante semelhantes entre si. Estas curvas projetadas mostram uma nítida incapacidade de se ajustar à re-aceleração do crescimento na fase de re-alimentação após a redução da velocidade de crescimento na fase de baixa disponibilidade forrageira.

Apesar da superestimativa do peso dos animais na fase de crescimento reduzido, a maior deficiência destes modelos parece ser a subestimativa dos pesos na fase de re-aceleração do crescimento, com um desvio cada vez maior à medida que os animais cresciam.

Pelo formato apresentado pela curva de crescimento média, pode-se inferir ainda que o principal causador desta falta de ajuste foi a falha na estimativa do peso assintótico (peso à maturidade) projetado pelos modelos Logístico e Gompertz. De fato, os pesos à maturidade projetados por estes modelos foram de 367 e 441 kg, respectivamente.

Este menor peso à maturidade estimado pelos modelos Logístico e Gompertz não permitiu a estes modelos projetarem pesos maiores para os animais na fase final do experimento, causando a subestimação de peso observada neste momento. Mesmo o peso à maturidade estimado pelo modelo Multifásico foi menor que os estimados por Garner et al. (2005) para fêmeas nelore (que variaram de 501 a 553 kg).

O fato de o experimento ter terminado quando os animais ainda não haviam atingido a maturidade, pode ser responsável por esta subestimação do peso à maturidade por todos os modelos, como discutido por Beltrán et al. (1992). O pequeno peso final apresentado pelos animais suplementados apenas com sal mineral pode ter contribuído ainda mais para esta limitação.

É importante destacar ainda que, além da adequação matemática das predições realizadas por um modelo, deve-se avaliar também as informações que este modelo disponibiliza sobre o fenômeno de crescimento em estudo.

Neste aspecto, os modelos Linear e Logarítmico geram apenas uma informações sobre o crescimento dos animais: a taxa de crescimento absoluto diário médio (parâmetro “b”). Por outro lado, os modelos Logístico e Gompertz, são capazes de estimar o peso à maturidade (pelo parâmetro “a”) e a taxa de crescimento relativo média durante o período de crescimento (parâmetro “k”).

O modelo Multifásico, por sua vez, permite estimar as taxas de crescimento absoluto da primeira (parâmetro “b”) e da segunda (parâmetro “c”) fases do crescimento, a taxa de crescimento relativo da terceira fase de crescimento (parâmetro “k”) e o peso à maturidade (estimado como: $a + b * Idade1 + c * (Idade2 - Idade1) + d$).

Além disto, os parâmetros “Idade1” e “Idade2” deste modelo estimam também o momento em que os animais passam a sofrer os efeitos da escassez nutricional do período de baixa disponibilidade forrageira, reduzindo significativamente sua taxa de crescimento, e o momento em que os animais tornam-se capazes de aproveitar a maior disponibilidade de nutrientes após a rebrota das pastagens, aumentando significativamente sua taxa de crescimento.

Este último aspecto do crescimento é de suma importância quando se deseja estudar sistemas de produção a pasto. Segundo Euclides (2001), em situações normais de campo, a duração da estação de restrição alimentar afeta o desempenho do sistema de produção ainda mais que a intensidade desta restrição em si.

Conclusões

Apesar de pouco utilizado, o modelo multifásico mostrou-se mais eficiente que os demais em todos os aspectos da descrição do crescimento de bovinos machos de corte a pasto, destinados ao abate em condições tropicais.

Outros modelos multifásicos devem ser estudados de forma a definir os mais adequados a cada condição de produção e aos objetivos de cada estudo.

Literatura Citada

Agricultural Research Council - ARC. **The Nutrient Requirements of Ruminant**. Slough, U.K: Livestock, Commonwealth Agric. Bureau. 1980.

- BELTRÁN, J.J.; BUTTS JR., W.T.; OLSON, T.A. et al. Growth patterns of two lines of angus cattle selected using predicted growth parameters. **Journal of Animal Science** v. 70, p.734-741, 1992.
- BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. **New concepts of cattle growth**. 1.ed. Sydney: Sydney university press, 1976. 240p.
- BURNHAM, K.P.; ANDERSON, D.R.. **Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach**. 2 ed., New York: Springer-Verlag, 2002.
- EUCLIDES, v.P.B. Produção intensiva de carne bovina em pasto. In: SIMCORTE - SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2., 2001, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, DZO, 2001. p. 55-82.
- FERNANDES, H.J.; PORTO, M.O.; AZEVEDO, J.A.G. et al. Biometria de bezerros de corte a pasto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2007]. (CD-ROM)
- GARNERO, A.V.; MARCONDES, C.R.; BEZERRA, L.A.F. et al. Parâmetros genéticos da taxa de maturação e do peso assintótico de fêmeas da raça Nelore. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 57, p.652-662, 2005.
- LAWRENCE, T.J.; FOWLER, v.R. **Growth of farm animals**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 2002. 347p.
- LÓPEZ, S. **Non-Linear functions in animal nutrition**. In: Mathematical modeling in animal nutrition. Ed: France, J. e Kebreab, E. Oxfordshire: CABI, 2008. 574p.
- PAULINO, M.F. Estratégias de suplementação para bovinos em pastejo. In: SIMCORTE - SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 1999, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, DZO, EJZ, 1999. p. 137-156.

- PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; MORAES, E.H.B.K. et al. Bovinocultura de ciclo curto em pastagens. In: SIMCORTE - SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 3., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 153-196.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS system: SAS/STAT.** version 9.0 (software), Cary: SAS Institute, 2004. (CD-ROM).
- TEDESCHI, L.O. Assessment of the adequacy of mathematical models. **Agricultural Systems.** v. 89, p.225-247, 2006.
- THORNLEY, J.H.M.; FRANCE, J. **Mathematical models in agriculture: quantitative methods for the plant, animal and ecological sciences.** 2 ed. Oxon: CABI, 2007. 906 p.
- WALDMAN, R. C.; TYLER, W.J.; BRUNGARDT, V.H. Estimation of body composition in young calves. **Journal of Animal Science.** v. 29, p. 426-428. 1969.
- WALLACH, D.; GOFFINET, B. Mean squared error of prediction as a criterion for evaluating and comparing system models. **Ecological Modeling.** v. 44, p. 299-306. 1989.

Capítulo 6

Evaluation of growth of grazing young bulls, receiving concentrate supplementation with different protein profiles II: Body's growth curve and shape

Abstract - The objectives of this study were to analyze and compare the growth of the full body weight (**FBW**) and the growth of body measurements (**BM**) of 20 crossbred bulls. Animals grazed grass forage and received either mineral supplement (control) or 1.2 to 2.0 kg/d of three concentrate supplementation programs (with different protein patterns), identified as T1, T2, and T3. The FBW and the BM were taken at each 28 days. The BM included hooks width (**HW**), pins width (**PW**), pelvic girdle length (**PGL**), rump height (**RuH**), abdomen width (**AW**), body length (**BL**), height at withers (**HeW**), and rib depth (**RiD**). It were estimated the first and the second canonical variables for each phase and for the entire experimental period, using all BM. A growth multiphase model with three phases was adjusted for the FBW and each BM. The main BM to explain the differences in animal's body shape were: HeR, HeW, PW, and RiD in the pre-weaning phase; the RiD, BL, AW, and PGL in the dry and transition of dry to rainy seasons; the HeR, BL, AW, and HW in the rainy season; and the RiD, PW, HeR, and HeW for the complete experimental period. Treatments did not affect the animal's shape in the pre-weaning phase. During the dry season, the control treatment produced animals with greater hindquarter, the animals receiving the supplement T2 had a longer and higher shape, and those receiving the supplement T3 tended to have greater frontquarter. During the rainy season, the control animals tended to be higher, longer, and wider than the concentrate supplemented ones. This could be associated with a compensatory growth. The animals receiving the supplement T3 tended to be higher and longer than the other concentrate supplemented animals. When analyzed the complete experimental period, the control animals tended to be shorter and wider, suggesting animals with small mature size due to malnutrition. There were no differences in the growth curves of

FBW between the concentrate supplemented treatments. The growth curves of the control and the supplemented animals differs in age at which the animals respond to the onset of feed restriction, in the growth rate during this phase of nutritional restriction, and in the age at which the animals respond to the end of this phase. These parameters could explain the greater mature weight of the supplemented animals. The main differences between the supplemented and the control animals in the growth curves of BM were the greater mature HeW, HeR, RiD, and BL in the supplemented ones. The protein patterns of the concentrate supplement affected the growth of the HeW, RiD, and HW, especially during the dry season. Further study should evaluate the relationship between the BM growth and variations in body composition of the animals.

Keywords: biometrics, cattle, growth, modeling, simulation

Introduction

In most tropical regions, especially in Brazil, the beef cattle production is done under grazing conditions. Under these conditions, the nutritional supplementation with concentrate rations is the main strategy used to increase the efficiency of the production system. Despite this, just a few studies had evaluated the response of the growth curve of beef cattle to different supplementation strategies.

Studies that evaluate the immediate responses of the animals to the nutritional supplementation ignore the impact of animals' previous conditions, the effect of this supplementation in the future development of the animals, and the effect of the supplementation strategy in each phase over the entire productive cycle.

The study of the growth curves makes possible to identify which aspects of the growth has been affected by treatments. In addition, the points of the production cycle that

are more susceptible to improvements and more capable to respond to new technologies can be identified.

The body composition of the animals may be one of the main aspects in a production system. In beef cattle, changes in the body composition affect the nutritional requirements, animal performance, meat quality, and the cost of production (Tedeschi et al., 2004). Thus, knowing the composition of this growth is as important as knowing the growth of the animal body as a whole (via body weight). The use of biometric measures (**BM**) as a predictor of body composition has been proposed for a long time (Fisher, 1975; Lawrence and Fowler, 2002). Its great advantage involves the low cost of the measurements and the possibility to make these predictions without slaughtering the animals. Then, the evaluation of the growth curves of the BM can provide information about the differential growth of body parts, in each specific situation.

The objectives of this study were (1) to analyze the growth patterns of the whole body and the BM of grazing beef cattle under tropical conditions, and (2) to compare the growth curves of grazing beef cattle under different nutritional supplementation programs.

Materials and Methods

Experimental Data

Animal description. This experiment was conducted between March of 2007 and May of 2008 at the Federal University of Viçosa, Brazil. Twenty young bulls, from different crossbred genetic groups (at least 50% Nellore) with initial age of 144 ± 22.7 d and full BW (**FBW**) of 129 ± 28.1 kg were used. The bulls were evaluated during the pre-weaning, dry and transition dry-rainy, and rainy phases. Animals were randomly distributed in four groups and housed in *Brachiaria decumbens* Stapf. pastures. Animals within a group were supplemented during 430 d with one of the three different types of concentrate supplements or mineral supplement only.

Dietary information. Supplements were formulated with corn, soybean meal, and urea according to the requirements of the animals as recommended by the NRC (2000). Three supplementation strategies, identify as T1, T2, and T3, were evaluated (Table 1). The main difference between them was the protein feeding. In the pre-weaning phase, we varied the level of crude protein in the supplements. In the other phases, the NPN content of the supplements varied, depending on the urea amount, but the same level of crude protein was maintained (isonitrogenous supplements).

In the pre-weaning phase, animals received 1.2 kg/d of each supplement. The supplement was offered in a creep feeding system to avoid consumption by the cows. In the dry and the transition dry to rainy seasons, 1.5 kg/d of concentrate were offered daily to the animals. During the rainy season, 2.0 kg/d of concentrate were offered daily. The mineral salt (control treatment) was supplied *ad libitum* to the fourth animal group during all the phases. More about the diets or about the animals' nutritional state were discussed on Chapters 1 to 4.

Biometric measures. In the first day of the experiment, and once a month, after an adaptation period of 56 d, animals were weighted to obtain the FBW and the BM were taken. Biometric measures included hooks width (**HW**), pins width (**PW**), pelvic girdle length (**PGL**), rump height (**RuH**), abdomen width (**AW**), body length (**BL**), height at withers (**HeW**), rib depth (**RiD**), as shown in Figure 1. The HW and the PW were measured as the distance between the two ventral points of the tuber coxae and the two ventral tuberosity of the tuber ischii, respectively. The RuH was measured from the ventral point of the tuber coxae, vertically to the ground. The BL was measured as the distance between the dorsal point of the scapulae and the ventral point of the tuber coxae. The RiD was measured vertically from the highest point over the scapulae to the end point of the rib (at the sternum). The AW was measured as the widest horizontal width of the paunch at right angles to the body axis. The HeW was measured from the highest point over the scapulae, vertically to the

ground. Finally, the PGL was measured as the distance between the ventral point of the tuber coxae and the ventral tuberosity of the tuber ischii. All BM were taken with a large caliper.

Analyses of the Development Pattern over Time

Variations in animal's body shape. Animal's body parts do not grow at the same rate (Lawrence and Fowler, 2002) and even the relative rate of growth of each part of the animal body can vary with genetics, the phase of life, and environmental conditions (Berg and Butterfield, 1976; Lawrence and Fowler, 2002). To evaluate changes in relative growth of animal's body parts and how these could influence the shape of the animal's body, it were estimated the first and second canonical variables for each phase, and for the entire experimental period using all BM. The analysis of the standardized canonical coefficients at different phases may indicate at each phase which BM would be responsible for most part of the observed variation between the shapes of the animal's body. Finally, the standardized canonical coefficients calculated for the entire life of the animals can identify which BM were responsible for most of the observed variability in the shape of the body of animals.

To evaluate the effect of the different strategies of supplementation on the body shape of the animal, the first and second canonical variables estimated for each animal in each phase and during the entire life were graphically evaluated. The grouping of animals of the same treatment in a similar position of the chart identifies the effects of supplementation strategies on the body shape.

Predicting body and biometrical growth curves. The objective of a mathematical model is to precisely represent the phenomenon that it is trying to explain (France and Kebreab, 2008). Thus, the mathematical model should be chosen to suit the situation to which it will be applied. To study the growth of grazing cattle in tropical conditions it is necessary to consider the change in growth patterns due the period of low forage production, usually associated with the dry season of the year. In addition, if strategies for food supplementation

can reduce the effects of this period, the posterior growth of the animals can take high values, seeking to recover the original size and body composition of animals. This behavior is referred as compensatory growth (Ryan et al., 1993a, 1993b).

Traditionally, the mathematical models used to describe the growth, generally considered a constant rate, or an evenly varied growth rate during the entire life of the animal, which does not meet these changes. One alternative is the use of multi-phase patterns to represent the growth (Berg and Butterfield, 1976).

In a production system of grazing cattle in tropical conditions it becomes clear three stages of growth: before, during, and after the period of food restriction imposed by environmental conditions. In addition, the strategy of nutritional supplementation may also affect the age at which the animals respond to the onset of feed restriction, and similarly, the age at which the animals respond to the end of feed restriction, when the animals are able to more efficiently utilize the grass re-growth and obtain greater growth rates.

Therefore, in our study, a mathematical model with three phases was adjusted for each animal (Eq. [1] to [3]). As when shorter time periods of growth are evaluated, growth curves usually have a linear form (Waldman et al., 1969; Lawrence and Fowler, 2002), our model had two sequential linear phases (Eq. [1] and [2]), followed by a final third phase in which the animal growth was represented by a logistic model (Eq. [3]). Time intervals (days in the experiment) in which each equation should be used were also parameters to the model (Age1 and Age2). Equations were then adjusted to represent the growth of the whole body (represented by FBW) and of each BM.

$$S = a + b \times dE \quad \text{while } dE \leq \text{Age1}, \quad [1]$$

$$S = a + b \times \text{Age1} + c \times (dE - \text{Age1}) \quad \text{while } \text{Age1} < dE \leq \text{Age2}, \text{ and}, \quad [2]$$

$$S = a + b \times \text{Age1} + c \times (\text{Age2} - \text{Age1}) + f \times (1 - e^{(-g \times (dE - \text{Age2}))}) \quad \text{if } dE > \text{Age2} \quad [3]$$

where “S” is the body weight or the size of the BM evaluated at the dE, kg or cm; “a” is the initial weight or measure of the animals, kg or cm; “b” is the diary growing rate in the first phase of growing, kg/d or cm/d; dE is the age in experiment, d; Age1 is the age in experiment when the animal reduce it growth rate because the period of low forage production, d; “c” is the diary growing rate in the period of low forage production, kg/d or cm/d; Age2 is the age in experiment when the animal take over the high growth rates after the period of nutritional restriction, d; “f” is the increment in the weight or the size of the BM evaluated from the point at the Age2 to the asymptote, kg or cm; “e” is the base of the natural logarithm; and “g” is the fractional growth rate in the final growing phase.

A preliminary analysis revealed no significant differences in the values of FBW or BM in the beginning of the experiment (Table 2). The overall average (dE = 0) of each measure was then used as parameter "a" for Eq. [1], [2], and [3]. This strategy was used to reduce the number of parameters to be estimated by the model.

For some BM, the convergence criteria of multi-phase equations were not met for all the animals, probably due to the large number of parameters to be estimated. Thus, the following criterion was adopted: one equation was assumed to be able to describe adequately the growth of one treatment when the convergence criteria were met for at least three of the five animals within a treatment.

To guarantee the comparison between the growing curves of all treatments, equations based on a simple logistic model (Eq. [4]) were also adjusted for each BM to each animal, as follows:

$$S = h / (1 + e^{(-k * dE)}) \quad [4]$$

where “S” is the weight or size of the BM evaluated in the dE, kg or cm; “h” is the increment in the size of the BM evaluated from the beginning of the experiment to the

asymptote, cm; “e” is the base of the natural logarithm; “k” is the average relative growth rate in the whole life of the animal; and dE is the age in experiment, d.

Statistical Analyses

Canonical variables and the standardized canonical coefficients were estimated with PROC CANDISC of the SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC).

All regressions were developed with PROC NLIN of the SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). The initial values for the parameter were estimated by visual examination of the data (parameters Age1 and Age2), by calculating the growing rates in the pre-weaning phase (parameter b), in three month during the dry season (parameter c), in the last three month of the experiment (parameter g) and in the entire experiment (parameter k), and by the last FBW or BM observed in the experiment (parameters f and h). Outliers were tested by plotting the studentized residual against the statistical-model predicted values. Data points were removed if the studentized residual was outside the range of -2.5 to 2.5. The PROC GLM of the SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC) was used to evaluate the effect of treatment on the parameters. A completely randomized design was assumed in this analysis. The statements CONTRAST and LSMEANS were used to evaluate the comparisons between the three supplemented treatments and the control treatment (supplementation effect) and between the differences of the three supplemented treatments. The significance level of 5 % was adopted.

Results and Discussion

Canonical Variables

Canonical coefficients analysis. The standardized canonical coefficients (Table 3) indicated the animal’s body shape differences according to their first and second canonical variables. The two first canonical variables explained 66.0, 83.1, 69.6, and 73.1% of the variation in body shape of the animals in each phase and in the complete period of the experiment, respectively.

In the pre-weaning phase, greater first canonical variable indicated higher animals while lesser one indicated deeper and wider animals. In this phase, the second canonical variable indicated animals with greater frontquarters (if this variable was greater) or hindquarter (if it was lesser).

In the dry and the transition of dry to rainy seasons, greater first canonical variable indicated animals with greater frontquarters and lesser one indicated animals with greater hindquarter. In this phase, second canonical variable indicated animals longer and higher (if this variable was greater), or animals deeper and wider (if it was lesser).

Already in the rainy season, greater first canonical variable indicated higher and longer animals, while lower one indicated wider animals. Greater second canonical variable in this phase, indicated animals deeper and with wider rump, while lesser variable indicated animals higher, longer, and with wider abdomen.

When estimated for the complete experimental period, greater first canonical variable indicated animals higher and longer, while lesser one indicated wider animals. In this case, greater second canonical variable indicated animals deeper and with wider rump, while lesser one indicated animals longer, with wider abdomen, and with greater frontquarter.

According to the standardized canonical coefficients of the first canonical variable, the four main BM to explain the differences in animal's body shape were HeR, HeW, PW, and RiD during the pre-weaning phase. In the dry and the transition of dry to rain seasons, the BM were RiD, BL, AW, and PGL, and, in the rainy season, the HeR, BL, AW, and HW. When evaluated the complete experimental period, RiD, PW, HeR, and HeW were the main BM.

It's interesting to note that the changes in body shape in different phases, while the animals grew, did not occur uniformly. These BM, evidenced by the canonical coefficients in each phase, may represent the BM with greater variation in their growing rate in that phase.

Graphical analysis of the first and second canonical variables. Figure 2 has the plot of the first and second canonical variables. During the pre-weaning phase, it showed a uniform distribution of animals of different treatments by the graphic, with greater concentration of animals near the axis. This indicated that nutritional supplements used were not able to affect the animal's shape in this phase.

On the other hand, in the dry and the transition of dry to rainy seasons, the animals in control treatment had greater hindquarter (concentrated at the bottom of the graphic). Already the animals receiving the supplement with high urea (T1) tend a more equilibrated shape, while the animals receiving the supplement T2 were longer and higher. Finally, the animals receiving the supplement T3 (without urea) in this phase tended to have greater frontquarter.

Since this was the phase of low growth in the year, these responses can evidence the capacity of each supplement to reduce the effects of the low forage availability in this phase. In this case, it was the effect of this nutritional restriction on the animal's body shape (considering the control treatment).

When analyzed the rain season, the control animals tended to have a different shape too. In this case, these animals tended to be higher, longer, and wider (located at the left and bottom part of the graphic).

The greater width of these animals can be associated with the greater growth of organs and viscera in animals after a nutritional restriction (Berg and Butterfield, 1976). Also Lawrence and Pearce (1964), cited by Lawrence and Fowler (2002), observed greater animal's width during the compensatory growth.

Even during the rainy season just the animals receiving the supplement without urea (T3), between the supplemented ones, had a non equilibrated shape. These animals tended to be higher and longer.

The analysis of the complete experimental period evidenced that the mineral supplementation (control treatment) tended to produce animals not higher or longer, but wider (located at the left side of the graphic). This shape is compatible with the small mature size of animals submitted to a greater nutritional restriction during their life (Berg and Butterfield, 1976). Despite all the animals were affected by the low forage availability period, the growth patterns of those animals (without concentrate supplement) seem to have been most affected by this nutritional restriction.

Data of concentrate supplemented animals were dispersed in the graphic of the entire experimental period. There was just a tendency to the animals that received supplements T2 and T3 to be higher and longer (locate at the top side of the graphic). This also could evidence a great mature size for grazing animals receiving concentrate supplementation.

Growth curves

Growth curves of FBW. Lawrence and Fowler (2002) explained that the body weight is the most used parameter to describe the growth of the entire body.

There were no differences between the parameters estimated by the multi-phase model to describe the growing curve of FBW to the three concentrate supplemented treatments (Table 4). Graphically (Figure 3), it's possible to see that the curves of these groups are very similar. On the other hand, there were a lot of differences when compared the growing curves of the control and the supplemented animals (supplementation effect).

The absolute growth rate of FBW in the first phase of the model (parameter "b" – Table 4) showed no effect of supplementation. In fact, in this phase, the animals were nursing calves and their growth depended not only of the pasture or concentrate intake, but also of the milk supplied by their mothers (Chapter 1).

The first difference between the supplemented and the control animals was the age at which the animals respond to the onset of feed restriction due the dry season (parameter

“Age1”- Table 4). All the supplemented groups ($P > 0.05$) began to feeling the nutritional restriction after the control group.

The animals were weaned 120 d after the beginning of the experiment, already during the dry season. Despite all the calves were feeling the direct and indirect effects (due to the reduction of milk production of the mothers) of poorer quality of the pasture, the concentrate supplementation enabled the animals to maintain greater growth rate during about 30 d more than the control ones. This can be explained by the greater solids intake (forage and concentrate) by these animals (Chapter 1).

The absolute growth rate of FBW during the phase of nutritional restriction (parameter “c” – Table 4) differed ($P < 0.01$) between the supplemented and control animals too. While the control animals maintain an average daily gain of about 140 g/d, the supplemented ones had an average gain around 340 g/d. Also the age at which the animals respond to the onset of feed restriction (parameter “Age2” – Table 4) showed differences ($P < 0.01$) between the supplemented and control animals. The supplemented ones could take the greater growth rates about 22 d before the control animals.

The combination of these three parameters (“Age1”, “c” and “Age2”) was responsible by most of the greater final FBW of the concentrate supplemented animals. In fact, considering the average parameters “Age1”, “b” and “c” of the supplemented and control animals, the supplemented ones get more 29 kg ($30 \text{ d} \times 968 \text{ g/d}$) in the beginning of the dry season. Despite the grater duration of the nutritional restriction phase to the control animals, the greater growth rate of the supplemented animals in this phase gave more 26 kg to these animals. Finally, the greater growth rate between the “Age2” of the supplemented animals and the “Age2” of the control animals gave more 33 kg to the supplemented ones.

Summing these weights, supplemented animals had 88 kg of FBW more than the control ones. This difference represent 89% of the difference of 99 kg, observed between the

supplemented and the control animals at the end of the experiment (in day 430), and 71% of the difference (123 kg) projected to the mature weight of the animals (Table 4).

The greater ($P < 0.05$) relative growth rate of the control animals on the third phase of the model (parameter “g” – Table 3) appears to be more related to the low FBW of these animals than to a greater absolute dairy weight gain.

Growth curves of BM. Convergence criteria did not meet for both, the multi phase or the logistic models, for PW. This can be explained by two ways: the growth curve of this BM has a shape not explained for these models, or there was a problem with the data collected.

The major difference between PW and other BM is the size of the measure. PW is very small when compared with other BM (Table 2). The use of a large caliper to take this BM may cause errors that can distort the shape of the growth curve, preventing the adjustment of the models. In fact, the loss of accuracy due the errors depending of the tool used was one of the limitations of the BM evidenced by Fisher (1975). We can suggest that other researches try to use a small caliper to take this BM and evaluate the results.

It was not possible to adjust the multi phase model to the BL for none of the groups too. In this case, however, the logistic model was adjusted for all groups (Table 5). Difficulties on the data collection also can explain the adjustment problems of these multi phase models. The BL is one of the BM more affected by the animal position in the moment of the measurement. Any anatomical distortion produced due to changes in either position or posture can affect this measurement (Fisher, 1975).

The logistic model showed no differences in BL growth curves between the concentrate supplemented groups of animals, including the mature size and the relative growth rate (parameters “h” and “k”, Table 5). These concentrate supplemented animals, however, differed ($P < 0.05$) to the control animals on the mature size of BL. It can mean that

animals not receiving concentrate supplementation tended to be shorter than the others, at maturity.

When analyzed the HeW of the animals, this smaller mature body size of the control animals was detected ($P < 0.05$) by the logistic model (parameter k – Table 5) too. Despite the greatest average mature size of the concentrate supplemented animals estimated by the multi phase model, this difference was not detected ($P > 0.05$) by this model. On the other hand, the greatest mature size of the HeR of the concentrate supplemented animals was significantly detected by both the models.

These results confirm the small mature size of animals supplemented just with mineral, here observed by the study of the canonical variables.

The type of concentrate supplementation affected ($P < 0.05$) the growth rate of HeW during the restrict growth phase (parameter “ c ”) and the end of this phase (parameter “Age2”). Animals receiving concentrate supplement with urea during this phase (T2) had greater growth rate and stay in this phase by more time than those receiving concentrate supplement without urea (T3).

The main characteristic of the growth curve to affect the smaller mature size of the HeR in control animals was the time during which the animals respond to the feed restriction. Control animals beginning this phase of smaller growth rate about 50 days before, and finished it about 20 days after the average of the supplemented animals. This long time at a reduced growth rate (almost 20 times less than in the first phase of growth) could not permitted that they hit the same mature HeR of the concentrate supplemented animals, despite the similar growth rate in the third phase of growth.

Neither the multiphase nor the logistic models could identify any difference between the growth curves of the AW of the animals. It is interesting to note that this BM seems to stop their growth during the restricted growth phase. It can be explained by the reduction in

the size of organs and viscera during phases of nutritional restriction (Berg and Butterfield, 1976).

Also the PGL showed small differences between groups of treatments. There was just a difference in the relative growth rate in the final phase between the supplemented and the control animals. This was not sufficient to affect the mature size of this BM.

The analysis of the estimated parameters of the growth curve of RiD showed different results, depending of the model used. When compared the concentrate supplemented and the control animals, the multiphase model could not detect any difference between them. Already the logistic model showed differences ($P < 0.05$) to the mature size and to the average relative growth rate during all the experimental period.

On the other side, when compared the supplemented groups, the logistic model could not detect any difference, while the multiphase model showed that the animals receiving the concentrate supplement T3 had smaller first phase and a greater growth rate of RiD in this phase.

There were no differences between the growth curves of the HW between the supplemented and the control animals. However, when compared the different concentrate supplements, animals that received the treatment T1 tended to have smaller growth rate during the restrict growth phase and greater growth rate in the final growth phase.

These characteristics indicates that, to HW, the animals submitted to this supplementation programs were more affected by the dry season, but it were able to recover this losses in the next phase, finishing with a similar mature size when compared with the others. This behavior could not to be evaluated by the logistic model that showed just the similar average growth rate (during all the experimental period) and mature size of for all treatments.

The differences observed in the growth curves of HeW, HeR, RiD and BL could be associated to the feed restriction period, and to the responses of the animals after the end of it. About the protein pattern of the concentrate supplementation, the use of urea in the supplement could affect the growth of the HeW, RiD and HW, during the feed restriction period. It is important to evaluate the relations between the BM growth and variations in body composition of the animals.

Literature Cited

- Berg, R. T. and R. M. Butterfield. 1976. **New concepts of cattle growth**. Macarthur Press, Sydney, Australia.
- Fisher, A. v. 1975. The accuracy of somebody measurements on live beef steers. **Livest. Prod. Sci.** 2:357-366.
- France, J. e Kebreab, E. **Mathematical modeling in animal nutrition**. Oxfordshire, UK: CABI, 2008. 574p.
- Lawrence, T.L.J. and V.R. Fowler. 2002. **Growth of farm animals**. 2nd ed. CAB Publishing, New York, NY. USA.
- NRC. 2000. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. Updated 7th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Ryan, W. J., I. H. Williams, and R. J. Moir. 1993a. Compensatory growth in sheep and cattle. I. Growth pattern and feed intake. **Austr. J. Agric. Res.** 44:1609-1621.
- Ryan, W. J., I. H. Williams, and R. J. Moir. 1993b. Compensatory growth in sheep and cattle. II. Changes in body composition and tissue weights. **Austr. J. Agric. Res.** 44:1623-1633.
- Tedeschi, L. O., D. G. Fox, P.J. Guiroy. 2004. A decision support system to improve individual cattle management. 1. A mechanistic, dynamic model for animal growth. **Agric. Syst.** 79: 171-204.
- Waldman, R. C., Tyler W. J. and Brungardt V. H. Estimation of Body Composition in Young Calves. **J. Anim. Sci.** 29:426-428. 1969.

Table 1 - Composition of the concentrate supplements used in each phase of the experimental period

| Experimental phase | Pre-weaning (March to June) | | | Dry season (July to October) | | | Transition dry- rain season (October to December) | | | Rainseason (January to May) | | |
|------------------------------|--------------------------------|------|------|---------------------------------|------|------|--|------|------|--------------------------------|------|------|
| | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 |
| Supplementat ion strategy | | | | | | | | | | | | |
| Ingredient ¹ | | | | | | | | | | | | |
| Corn | 32.5 | 64.9 | 97.4 | 71.3 | 48.4 | 26.2 | 69.5 | 47.9 | 25.5 | 86.3 | 69.3 | 51.4 |
| Soybean Meal | 64.9 | 32.5 | -- | 15.9 | 42.9 | 69.0 | 17.8 | 43.4 | 69.8 | 3.8 | 23.8 | 44.7 |
| Urea | -- | -- | -- | 8.00 | 4.00 | -- | 8.00 | 4.00 | -- | 6.00 | 3.00 | -- |
| Salt | 2.60 | 2.60 | 2.60 | 4.80 | 4.80 | 4.80 | 4.70 | 4.70 | 4.70 | 3.80 | 3.80 | 3.80 |

Table 2 - Full body weight and biometric measures observed in beginning of the experiment and used as initial values in the growing curves

| Item | X | SD |
|-------------------------------|----------|-----------|
| Full body weight, kg | 129.07 | 28.1 |
| Biometric measures, cm | | |
| Pin bones width | 11.0 | 1.77 |
| Hook bones width | 20.6 | 2.65 |
| Abdomen width | 28.8 | 3.62 |
| Pelvic girdle length | 26.0 | 2.63 |
| Body length | 53.2 | 8.66 |
| Rump height | 110 | 5.88 |
| Height at withers | 104 | 5.99 |
| Rib depth | 40.1 | 4.21 |

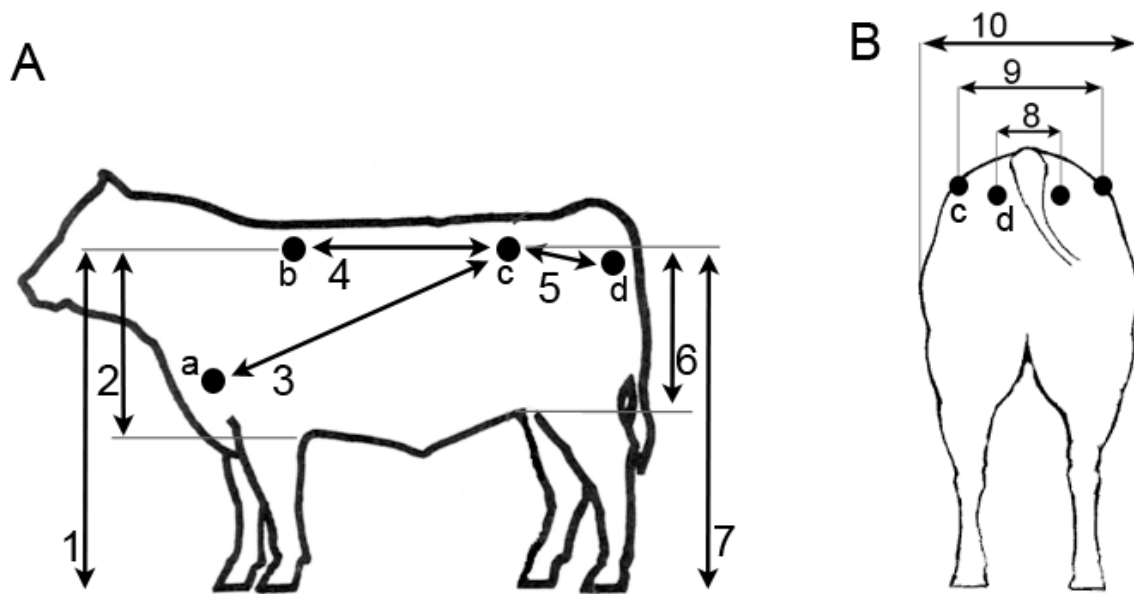


Figure 1 - Schematic representation of (A) lateral and (B) posterior views of a steer showing the relative locations of biometric measurements, including (1) height at withers, (2) rib depth, (3) body diagonal length, (4) body length, (5) pelvic girdle length, (6) rump depth, (7) rump height, (8) pin bones width, (9) hook bones width, and (10) abdomen width. The girth circumference (not shown in panel A) was taken as the smallest circumference just posterior to the anterior legs in the vertical plane. Points a, b, c, and d are relative locations of point of shoulder, withers, hook bones, and pin bones; respectively.

Table 3 - Standardized canonical coefficients for biometric measures in the first and second canonical variable in each phase of life and for the entire life of the animals

| Biometrical measures ¹ | Phase | | | Complete Period |
|-----------------------------------|-------------|-------------------------------------|--------------|-----------------|
| | Pre-weaning | Dry and transition dry-rain seasons | Rainy season | |
| <i>First canonical variable</i> | | | | |
| PW | -1.60 | 0.413 | 0.047 | -1.443 |
| HW | 0.389 | 0.432 | -0.102 | 0.379 |
| AW | -0.922 | -0.182 | -1.205 | -1.032 |
| PGL | 0.198 | 0.351 | 0.165 | 0.411 |
| BL | 0.566 | 0.883 | 0.289 | 0.597 |
| HeR | 2.94 | 0.476 | 2.268 | 2.897 |
| HeW | 0.595 | 0.779 | 0.265 | 0.807 |
| RiD | -1.32 | 0.971 | 0.137 | -1.507 |
| <i>Second canonical variable</i> | | | | |
| PW | -2.25 | -1.78 | 0.247 | 0.306 |
| HW | 0.149 | 0.083 | 0.550 | 0.702 |
| AW | 1.37 | -0.187 | -0.932 | -2.00 |
| PGL | 0.349 | 0.552 | -0.059 | -1.10 |
| BL | 0.568 | 0.836 | -0.744 | -0.25 |
| HeR | -1.47 | 2.14 | -1.14 | 0.482 |
| HeW | 0.726 | 0.273 | -0.373 | -0.884 |
| RiD | 1.27 | -1.25 | 2.98 | 3.11 |

¹ PW is pin bones width, HW is hook bones width, AW is abdomen width, PGL is pelvic girdle length, BL is body length, HeR is rump height, HeW is height at withers, RiD is rib depth.

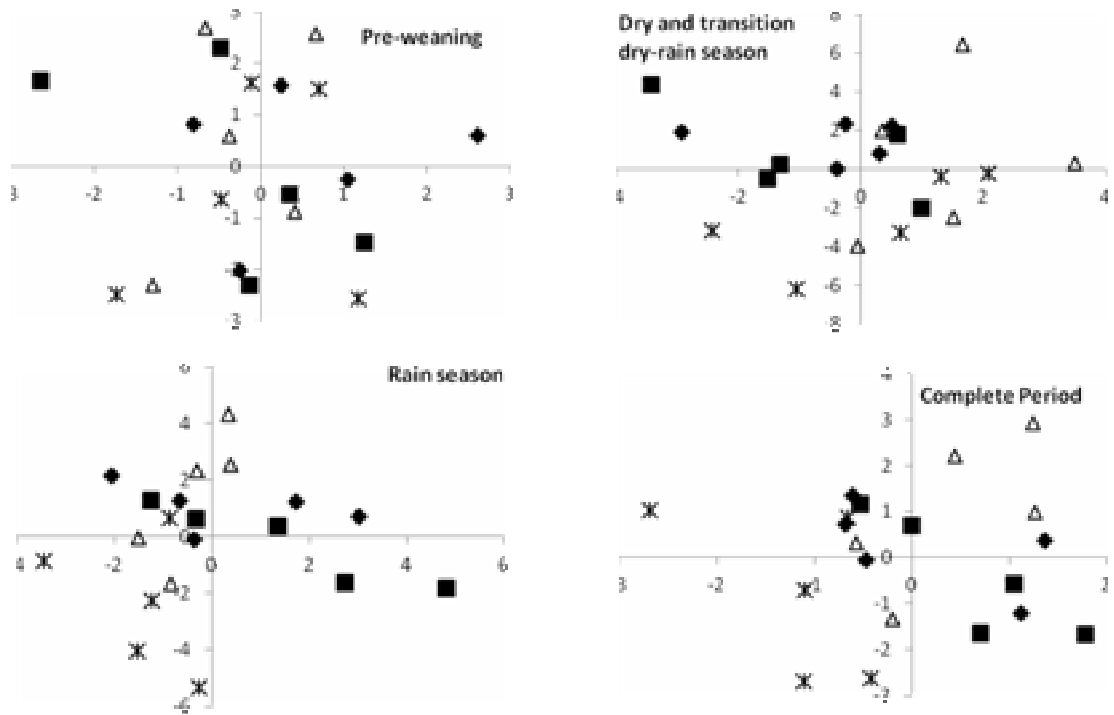


Figure 2 - Distribution of the animal's first (y axis) and second (x axis) canonical variables of each animal in each phase of life and in the entire life of the animals (■ Trat. 1, Δ Trat. 2, ♦ Trat. 3, ✕ Reference).

Table 4 - Means and standard errors of the parameters of the growing curves of FBW and mature weight projected to each animal in the three supplemented and in the control treatment

| Parameters ¹ | n | Supplements ² | | | | SEM | P-Value of Supplementation Effect ³ |
|-------------------------|----|--------------------------|--------|--------|--------|-------|--|
| | | Control | T1 | T2 | T3 | | |
| b, kg/d | 19 | 0.914 | 1.105 | 0.922 | 1.301 | 0.225 | 0.469 |
| Age1, d | 19 | 82 | 112 | 131 | 97 | 12.2 | 0.047 |
| c, kg/d | 19 | 0.141 | 0.299 | 0.300 | 0.383 | 0.050 | 0.006 |
| Age2, d | 19 | 314 | 282 | 297 | 296 | 6.00 | 0.006 |
| f, kg | 19 | 134 | 196 | 183 | 176 | 21.4 | 0.057 |
| g | 19 | 0.0152 | 0.0073 | 0.0114 | 0.0106 | 0.002 | 0.040 |
| Mature Weight, kg | 19 | 365 | 491 | 477 | 497 | 29.3 | 0.003 |

¹ Model: $S = a + b * dE$, while $dE \leq Age1$, $S = a + b * Age1 + c * (dE - Age1)$, while $Age1 < dE \leq Age2$, and, $S = a + b * Age1 + c * (Age2 - Age1) + f * (1 - e^{-g * (dE - Age2)})$, if $dE > Age2$, Where: “S” is the weight evaluated at the dE, kg; “a” is the average initial weight of the animals as in Table 1, kg; “b” is the diary growing rate in the first phase of growing, kg/d; dE is the age in experiment, d; Age1 is the age in experiment when the animal reduce it growth rate because the period of low forage production, d; “c” is the diary growing rate in the period of low forage production, kg/d; Age2 is the age in experiment when the animal take over the high growth rates after the period of nutritional restriction, d; “f” is the increment in the weight from the weight at the Age2 to the asymptote, kg; “e” is the base of the natural logarithm; and “g” is the relative growth rate in the final growing phase of life.

² Treatments were different protein patterns in the supplements and control was mineral supplement only.

³ P-value to the contrast: reference x supplemented treatments.

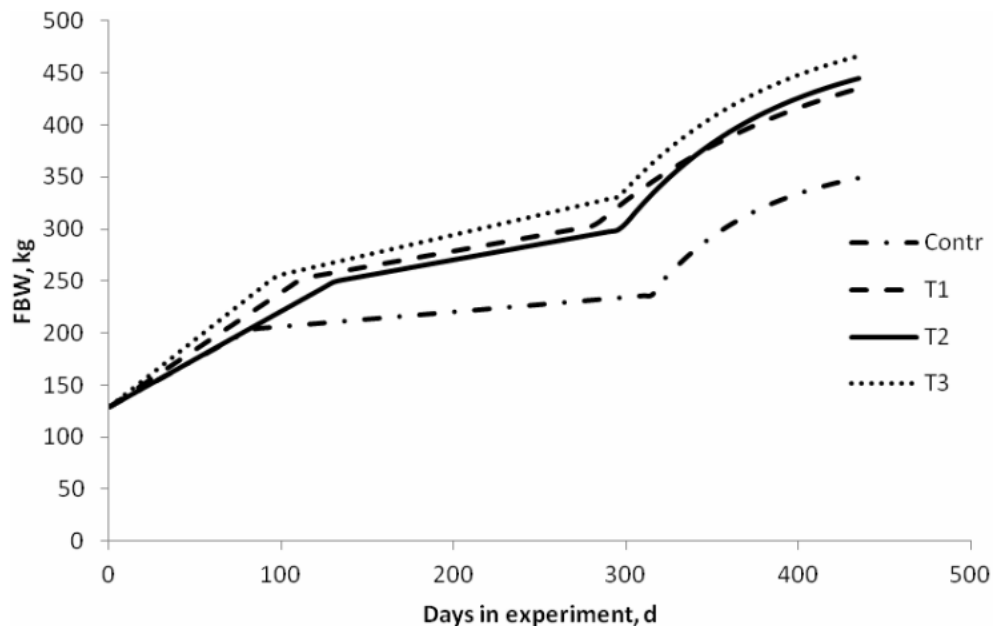


Figure 3 - Growing curves of FBW (kg) projected by the model to the animals in the three supplemented and in the control treatments

Table 5 - Means and standard errors of the parameters of the growing curves of body measures and mature size projected in the three supplemented and in the control treatments

| Parameters ¹ | n | Supplements ² | | | | SEM | P-Value of Supplementation ³ |
|--------------------------|----|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|---|
| | | Control | T1 | T2 | T3 | | |
| Height at Withers | | | | | | | |
| Multi phase Model | | | | | | | |
| b, cm/d | 12 | 0.181 | n.c. ⁴ | 0.190 ^a | 0.283 ^a | 0.050 | 0.379 |
| Age1, d | 12 | 66.1 | n.c. | 110 ^a | 66.0 ^a | 17.8 | 0.334 |
| c, cm/d | 12 | 0.022 | n.c. | 0.042 ^a | 0.014 ^b | 0.006 | 0.465 |
| Age2, d | 12 | 240 | n.c. | 359 ^a | 232 ^b | 10.9 | 0.034 |
| f, cm | 12 | 27.9 | n.c. | 13.3 ^a | 33.8 ^a | 9.75 | 0.755 |
| g | 12 | 0.005 | n.c. | 0.014 ^a | 0.017 ^a | 0.002 | 0.211 |
| Mature Size, cm | 12 | 148 | n.c. | 145 ^a | 158 ^a | 9.51 | 0.806 |
| Logistic Model | | | | | | | |
| h, cm | 20 | 124 | 128 ^a | 130 ^a | 130 ^a | 1.85 | 0.0191 |
| K | 20 | 0.064 | 0.046 ^a | 0.048 | 0.049 ^a | 0.007 | 0.0535 |
| Rump Height | | | | | | | |
| Multi phase Model | | | | | | | |
| b, cm/d | 12 | 0.279 | n.c. | 0.176 ^a | 0.230 ^a | 0.047 | 0.223 |
| Age1, d | 12 | 56.1 | n.c. | 130 ^a | 81.4 ^a | 18.3 | 0.055 |
| c, cm/d | 12 | 0.016 | n.c. | 0.024 ^a | 0.020 ^a | 0.011 | 0.663 |
| Age2, d | 12 | 297 | n.c. | 299 ^a | 254 ^a | 28.4 | 0.582 |
| f, cm | 12 | 10.3 | n.c. | 13.6 ^a | 24.7 ^a | 5.96 | 0.255 |
| g | 12 | 0.024 | n.c. | 0.117 ^a | 0.009 ^a | 0.064 | 0.628 |
| Mature Size, cm | 12 | 140 | n.c. | 152 ^a | 158 ^a | 5.42 | 0.045 |
| Logistic Model | | | | | | | |
| h, cm | 20 | 129 | 133 ^a | 137 ^a | 136 ^a | 2.04 | 0.013 |
| K | 20 | 0.075 | 0.056 ^a | 0.048 ^a | 0.057 ^a | 0.007 | 0.013 |
| Abdomen Width | | | | | | | |
| Multi phase Model | | | | | | | |
| b, cm/d | 8 | 0.303 | n.c. | 0.144 | n.c. | 0.081 | 0.224 |
| Age1, d | 8 | 72.3 | n.c. | 94.3 | n.c. | 20.2 | 0.487 |
| c, cm/d | 8 | -0.0003 | n.c. | 0.004 | n.c. | 0.011 | 0.810 |
| Age2, d | 8 | 320 | n.c. | 303 | n.c. | 11.5 | 0.348 |
| f, cm | 8 | 17.3 | n.c. | 12.1 | n.c. | 2.16 | 0.139 |
| g | 8 | 0.019 | n.c. | 0.020 | n.c. | 0.004 | 0.912 |
| Mature Size, cm | 8 | 61.3 | n.c. | 55.1 | n.c. | 2.9 | 0.185 |
| Logistic Model | | | | | | | |
| h, cm | 20 | 60.0 | 64.5 ^a | 62.5 ^a | 70.5 ^a | 4.04 | 0.233 |

| | | | | | | | |
|-----------------------------|----|--------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------|
| K | 20 | 0.011 | 0.005 ^a | 0.005 ^a | 0.003 ^a | 0.003 | 0.071 |
| Pelvic Girdle Length | | | | | | | |
| Multi phase Model | | | | | | | |
| b, cm/d | 12 | 0.067 | 0.10 ^a | n.c. | 0.103 ^a | 0.011 ^a | 0.282 |
| Age1, d | 12 | 106 | 90.7 ^a | n.c. | 79.9 ^a | 6.16 ^a | 0.785 |
| c, cm/d | 12 | -0.015 | -0.013 ^a | n.c. | 0.007 ^a | 0.014 ^a | 0.605 |
| Age2, d | 12 | 231 | 250 ^a | n.c. | 256 ^a | 23.9 ^a | 0.828 |
| f, cm | 12 | 36.9 | 6.96 ^a | n.c. | 7.26 ^a | 14.4 ^a | 0.413 |
| g | 12 | 0.006 | 0.025 ^a | n.c. | 0.018 ^a | 0.003 ^a | 0.005 |
| Mature Size, cm | 12 | 67.0 | 40.2 ^a | n.c. | 43.4 ^a | 13.9 ^a | 0.401 |
| Logistic Model | | | | | | | |
| h, cm | 20 | 51.5 | 49.4 | 54.2 | 54.4 | 3.45 | 0.771 |
| K | 20 | 0.007 | 0.009 | 0.003 | 0.005 | 0.003 | 0.693 |
| Rib Depth | | | | | | | |
| Multi phase Model | | | | | | | |
| b, cm/d | 19 | 0.117 | 0.090 ^a | 0.139 ^{ab} | 0.225 ^b | 0.037 | 0.431 |
| Age1, d | 19 | 120 | 144 ^a | 84.3 ^b | 63.1 ^b | 18.9 | 0.296 |
| c, cm/d | 19 | -0.021 | -0.018 ^a | 0.004 ^a | 0.016 ^a | 0.012 | 0.127 |
| Age2, d | 19 | 267 | 252 ^a | 268 ^a | 243 ^a | 15.3 | 0.477 |
| f, cm | 19 | 16.1 | 33.1 ^a | 14.0 ^a | 12.7 ^a | 9.17 | 0.723 |
| g | 19 | 0.010 | 0.018 ^a | 0.016 ^a | 0.010 ^a | 0.006 | 0.550 |
| Mature Size, cm | 19 | 64.9 | 84.4 ^a | 66.3 ^a | 66.8 ^a | 9.47 | 0.489 |
| Logistic Model | | | | | | | |
| h, cm | 20 | 52.3 | 62.6 ^a | 69.7 ^a | 69.6 ^a | 5.98 | 0.045 |
| K | 20 | 0.048 | 0.021 ^a | 0.015 ^a | 0.029 ^a | 0.007 | 0.009 |
| Hook Bones Width | | | | | | | |
| Multi phase Model | | | | | | | |
| b, cm/d | 17 | 0.136 | 0.144 ^a | 0.126 ^a | 0.152 ^a | 0.023 | 0.857 |
| Age1, d | 17 | 76.3 | 88.6 ^a | 91.5 ^a | 82.1 ^a | 9.06 | 0.281 |
| c, cm/d | 17 | 0.009 | 0.009 ^a | 0.015 ^{ab} | 0.021 ^b | 0.003 | 0.134 |
| Age2, d | 17 | 306 | 273 ^a | 311 ^a | 302 ^a | 14.5 | 0.512 |
| f, cm | 17 | 7.29 | 5.66 ^a | 5.87 ^a | 8.10 ^a | 1.24 | 0.592 |
| g | 17 | 0.015 | 0.032 ^a | 0.030 ^a | 0.010 ^b | 0.005 | 0.132 |
| Mature Size, cm | 17 | 40.2 | 41.8 ^a | 41.8 ^a | 46.6 ^a | 1.63 | 0.117 |
| Logistic Model | | | | | | | |
| h, cm | 20 | 41.6 | 41.2 ^a | 41.4 ^a | 43.2 ^a | 2.77 | 0.930 |
| K | 20 | 0.013 | 0.012 ^a | 0.009 ^a | 0.011 ^a | 0.003 | 0.534 |

Body Length

Logistic Model

| | | | | | | | |
|-------|----|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|
| h, cm | 20 | 62.0 | 72.3 ^a | 73.7 ^a | 74.3 ^a | 4.56 | 0.046 |
| K | 20 | 0.022 | 0.006 ^a | 0.005 ^a | 0.010 ^a | 0.006 | 0.059 |

¹ Multi Phase Model: $S = a + b * dE$, while $dE \leq Age1$, $S = a + b * Age1 + c * (dE - Age1)$, while $Age1 < dE \leq Age2$, and, $S = a + b * Age1 + c * (Age2 - Age1) + f * (1 - e^{-g * (dE - Age2)})$, if $dE > Age2$, Where: “S” is the size of the BM evaluated at the dE, kg; “a” is the average initial size of the evaluated BM of the animals as showed in Table 1, cm, “b” is the diary growing rate in the first phase of growing, cm/d; dE is the age in experiment, d; Age1 is the age in experiment when the animal reduce it growth rate because the period of low forage production, d; “c” is the diary growing rate in the period of low forage production, cm/d; Age2 is the age in experiment when the animal take over the high growth rates after the period of nutritional restriction, d; “f” is the increment in the size of the BM evaluated from the size at the Age2 to the asymptote, cm; “e” is the base of the natural logarithm; and “g” is the relative growth rate in the final growing phase of life; Logistic Model: $S = h / (1 + e^{-k * dE})$, “S” is the size of the BM evaluated in the dE, cm; “h” is the increment in the size of the BM evaluated from the beginning of the experiment to the asymptote, cm; “e” is the base of the natural logarithm; “k” is the average relative growth rate in the whole life of the animal, and dE is the age in experiment, d.

² Treatments were different protein patterns in the supplements and control was mineral salt only.

³ P-value to the contrast: reference x supplemented treatments.

⁴ Convergence criteria did not meet.

Capítulo 7

Avaliação do crescimento de tourinhos em pastejo recebendo suplementação concentrada com diferentes perfis protéicos III: Carcaça e seus componentes

Resumo - Para analisar-se os padrões de crescimento e comparar as curvas de crescimento da carcaça e seus componentes, foram utilizados 57 tourinhos nelorados com idade e peso vivo iniciais de 144 d e 129 kg. Cinco animais foram abatidos no início do experimento e os demais divididos em quatro grupos, alojados em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf e suplementados com concentrados com diferentes perfis protéicos ou sal mineral *ad libitum* (controle). Os suplementos concentrados foram formulados com milho, farelo de soja e uréia. Na fase pré-desmama os animais recebiam 1,2 kg; durante a recria 1,5 kg; e, na terminação, 2,0 kg/d de concentrado. Estes animais foram abatidos escalonadamente 120 d, 210 d, 315 d e 434 d após o início do experimento. Após resfriamento, as meia carcaças foram pesadas, a meia carcaça direita foi dissecada e seus componentes (músculos, gordura subcutânea, gordura intermuscular, ossos longos, ossos da costela, e ossos das vértebras) pesados. Estimou-se a primeira e segunda variáveis canônicas utilizando-se os dados dos componentes da carcaça. Os coeficientes padronizados e as variáveis canônicas foram avaliados. Ajustou-se um modelo de crescimento multifásico, considerando-se três fases de produção, para a carcaça e cada componente. Compararam-se os modelos de crescimento entre os tratamentos que recebiam concentrado e entre estes e o controle (efeito da suplementação). O período de baixa disponibilidade nutricional anual alterou a curva de crescimento dos tecidos da carcaça. Estes efeitos são mais pronunciados nos animais que não receberam suplementação concentrada e não são afetados pelo perfil protéico deste suplemento. O tecido mais susceptível às variações nutricionais sazonais foi a gordura subcutânea, e o mais resistente os ossos das vértebras.

Palavras-chave: bovinos de corte, carcaça, crescimento, modelagem

Evaluation of growth of grazing young bulls receiving concentrate supplementation with different protein profiles III: Carcass and its components

Abstract - To analyze the growth patterns and compare the growth curves of the carcass and its components, 57 crossbred young bulls with initial age and body weight of 144 d and 129 kg were used. Five animals were slaughtered at the beginning of the experiment and the others were divided into four groups, housed in *Brachiaria decumbens* Stapf pastures and supplemented with concentrate with different protein patterns or mineral salt *ad libitum* (control). The concentrate supplements were formulated with corn, soybean meal and urea. In the nursing phase the animals received 1.2 kg, during the growing 1.5 kg and in finishing phase, 2.0 kg per animal/d of concentrate. These animals were slaughtered at 120, 210, 315 and 434 d after the beginning of the experiment. After chilling the carcass, half carcasses were weighed and the right half carcass was dissected and its components (muscles, subcutaneous fat, intermuscular fat, long bones, rib bones, and vertebra bones) weighed. The first and the second canonical variables were estimated using the data of the carcass and its components. The standard coefficients of canonical and canonical variables were evaluated. A multi-phase growth model was adjusted, considering three production phases, to the carcass and its components. Growth models were compared between the treatments that received concentrate and between these and the control (supplementation effect). The annual period of low availability of nutrients changed the growth curve of the carcass tissues. These effects were more pronounced in animals receiving no concentrate supplement and were not affected by the protein profile of this supplement. The tissue more affected by the seasonal nutritional variations was the subcutaneous fat, and the most resistant were the vertebrae bones.

Keywords: beef cattle, carcass, growth, modeling.

Introdução

A composição da carcaça, especialmente no que diz respeito à proporção de ossos e à quantidade e distribuição da gordura é um dos fatores com maior potencial para afetar a rentabilidade da produção de bovinos de corte.

O crescimento dos animais como um todo e a composição deste crescimento são influenciados principalmente pela nutrição dos mesmos. Em sistemas de produção de gado de corte a pasto em condições tropicais esta nutrição depende principalmente das variações na disponibilidade forrageira das pastagens, de acordo com a época do ano, e da suplementação nutricional oferecida aos animais.

É importante, portanto, que se avalie os efeitos da suplementação nutricional e das fases de produção sobre a composição do material produzido.

A maioria dos trabalhos realizados sobre a suplementação de bovinos a pasto geralmente avaliam períodos específicos da produção, ou medem o efeito final de determinado sistema de suplementação. Existe carência na literatura brasileira de trabalhos avaliando a evolução destas condições em animais mantidos em condições nutricionais específicas desde a fase de amamentação até a terminação, passando, e interagindo, com as diferentes épocas do ano.

Poppi & Mclellan (1995) destacaram que existem poucas informações sobre o quanto a proteína é limitante para animais pastejando forragens de climas tropicais em alguns períodos do ano. Estes autores afirmaram ainda que a suplementação amplia a disponibilidade de proteína metabolizável, a relação proteína:energia absorvida e a retenção de energia, reduzindo a produção de calor metabólico, e as exigências de manutenção. Estes fatores podem levar a diferenças na proporção de tecidos corporais depositados.

Objetivou-se com este estudo: (1) analisar os padrões de crescimento da carcaça e de seus componentes, e (2) comparar as curvas de crescimento da carcaça e de seus

componentes em bovinos de corte produzidos a pasto, sob diferentes estratégias de suplementação nutricional.

Materiais e Métodos

Dados experimentais

Descrição dos animais. Este experimento foi conduzido entre março de 2007 e maio de 2008 na Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizados 57 tourinhos, com, no mínimo, 50% de sangue nelore, com idade e peso vivos iniciais de 144 ± 22.7 d e 129 ± 28.1 kg, respectivamente. Cinco animais foram abatidos no início do experimento e os demais foram então, aleatoriamente divididos em quatro grupos e alojados em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf durante 430 dias. Em cada grupo, os animais foram suplementados com uma das estratégias de suplementação avaliadas: um dos três diferentes tipos de suplemento concentrado ou apenas sal mineral.

Dieta. Os suplementos concentrados foram formulados com milho, farelo de soja e uréia, de acordo com os requerimentos dos animais em cada fase, segundo as recomendações do NRC (2000) (Tabela 1). Na fase pré-desmama, durante a transição águas-seca e início da estação seca, os animais recebiam 1,2 kg/animal/d de concentrado formulado sem o uso de uréia. O concentrado foi oferecido em um sistema de “creep-feeding” para se evitar o consumo dos mesmos pelas vacas. Durante a recria, no período da seca e transição seca-águas do ano, 1,5 kg/animal de suplemento concentrado eram oferecidos diariamente a cada animal. Por fim, na fase de terminação, durante a estação das águas e início da transição águas-seca do ano de 2008, 2,0 kg/animal/d foram fornecidos.

Nas fases de recria e terminação, o conteúdo de NNP da dieta variou, de acordo com a quantidade de uréia utilizada em cada formulação. O sal mineral foi fornecido *ad libitum* ao

último grupo de animais em todas as fases. Maiores informações sobre as dietas e a condições nutricionais dos animais podem ser observadas nos Capítulos 1 a 4.

Tabela 1 – Composição dos suplementos concentrados utilizados em cada estratégia de suplementação (T1, T2 ou T3), em cada fase do período experimental.

| Fase experimental | Amamentação (Março a Junho) | | | Recria (Julho a Outubro) | | | Recria (Outubro a Dezembro) | | | Terminação (Janeiro a Maio) | | |
|------------------------------------|--------------------------------|------|------|-----------------------------|------|------|--------------------------------|------|------|--------------------------------|------|------|
| | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 |
| Estratégia de suplementação | | | | | | | | | | | | |
| Ingredientes¹ | | | | | | | | | | | | |
| Milho | 32,5 | 64,9 | 97,4 | 71,3 | 48,4 | 26,2 | 69,5 | 47,9 | 25,5 | 86,3 | 69,3 | 51,4 |
| Farelo de soja | 64,9 | 32,5 | -- | 15,9 | 42,9 | 69,0 | 17,8 | 43,4 | 69,8 | 3,80 | 23,8 | 44,7 |
| Uréia | -- | -- | -- | 8,00 | 4,00 | -- | 8,00 | 4,00 | -- | 6,00 | 3,00 | -- |
| Sal mineral | 2,60 | 2,60 | 2,60 | 4,80 | 4,80 | 4,80 | 4,70 | 4,70 | 4,70 | 3,80 | 3,80 | 3,80 |

1 – Expresso como % of material natural.

Procedimentos de abate dos animais. Após o abate dos cinco animais referência no início do experimento, os animais remanescentes foram abatidos escalonadamente 120 dias, (três animais de cada grupo), 210 dias (dois animais de cada grupo), 315 dias (três animais de cada grupo), e 434 dias (cinco animais de cada grupo) após o início do experimento.

Medições na carcaça. A carcaça de cada animal foi dividida em duas metades similares. Estas metades foram resfriadas a -5°C por 24 h. Após isto, as meia carcaças foram pesadas (**CW**), a meia carcaça direita foi dissecada e seus componentes (músculos, **CM**; gordura subcutânea, **ScF**, gordura intermuscular, **ImF**; ossos longos, **LoB**; ossos da costela, **RiB**; e ossos das vértebras, **VeB**) foram pesados.

Avaliação dos dados

Variações na taxa de crescimento e na composição da carcaça. A carcaça dos animais não crescem à mesma velocidade (Lawrence & Fowler, 2002) e mesmo o

crescimento relativo de cada componente da carcaça (CC) pode variar com a genética, a fase da vida ou as condições ambientais (Berg & Butterfield, 1976; Lawrence & Fowler, 2002).

Para avaliar mudanças na taxa de crescimento relativo em cada fase, e como estas podem influenciar a composição da carcaça dos animais, foram estimadas as primeiras e segundas variáveis canônicas para cada fase e para o período experimental inteiro, utilizando-se todos os CC aqui avaliados.

A análise dos coeficientes canônicos padronizados nas diferentes fases pode indicar, em cada fase, quais CC podem ser responsáveis pela maior parte da variação observada entre a composição das carcaças dos animais. Finalmente, os coeficientes canônicos padronizados calculados para o período experimental total mostraram, no geral, quais CC foram responsáveis pela maior parte da variabilidade observada na composição das carcaças dos animais.

Para avaliar o efeito das diferentes estratégias de suplementação na composição das carcaças dos animais, as primeiras e segundas variáveis canônicas estimadas para cada animal para cada fase e para o período experimental inteiro foram plotadas graficamente. O agrupamento de animais de uma mesma estratégia de suplementação em posição similar do gráfico indica aquela como a composição de carcaça característica dos animais daquele tratamento de suplementação.

Predição das curvas de crescimento da carcaça e de seus componentes. A função de um modelo matemático é garantir a melhor representação do fenômeno que se está tentando explicar (France & Kebreab, 2008). O modelo, então, deve ser capaz de se adaptar à situação onde ele será aplicado.

Para se estudar o crescimento das carcaças de animais a pasto em condições tropicais, além das dificuldades normais, é necessário se considerar as mudanças na composição da

carcaça devido ao período de baixa produção forrageira, normalmente associado à estação seca do ano.

Se por um lado, estratégias de suplementação nutricional podem reduzir ou alterar os efeitos deste período, por outro, o crescimento posterior de algum CC pode assumir altos valores, tentando recuperar a composição da carcaça àquele momento, caso o animal não tivesse sofrido restrição nutricional (Berg & Butterfield, 1976).

Os modelos tradicionalmente utilizados para descrever o crescimento geralmente consideram uma taxa de crescimento constante ou uniformemente variada, o que pode não detectar estas mudanças. Uma das alternativas elencadas por Berg & Butterfield (1976) foi o uso de padrões multifásicos para representar o crescimento.

Em um sistema de produção precoce de bovinos de corte a pasto em condições tropicais ficam evidentes três estágios de crescimento: antes, durante e depois do período de restrição alimentar causada pelas variações sazonais de ambiente (especialmente a estação seca do ano).

Baseado nisto, um modelo de crescimento trifásico foi ajustado para cada animal. Como em curtos períodos de tempo as curvas de crescimento podem tomar uma forma linear (Waldman et al., 1969; Lawrence & Fowler, 2002), o modelo aqui utilizado tinha duas fases lineares (antes e depois da estação seca) e uma fase intermediária onde o crescimento foi representado por um modelo quadrático.

Equações foram então ajustadas para representar o crescimento da carcaça (representado pelo CW) e de cada CC, de acordo com o seguinte modelo:

$$S = a + b * dE \quad \text{enquanto } dE \leq 120,$$

$$S = a + b * 120 + c * (dE - 120) + d * (dE - 120)^2 \quad \text{enquanto } 120 < dE \leq 315, \text{ e,}$$

$$S = a + b * 120 + c * (315 - 120) + d * (315 - 120)^2 + f * (dE - 315) \quad \text{se } dE > 315$$

Onde: “S” é o peso do componente à idade no experimento dE, kg; “a” é o peso inicial do componente (conforme Tabela 2); “b” é a taxa de crescimento diária na fase de amamentação, kg/d; dE é a idade no experimento, d; “c” é a taxa de crescimento diário linear no período de recria (de baixa disponibilidade forrageira), kg/d; “d” é o parâmetro quadrático do crescimento na recria, ou seja a taxa de aceleração do crescimento nesta fase, kg/d²; e, “f” é a taxa de crescimento diário na fase de terminação, kg/d.

Os dados médios de CW ou do peso dos CC dos animais referência foram utilizados como parâmetro “a” nas equações, como estratégia para se reduzir o número de parâmetros a serem estimados pelo modelo (Tabela 2).

Tabela 2 - Pesos de carcaça e de seus componentes nos animais referência, utilizados como valores iniciais nas curvas de crescimento

| Item | X | SD |
|----------------------------|------|-------|
| Peso de Carcaça, kg | 40.7 | 18.7 |
| Componentes de carcaça, kg | | |
| Músculo da carcaça | 26.0 | 12.7 |
| Gordura Subcutânea | 1.18 | 1.23 |
| Gordura Intermuscular | 2.59 | 2.19 |
| Ossos Longos | 6.08 | 2.32 |
| Ossos das Costelas | 1.19 | 0.548 |
| Ossos das Vertébras | 3.85 | 1.69 |

Análises estatísticas

As variáveis canônicas e os coeficientes canônicos padronizados foram estimados com o PROC CANDISC do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC).

Todas as regressões foram desenvolvidas com o PROC NLIN do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Os valores iniciais dos parâmetros foram estimados pelo cálculo das taxas de crescimento diário na primeira fase de crescimento (parâmetro “b”), durante a fase de recria

(parâmetros “c” e “d”) e na terminação (parâmetro “f”). Os *outliers* foram testados pela avaliação dos resíduos studentizados em relação aos valores preditos pelo modelo. Os dados foram removidos se os resíduos studentizados estivessem fora da faixa de -2.5 a 2.5.

A comparação dos modelos de crescimento e de cada parâmetro destes modelos entre os três tratamentos suplementados e entre os animais suplementados e o controle (efeito de suplementação) foi realizada de acordo com o teste de identidade de modelos sugerido por Regazzi (2003), utilizou-se, no entanto, o teste “F” para a comparação dos mesmos.

Para se avaliar o efeito específico da suplementação nutricional concentrada no período de baixa disponibilidade forrageira do ano (durante a fase de recria dos animais) sobre o crescimento dos cortes comerciais (efeito na recria), comparou-se os parâmetros “c” e “d” dos animais suplementados com os controle, simultaneamente, utilizando-se a mesma metodologia.

O nível de significância de 10% foi adotado em todas as análises estatísticas.

Resultados e Discussão

Variações na taxa de crescimento e na composição da carcaça

As duas primeiras variáveis canônicas explicaram 97,4; 97,5; 95,1; e 90,1% da variação observada nos componentes da carcaça em cada fase e no período experimental inteiro, respectivamente.

A análise dos coeficientes canônicos padronizados (Tabela 3) mostrou que, na fase anterior ao período de baixa produção forrageira, os componentes da carcaça que mais influenciaram na diversidade observada entre animais foram a ImF e os LoB. Por outro lado, durante a fase de baixa produção forrageira destacaram-se os CM e os RiB, e na fase final,

após a baixa produção forrageira, a ImF e o CM foram os componentes mais variáveis. Por fim, quando se avaliou o período experimental por inteiro, os RiB e os CM mostraram-se os mais variáveis componentes da carcaça.

Tabela 3 - Coeficientes canônicos padronizados para os componentes da carcaça nas primeira e segunda variáveis canônicas antes, durante e depois do período de restrição nutricional, e em todo o período experimental

| Componente da Carcaça ¹ | Fase de crescimento em relação ao período de baixa produção de forragem | | | Experimento Inteiro |
|------------------------------------|---|---------|--------|---------------------|
| | Antes | Durante | Depois | |
| <i>Primeira variável canônica</i> | | | | |
| CM | -1,91 | 1,93 | -0,60 | -1,80 |
| ScF | 1,87 | 0,95 | 0,14 | -1,43 |
| ImF | -5,92 | -0,43 | 1,23 | 0,30 |
| LoB | 3,91 | 0,62 | -0,24 | -0,96 |
| RiB | 2,58 | -0,97 | 1,13 | 2,22 |
| VeB | -0,25 | -0,58 | -0,38 | 1,61 |
| <i>Segunda variável canônica</i> | | | | |
| CM | -1,35 | -0,67 | -1,20 | 2,37 |
| ScF | -1,27 | -0,20 | -1,58 | -1,29 |
| ImF | 0,43 | -0,04 | 0,98 | 0,67 |
| LoB | 0,57 | -0,08 | -0,08 | -0,15 |
| RiB | 1,92 | 1,74 | 1,28 | 0,65 |
| VeB | -0,10 | -0,03 | 0,44 | -1,86 |

¹ CM são os músculos da carcaça, ScF é a gordura subcutânea, ImF é a gordura intermuscular, LoB são os ossos longos, RiB são os ossos da costela, e VeB são os ossos da vértebra.

Estes resultados mostram um padrão no qual ImF, CM e RiB seriam os mais variáveis componentes da carcaça alterando-se de acordo com a fase do ano e o estágio de desenvolvimento do animal.

A presença dos LoB na fase inicial do experimento pode ser justificada pela idade jovem dos animais, quando estes ossos teriam seu maior crescimento. Tudo isto encontra-se em concordância com o predito pela literatura (Berg & Butterfield, 1976; Lawrence & Fowler, 2002).

Segundo os coeficientes canônicos padronizados para a primeira fase, altos valores positivos observados na primeira variável canônica indicavam animais com altas quantidades de ossos, em especial LoB e RiB, e menores quantidades de tecidos moles.

Na Figura 1 é possível observar que os animais do grupo controle tenderam a apresentar maiores valores da primeira variável canônica, seguido pelos animais do T1, T3 e T2, respectivamente. Este comportamento pode estar ligado ao maior desenvolvimento de tecidos moles da carcaça, em especial ImF naqueles animais que receberam suplementação concentrada.

Quando se avalia a distribuição destes animais quanto à segunda variável canônica, evidencia-se um possível maior desenvolvimento dos CM nos animais que receberam o T1. Isto poderia contribuir também para a ligeira superioridade da primeira variável canônica deste grupo de animais sobre os demais animais suplementados. Os grupos controle, T2 e T3, por sua vez, apresentaram uma distribuição uniforme dos animais quanto à segunda variável canônica nesta fase.

Todos os animais apresentaram primeiras e segundas variáveis canônicas positivas durante a segunda fase experimental (recria ou fase de baixa disponibilidade nutricional). Nesta fase, destacam-se os menores valores da primeira variável canônica dos animais do grupo controle em relação aos demais. Isto apontaria para menores quantidades de CM e ScF nestes animais, o que é compatível com uma restrição alimentar mais intensa sofrida por estes animais neste período (Capítulos 2 e 3).

Existe ainda uma tendência dos animais que receberam o suplemento T2 apresentarem valores maiores de segunda variável canônica. Isto poderia ser explicado por uma menor quantidade de CM e ScF, o que não é suportado pelos altos valores da primeira variável canônica destes animais. O mais provável então seria um maior desenvolvimento dos RiB destes animais. Parte da diferença observada no crescimento da medida de profundidade de costelas destes animais em relação aos demais grupos suplementados (Capítulo 6) pode estar ligada a este resultado. A avaliação da curva de crescimento do corte cárneo comercial da

costela (Capítulo 8) também pode vir a evidenciar um maior desenvolvimento desta região do corpo destes animais.

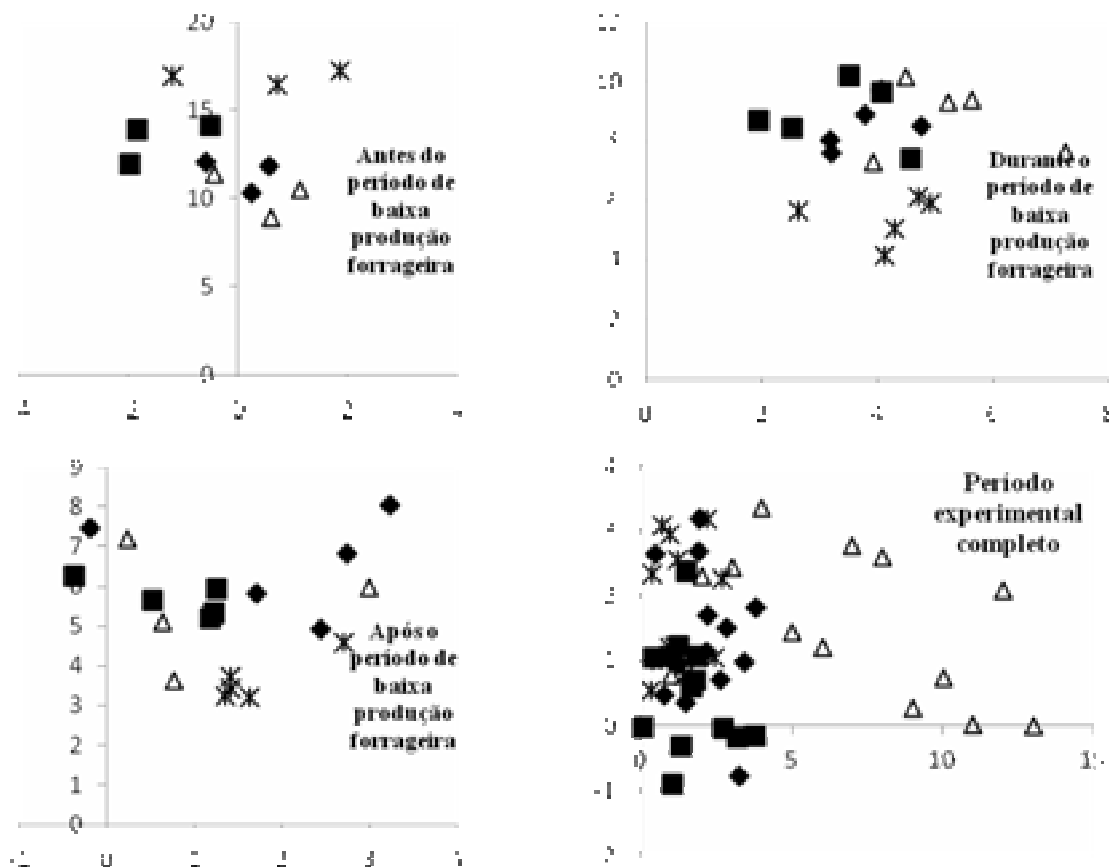


Figura 1 - Distribuição da primeira (eixo y) e segunda (eixo x) variáveis canônicas de cada animal nas fases de vida e no período experimental completo (■ Trat. 1, △ Trat. 2, ◆ Trat. 3, ✕ Controle).

Na fase final do experimento (terceira fase experimental), quando os animais voltaram a apresentar maiores taxas de crescimento, após a fase de menor disponibilidade nutricional, pode-se observar uma ligeira tendência dos animais controle apresentarem menores valores para a primeira variável canônica que aqueles que receberam suplementação concentrada.

Isto pode ser associado a um maior desenvolvimento de CM e ossos (em especial LoB e VeB), e menores quantidades de tecidos adiposos da carcaça nos animais controle. Este comportamento é compatível com a recuperação da composição corporal após um período de déficit nutricional intenso. Não se observou comportamento diferenciado dos diferentes suplementos concentrados utilizados nesta fase no tocante à primeira ou a segunda variáveis canônicas dos animais.

Quando se avaliaram os dados de todas as fases experimentais em conjunto, não se observou comportamento diferenciado dos tratamentos sobre as primeiras variáveis canônicas destes animais. Apesar de alguns animais com valores negativos, a maioria dos animais apresentou valores positivos para esta variável canônica.

Considerando que a segunda variável canônica de todos os animais também foi positiva, pode-se projetar um perfil mais comum dos animais experimentais, com pouca ScF e ImF apenas razoável quando comparados aos ossos (em especial dos RiB e LoB). Os baixos valores da primeira variável canônica de alguns animais podem ser associados a altas quantidades de CM destes animais.

Avaliando-se o comportamento da segunda variável canônica isoladamente, pode-se observar a tendência de maiores valores para os animais que receberam o T2. A redução da primeira variável canônica à medida que aumentam os valores da segunda variável canônica indica uma maior deposição de CM nestes animais.

Curvas de crescimento da carcaça e de seus componentes

A avaliação das curvas de crescimento da carcaça não mostrou diferenças entre os grupos de animais que recebiam suplementos concentrados (Tabela 4). O crescimento da carcaça destes, no entanto, diferiu ($P < 0,01$) dos animais controle (efeito de suplementação). A comparação dos parâmetros mostrou que nenhum parâmetro isoladamente pôde explicar esta diferença. Por outro lado, a avaliação conjunta dos parâmetros do período de baixa

disponibilidade de forragem indicou que, nesta fase, os animais controle apresentaram desenvolvimento de carcaça menor ($P < 0,10$) que os que recebiam suplementos concentrados.

Tabela 4 - Parâmetros das curvas de crescimento do peso da carcaça estimados para os três tratamentos suplementados com concentrados e para o tratamento controle

| Parâmetros ¹ | n | Suplementos ² | | | | Efeito de suplement. ³ | Efeito na recria ⁴ |
|-------------------------|----|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| | | Controle | T1 | T2 | T3 | | |
| Modelo | 52 | | | | | < 0,001 | |
| b, kg/d | 52 | 0,512 | 0,498 | 0,552 | 0,403 | 0,7994 | |
| c, kg/d | 52 | -0,240 | 0,106 | 0,071 | 0,103 | 0,4424 | 0,0940 |
| d, kg/d ² | 52 | 12,8 x 10 ⁴ | 2,91 x 10 ⁴ | 8,97 x 10 ⁴ | 8,97 x 10 ⁴ | 0,8051 | |
| f, kg/d | 52 | 0,598 | 0,770 | 0,662 | 0,797 | 0,3563 | |

¹ Modelo: $S = a + b * dE$ enquanto $dE \leq 120$, $S = a + b * 120 + c * (dE - 120) + d * (dE - 120)^2$ enquanto $120 < dE \leq 315$, e, $S = a + b * 120 + c * (315 - 120) + d * (315 - 120)^2 + f * (dE - 315)$ se $dE > 315$. Onde: "S" é o peso do componente à idade no experimento dE, kg; "a" é o peso inicial do componente (conforme Tabela 1); "b" é a taxa de crescimento diária na fase de amamentação, kg/d; dE é a idade no experimento, d; "c" é a taxa de crescimento diário linear no período de recria (de baixa disponibilidade forrageira), kg/d; "d" é o parâmetro quadrático do crescimento na recria, ou seja a taxa de aceleração do crescimento nesta fase, kg/d²; e, "f" é a taxa de crescimento diária na fase de terminação, kg/d.

² Tratamentos eram diferentes padrões de proteína nos suplementos concentrados e controle era sal mineral.

³ Valor-P para a comparação do modelo completo e dos parâmetros dos modelos entre os animais controle x suplementados.

⁴ Valor-P para a comparação dos parâmetros "c" e "d" juntos entre os animais controle x suplementados.

Na Figura 2 mostra-se que, durante esta fase de baixa disponibilidade forrageira, os animais suplementados com concentrado mantiveram crescimento positivo da carcaça, apesar de em taxas menores que as das outras fases. O grupo controle, por outro lado, apresentou pequena mobilização de carcaça no início do período seco e uma discreta recuperação deste peso mobilizado na fase de transição para a estação chuvosa, quando a disponibilidade forrageira começa a aumentar de novo.

Este comportamento, incluindo baixa mobilização da carcaça e rápida recuperação do peso perdido, é compatível com restrição alimentar mediana, seguida de re-alimentação (Wright & Russell, 1991; Lawrence & Fowler, 2002). A consequência deste comportamento, foi que a carcaça destes animais praticamente chegou ao final deste período de seis meses do mesmo tamanho que o iniciou.

Na terceira fase do experimento, durante a realimentação, apesar de não se observar diferenças significativas (parâmetro f – Tabela 4), a taxa de crescimento da carcaça dos animais controle foi menor que a dos animais suplementados.

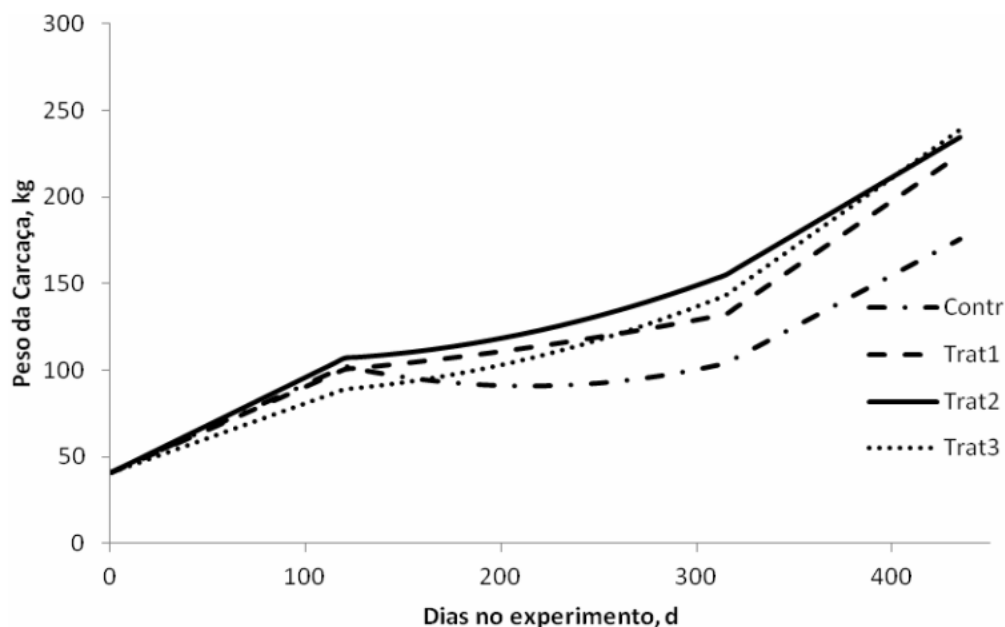


Figure 2 - Curvas de crescimento projetadas para a carcaça dos animais dos três tratamentos suplementados com concentrado e do tratamento controle.

Nenhum dos componentes da carcaça apresentou diferença em seu modelo de crescimento entre os diferentes tratamentos que recebiam suplemento concentrado (Tabela 5). Quando comparados os modelos de crescimento dos componentes da carcaça entre os animais controle e os suplementados (efeito de suplementação), no entanto, apenas os VeB não mostraram diferenças ($P < 0,05$).

Tabela 5 - Parâmetros das curvas de crescimento dos componentes da carcaça, estimadas para os três tratamentos suplementados com concentrados e para o tratamento controle

| Parâmetros ¹ | n | Suplementos ² | | | | Efeito de suplem. ³ | Efeito do per. baixa forrag. ⁴ |
|---|----|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|---|
| | | Controle | T1 | T2 | T3 | | |
| Músculos, kg (Modelo) | | | | | | 0,0004 | |
| b, kg/d | 52 | 0,3518 | 0,3382 | 0,3689 | 0,2736 | 0,7811 | |
| c, kg/d | 52 | -0,1626 | 0,0642 | 0,0612 | 0,0466 | 0,5333 | 0,1447 |
| d, kg/d ² | 52 | 8,96 x 10 ⁻⁴ | 2,82 x 10 ⁻⁴ | 6,44 x 10 ⁻⁴ | 8,35 x 10 ⁻⁴ | 0,8822 | |
| f, kg/d | 52 | 0,4323 | 0,5159 | 0,4627 | 0,5327 | 0,5764 | |
| Gordura Subcutânea, kg (Modelo) | | | | | | 0,0005 | |
| b, kg/d | 51 | 0,0242 | 0,0255 | 0,0264 | 0,0193 | 0,9999 | |
| c, kg/d | 51 | -0,00309 | 0,0188 | -0,00479 | 0,000257 | 0,7723 | 0,2477 |
| d, kg/d ² | 51 | -60 x 10 ⁻⁶ | -110 x 10 ⁻⁶ | 23,0 x 10 ⁻⁶ | -8,13x10 ⁻⁶ | 0,8378 | |
| f, kg/d | 51 | 0,0513 | 0,0635 | 0,0536 | 0,0647 | 0,4146 | |
| Gordura Intermuscular, kg (Modelo) | | | | | | <,0001 | |
| b, kg/d | 52 | 0,0387 | 0,0362 | 0,0564 | 0,0354 | 0,7704 | |
| c, kg/d | 52 | 0,0473 | 0,00748 | -0,048 | -0,00974 | 0,1916 | 0,0524 |
| d, kg/d ² | 52 | -3,1 x 10 ⁻⁴ | 0,14 x 10 ⁻⁴ | 2,58 x 10 ⁻⁴ | 1,02 x 10 ⁻⁴ | 0,0786 | |
| f, kg/d | 52 | 0,0781 | 0,0847 | 0,0849 | 0,1042 | 0,4685 | |
| Ossos Longos, kg (Modelo) | | | | | | 0,0054 | |
| b, kg/d | 52 | 0,0651 | 0,0559 | 0,06 | 0,0449 | 0,2561 | |
| c, kg/d | 52 | -0,026 | 0,0546 | 0,0268 | 0,0325 | 0,0929 | 0,0412 |
| d, kg/d ² | 52 | 1,26 x 10 ⁻⁴ | -2,2 x 10 ⁻⁴ | -0,5 x 10 ⁻⁴ | -0,3 x 10 ⁻⁴ | 0,2407 | |
| f, kg/d | 52 | 0,041 | 0,0466 | 0,0387 | 0,0408 | 0,9999 | |
| Ossos da Costela, kg (Modelo) | | | | | | 0,0116 | |
| b, kg/d | 52 | 0,022 | 0,0163 | 0,0231 | 0,0165 | 0,3932 | |
| c, kg/d | 52 | -0,0188 | -0,0071 | -0,00057 | -0,00927 | 0,3753 | 0,3310 |
| d, kg/d ² | 52 | 0,82 x 10 ⁻⁴ | 0,44 x 10 ⁻⁴ | 0,11 x 10 ⁻⁴ | 0,63 x 10 ⁻⁴ | 0,5667 | |
| f, kg/d | 52 | 0,00946 | 0,0167 | 0,0122 | 0,0192 | 0,2199 | |
| Ossos das Vértebras, kg (Modelo) | | | | | | 0,3110 | |
| b, kg/d | 52 | 0,0134 | 0,00938 | 0,0111 | 0,0049 | 0,5710 | |
| c, kg/d | 52 | 0,0257 | 0,0286 | 0,0459 | 0,0167 | 0,9999 | 0,4154 |
| d, kg/d ² | 52 | -0,5 x 10 ⁻⁴ | -0,4 x 10 ⁻⁴ | -1,1 x 10 ⁻⁴ | 0,67 x 10 ⁻⁴ | 0,8410 | |
| f, kg/d | 52 | 0,0319 | 0,0341 | 0,0317 | 0,0306 | 0,9999 | |

¹ Modelo: $S = a + b * dE$ enquanto $dE \leq 120$, $S = a + b * 120 + c * (dE - 120) + d * (dE - 120)^2$ enquanto $120 < dE \leq 315$, e, $S = a + b * 120 + c * (315 - 120) + d * (315 - 120)^2 + f * (dE - 315)$ se $dE > 315$, Onde: "S" é o peso do componente à idade no experimento dE, kg; "a" é o peso inicial do componente (conforme Tabela 1);

“b” é a taxa de crescimento diária na fase de amamentação, kg/d; dE é a idade no experimento, d; “c” é a taxa de crescimento diário linear no período de recria (de baixa disponibilidade forrageira), kg/d; “d” é o parâmetro quadrático do crescimento na recria, ou seja a taxa de aceleração do crescimento nesta fase, kg/d²; e, “f” é a taxa de crescimento diária na fase de terminação, kg/d.

² Tratamentos eram diferentes padrões de proteína nos suplementos concentrados e controle era sal mineral.

³ Valor-*P* para a comparação do modelo completo e dos parâmetros dos modelos entre os animais controle x suplementados.

⁴ Valor-*P* para a comparação dos parâmetros “c” e “d” juntos entre os animais controle x suplementados.

Apesar dos padrões de crescimento dos CM terem mostrado efeito de suplementação significativo ($P < 0,01$), nenhum parâmetro do modelo isoladamente ou mesmo a análise conjunta dos parâmetros do período de baixa disponibilidade forrageira ($P > 0,10$) puderam evidenciar esta diferença. Por outro lado, uma avaliação visual da curva de crescimento deste componente da carcaça (Figura 3) mostra que a principal diferença no crescimento de animais suplementados com concentrados ou não ocorreu exatamente nesta fase.

Enquanto os animais suplementados conseguiram manter uma taxa de crescimento positiva dos CM durante esta fase, aqueles que recebiam apenas suplementação mineral praticamente paralisaram o crescimento ou apresentaram um pequena mobilização destes.

A inclinação das curvas nos períodos inicial e final do experimento (representantes da taxa de crescimento netas fases – parâmetros b e f – Tabela 5) não mostraram diferenças entre os diversos grupos de animais.

Também as curvas de crescimento da ScF foram diferentes ($P < 0,01$) quando os grupos de animais suplementados foram comparados ao grupo controle (efeito de suplementação). Similarmente aos CM, a análise de nenhum parâmetro do modelo isoladamente ou a análise conjunta dos parâmetros do período de baixa produção forrageira do ano pôde evidenciar as causas desta diferença.

A plotagem das curvas de crescimento mostra que, em todos os grupos de animais suplementados com concentrado, a quantidade final de ScF ao final da fase de baixa

disponibilidade forrageira foi similar à inicial, indicando uma parada no crescimento deste tecido, mas sem perda significativa de massa.

Nos animais controle, o tamanho deste tecido foi sendo reduzido desde o início desta fase, indicando uma mobilização contínua do mesmo a partir dos primeiros momentos de restrição nutricional deste grupo, como predito por Berg & Butterfield (1976).

Nas demais fases do experimento, a taxa de crescimento da ScF dos animais controle foi semelhante à dos que recebiam suplemento concentrado.

As diferenças observadas ($P < 0,10$) entre animais suplementados ou não com concentrados no crescimento da ImF também focaram-se no período de baixa disponibilidade forrageira (Tabela 5).

Apesar de, no início desta fase, os animais controle apresentarem uma continuidade no crescimento deste tecido, na fase de transição para o período das águas, a Figura 3 mostra uma intensa mobilização da ImF destes animais. Os animais que receberam concentrado, por sua vez, apresentaram um pequeno, mas positivo crescimento da ImF neste período.

Berg & Butterfield (1976) explicaram que este tecido é de mobilização mais tardia em casos de restrição nutricional quanto comparado à ScF. De fato, se considerados os parâmetros de crescimento na fase de restrição nutricional dos animais que recebiam suplemento concentrado e um período de 180 dias, os modelos projetam um crescimento de pouco mais de 1,0 kg de ImF, e uma mobilização de 171 g de ScF. Quando se realiza este exercício com os animais controle, projeta-se uma mobilização de cerca de 1,5 kg de ImF e 2,5 kg de ScF.

Estes resultados são, então, consistentes com uma restrição nutricional mais intensa nos animais controle, e menos intensa nos animais suplementados (como discutido nos Capítulos 2 e 3).

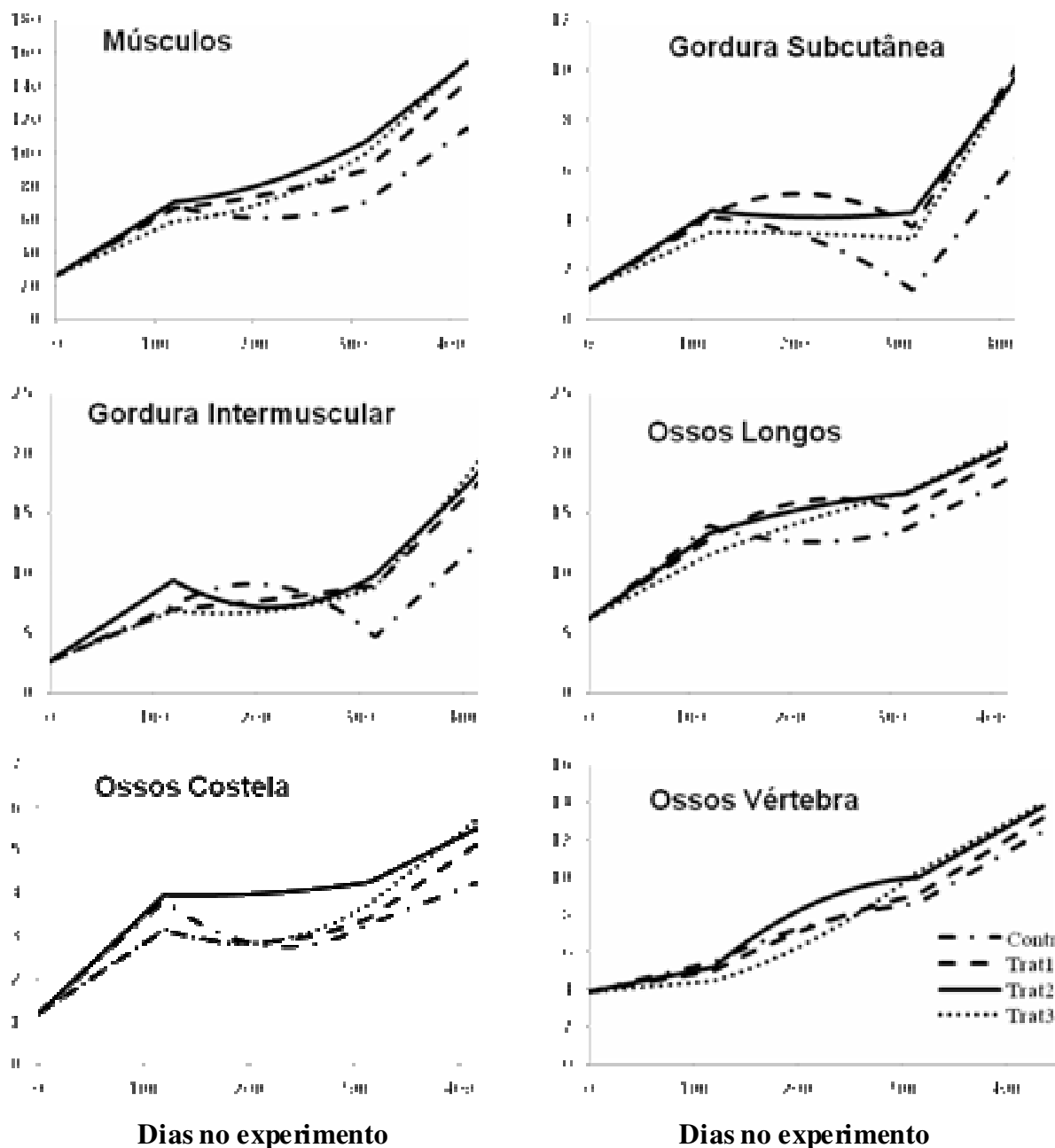


Figura 3 - Curvas de crescimento (kg) projetadas para componentes da carcaça dos animais dos três tratamentos suplementados com concentrado e do tratamento controle

Entre os ossos, os LoB foram os únicos a mostrar diferenças ($P < 0,05$) nos parâmetros referentes ao período de baixa disponibilidade forrageira. A maior parte desta diferença está associada à taxa de crescimento linear inicial (parâmetro “c”) desta fase.

Enquanto os animais suplementados com concentrados apresentaram taxas positivas, os animais controle apresentaram uma pequena taxa negativa ($P < 0,10$). Isto indica uma pequena mobilização ou, mais provavelmente, uma manutenção do tamanho destes ossos desde o início do período de baixa disponibilidade forrageira nos animais controle.

De fato, mostra-se na Figura 3 que o crescimento dos LoB dos animais suplementados foi pouco influenciado por este período (exceto por uma pequena redução na taxa de crescimento). Por outro lado, nos animais controle, o crescimento dos LoB praticamente parou neste período.

Apesar das curvas de crescimento dos RiB terem mostrado diferenças ($P < 0,05$) entre os animais suplementados ou não com concentrados, nenhum dos parâmetros isoladamente ou mesmo os parâmetros do período de baixa disponibilidade forrageira foram capazes de evidenciar as causas desta diferença.

Na análise da Figura 3 observa-se um grande crescimento destes ossos durante a primeira fase do experimento. No período de baixa disponibilidade forrageira, tanto os animais controle quanto os suplementados praticamente pararam o crescimento dos RiB durante esta fase. Por fim, na terceira e última fase do experimento, os animais que recebiam os suplementos concentrados retomaram o crescimento dos RiB de forma ligeiramente mais intensa, enquanto os animais controle não parecem ter conseguido estas altas taxas de recuperação do tamanho dos RiB nesta última fase, o que terminou por deixá-los com um menor peso final destes ossos.

As curvas de crescimento dos VeB não foi afetada pelas diferentes estratégias de suplementação (Tabela 5), ou pela fase do ano durante o experimento. De fato, todos os grupos experimentais apresentaram o mesmo padrão de crescimento dos VeB: taxas de crescimento absoluto diárias crescentes à medida que os animais cresciam, independente da disponibilidade forrageira (afetada principalmente pela época do ano).

Uma avaliação conjunta das curvas de crescimento dos ossos da carcaça, mostrou que o perfil de um animal após o período de baixa disponibilidade forrageira, quando comparado ao de animais no início do mesmo, pode ser definido como: animais mais compridos e altos, devido ao maior crescimento relativo dos LoB e VeB, e menos profundos, devido ao menor crescimento dos RiB.

Quando avaliadas o crescimento das alturas da garupa e da cernelha, e da profundidade de costelas nesta fase do experimento (parâmetros c, Tabela 5 – Capítulo 6), observou-se um crescimento médio 0,023 cm/d para as alturas e de -0,005 cm/d para a profundidade de costelas. Estes resultados parecem confirmar o perfil animal aqui traçado com base no desenvolvimento dos ossos da carcaça.

Quanto aos tecidos moles da carcaça, seguindo o mesmo raciocínio anterior, os animais aumentariam a proporção de CM, e reduziriam a de ScF e a de ImF.

Estes efeitos foram potencializados nos animais que não receberam suplementação concentrada e não foram afetados pelo perfil protéico deste suplemento. Estes resultados suportam as interpretações das análises das variáveis canônicas estimadas para o segundo período experimental (de baixa disponibilidade forrageira).

Quando se observam as taxas de crescimento relativo dos componentes da carcaça dos animais controle em relação às taxas de crescimento dos mesmos componentes nos animais suplementados, observa-se que a análise das variáveis canônicas para o terceiro período experimental pôde evidenciar o maior desenvolvimento relativo dos LoB e VeB dos animais controle nesta fase.

Outro aspecto importante de se destacar é a semelhança entre os padrões de crescimento dos tecidos adiposos da carcaça e o RiB. Esta semelhança pode ser explorada na estimativa de gordura da carcaça de animais *in vivo*.

Mudanças no ritmo de crescimento das costelas talvez possam ser associadas a mudanças na deposição de gordura na carcaça. O crescimento dos LoB e VeB, por sua vez, mostrou pouca semelhança aos tecidos moles da carcaça.

Conclusões

O período de restrição nutricional a que os animais produzidos a pasto são submetidos anualmente alteram significativamente a curva de crescimento dos tecidos da carcaça.

Estes efeitos são potencializados nos animais que não recebem suplementação concentrada e não são afetados pelo perfil protéico deste suplemento.

Entre os tecidos da carcaça, o mais susceptível às variações nutricionais sazonais sofridas por animais produzidos a pasto foi a gordura subcutânea, e o mais resistente os ossos das vértebras.

Literatura Citada

- BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. **New concepts of cattle growth**. 1.ed. Sydney: Sydney university press, 1976. 240p.
- FRANCE, J.; KEBREAB, E. **Mathematical modeling in animal nutrition**. Oxfordshire, UK: CABI, 2008. 574p.
- LAWRENCE, T.J.; FOWLER, V.R. **Growth of farm animals**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 2002. 347p.
- NRC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. Updated 7th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC. 2000.
- POPPI, D.P.; MCLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v.73, p.278-290, 1995.
- REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Rev. Ceres**, v.50, p.9-26, 2003.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS system: SAS/STAT**. version 9.0 (software), Cary: SAS Institute, 2004. (CD-ROM).

WALDMAN, R. C.; TYLER, W.J.; BRUNGARDT, v. H. Estimation of body composition in young calves. **Journal of Animal Science** n.29, p. 426-428. 1969.

WRIGHT, I.A.; RUSSEL, A.J.F. Changes in the body-composition of beef-cattle during compensatory growth. **Animal Production**, n.52, p.105-113. 1991.

Capítulo 8

Avaliação do crescimento de tourinhos em pastejo recebendo suplementação concentrada com diferentes perfis protéicos IV: Cortes cárneos

Resumo - Para analisar os padrões de crescimento e comparar as curvas de crescimento cárneo de tourinhos, foram utilizados 57 tourinhos nelorados com idade e peso vivo iniciais de 144 d e 129 kg. Cinco animais foram abatidos no início do experimento e os demais divididos em quatro grupos, alojados em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf e suplementados com concentrados com diferentes perfis protéicos ou sal mineral *ad libitum* (controle). Os suplementos concentrados foram formulados com milho, farelo de soja e uréia. Na fase pré-desmama os animais recebiam 1,2 kg; durante a recria 1,5 kg; e, na terminação, 2,0 kg por animal/d de concentrado. Estes animais foram abatidos escalonadamente 120, 210, 315 e 434 d após o início do experimento. O dianteiro e o traseiro foram pesados e desossados, procedendo-se à pesagem dos cortes comerciais: Paleta, Acém, Maçã de Peito, Chã de Dentro, Chã de Fora, Alcatra, Filé Mignon, Fraldinha, Lagarto, Picanha, Costela e Contra-Filé. Estimou-se a primeira e a segunda variáveis canônicas utilizando-se os dados dos cortes comerciais. Os coeficientes canônicos padronizados foram avaliados e as variáveis canônicas plotadas. Ajustou-se ainda um modelo de crescimento multifásico, considerando-se três fases de produção, para o dianteiro, o traseiro e os cortes. Comparou-se os modelos de crescimento entre os tratamentos que recebiam concentrado e entre estes e o controle. O crescimento dos cortes cárneos foi influenciado pelas condições sazonais e pelo tipo de corte. Os cortes mais sensíveis às variações nutricionais durante o ano foram o Contra-Filé e a Picanha, e os mais resistentes, o Filé e as Costelas. O fornecimento de concentrado e a presença de uréia interferiram no crescimento dos cortes, especialmente durante a fase de restrição nutricional.

Palavras-chave: bovinos de corte, cortes comerciais, crescimento, modelagem

**Evaluation of growth of grazing young bulls receiving concentrate
supplementation with different protein profiles IV: Meat cuts**

Abstract - To analyze the growth patterns and compare the growth curves of the meat of young bulls, 57 crossbreed young bulls with initial age and body weight of 144 d and 129 kg were used. Five animals were slaughtered at the beginning of the experiment and the others divided in four groups, housed in *Brachiaria decumbens* Stapf pastures and supplemented with concentrate with different protein patterns or mineral salt *ad libitum* (control). The concentrate supplements were formulated with corn, soybean meal and urea. In the nursing phase the animals received 1.2 kg, during the growing 1.5 kg and in finishing phase, 2.0 kg per animal/d of concentrate. These animals were slaughtered at 120, 210, 315 and 434 d after the beginning of the experiment. The frontquarters, the hindquarter, and the commercial cuts *blade, chuck, brisket, top side, outside round, sirloin, tenderloin, flap, eyeround, tri tip, short ribs e striploin*) were weighed. The first and the second canonical variables were estimated using the data of the commercial cuts. The standard canonical coefficients were evaluated and the canonical variables plotted. A multi-phase growth model was adjusted, considering three production phases, to the front, the rear and the cuts. Growth models were compared between the treatments that received concentrate and between these and the control. The growth of meat cuts was affected by the seasonal conditions and by the cut. The most sensitive cuts to the annual nutritional variations were the striploin and the tri tip, and the most resistant ones, the tenderloin and the short ribs. The offer of concentrate and the use of urea interfered in the cuts growth, especially during the nutritional restriction phase.

Keywords: beef cattle, commercial cut, growth, modeling.

Introdução

A produção de carne é o objetivo final da bovinocultura de corte. A produção de cortes de maior valor comercial tem grande impacto sobre os resultados finais do sistema de produção. Apesar disto, poucos estudos têm avaliado o efeito de diferentes tecnologias de produção sobre os rendimentos dos cortes cárneos nas condições brasileiras.

De modo geral, as pesquisas em produção animal não buscam nada mais do que encontrar métodos para se manipular o processo de crescimento. Neste contexto, a compreensão e avaliação dos padrões de crescimento podem permitir uma melhor avaliação dos efeitos da técnica experimentada, bem como de seu impacto sobre o sistema de produção como um todo.

A modelagem, por sua vez, tem-se tornado importante ferramenta nos estudos de produção animal, pela sua capacidade de representar matematicamente o comportamento de um fenômeno (France & Kebreab, 2008). Na prática, diversos modelos têm sido utilizados para prover uma descrição matemática do crescimento (López, 2008), devendo-se optar sempre por aquele que melhor descreva a situação de crescimento observada (Thornley & France, 2007). Assim, o estudo dos parâmetros do modelo estimado para cada situação de produção deve permitir uma completa análise das diferenças entre estas situações.

Os objetivos deste estudo foram: (1) analisar os padrões de crescimento cárneo, e (2) comparar as curvas de crescimento cárneo de bovinos de corte produzidos a pasto, sob diferentes estratégias de suplementação nutricional.

Materiais e Métodos

Dados experimentais

Descrição dos animais. Este experimento foi conduzido entre março de 2007 e maio de 2008 na Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizados cinquenta e sete tourinhos jovens

de diferentes grupos genéticos (com, no mínimo, 50% de sangue nelore), com idade e peso vivos iniciais de 144 d e 129 kg, respectivamente. A idade e o peso finais foram 578 d e 405 kg, respectivamente. Cinco animais foram abatidos no início do experimento e os demais foram então, aleatoriamente divididos em quatro grupos e alojados em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. Em cada grupo, os animais foram suplementados com uma das estratégias de suplementação avaliadas: um dos três diferentes tipos de suplemento concentrado ou apenas sal mineral.

Dietas. Os suplementos concentrados foram formulados com milho, farelo de soja e uréia, de acordo com os requerimentos dos animais em cada fase, segundo as recomendações do NRC (2000).

Na fase pré-desmama, durante a transição águas-seca, os animais recebiam 1,2 kg/animal/d de concentrado formulado sem o uso de uréia. O concentrado foi oferecido em um sistema de “creep-feeding” para se evitar o consumo dos mesmos pelas vacas. Durante a recria, no período da seca e transição seca-águas do ano, 1,5 kg/animal de suplemento concentrado eram oferecidos diariamente. Por fim, na fase de terminação, durante a estação das águas e início da transição águas-seca do ano de 2008, 2,0 kg/animal/d foram fornecidos.

Nas fases de recria e terminação, o conteúdo de NNP da dieta variou, de acordo com a quantidade de uréia utilizada em cada formulação (Tabela 1). O sal mineral foi fornecido *ad libitum* ao último grupo de animais em todas as fases.

Tabela 1 - Composição dos suplementos concentrados utilizados em cada estratégia de suplementação (T1, T2 ou T3), em cada fase do período experimental

| Fase experimental | Amamentação (Março a Junho) | | | Recria (Julho a Outubro) | | | Recria (Outubro a Dezembro) | | | Terminação (Janeiro a Maio) | | |
|------------------------------------|--------------------------------|------|------|-----------------------------|------|------|--------------------------------|------|------|--------------------------------|------|------|
| | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 |
| Estratégia de suplementação | | | | | | | | | | | | |
| Ingredientes¹ | | | | | | | | | | | | |
| Milho | 32.5 | 64.9 | 97.4 | 71.3 | 48.4 | 26.2 | 69,5 | 47,9 | 25,5 | 86.3 | 69.3 | 51.4 |
| Farelo de soja | 64.9 | 32.5 | -- | 15.9 | 42.9 | 69.0 | 17,8 | 43,4 | 69,8 | 3.80 | 23.8 | 44.7 |
| Uréia | -- | -- | -- | 8.00 | 4.00 | -- | 8,00 | 4,00 | -- | 6.00 | 3.00 | -- |
| Sal mineral | 2.60 | 2.60 | 2.60 | 4.80 | 4.80 | 4.80 | 4,70 | 4,70 | 4,70 | 3.80 | 3.80 | 3.80 |

1 – Expresso como % de matéria natural.

Procedimentos de abate dos animais. Após o abate dos cinco animais referência no início do experimento, os animais remanescentes foram abatidos 120 d, à época da desmama (três animais de cada grupo), 210 d, no meio da fase de recria, (dois animais de cada grupo), 315 d no início da fase de terminação (três animais de cada grupo), e 434 d (cinco animais de cada grupo) após o início do experimento.

Medidas de cortes cárneos. As carcaças foram divididas em duas metades-carcaças similares, e resfriadas a -5 °C durante 24 h. Após isto, na meia carcaça esquerda, o dianteiro e o traseiro foram separados após a 5^a costela. Estes foram pesados e então desossados, procedendo-se a retirada e pesagem dos seguintes cortes comerciais: Paleta, Acém, Maçã de Peito, Chã de Dentro, Chã de Fora, Alcatra, Filé Mignon, Fraldinha, Lagarto, Picanha, Costela e Contra-Filé. Os cortes foram realizados por desossador experiente da própria universidade.

Avaliação do crescimento

Variações no crescimento de cortes comerciais. Os músculos componentes dos cortes comerciais não crescem a uma mesma velocidade (Berg & Butterfield, 1976). A taxa de crescimento de cada corte comercial pode variar de acordo com a genética animal, a fase da vida ou as condições ambientais (Lawrence & Fowler, 2002). Para se avaliar as diferenças

entre o crescimento relativo em cada fase da vida dos animais, e quais cortes seriam mais afetados por esta fase ou pelos diferentes suplementos em cada fase, estimou-se a primeira e segunda variáveis canônicas para cada fase de vida e para todo o período experimental, utilizando-se todos os cortes comerciais aqui mensurados. Devido ao pequeno número de dados, não foi possível se estimar as variáveis canônicas na fase de amamentação isoladamente.

A análise dos coeficientes canônicos padronizados nas diferentes fases pode indicar, em cada fase, quais cortes comerciais foram responsáveis pela maior parte da variação observada entre os cortes cárneos dos animais. Os coeficientes canônicos padronizados estimados para o período experimental inteiro mostrou, no geral, quais cortes comerciais eram responsáveis pela maior parte da variabilidade observada nos cortes cárneos dos animais.

Para se avaliar os efeitos das diferentes estratégias de suplementação sobre o peso dos cortes comerciais produzidos, as primeiras e segundas variáveis canônicas estimadas para cada animal nas fases de recria e terminação e no período experimental completo foram plotadas em gráficos. O agrupamento de animais de uma determinada estratégia de suplementação em posições similares no gráfico identifica os padrões de crescimento dos cortes comerciais dos animais alimentados com aquele suplemento.

Curvas de crescimento dos cortes comerciais. De acordo com o discutido por France & Kebreab (2008), o estudo do crescimento do corpo ou de componentes corporais de animais sob condições de pastejo em ambiente tropical deve levar em consideração as variações ambientais a que os animais são submetidos.

Entre estas variações, a maior delas é, sem dúvida, a baixa disponibilidade forrageira durante parte do período seco e de transição seca-águas. Além da taxa de crescimento reduzida ou negativa, a existência deste período no ano causa ainda o aparecimento de uma fase de crescimento acelerado imediatamente posterior, conhecido como crescimento

compensatório, quando os animais tentam retomar seu tamanho e composição corporais originais àquela idade, alterando não só a taxa de crescimento, mas também a composição deste crescimento, valorizando-se os componentes corporais mais afetados pela restrição nutricional (Berg & Butterfield, 1976).

De forma a se estudar o crescimento dos cortes cárneos dentro de um sistema de produção de novilhos super precoces a pasto, ajustou-se um modelo de crescimento multifásico, considerando-se as três principais fases de produção, evidenciadas ainda pelas variações sazonais no ambiente de produção.

A primeira fase do modelo correspondia à fase de amamentação, que, no Brasil central, ocorre normalmente durante a estação das águas e de transição águas-seca do primeiro ano de vida dos animais. A segunda fase, correspondeu à recria, que em sistema de produção super precoce a pasto, ocorre durante o período da seca e transição seca-águas, quando os animais completam seu primeiro ano de vida. Por fim, a terceira fase do modelo correspondeu à terminação, que, nestas condições, ocorre no segundo período das águas e de transição águas-seca da vida dos animais, quando estes completam cerca de 18 meses de vida, e podem ser encaminhados para abate.

Como, quando curtos períodos de tempo são avaliados, as curvas de crescimento assumem uma forma linear (Waldman et al., 1969; Lawrence & Fowler, 2002; Fernandes et al., 2007), o modelo aqui utilizado tinha duas fases lineares (a primeira e a última), intercaladas pela fase de recria (mais longa), onde o crescimento foi representado por um modelo quadrático.

As equações de crescimento foram ajustadas para o dianteiro e o traseiro dos animais, e para os cortes Chã de Dentro, Chã de Fora, Alcatra, Lagarto, Contra-Filé, Costelas, Filé Mignon e Picanha, evidenciados na análise dos coeficientes canônicos padronizados, ou escolhidos pelo seu valor comercial.

As equações seguiam o seguinte modelo:

$$S = a + b * dE \quad \text{enquanto } dE \leq 120,$$

$$S = a + b * 120 + c * (dE - 120) + d * (dE - 120)^2 \quad \text{enquanto } 120 < dE \leq 315, e,$$

$$S = a + b * 120 + c * (315 - 120) + d * (315 - 120)^2 + f * (dE - 315) \quad \text{se } dE > 315$$

Onde: “S” é o peso do componente à idade no experimento dE, kg; “a” é o peso inicial do componente (conforme Tabela 2); “b” é a taxa de crescimento diária na fase de amamentação, kg/d; dE é a idade no experimento, d; “c” é a taxa de crescimento diário linear no período de recria (de baixa disponibilidade forrageira), kg/d; “d” é o parâmetro quadrático do crescimento na fase de recria, ou seja, a taxa de aceleração do crescimento nesta fase, kg/d²; e, “f” é a taxa de crescimento diária na fase de terminação, kg/d.

Os dados médios de peso do dianteiro, do traseiro e dos cortes comerciais dos animais referência (Tabela 2) foram utilizados como parâmetro “a” nas equações, como estratégia para se reduzir o número de parâmetros a serem estimados pelo modelo.

Tabela 2 - Pesos de cortes cárneos dos animais referência, utilizados como valores iniciais nas curvas de crescimento.

| Itens ¹ | X | SD |
|--------------------|--------|--------|
| Dianteiro | 15,920 | 7,784 |
| Traseiro | 23,760 | 12,127 |
| Chã de dentro | 3,232 | 1,440 |
| Chã de fora | 1,522 | 0,761 |
| Lagarto | 0,680 | 0,388 |
| Alcatra | 1,580 | 0,905 |
| Picanha | 0,354 | 0,206 |
| Filé mignon | 0,880 | 0,457 |
| Contra file | 2,076 | 1,481 |
| Costelas | 4,652 | 2,111 |

¹ kg

Análises estatísticas

As variáveis canônicas e os coeficientes canônicos padronizados foram estimados utilizando-se o PROC CANDISC do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC).

Todas as regressões foram desenvolvidas com o PROC NLIN do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Os valores iniciais dos parâmetros foram estimados pelo cálculo das taxas de crescimento diário na primeira fase de crescimento (parâmetro “b”), durante a fase de recria (parâmetros “c” e “d”) e de terminação (parâmetro “f”).

Os outliers foram testados pela avaliação dos resíduos studentizados em relação aos valores preditos pelo modelo. Os dados foram removidos se os resíduos studentizados estivessem fora da faixa de -2.5 a 2.5.

A comparação dos modelos de crescimento e de cada parâmetro destes modelos entre os três tratamentos suplementados e entre os animais suplementados e o controle (efeito de suplementação) foi realizada de acordo com o teste de identidade de modelos sugerido por Regazzi (2003). Utilizou-se, no entanto, o teste “F” para a comparação dos mesmos.

Para se avaliar o efeito específico da suplementação nutricional concentrada no período de baixa disponibilidade forrageira do ano (durante a fase de recria dos animais) sobre o crescimento dos cortes comerciais (efeito da recria), comparou-se os parâmetros “c” e “d” dos animais suplementados com os dos animais controle, simultaneamente, utilizando-se a mesma metodologia.

O nível de significância de 10% foi adotado em todas as análises estatísticas.

Resultados e Discussão

Variações no crescimento de cortes comerciais

As duas primeiras variáveis canônicas explicaram 96,1; 98,5; e 88,8% da variação observada nos cortes da carcaça em cada fase e no período experimental inteiro, respectivamente.

A avaliação dos coeficientes padronizados da primeira variável canônica dos cortes comerciais (Tabela 3) mostrou que os cortes que mais contribuíram para a discriminação dos animais durante a fase de recria foram o Chã de Dentro, a Maçã de Peito, a Paleta e a Costela. Por fim, na fase de terminação, observa-se maior influência do Chã de dentro, Chã de fora, Lagarto e Alcatra.

Tabela 3 - Coeficientes canônicos padronizados dos cortes comerciais nas primeira e segunda variáveis canônicas na recria, na terminação, e em todo o período experimental

| Cortes Comerciais | Fase da vida | | | | Todo o período experimental | |
|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|
| | Recria | | Terminação | | 1ª Var. Canônica | 2ª Var. Canônica |
| | 1ª Var. Canônica | 2ª Var. Canônica | 1ª Var. Canônica | 2ª Var. Canônica | | |
| Paleta | -6,138 | 3,903 | -0,347 | -0,282 | 0,676 | 0,401 |
| Acém | 0,689 | 0,276 | 1,418 | -0,903 | 0,019 | -0,218 |
| Maçã de Peito | 4,408 | -2,797 | 1,923 | 0,061 | 2,102 | 0,955 |
| Chã de Dentro | 9,465 | -8,306 | 6,882 | -2,026 | 0,935 | 0,167 |
| Chã de Fora | -1,458 | 7,232 | 3,439 | -1,452 | 2,352 | -3,381 |
| Alcatra | -1,841 | -2,044 | -3,556 | 1,059 | -3,318 | 0,864 |
| Filé Mignon | -3,293 | 2,956 | -0,006 | -0,646 | 1,850 | 0,234 |
| Fraldinha | -3,653 | 2,134 | -2,786 | 0,013 | -1,426 | -1,145 |
| Lagarto | 4,176 | -4,082 | -3,931 | 2,840 | -1,179 | 2,737 |
| Picanha | 2,752 | -1,735 | 0,278 | -0,085 | 0,396 | 1,352 |
| Costela | -4,311 | 4,193 | -2,078 | 0,482 | -2,237 | -1,796 |
| Contra-Filé | 2,522 | -0,310 | 0,584 | 1,447 | 0,591 | -0,096 |

Estes dados mostram grande predominância dos músculos do dianteiro como os que mais diferiram entre os animais no período de recria ou na fase de crescimento restrito do ano (confundidos neste sistema de produção). Da mesma forma, na fase de terminação, a maior diferenciação ocorreu em músculos do traseiro.

Segundo a classificação dos músculos de Berg & Butterfield (1976), os cortes identificados como de maior diferenciação entre os animais na época de recria são os que apresentam crescimento acelerado mais tardio. O comportamento aqui observado pode então ser associado às diferenças no crescimento dos animais. Assim, animais de lotes que cresceram mais rapidamente, ou que foram capazes de minimizar os efeitos das restrições nutricionais da época seca do ano, mantendo um ritmo de crescimento positivo, iniciaram a fase de crescimento acentuado destes músculos antes dos demais. Esta diferença no início da fase de maior crescimento dos músculos constituintes destes cortes pode explicar a diferenciação dos mesmos entre os animais.

Os cortes do traseiro, que apresentaram maior diferenciação na fase de terminação, são formados por músculos que apresentam um alto ímpeto de crescimento em fase precoce (no início da vida do animal). Segundo Luchiari Filho (2000) são exatamente estes músculos de maior ímpeto de crescimento precoce os mais mobilizados durante um período de restrição alimentar. A maior diferenciação destes cortes na fase de terminação, ou de re-alimentação dos animais após a restrição, pode, então, ser explicada pelo maior crescimento destes músculos nos animais dos grupos que sentiram mais os efeitos da fase de restrição nutricional do ano.

Estes animais tenderiam a tentar retomar o tamanho original dos músculos prejudicados pela restrição alimentar (Lawrence & Fowler, 2002), enquanto os demais (menos afetados por esta fase do ano) manteriam um crescimento muscular normal, priorizando outros músculos, mais tardios.

Por fim, quando se avaliou todo o período experimental, o Chã de Fora, a Maçã de Peito, a Alcatra e a Costela foram os cortes a exercerem maior influência sobre a diversidade entre animais. Os músculos componentes destes cortes foram então, de modo geral, os que mais expressaram as diferenças entre animais, independente das fases da vida dos animais e das condições de estação do ano (especialmente as variações na disponibilidade nutricional).

A plotagem das primeira e segunda variáveis canônicas da fase de recria (Figura 1) mostrou que todos os animais tinham a primeira variável canônica com valores positivos e semelhantes. Isto indica maior peso do Chã de Dentro, da Maçã de Peito, do Lagarto e da Picanha nestes animais. A maioria destes cortes é formada por músculos de ímpeto de crescimento alto ou médio nas primeiras fases de vida do animal (Berg & Butterfield, 1976).

Aqueles animais que recebiam suplementação concentrada sem uréia ou com pouca uréia apresentaram valores cerca de 30% superiores aos que receberam concentrados com alta uréia ou apenas suplementação mineral.

Quando se avaliou a segunda variável canônica, por outro lado, os animais que receberam concentrados com uréia apresentaram valores positivos, enquanto aqueles que receberam concentrado sem uréia ou apenas suplementação mineral apresentaram valores negativos. Isto indica um possível efeito da uréia nesta fase em estimular o crescimento do Chã de Fora, das Costelas, da Paleta e do Filé Mignon, em detrimento do Chã de Dentro, do Lagarto, da Maçã de Peito e da Alcatra.

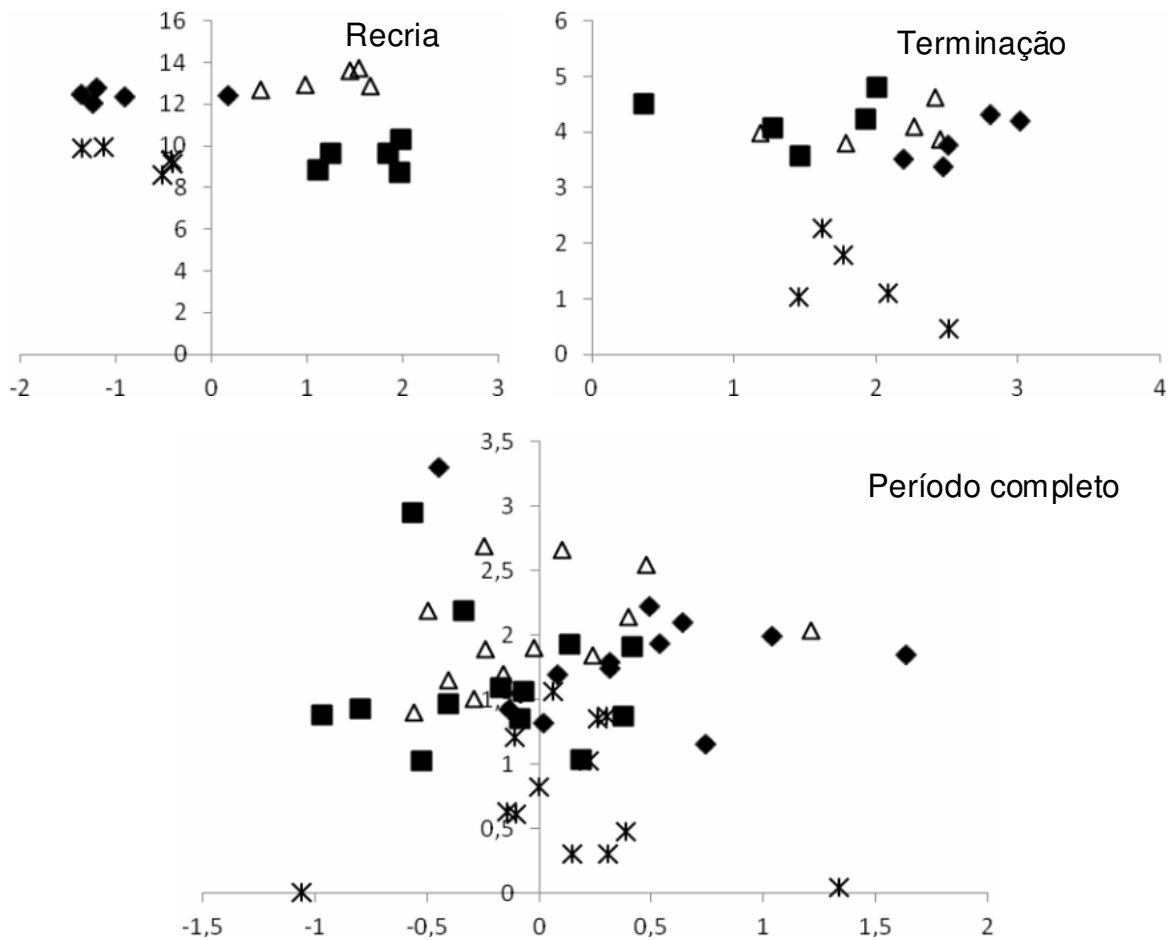


Figure 1 - Distribuição da primeira (eixo y) e segunda (eixo x) variáveis canônicas de cada animal nas fases de vida e no período experimental completo (■ Trat. 1, Δ Trat. 2, ◆ Trat. 3, ✕ Controle).

O gráfico das variáveis canônicas da fase de terminação, por sua vez, evidenciou uma grande diferença entre os animais suplementados com concentrados e os controle. Este resultado parece indicar um maior desenvolvimento dos Chã de Dentro e de Fora, da Maçã de Peito e do Acém, e um menor crescimento do Lagarto, da Alcatra, da Fraldinha e da Costela nos animais dos grupos suplementados.

Por outro lado, avaliando-se os coeficientes canônicos da primeira e segunda variáveis canônicas em conjunto pode-se desconsiderar grandes tamanhos para os Chã de Dentro e de Fora, e resultados muito pequenos para o Lagarto e a Alcatra nestes animais. Estes resultados

seriam incompatíveis com os valores uniformemente positivos observados para todos os animais na segunda variável canônica.

Este padrão evidencia, então, um maior crescimento dos cortes do dianteiro nos animais suplementados, o que aponta para um estágio de maturidade mais avançado para estes animais.

Os tratamentos não causaram variação em relação à segunda variável canônica calculada para todo o período experimental. Observou-se que os animais envolvidos no experimento distribuíram-se entre valores negativos e positivos desta variável canônica, independentemente da suplementação recebida.

Os valores plotados para a primeira variável canônica, por sua vez, evidenciaram um efeito da suplementação concentrada, com os animais apresentando valores maiores que os que recebiam apenas sal mineral. Este resultado aponta para um maior desenvolvimento da Maçã de Peito, do Chã de Fora e do Filé Mignon destes animais, quando desconsideradas as fases de vida e estações do ano.

Curvas de crescimento

Dianteiro e Traseiro. A análise das curvas de crescimento do dianteiro e do traseiro (Tabela 4) não mostrou diferenças no padrão de crescimento entre os grupos suplementados com concentrado. Por outro lado, quando avaliado o efeito da suplementação concentrada (comparando-se os grupos suplementados com o grupo controle), evidenciou-se diferentes padrões de crescimento tanto para o dianteiro quanto para o traseiro ($P < 0,01$).

Tabela 4 - Parâmetros das curvas de crescimento do peso do dianteiro e do traseiro estimados para os três tratamentos suplementados com concentrados e para o tratamento controle

| Parâmetros ¹ | n | Suplementos ² | | | | Efeito de suplem. ³ | Efeito na recria ⁴ |
|----------------------------|----|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | | Controle | T1 | T2 | T3 | | |
| <i>Dianteiro</i> | | | | | | | |
| Modelo | 52 | | | | | < 0,001 | |
| b, kg/d | 52 | 0,205 | 0,194 | 0,224 | 0,160 | 0,813 | |
| c, kg/d | 52 | -0,092 | 0,109 | 0,042 | 0,033 | 0,449 | 0,168 |
| d, kg/d² | 52 | 4,91 x 10 ⁻⁴ | -2,3 x 10 ⁻⁴ | 2,59 x 10 ⁻⁴ | 4,23 x 10 ⁻⁴ | 0,755 | |
| f, kg/d | 52 | 0,245 | 0,322 | 0,287 | 0,321 | 0,378 | |
| <i>Traseiro</i> | | | | | | | |
| Modelo | 52 | | | | | < 0,001 | |
| b, kg/d | 52 | 0,318 | 0,296 | 0,329 | 0,243 | 0,681 | 0,083 |
| c, kg/d | 52 | -0,129 | 0,061 | 0,055 | 0,060 | 0,487 | |
| d, kg/d² | 52 | 6,38 x 10 ⁻⁴ | 1,86 x 10 ⁻⁴ | 4,59 x 10 ⁻⁴ | 5,44 x 10 ⁻⁴ | 0,878 | |
| f, kg/d | 52 | 0,399 | 0,435 | 0,395 | 0,473 | 0,722 | |

¹ Modelo: $S = a + b * dE$ enquanto $dE \leq 120$, $S = a + b * 120 + c * (dE - 120) + d * (dE - 120)^2$ enquanto $120 < dE \leq 315$, e, $S = a + b * 120 + c * (315 - 120) + d * (315 - 120)^2 + f * (dE - 315)$ se $dE > 315$, Onde: “S” é o peso do componente à idade no experimento dE, kg; “a” é o peso inicial do componente (conforme Tabela 1); “b” é a taxa de crescimento diária na fase de amamentação, kg/d; dE é a idade no experimento, d; “c” é a taxa de crescimento diário linear no período de recria (de baixa disponibilidade forrageira), kg/d; “d” é o parâmetro quadrático do crescimento na recria, ou seja a taxa de aceleração do crescimento nesta fase, kg/d²; e, “f” é a taxa de crescimento diária na fase de terminação, kg/d.

² Tratamentos eram diferentes padrões de proteína nos suplementos concentrados e controle era sal mineral.

³ Valor-P para a comparação do modelo completo e dos parâmetros dos modelos entre os animais controle x suplementados.

⁴ Valor-P para a comparação dos parâmetros “c” e “d” juntos entre os animais controle x suplementados.

Nenhum parâmetro específico do modelo de crescimento do Dianteiro, entretanto, mostrou efeito significativo da suplementação. Mesmo quando avaliados em conjunto os dois parâmetros do período anual de restrição nutricional, coincidente com a fase de recria, estes não mostraram diferença significativa ($P > 0,10$).

Quando avaliados os parâmetros da curva de crescimento do Traseiro, apesar dos parâmetros individuais não diferirem significativamente, observou-se um efeito significativo da suplementação sobre o crescimento no período de recria (fases de seca e transição seca-

águas). Ambas as curvas apresentam formas semelhantes, com um ponto de mínimo tamanho do Traseiro no meio da fase de restrição nutricional, e crescimento mais acelerado no final deste período.

Os animais que receberam suplemento, no entanto, apresentaram uma taxa de crescimento diário inicial na recria (parâmetro “c” do modelo) positiva. Apesar de menor do que durante as demais fases, a taxa de crescimento foi sempre positiva para estes animais durante a recria. No caso dos animais do grupo controle, a taxa de crescimento foi negativa na primeira parte do período de recria, indicando uma redução no tamanho de traseiro, tornando-se positiva apenas na parte final deste período, após o ponto de inflexão da curva.

Observando-se os parâmetros das curvas de crescimento do Traseiro e do Dianteiro, pode-se notar maiores taxas médias de crescimento do Traseiro durante todo o experimento. O gráfico das curvas (Figura 2) também evidencia este maior crescimento do Traseiro.

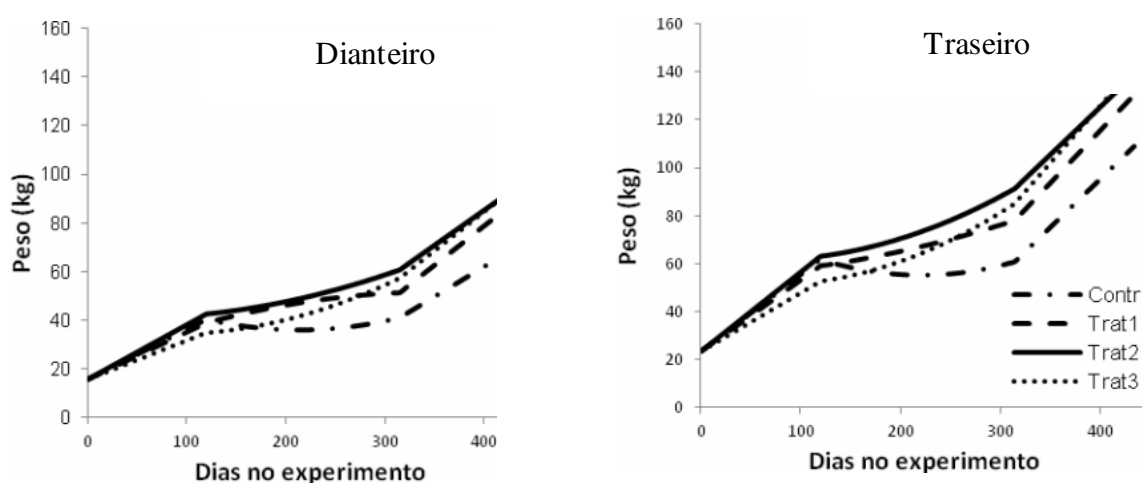


Figura 2 - Curvas de crescimento projetadas para o dianteiro e o traseiro dos animais dos três tratamentos suplementados com concentrado e do tratamento controle.

A consequência final é que, apesar da pequena diferença entre o traseiro e o dianteiro no início do experimento (cerca de 8 kg), o traseiro dos animais suplementados com concentrados pesou cerca de 50 kg a mais que o dianteiro destes ao final do experimento (quando estes animais pesavam cerca de 450 kg).

Como os animais eram machos, não castrados, poder-se-ia esperar maior desenvolvimento do dianteiro (Coutinho Filho et al., 2006). Os resultados aqui observados, no entanto, podem ser explicados pela idade jovem e pelas pequenas taxas de crescimento dos animais experimentais (típica da produção a pasto).

Segundo Berg & Butterfield (1976), o crescimento do traseiro ocorre em fases jovens da vida, reduzindo-se a seguir, quando se acelera o crescimento do dianteiro. Em machos não castrados, a desaceleração do crescimento dos músculos do Traseiro ocorre antes que nas fêmeas ou nos machos castrados, ocasionando a maior proporção de Dianteiro naqueles animais.

Estes mesmos autores observaram também que a aceleração do crescimento dos músculos localizados na porção anterior da carcaça normalmente ocorre apenas em estágios de maturidade mais avançados. Assim, o período de restrição nutricional a que os animais são submetidos durante a seca e transição seca-águas pode ter retardado a redução da velocidade de crescimento do Traseiro devido ao esforço de recuperação da composição corporal (Lawrence & Fowler, 2002), mesmo nos animais suplementados.

Isto aponta para um amadurecimento mais lento de animais a pasto, quando comparados a outros sistemas de produção.

Cortes comerciais. Considerando-se os valores dos coeficientes canônicos padronizados, e o valor comercial dos cortes selecionou-se os Chãs de Dentro e de Fora, a Alcatra, o Lagarto, a Costela, o Contra-Filé, o Filé Mignon e a Picanha para elaboração das curvas de crescimento (Tabela 5).

Tabela 5 - Parâmetros das curvas de crescimento do peso de cortes comerciais, estimadas para os três tratamentos suplementados com concentrados e para o tratamento controle

| Parâmetros ¹ | n | Suplementos ² | | | | Efeito de suplem. ³ | Efeito na recria ⁴ |
|-----------------------------------|----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | | Controle | T1 | T2 | T3 | | |
| Chã de Dentro, kg (Modelo) | | | | | | | < 0,001 |
| b, kg/d | 52 | 0,047 | 0,041 | 0,043 | 0,036 | 0,400 | |
| c, kg/d | 52 | -0,028 | 0,013 | 0,023 | 0,010 | 0,170 | 0,024 |
| d, kg/d ² | 52 | 15,0 x 10 ⁻⁵ | 2,09 x 10 ⁻⁵ | -1,50 x 10 ⁻⁵ | 6,76 x 10 ⁻⁵ | 0,445 | |
| f, kg/d | 52 | 0,045 | 0,064 | 0,059 | 0,066 | 0,130 | |
| Chã de Fora, kg (Modelo) | | | | | | | < 0,001 |
| b, kg/d | 52 | 0,023 | 0,022 | 0,027 | 0,019 | 0,952 | |
| c, kg/d | 52 | -0,013 | 0,012 | 0,007 | 0,003 | 0,355 | 0,121 |
| d, kg/d ² | 52 | 6,56 x 10 ⁻⁵ | -2,4 x 10 ⁻⁵ | 2,09 x 10 ⁻⁵ | 4,21 x 10 ⁻⁵ | 0,653 | |
| f, kg/d | 52 | 0,023 | 0,040 | 0,030 | 0,037 | 0,129 | |
| Alcatra, kg (Modelo) | | | | | | | < 0,001 |
| b, kg/d | 52 | 0,021 | 0,018 | 0,023 | 0,017 | 0,672 | |
| c, kg/d | 52 | -0,011 | 0,006 | 0,001 | 0,003 | 0,346 | 0,057 |
| d, kg/d ² | 52 | 6,10 x 10 ⁻⁵ | 1,70 x 10 ⁻⁵ | 3,81 x 10 ⁻⁵ | 3,86 x 10 ⁻⁵ | 0,709 | |
| f, kg/d | 52 | 0,025 | 0,031 | 0,030 | 0,032 | 0,300 | |
| Lagarto, kg (Modelo) | | | | | | | < 0,001 |
| b, kg/d | 52 | 0,010 | 0,011 | 0,011 | 0,009 | 0,920 | |
| c, kg/d | 52 | -0,008 | 0,001 | 0,003 | -0,004 | 0,471 | 0,314 |
| d, kg/d ² | 52 | 4,48 x 10 ⁻⁵ | 6,46 x 10 ⁻⁵ | 1,13 x 10 ⁻⁵ | 5,00 x 10 ⁻⁵ | 0,707 | |
| f, kg/d | 52 | 0,011 | 0,016 | 0,015 | 0,019 | 0,130 | |
| Contra-Filé, kg (Modelo) | | | | | | | 0,002 |
| b, kg/d | 52 | 0,028 | 0,032 | 0,039 | 0,026 | 0,485 | |
| c, kg/d | 52 | -0,007 | 0,007 | -0,013 | 0,009 | 0,753 | |
| d, kg/d ² | 52 | | | | -4,28 x 10 ⁻⁵ | 0,914 | 0,682 |
| f, kg/d | 52 | 0,001 x 10 ⁻⁵ | -6,5 x 10 ⁻⁵ | 5,66 x 10 ⁻⁵ | 5 | 0,443 | |
| Costelas, kg (Modelo) | | | | | | | < 0,001 |
| b, kg/d | 52 | 0,050 | 0,054 | 0,058 | 0,040 | 0,999 | |
| c, kg/d | 52 | -0,020 | 0,035 | 0,050 | 0,031 | 0,289 | 0,385 |
| d, kg/d ² | 52 | 18,7 x 10 ⁻⁵ | -2,70 x 10 ⁻⁵ | -10,0 x 10 ⁻⁵ | 1,43 x 10 ⁻⁵ | 0,413 | |
| f, kg/d | 52 | 0,080 | 0,106 | 0,107 | 0,131 | 0,092 | |
| Filé mignon, kg (Modelo) | | | | | | | < 0,001 |
| b, kg/d | 52 | 0,007 | 0,009 | 0,011 | 0,007 | 0,482 | |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|----|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------|-------|--|
| c, kg/d | 52 | 0,006 | 0,001 | 0,002 | 0,003 | 0,688 | 0,054 | |
| d, kg/d ² | 52 | -2,10 x 10 ⁻⁵ | 2,08 x 10 ⁻⁵ | 1,87 x 10 ⁻⁵ | 2,14 x 10 ⁻⁵ | 0,329 | | |
| f, kg/d | 52 | 0,008 | 0,009 | 0,009 | 0,011 | 0,503 | | |
| Picanha, kg (Modelo) | | | | | | | 0,134 | |
| b, kg/d | 52 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,922 | 0,489 | |
| c, kg/d | 52 | -0,005 | -0,009 | -0,007 | -0,002 | 0,826 | | |
| d, kg/d ² | 52 | 2,09 x 10 ⁻⁵ | 4,70 x 10 ⁻⁵ | 4,38 x 10 ⁻⁵ | 1,77 x 10 ⁻⁵ | 0,626 | | |
| f, kg/d | 52 | 0,011 | 0,010 | 0,011 | 0,011 | 0,975 | | |
| | | | | | | | | |

¹ Modelo: $S = a + b * dE$ enquanto $dE \leq 120$, $S = a + b * 120 + c * (dE - 120) + d * (dE - 120)^2$ enquanto $120 < dE \leq 315$, e, $S = a + b * 120 + c * (315 - 120) + d * (315 - 120)^2 + f * (dE - 315)$ se $dE > 315$, Onde: “S” é o peso do componente à idade no experimento dE, kg; “a” é o peso inicial do componente (conforme Tabela 1); “b” é a taxa de crescimento diária na fase de amamentação, kg/d; dE é a idade no experimento, d; “c” é a taxa de crescimento diário linear no período de recria (de baixa disponibilidade forrageira), kg/d; “d” é o parâmetro quadrático do crescimento na recria, ou seja a taxa de aceleração do crescimento nesta fase, kg/d²; e, “f” é a taxa de crescimento diária na fase de terminação, kg/d.

² Tratamentos eram diferentes padrões de proteína nos suplementos concentrados e controle era sal mineral.

³ Efeito de suplementação é o valor-*P* para a comparação do modelo completo e dos parâmetros dos modelos entre os animais controle x suplementados.

⁴ Valor-*P* para a comparação dos parâmetros “c” e “d” juntos entre os animais controle x suplementados.

Não foram observadas diferenças ($P > 0,10$) entre os grupos de animais suplementados no modelo de crescimento, nem em nenhum parâmetro específico das curvas de crescimento dos cortes comerciais avaliados nestes animais (Tabela 5). Por outro lado, quando avaliado o efeito de suplementação, apenas a curva de crescimento da Picanha não foi afetada pelo fornecimento de concentrado aos animais.

Apesar de, isoladamente, nenhum dos parâmetros das curvas de crescimento do Chã de Dentro ter apresentado efeito significativo de suplementação ($P > 0,10$), a análise conjunta dos parâmetros de crescimento durante a recria mostrou influência da suplementação concentrada nesta fase ($P > 0,05$).

Além da taxa diária inicial de crescimento durante a recria (parâmetro “c”) negativa nos animais controle, o parâmetro quadrático estimado para estes animais é cerca de seis vezes maior que a média dos animais suplementados. Isto levou a um padrão de crescimento deste corte, nesta fase (Figura 3), onde se observa um crescimento positivo quase linear, mas a

taxas menores que em outras fases, para os animais recebendo concentrado. Por outro lado, os animais controle, que recebiam apenas suplementação mineral, mostraram nitidamente uma perda de tamanho nos músculos constituintes deste corte durante parte da fase de recria, com recuperação do tamanho apenas a partir do final desta fase.

A análise do modelo de crescimento do Chã de Fora não evidenciou nenhum efeito de suplementação sobre parâmetros específicos ou sobre os parâmetros da fase de recria em conjunto ($P>0,10$), apesar do efeito significativo sobre o modelo de crescimento deste corte como um todo ($P<0,01$). Esta aparente inconsistência de resultados pode ser explicada por um efeito de suplementação sobre uma ou mais combinações de parâmetros, não avaliadas aqui.

A análise gráfica das curvas de crescimento (Figura 3) mostrou que a falta de significância no efeito de suplementação durante a fase de recria pode ter sido influenciada pelos animais do grupo que recebia suplemento sem uréia. Enquanto os grupos que recebiam concentrado com uréia tiveram um crescimento linear positivo durante toda esta fase, com taxas pouco abaixo das outras fases de crescimento, o grupo suplementado sem uréia mostrou um grande decréscimo na taxa de crescimento deste corte no início da fase, seguida por uma elevação desta taxa na segunda parte da recria.

Este comportamento é mais semelhante ao do grupo controle, que iniciou a fase de recria com crescimento negativo, praticamente estabilizando-o ao final desta fase. Durante a terceira fase da curva de crescimento, apesar da inclinação da curva (taxa de crescimento diário do Chã de fora – parâmetro f – Tabela 5) não diferir ($P>0,10$) entre os animais suplementados e controle, observa-se que a diferença do tamanho projetado para este corte, entre estes grupos, aumenta nesta fase.

Semelhante ao Chã de Dentro, a análise parâmetros de crescimento da Alcatra mostrou diferenças na curva entre os animais suplementados e controle ($P < 0,01$) e efeito significativo da suplementação sobre os parâmetros da fase de recria avaliados em conjunto ($P < 0,10$).

A curva de crescimento deste corte durante a fase de recria (ou de restrição nutricional) nos animais suplementados com concentrados também mostrou um comportamento quase linear, com taxa de crescimento menor, enquanto nos animais controle ela é tipicamente quadrática, com uma taxa de crescimento diária inicial (parâmetro “c”) negativa, e um ponto de mínimo tamanho do corte.

A perda de tamanho do corte neste período, no entanto, é visualmente bem menor que nos cortes anteriores, assemelhando-se mais a uma manutenção do tamanho. Matematicamente, isto é associado aos baixos valores absolutos dos parâmetros “c” e “d”.

Quando avaliado o crescimento do Lagarto, também só foi possível se identificar efeito significativo ($P < 0,01$) da suplementação sobre a curva de crescimento deste corte como um todo, sem que fosse possível se identificar nenhum parâmetro do modelo que, sozinho, pudesse justificar esta diferença. Também a análise dos parâmetros da fase de recria em conjunto não revelou efeito ($P > 0,10$) da suplementação.

Visualmente, os padrões das curvas de crescimento do Lagarto são bastante semelhantes ao do Chã de Fora. A diferenciação entre tratamentos torna-se visível a partir da fase de recria, onde os animais suplementados com concentrados com uréia mostram um padrão de crescimento semelhante a um crescimento linear positivo, enquanto os demais (que recebiam concentrado sem uréia ou sal mineral apenas) mostram uma resposta quadrática, com ponto de mínimo.

Este comportamento é compatível com a mobilização dos músculos componentes destes cortes durante momentos de restrição nutricional, e a posterior recuperação dos mesmos, logo que o alimento voltasse a estar disponível em quantidade e qualidade

suficientes. Também o aumento da divergência das curvas de crescimento do Lagarto em animais recebendo ou não suplementação concentrada na terceira fase do modelo aponta para um menor tamanho final deste corte para os animais controle.

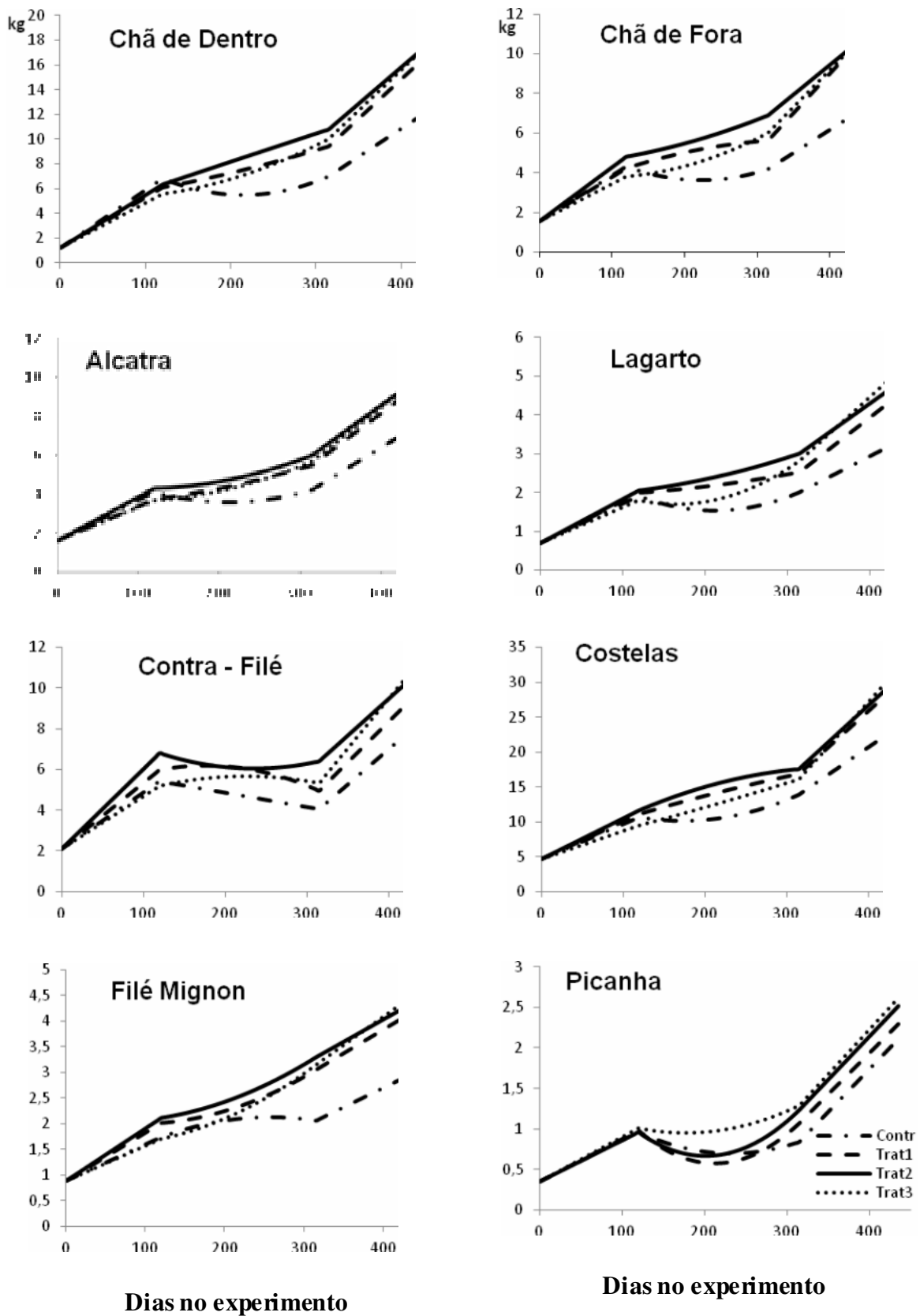


Figura 3 - Curvas de crescimento (kg) projetadas para cortes comerciais dos animais dos três tratamentos suplementados com concentrado e do tratamento controle.

Quando se avaliou o efeito de suplementação os animais suplementados com concentrado mostraram crescimento do Contra-Filé significativamente ($P < 0,01$) diferente daqueles que recebiam apenas sal mineral.

Também para este músculo, no entanto, nenhum parâmetro isoladamente, nem os parâmetros de crescimento durante a recria em conjunto, puderam explicar as razões desta diferença. Mais vez, uma ou mais combinação de parâmetros não avaliadas aqui poderia explicar esta falta de diferenças.

A Figura 3 mostrou que o perfil de crescimento do Contra-Filé do lote que recebia concentrado sem uréia (T3) foi o mais próximo ao do lote controle. Diferente dos cortes anteriores, no entanto, cada tratamento mostrou um comportamento na fase de restrição nutricional. Estes comportamentos variaram de uma redução praticamente linear (Controle), passando por uma redução apenas na parte final do período de restrição (Tratamentos T2 e T3), até um ligeiro decréscimo no início da restrição, com alguma recuperação ainda no final desta fase (Tratamento T1). Estes padrões parecem apontar ser este músculo mais sensível às variações nutricionais, quando comparado aos demais.

A avaliação do efeito de suplementação concentrada sobre o crescimento da costela mostrou modelos significativamente diferentes para animais suplementados com concentrado ou não.

Neste caso, a análise dos parâmetros do modelo de crescimento mostrou que a taxa de crescimento diário na última fase de crescimento avaliada (parâmetro “f”) evidenciou significativamente esta diferença ($P < 0,10$) entre os modelos.

Visualmente, as curvas de crescimento da Costela dos animais suplementados mostraram um crescimento praticamente linear na primeira e segunda fases da curva aqui avaliada, e uma aceleração deste crescimento na terceira fase (Figura 3). Este comportamento indica um provável ímpeto de crescimento tardio das costelas. Este crescimento teria sido

retardado pelo período de restrição alimentar, e evidenciado-se na terceira fase de crescimento, reforçado ainda por algum crescimento compensatório, na tentativa de recuperar a falta de aceleração de crescimento após a desmama.

Os animais referência, por sua vez, tiveram o crescimento praticamente paralisado no início da fase de restrição alimentar, retomando-o no fim desta fase. Durante a fase de realimentação, no entanto, estes animais não conseguiram igualar a grande taxa de crescimento dos demais.

O crescimento do Filé Mignon dos animais suplementados por concentrado não foi afetado pelo período de restrição do ano (Figura 3) e mostrou-se significativamente ($P < 0,01$) diferente daqueles animais que recebiam apenas sal mineral. Esta diferença está ligada principalmente ($P < 0,10$) ao efeito do período de restrição nutricional sobre o crescimento dos músculos constituintes deste corte.

O perfil das curvas de crescimento deste corte nos animais controle mostra que seu crescimento foi uniforme e semelhante ao dos animais suplementados com concentrado até durante a fase inicial da recria. Na segunda fase da recria (correspondente à estação de transição seca-águas, e final do período de restrição alimentar), no entanto, o crescimento deste corte parece ter cessado nos animais controle. Este crescimento foi, então, retomado na terceira fase da curva em ritmo semelhante ao dos animais que recebiam suplementação concentrada. Estes resultados apontam para uma maior resistência deste corte à restrição nutricional, quando comparado aos demais aqui avaliados.

A picanha foi o corte mais afetado pela restrição alimentar imposta aos animais. A Figura 3 mostra uma grande redução no tamanho deste corte na fase inicial da restrição, sendo que este tamanho perdido foi apenas parcialmente recuperado na segunda fase, mesmo pelos animais que recebiam suplementação concentrada. De fato, nem o efeito de suplementação, nem o perfil protéico desta suplementação foram capazes ($P > 0,10$) de alterar

significativamente o padrão de crescimento da Picanha, ou mesmo reduzir os efeitos do período de restrição nutricional sobre este corte.

Considerando-se os aspectos aqui discutidos, pode-se classificar os cortes avaliados de acordo com o padrão de mobilização dos músculos constituintes destes cortes durante a fase de restrição nutricional do ano.

Considerando-se como padrão de desenvolvimento normal o dos animais controle (que representa um padrão mais “natural” de desenvolvimento dos cortes comerciais de animais a pasto em condições Brasileiras), pôde-se observar que a maioria dos cortes (o Chã de Dentro, o Chã de Fora, a Alcatra, o Lagarto e o Filé Mignon) mostraram uma paralisação do crescimento, ou pequena mobilização durante a fase de restrição nutricional, logo compensada nas fases finais deste período.

O Contra-Filé e a Picanha, por outro lado, mostraram maior redução de tamanho durante o período de restrição. Isto pode indicar uma maior susceptibilidade destes cortes à mobilização em casos de restrição nutricional, e podem explicar parte do grande desenvolvimento do traseiro aqui observado na fase final do experimento.

A diferença entre estes cortes pode ser a capacidade de recuperação mais rápida demonstrada pelo Contra-Filé. Isto apontaria para uma maior sensibilidade deste corte às condições nutricionais dos animais.

Uma vez que estes são, normalmente, alguns dos cortes mais valorizados da carcaça bovina, este comportamento pode implicar em significativo impacto financeiro.

Por fim, o Filé foi o corte que menos sentiu o efeito da restrição nutricional, apresentando crescimento até o metade deste período, mesmo nos animais controle. Também as costelas podem ser consideradas bastantes “resistentes” à restrição nutricional.

Outro aspecto a ser enfatizado é o efeito da suplementação concentrada sobre o comportamento da maioria dos cortes nesta fase de restrição. Quando suplementados os

animais, o Contra-Filé pareceu manter seu peso durante a fase de restrição, enquanto Chã de Dentro e de Fora, Alcatra e Lagarto foram capazes de manter um crescimento positivo, apesar de menor que nas outras fases do ano.

Nestas condições, a Costela manteve a mesma taxa de crescimento anterior, sendo este crescimento acelerado ainda mais logo após o fim da fase de restrição, e o crescimento do Filé Mignon praticamente não foi afetado pelas estações do ano ou pela fase da vida do animal. A Picanha, por sua vez, não teve seu padrão de crescimento alterado pela suplementação, o que reforça a hipótese da susceptibilidade do crescimento deste corte às variações na disponibilidade nutricional.

Considerando-se que os animais suplementados foram abatidos com peso vivo médio próximo a 440 kg, pode-se comparar o peso final dos cortes aqui observados com os observados por Cruz et al. (2003) em animais confinados. Entre os cortes avaliados por aqueles autores, apenas o Lagarto apresentou pesos semelhantes. O Contra filé aqui observado foi mais leve e o Filé e os Coxões foram maiores que os medidos por aqueles autores em animais com peso semelhante.

Isto vem reforçar mais uma vez a sensibilidade do Contra-Filé às condições nutricionais e a resistência do desenvolvimento do Filé a este fator. Aqueles autores não apresentaram dados da Costela, Alcatra ou Picanha.

Conclusões

Os padrões de crescimento dos cortes cárneos de bovinos de corte criados a pasto apresentam comportamento influenciado pelas condições sazonais do ano.

Os cortes mais sensíveis ao status nutricional dos animais foram o Contra-Filé e a Picanha, e os mais resistentes às variações nutricionais durante o ano foram o Filé e as Costelas.

O fornecimento de suplementação concentrada e a presença de uréia neste suplemento foram capazes de interferir na curva de crescimento da maioria dos cortes, sendo que esta resposta variou de acordo com o corte avaliado.

Os resultados aqui obtidos evidenciam a necessidade de novos estudos sobre o desenvolvimento de cortes cárneos em condições de produção de bovinos de corte a pasto no Brasil.

Literatura Citada

- BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R. M. **New concepts of cattle growth**. 1.ed. Sydney: Sydney university press, 1976. 240p.
- COUTINHO FILHO, J.L.V.; PERES, R.M.; JUSTO, C.L. Produção de carne de bovinos contemporâneos, machos e fêmeas, terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2043-2049, 2006.
- CRUZ, G.M; TULLIO, R.R.; ESTEVES, S.N. et al. **Avaliação do desempenho, características de carcaça e desossa de bovinos jovens terminados em confinamento**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste. 2003, 52p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2).
- FERNANDES, H. J.; PORTO, M. O.; AZEVEDO, J. A. G. et al. Biometria de bezerros de corte a pasto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2007]. (CD-ROM)
- FRANCE, J. & KEBREAB, E. **Mathematical modelling in animal nutrition**. Oxfordshire, UK: CABI, 2008. 574p.
- LAWRENCE, T.J. & FOWLER, V.R. **Growth of farm animals**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 2002. 347p.
- LÓPEZ, S. **Non-Linear functions in animal nutrition**. In: Mathematical modeling in animal nutrition. Ed: France, J. e Kebreab, E. Oxfordshire: CABI, 2008. 574p.
- LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. 1ª Ed. São Paulo: Albino L. Filho, 2000. 134p.
- NRC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. Updated 7th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC. 2000.

REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Rev. Ceres**, v.50, p.9-26, 2003.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS system: SAS/STAT**. version 9.0 (software), Cary: SAS Institute, 2004. (CD-ROM).

THORNLEY, J. H.M.; FRANCE, J. **Mathematical models in agriculture: quantitative methods for the plant, animal and ecological sciences**. 2 ed. Oxon: CABI, 2007. 906p.

WALDMAN, R.C.; TYLER, W.J.; BRUNGARDT, V.H. Estimation of body composition in young calves. **Journal of Animal Science** n.29, p. 426-428. 1969.

Capítulo 9

Avaliação do crescimento de tourinhos em pastejo recebendo suplementação concentrada com diferentes perfis protéicos V: Tecidos adiposos e exigências nutricionais para ganho

Resumo - Para analisar a relação do peso vivo em jejum (**PV**) e peso de corpo vazio (**PCVZ**), comparar curvas de crescimento de tecidos adiposos, e avaliar exigências para ganho foram utilizados 57 tourinhos cruzados com idade e peso vivo iniciais de 144 d e 129 kg. Cinco animais foram abatidos no início do experimento e os demais divididos em quatro grupos, alojados em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf e suplementados com concentrados com diferentes perfis protéicos ou sal mineral *ad libitum* (controle). Na fase pré-desmama os animais recebiam 1,2 kg, na recria 1,5 kg e na terminação, 2,0 kg de concentrado por dia. Estes animais foram abatidos escalonadamente após 120 d, 210 d, 315 d e 434 d. O PCVZ e sua composição foram estimados. A composição corporal dos animais do mesmo tratamento foi estimada a partir dos animais abatidos. O ganho de PCVZ e sua composição foram estimados. Ajustou-se um modelo de crescimento multifásico dos tecidos adiposos e do conteúdo corporal de proteína e de energia, e das relações entre PCVZ e PV e entre o tecido adiposo da carcaça e o tecido adiposo total. Compararam-se os modelos entre os tratamentos suplementados e entre estes e o controle (efeito da suplementação). Estimaram-se as exigências nutricionais de proteína e energia para ganho. Para a conversão do PV em PCVZ em animais a pasto deve-se utilizar dados obtidos em situação de pastagem e suplementação semelhantes. O tecido adiposo da carcaça é de mobilização prioritária. A curva de crescimento dos tecidos adiposos é influenciada pelo fornecimento de concentrado, mas não pelo perfil protéico deste. A participação da energia da proteína na energia retida total reduz-se e a proteína retida no ganho aumenta à medida que aumenta a concentração energética do ganho.

Palavras-chave: bovinos de corte, crescimento, exigências, tecidos adiposos

**Evaluation of growth of grazing young bulls receiving concentrate
supplementation with different protein profiles V: Adipose tissues and nutritional
requirements to gain**

Abstract -To analyze the relation between shrunk body weight (BW) and empty body weight (EBW), to compare the growth curves of adipose tissues, and to evaluate nutritional requirements to weight gain, 57 crossbreed young bulls with initial age and live weight of 144 d and 129 kg were used. Five animals were slaughtered at the beginning of the experiment and the others divided in four groups, housed in *Brachiaria decumbens* Stapf pastures and supplemented with concentrate with different protein patterns or *ad libitum* mineral salt (control). In the nursing phase the animals received 1.2 kg, during the growing 1.5 kg and in finishing phase, 2.0 kg per animal/d of concentrate. These animals were slaughtered at 120, 210, 315 and 434 d. The EBW and its composition were estimated. The body composition of the animals of the same treatment was estimated by the composition of the slaughtered animals. The EBW gain and its composition were estimated. A multiphase growth model was adjusted to the adipose tissues, the protein and energy body content, and to the relationship between EBW and BW, and between the carcass adipose tissue and the total adipose tissue. Growth models were compared between the treatments that received concentrate and between these and the control (supplementation effect). The nutritional requirements of protein and energy to gain were estimated. To convert BW to EBW in grazing animals, data from grazing animals with similar supplementation should be used. Adipose carcass tissue is the proprietary to be mobilized. The growing curve of the adipose tissues is affected by the concentrate supply, but not by the protein profile of its. The participation of the protein energy in the total retained energy reduces, and the protein retained on the gain increases as the energetic concentration of the gain increases.

Keywords: beef cattle, growth, requirements, adipose tissues

Introdução

A produção de carne é o objetivo final da bovinocultura de corte. Dentro do produto final produzido, a quantidade de gordura presente é tido como um dos principais indicadores de qualidade. Por outro lado, a quantidade total de gordura no corpo animal afeta diretamente as necessidades nutricionais de manutenção e ganho destes.

Apesar de a maior parte da produção de carne bovina no Brasil ser realizada a pasto, a maior parte dos trabalhos desenvolvidos no Brasil para se estimar as exigências nutricionais de bovinos ainda é realizada com animais confinados (Moraes et al., 2009). Mesmo os trabalhos realizados com animais a pasto, estimaram as exigências através de ensaios realizados durante curtos períodos de tempo. Neste caso, apesar das variações induzidas nos suplementos nutricionais fornecidos, não se considera a influência das variações sazonais da qualidade e disponibilidade da forragem sobre a composição do ganho e as exigências nutricionais dos animais. Sendo as variações da forragem a principal fonte de variação na nutrição de bovinos a pasto, é importante considerá-las nesta estimativa.

Os objetivos deste estudo foram: (1) analisar a variação do fator de conversão do peso vivo em jejum para peso de corpo vazio nas diferentes fases do ano; (2) comparar as curvas de crescimento de tecidos adiposos, e; (3) estimar e avaliar as exigências nutricionais para ganho de peso de bovinos de corte produzidos a pasto, sob diferentes estratégias de suplementação nutricional.

Materiais e Métodos

Dados experimentais

Descrição dos animais. Este experimento foi conduzido entre março de 2007 e maio de 2008 na Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizados 57 tourinhos, com, no mínimo, 50% de sangue nelore, com idade e pesos corporais iniciais de 144 d e 129 kg, respectivamente. A idade e o peso finais foram 578 d e 405 kg, respectivamente. Cinco

animais foram abatidos no início do experimento e os demais foram então, aleatoriamente divididos em quatro grupos e alojados em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. Em cada grupo, os animais foram suplementados com uma das estratégias de suplementação avaliadas: um dos três diferentes tipos de suplemento concentrado (T1, T2 e T3) ou apenas sal mineral.

Dietas. Os suplementos concentrados foram formulados com milho, farelo de soja e uréia, de acordo com os requerimentos dos animais em cada fase, segundo as recomendações do NRC (2000). Na fase pré-desmama, durante a transição águas-seca e início da estação seca, os animais recebiam 1,2 kg/animal/d de concentrado, formulado sem o uso de uréia. O concentrado foi oferecido em um sistema de “creep-feeding” para se evitar o consumo do mesmo pelas vacas. Durante a recria, nos períodos da seca e transição seca-águas do ano, 1,5 kg/animal de suplemento concentrado foram oferecidos diariamente a cada animal. Por fim, na fase de terminação, durante a estação das águas e início da transição águas-seca do ano de 2008, 2,0 kg/animal/d foram fornecidos. O sal mineral foi fornecido *ad libitum* ao último grupo de animais em todas as fases.

Na fase de amamentação, variou-se o teor de PB nos suplementos, enquanto nas fases de recria e terminação, o conteúdo de NNP dos suplementos foi variado, de acordo com a quantidade de uréia utilizada em cada formulação.

A Tabela 1 apresenta a combinação de alimentos nos suplementos concentrados em cada fase de vida. Maiores informações sobre a dieta e as condições nutricionais dos animais em cada fase de produção podem ser obtidas nos Capítulos 1 a 4.

Tabela 1 - Composição dos suplementos concentrados utilizados em cada estratégia de suplementação (T1, T2 ou T3), em cada fase do período experimental

| Fase experimental | Amamentação (Março a Junho) | | | Recria (Julho a Outubro) | | | Recria (Outubro a Dezembro) | | | Terminação (Janeiro a Maio) | | |
|------------------------------------|--------------------------------|------|------|-----------------------------|------|------|--------------------------------|------|------|--------------------------------|------|------|
| | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 |
| Estratégia de suplementação | | | | | | | | | | | | |
| Ingredientes¹ | | | | | | | | | | | | |
| Milho | 32,5 | 64,9 | 97,4 | 71,3 | 48,4 | 26,2 | 69,5 | 47,9 | 25,5 | 86,3 | 69,3 | 51,4 |
| Farelo de soja | 64,9 | 32,5 | -- | 15,9 | 42,9 | 69,0 | 17,8 | 43,4 | 69,8 | 3,80 | 23,8 | 44,7 |
| Uréia | -- | -- | -- | 8,00 | 4,00 | -- | 8,00 | 4,00 | -- | 6,00 | 3,00 | -- |
| Sal mineral | 2,60 | 2,60 | 2,60 | 4,80 | 4,80 | 4,80 | 4,70 | 4,70 | 4,70 | 3,80 | 3,80 | 3,80 |

1 – Expresso como % de matéria natural.

Pesagens dos animais. Todos os animais foram pesados no início e no final de cada fase (um dia antes do abate) para obtenção do peso vivo sem jejum. Os animais a serem abatidos eram então submetidos a 16 h de jejum de sólidos e pesados imediatamente antes do abate, para obtenção do peso vivo em jejum (**PV**).

Momento de abate dos animais. Após o abate dos cinco animais referência no início do experimento, os animais remanescentes foram abatidos 120 dias após o início do experimento, à época da desmama, no início de julho, início da estação seca (três animais de cada grupo); 210 dias após o início do experimento, no meio da fase de recria, no início de outubro, quando as primeiras chuvas marcaram o final da estação da seca e início da transição seca-águas, (dois animais de cada grupo); 315 dias após o início do experimento, no início da fase de terminação, no início de janeiro, estação das águas (três animais de cada grupo); e 434 dias após o início do experimento, no início de Maio, final do experimento, (cinco animais de cada grupo).

Avaliação da composição corporal. Após insensibilização dos animais, os mesmos foram sangrados, e o sangue coletado, pesado e amostrado. Todos os componentes corporais, incluindo todos os órgãos, vísceras limpas, couro, cabeça, pés e carcaça foram pesados

quando retirados do corpo. As vísceras foram esvaziadas, limpas com água e a gordura associada foi fisicamente separada, sendo classificada de gordura visceral (**Gvis**). A gordura interna da carcaça (**Ginte**) também foi pesada. O peso de todos os componentes corporais foi somado para obtenção do peso de corpo vazio (**PCVZ**).

Foi retirada uma amostra de 20 cm² do couro. Os órgãos e vísceras foram moídos juntos, uniformizados e amostrados. Os componentes físicos da cabeça e de um pé dianteiro e um traseiro foram separados, pesados e amostrados. Após 24 h de resfriamento, a meia carcaça esquerda foi dissecada em seus tecidos constituintes (músculo, ossos e tecido adiposo (**Gcar**)), os quais foram então pesados e amostrados.

As amostras de sangue, couro, órgãos e vísceras, e componentes físicos de pés, cabeças e carcaças foram congeladas e posteriormente enviadas para análise dos teores de matéria seca (**MS**), e dos teores químicos de proteína e gordura, segundo Silva & Queiroz (2002).

O total de gordura retida e de proteína retida (**PR**) no corpo vazio foi calculado multiplicando-se o peso de cada componente corporal pelo seu teor de MS e de proteína bruta e gordura, respectivamente.

O teor de energia retida (**ER**) no corpo foi estimado multiplicando-se as quantidades de proteína e gordura corporais pelos seus valores energéticos, como proposto pelo ARC (1980):

$$ER = 5,6405 \times P + 9,3929 * G$$

Onde: ER é a energia retida no corpo, Mcal; P é a proteína corporal, kg; e, G é a gordura corporal, kg.

Avaliação do crescimento e das exigências

Estimação do ganho de peso de corpo vazio e da composição do ganho. O PCVZ de todos os animais foram estimados baseando-se nas relações entre o PCVZ, o PV e o peso vivo sem jejum dos animais abatidos do mesmo tratamento. O ganho de peso de corpo vazio

(GPCVZ) dos animais abatidos foi obtido a partir da diferença entre o PCVZ no final da fase anterior e no momento do abate.

A composição do GPCVZ foi estimada pela diferença da composição corporal dos animais ao abate e no final da fase de produção anterior (obtida a partir da composição dos animais do mesmo tratamento abatidos àquela época).

Curvas de crescimento. De acordo com o discutido por France & Kebreab (2008), o estudo do crescimento do corpo ou de componentes corporais de animais sob condições de pastejo em ambiente tropical deve levar em consideração as variações ambientais a que os animais são submetidos. Entre estas, a maior delas, em sistemas de produção a pasto, é, sem dúvida, a baixa disponibilidade forrageira durante parte do período seco e transição seca-águas do ano.

Além da fase de crescimento reduzido ou negativo, a existência deste período no ano geralmente causa ainda o aparecimento de uma fase de crescimento acelerado imediatamente posterior, conhecido como crescimento compensatório.

Estas fases alteram não só as taxas de crescimento, mas também a composição deste crescimento, valorizando-se determinados componentes corporais (Berg & Butterfield, 1976). Estas alterações da composição do ganho levam a diferentes exigências nutricionais para ganho.

De forma a se estudar o crescimento dos tecidos adiposos corporais e do conteúdo corporal de proteína e de energia, e a evolução da relação entre PCVZ e PV e da participação do tecido adiposo da carcaça no tecido adiposo total, dentro de um sistema de produção de novilhos super precoces a pasto, ajustou-se um modelo de crescimento multifásico, considerando-se as três principais fases de produção, evidenciadas ainda pelas variações sazonais no ambiente de produção.

Assim, a primeira fase do modelo correspondia à fase de amamentação, que, no Brasil central, ocorre normalmente durante a fase de águas e transição águas-seca do primeiro ano de vida dos animais. A segunda fase do modelo correspondeu à recria, que em um sistema de produção super precoce a pasto, ocorre durante o período da seca e transição seca-águas, quando os animais completam seu primeiro ano de vida. Por fim, a terceira fase do modelo correspondeu à terminação, que, nestas condições, ocorre no segundo período das águas e de transição águas-seca da vida, quando os animais completam cerca de 18 meses de vida, e são encaminhados para abate.

Como, quando curtos períodos de tempo são avaliados, as curvas de crescimento assumem uma forma linear (Waldman et al., 1969; Lawrence & Fowler, 2002; Fernandes et al., 2007), o modelo aqui utilizado tinha duas fases lineares (a primeira e a última), intercaladas pela fase de recria (mais longa), onde o crescimento foi representado por um modelo quadrático.

As equações de crescimento foram então ajustadas de acordo com o seguinte modelo:

$$S = a + b * dE \quad \text{enquanto } dE \leq 120,$$

$$S = a + b * 120 + c * (dE - 120) + d * (dE - 120)^2 \quad \text{enquanto } 120 < dE \leq 315, \text{ e,}$$

$$S = a + b * 120 + c * (315 - 120) + d * (315 - 120)^2 + f * (dE - 315) \quad \text{se } dE > 315$$

Onde: “S” é o valor à idade no experimento dE; “a” é o valor inicial assumido (conforme Tabela 2); “b” é a taxa de crescimento diária na fase de amamentação; dE é a idade no experimento; “c” é a taxa de crescimento diário linear inicial no período de recria (de baixa disponibilidade forrageira); “d” é o parâmetro quadrático do crescimento na recria, ou seja a taxa de aceleração da resposta; e, “f” é a taxa de crescimento diária na fase de terminação.

Os dados médios dos animais referência (Tabela 2) foram utilizados como parâmetro “a” nas equações, como estratégia para se reduzir o número de parâmetros a serem estimados pelo modelo.

Tabela 2 - Valores médios dos animais referência, utilizados como valores iniciais nas curvas de crescimento

| Items | X | SD |
|--------------------------|-------|-------|
| Rel. PCVZ:PV | 0,916 | 0,053 |
| Depósitos de Gordura, kg | | |
| Visceral | 1,35 | 1,06 |
| Interna da Carcaça | 0,354 | 0,233 |
| Carcaça | 1,89 | 1,71 |
| Rel. Gcar:Gtot | 0,477 | 0,051 |
| Proteína corporal, kg | 10,8 | 5,59 |
| Energia corporal, Mcal | 90,4 | 58,0 |

Avaliação das exigências nutricionais. A participação da energia oriunda da proteína retida (**ER_p**) no total de ER por dia foi estudada a partir de um modelo exponencial que tinha como variável a concentração energética do GPCVZ (Tedeschi et al., 2004).

$$ER_p = \beta_1 + \beta_2 \times e^{(\beta_3 \times ER / GPCVZ)}$$

Onde: ER_p é a energia retida na forma de proteína, % ER; ER é a energia retida no corpo animal, Mcal/d; GPCVZ é o ganho de peso de corpo vazio, kg/d; e, β_1 , β_2 e β_3 são os parâmetros da equação.

As exigências nutricionais líquidas de proteína e energia para ganho de peso foram estimadas como a PR e a ER no GPCVZ dos animais, adotando-se as equações sugeridas pelo NRC (2000).

$$PR = GPCVZ \times (\beta_1 + \beta_2 \times ER / GPCVZ)$$

Onde: PR é a proteína retida em determinado ganho de peso de corpo vazio, kg/d; GPCVZ é o ganho de peso de corpo vazio, kg/d; ER é a energia retida neste GPCVZ, Mcal; e, β_1 e β_2 são os parâmetros da equação.

Nesta equação, o parâmetro β_1 representa a estimativa inicial da quantidade de PR em cada kg de GPCVZ, e o parâmetro β_2 a influência da concentração energética do ganho de peso sobre esta estimativa inicial.

$$ER = \beta_1 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{\beta_2}$$

Onde: ER é a energia retida em determinado ganho de peso de corpo vazio, Mcal/d; $PCVZ^{0,75}$ é o peso de corpo vazio metabólico do animal, kg; GPCVZ é o ganho de peso de corpo vazio, kg/d; e, β_1 e β_2 são os parâmetros da equação.

Nesta equação, o parâmetro β_1 representa a estimativa inicial da quantidade de ER para cada quilograma de peso metabólico, em cada kg de GPCVZ, e o parâmetro β_2 o efeito exponencial do GPCVZ sobre esta estimativa.

Por fim, a PR e a gordura retidas no GPCVZ foram regredidas em função da concentração energética deste ganho, segundo um modelo exponencial.

$$Y = \beta_1 \times (ER/GPCVZ)^{\beta_2}$$

Onde: Y é o conteúdo de gordura ou proteína retidos em 1,0 kg de GPCVZ, kg/kg GPCVZ; ER é a energia retida no ganho, Mcal/d; GPCVZ é o ganho de peso de corpo vazio, kg/d; e, β_1 e β_2 são os parâmetros da equação.

Nesta equação, o parâmetro β_2 representa a taxa exponencial do efeito da concentração energética do ganho sobre o conteúdo no GPCVZ. Assim, se este parâmetro for menor que 1,0, indica uma desaceleração no conteúdo do nutriente no GPCVZ à medida que se aumenta a concentração energética deste ganho. Da mesma forma, se este parâmetro for maior que 1,0, ele indicaria uma aceleração na deposição deste nutriente à medida que se aumenta a concentração energética do GPCVZ.

Análises estatísticas

Todas as regressões foram desenvolvidas com o PROC NLIN do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Nas equações multifásicas de crescimento, os valores iniciais dos parâmetros

foram estimados pelo cálculo das taxas de crescimento diário na primeira fase de crescimento (parâmetro “b”), durante a fase de recria (parâmetros “c” e “d”) e na terminação (parâmetro “f”). Nas demais equações, os valores iniciais dos parâmetros foram obtidos a partir de dados da literatura.

Os outliers foram testados pela avaliação dos resíduos studentizados em relação aos valores preditos pelo modelo. Os dados foram removidos se os resíduos studentizados estivessem fora da faixa de -2.5 a 2.5.

Na estimação dos parâmetros das equações de predição das exigências nutricionais foram ainda removidos os dados de animais com GPCVZ negativos, devido a variações na eficiência de uso dos nutrientes mobilizados do corpo.

A comparação dos modelos de crescimento e de cada parâmetro dos modelos entre os três tratamentos suplementados e entre os animais suplementados e o controle (efeito de suplementação) foi realizada de acordo com o teste de identidade de modelos sugerido por Regazzi (2003). Utilizou-se, no entanto, o teste “F” para a comparação dos mesmos.

Para se avaliar o efeito específico da suplementação nutricional concentrada no período de baixa disponibilidade forrageira do ano (durante a fase de recria dos animais) sobre o crescimento dos cortes comerciais (efeito na recria), compararam-se os parâmetros “c” e “d” dos animais suplementados com os controle, simultaneamente, utilizando-se a mesma metodologia.

O nível de significância de 5% foi adotado em todas as análises estatísticas.

Resultados e Discussão

Estimação do peso de corpo vazio

Várias pesquisas realizadas no Brasil (Freitas et al., 2006; Moraes et al., 2009, Valadares Filho et al., 2006) encontraram valores próximos ao coeficiente de 0,891 preconizado pelo NRC (2000) para se converter o PV em PCVZ. De fato, a análise dos dados

deste experimento mostra uma média de 0,894, bastante similar a este fator. Esta constância de resposta média pode levar a que se realize a estimativa do PCVZ baseando-se neste fator de conversão, ignorando-se os efeitos que o tipo de dieta fornecida aos animais pode ter sobre o enchimento do trato gastrointestinal.

Por outro lado, o tipo mais comum de pesquisa realizada no Brasil avalia pequenos períodos de tempo, nos quais os animais são submetidos a uma dieta fixa, geralmente envolvendo silagens e concentrado. No caso de animais alojados em pastagens, suplementados ou não, a conversão de PV para PCVZ ganha especial valor, devido às variações na dieta dos animais, decorrentes da variação sazonal das pastagens, de acordo com as épocas do ano. Em algumas situações, a relação observada nos animais pode divergir bastante dos valores observados em confinamento (Andrade et al., 2009).

Tabela 3 - Parâmetros das curvas de evolução da relação entre PCVZ e PV para os três tratamentos suplementados com concentrados e para o tratamento controle durante o período experimental

| Parâmetros ¹ | n | Suplementos ² | | | | Efeito de suplem. ³ | Efeito na recria ⁴ |
|---------------------------|----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | | Controle | T1 | T2 | T3 | | |
| Modelo | | | | | | 0,0005 | |
| b, %/d | 52 | -2,9 x 10 ⁻⁴ | 0,63 x 10 ⁻⁴ | 1,56 x 10 ⁻⁴ | -0,7 x 10 ⁻⁴ | 0,002 | |
| c, %/d | 52 | -12,0 x 10 ⁻⁴ | -10,5 x 10 ⁻⁴ | -15,4 x 10 ⁻⁴ | -14,2 x 10 ⁻⁴ | 0,999 | |
| d, %/d² | 52 | 6,33 x 10 ⁻⁶ | 4,64 x 10 ⁻⁶ | 6,61 x 10 ⁻⁶ | 6,80 x 10 ⁻⁶ | 0,999 | 0,141 |
| f, %/d | 52 | -0,7 x 10 ⁻⁴ | 0,35 x 10 ⁻⁴ | 2,67 x 10 ⁻⁴ | 2,31 x 10 ⁻⁴ | 0,089 | |

¹ Modelo: $S = a + b * dE$ enquanto $dE \leq 120$, $S = a + b * 120 + c * (dE - 120) + d * (dE - 120)^2$ enquanto $120 < dE \leq 315$, e, $S = a + b * 120 + c * (315 - 120) + d * (315 - 120)^2 + f * (dE - 315)$ se $dE > 315$, Onde: “S” é a relação entre PCVZ e PV à idade no experimento dE, kg; “a” é a relação inicial observada (conforme Tabela 1); “b” é a taxa de crescimento diária da relação na fase de amamentação em pontos percentuais por dia; dE é a idade no experimento, d; “c” é a taxa linear inicial de crescimento diário da relação no período de baixa disponibilidade forrageira, em pontos percentuais por dia; “d” é o parâmetro quadrático do crescimento da relação no período de baixa disponibilidade forrageira, ou seja a taxa de aceleração do crescimento nesta fase, em pontos percentuais por dia, por dia; e, “f” é a taxa de crescimento diária da relação na fase de terminação em pontos percentuais por dia.

² Tratamentos eram diferentes padrões de proteína nos suplementos concentrados e controle era sal mineral.

³ Valor-P para a comparação do modelo completo e dos parâmetros do modelo entre os animais controle x suplementados.

⁴ Valor-P para a comparação dos parâmetros “c” e “d” em conjunto entre os animais controle x suplementados.

A avaliação das curvas de evolução do fator de conversão do PV em PCVZ (Tabela 3) não mostrou variação entre as curvas estimadas para os três tratamentos que recebiam suplementos concentrados. A curva destes animais suplementados, por outro lado, diferiu daquela estimada para os animais controle, que recebiam apenas sal mineral ($P < 0,01$). A análise de cada parâmetro da curva separadamente e dos parâmetros estimados para o período seco do ano, no entanto, evidenciaram diferença significativa ($P < 0,01$) apenas na fase inicial do crescimento (parâmetro b), correspondente à fase de amamentação dos animais.

Nesta fase, enquanto os animais controle reduziam a relação PCVZ:PV a uma taxa de 0,029 pontos percentuais por dia, os animais suplementados aumentavam esta relação, em média, 0,005 pontos percentuais por dia. Este comportamento pode ser explicado pelo maior desenvolvimento do trato gastrointestinal dos animais que não consumiam suplemento concentrado (Coelho da Silva & Leão, 1979; Andrade et al., 2009). Estes animais precisavam maior consumo de pastagens (Capítulo 1) para satisfazer suas necessidades nutricionais. Este maior consumo de pastagens leva a um maior tamanho do trato gastrointestinal que acaba por aumentar a participação do conteúdo do TGI no peso vivo dos animais.

O comportamento geral das curvas também reflete efeito semelhante. Durante o período seco e de transição seca-águas do ano, a piora da qualidade da pastagem força os animais a tentarem aumentar seu consumo de pasto, como alternativa para tentar atender às suas necessidades nutricionais (Capítulos 2 e 3). A consequência direta disto, e do maior teor de fibras deste pasto ingerido, é um aumento do conteúdo do TGI em relação ao tamanho do corpo animal, com reflexo na redução do fator de conversão entre PV e PCVZ (Figura 1).

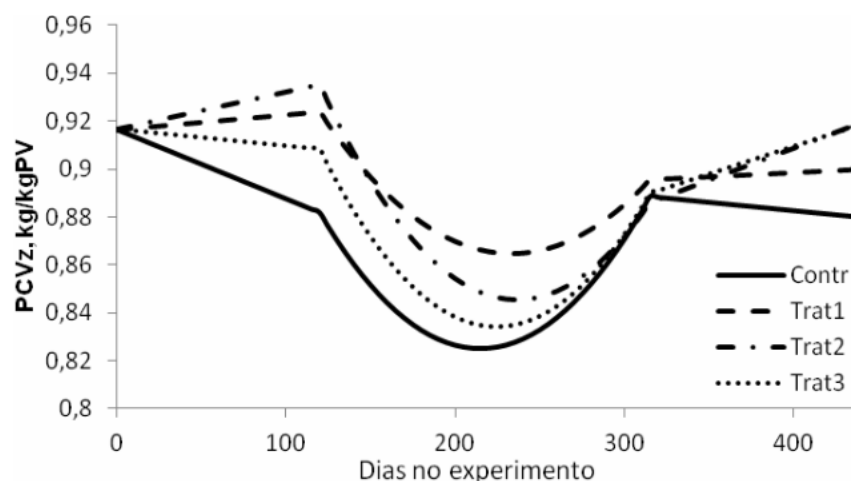


Figura 1 - Curvas de evolução da relação entre PCVZ e PV projetadas para os animais dos três tratamentos suplementados com concentrado e do tratamento controle.

Este fator afeta não só os estudos sobre nutrição e exigências nutricionais, mas os próprios sistemas de produção como um todo. Com o aumento do conteúdo do TGI, em especial nos primeiros momentos de piora na qualidade da forragem (quando o volume disponível ainda é grande), parte significativa do GMD avaliado a partir do peso vivo com ou sem jejum pode ser, na verdade, um aumento em conteúdo do TGI, e não no corpo dos animais.

Isto foi evidenciado neste experimento quando avaliado o período entre os meses de julho e setembro, correspondentes ao início do período mais seco do ano. Nesta fase, o GMD avaliado com base no peso vivo sem jejum foi de 36 e 378 g/d para os animais dos grupos controle e suplementados, respectivamente. O GMD, calculado com base no PCVZ, no entanto, mostrou perda de peso de 81 g/d para os animais do grupo controle e ganho médio de apenas 117 g/d para os suplementados.

Esta divergência afeta diretamente as exigências nutricionais dos animais. Estas exigências podem ser completamente diferentes das esperadas, uma vez que animais que aparentemente ganhavam peso, estavam na verdade perdendo-o, o que altera os usos de energia e proteína pelo organismo. As próprias exigências de manutenção por unidade de peso

metabólico são também afetadas pelo diferente status nutricional dos animais (Berg & Butterfield, 1976).

Em termos práticos, o sistema de produção fica prejudicado a partir de um falso “crescimento” dos animais. O que se esperava refletir em maior quantidade de carne produzida era na verdade, em parte significativa, um simples aumento do conteúdo do TGI. Isto, além de não se refletir em produto final, ainda reduz o rendimento de carcaça dos animais, prejudicando sua comercialização. De fato, apesar de que o rendimento de carcaça deveria ser crescente à medida que os animais envelhecem (Berg & Butterfield, 1976), quando se avalia os dados de rendimento de carcaça dos animais deste experimento, o rendimento de carcaça reduz-se em 2,75 pontos percentuais durante este período de baixa disponibilidade forrageira do ano.

As taxas iniciais de aumento do conteúdo do TGI durante a fase de recria (parâmetro c, Tabela 3) foram semelhantes em todos os grupos de animais ($P > 0,10$), com uma média em torno de 0,13% por dia. Esta taxa também se reduziu uniformemente em todos os grupos (parâmetros d, Tabela 3) na ordem de 0,0006 % /dia a cada dia. Estes resultados projetaram uma máxima participação do conteúdo do TGI no PV, e conseqüente menor relação PCVZ:PV em torno do meio do mês de outubro nas condições do ano de realização do experimento.

Por fim é interessante se observar que a relação PCVZ:PV, após voltar a crescer na fase de transição seca-águas, estabilizou-se em torno de 0,88 nos animais do grupo controle, enquanto continuaram a aumentar nos animais suplementados até o abate, a uma taxa de 0,018 pontos percentuais por dia. Estes dados permitem inferir que o ponto de estabilização desta relação nos animais suplementados seria maior que o dos animais controle, caso todos permanecessem em condições de pasto de boa qualidade durante mais tempo. Isto é coerente

com um menor volume da dieta dos animais suplementados, devido à menor quantidade de pasto ingerido (Capítulo 4).

Crescimento de tecidos adiposos do corpo

A comparação da curva de crescimento dos depósitos corporais de gordura entre os animais dos tratamentos suplementados não mostrou diferenças significativas entre elas (Tabela 4). Por outro lado, as curvas de crescimento de todos os locais de deposição de gordura dos animais do grupo controle (que não recebiam suplemento concentrado) foram diferentes ($P < 0,05$) daquelas dos grupos suplementados (efeito de suplementação).

Apesar da diferença entre os modelos de crescimento, nenhum dos parâmetros das curvas de crescimento isoladamente, ou os dois parâmetros que descrevem o período de restrição nutricional avaliados em conjunto diferiram entre os animais controle e suplementados.

Tabela 4 - Parâmetros das curvas de crescimento dos tecidos adiposos corporais para os três tratamentos suplementados com concentrados e para o tratamento controle

| Parametros ¹ | n | Suplementos ² | | | | Efeito de suplem. ³ | Efeito na recria ⁴ |
|---------------------------------------|----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | | Controle | T1 | T2 | T3 | | |
| <i>Gordura Visceral, kg</i> | | | | | | | |
| Modelo | 52 | | | | | 0,011 | |
| b, kg/d | 52 | 1,99 x 10 ⁻² | 1,61 x 10 ⁻² | 2,07 x 10 ⁻² | 1,53 x 10 ⁻² | 0,600 | |
| c, kg/d | 52 | -0,96 x 10 ⁻³ | 13,3 x 10 ⁻³ | -2,28 x 10 ⁻³ | 7,36 x 10 ⁻⁴ | 0,701 | 0,074 |
| d, kg/d² | 52 | -2,44 x 10 ⁻⁵ | -4,30 x 10 ⁻⁵ | 3,41 x 10 ⁻⁵ | -1,64 x 10 ⁻⁵ | 0,855 | |
| f, kg/d | 52 | 3,34 x 10 ⁻² | 3,04 x 10 ⁻² | 2,06 x 10 ⁻² | 3,63 x 10 ⁻² | 0,510 | |
| <i>Gordura Interna da Carcaça, kg</i> | | | | | | | |
| Modelo | 51 | | | | | 0,011 | |
| b, kg/d | 51 | 8,33 x 10 ⁻³ | 6,69 x 10 ⁻³ | 9,04 x 10 ⁻³ | 7,86 x 10 ⁻³ | 0,873 | |
| c, kg/d | 51 | -3,46 x 10 ⁻³ | 7,23 x 10 ⁻³ | -2,75 x 10 ⁻³ | -3,58 x 10 ⁻⁴ | 0,647 | 0,324 |
| d, kg/d² | 51 | -4,42 x 10 ⁻⁷ | -3,34 x 10 ⁻⁵ | 1,65 x 10 ⁻⁵ | 1,61 x 10 ⁻⁵ | 0,917 | |
| f, kg/d | 51 | 1,62 x 10 ⁻² | 1,70 x 10 ⁻² | 1,48 x 10 ⁻² | 2,14 x 10 ⁻² | 0,711 | |
| <i>Gordura da Carcaça, kg</i> | | | | | | | |
| Modelo | 51 | | | | | 0,0005 | |
| b, kg/d | 51 | 3,14 x 10 ⁻² | 3,09 x 10 ⁻² | 4,14 x 10 ⁻² | 2,74 x 10 ⁻² | 0,870 | 0,076 |
| c, kg/d | 51 | -2,24 x 10 ⁻² | 1,33 x 10 ⁻² | -2,64 x 10 ⁻² | -0,474 x 10 ⁻² | 0,445 | |
| d, kg/d² | 51 | 4,05 x 10 ⁻⁵ | -5,02 x 10 ⁻⁵ | 14,1 x 10 ⁻⁵ | 4,71 x 10 ⁻⁵ | 0,206 | |
| f, kg/d | 51 | 7,04 x 10 ⁻² | 7,08 x 10 ⁻² | 6,57 x 10 ⁻² | 8,45 x 10 ⁻² | 0,871 | |

¹ Modelo: $S = a + b * dE$ enquanto $dE \leq 120$, $S = a + b * 120 + c * (dE - 120) + d * (dE - 120)^2$ enquanto $120 < dE \leq 315$, e, $S = a + b * 120 + c * (315 - 120) + d * (315 - 120)^2 + f * (dE - 315)$ se $dE > 315$, Onde: "S" é o peso do tecido adiposo à idade no experimento dE, kg; "a" é o peso inicial do tecido adiposo (conforme Tabela 1); "b" é a taxa de crescimento diária na fase de amamentação, kg/d; dE é a idade no experimento, d; "c" é a taxa de crescimento linear diário no período de baixa disponibilidade forrageira, kg/d; "d" é o parâmetro quadrático do crescimento no período de baixa disponibilidade forrageira, ou seja a taxa de aceleração do crescimento nesta fase, kg/d²; e, "f" é a taxa de crescimento diária na fase de terminação, kg/d.

² Tratamentos eram diferentes padrões de proteína nos suplementos concentrados e controle era suplementado com sal mineral.

³ Valor-P para a comparação do modelo completo e dos parâmetros do modelo entre os animais controle x suplementados.

⁴ Valor-P para a comparação dos parâmetros "c" e "d" juntos entre os animais controle x suplementados.

Na primeira fase do experimento, a gordura da carcaça apresentou a maior taxa de crescimento (parâmetro b – Tabela 4) entre os depósitos corporais de gordura, em torno de 32 g/ dia. Berg & Butterfield (1976) explicaram que, ao nascer, a maior parte da gordura corporal dos animais encontra-se nas vísceras. O crescimento mais rápido da gordura da carcaça nos momentos iniciais da vida pós-uterina dos animais busca, então, garantir um

maior desenvolvimento deste depósito de tecido adiposo, e apenas após o animal atingir cerca de 16,0 kg de gordura corporal, os diferentes depósitos passariam a crescer de forma proporcionalmente constante. Este crescimento uniforme visa garantir que a gordura da carcaça represente cerca de 70% da gordura total do corpo, relação observada por Ferrell & Jenkins (1984) e McPhee et al. (2008).

Na fase final do experimento, durante a estação das águas após o período de restrição nutricional, todos os grupos de animais parecem ter realizado um ganho compensatório, tentando recuperar o tamanho original dos tecidos adiposos àquela idade, caso não tivessem passado pela restrição nutricional. Quando se compararam as taxas de crescimento desta fase com as taxas observadas durante a fase inicial do experimento, observam-se valores que variam de 1,7 vezes (para a gordura visceral) até cerca de 2,3 vezes para as gorduras interna e da carcaça, sem que se observe grande variação nestas proporções entre os animais dos grupos controle e suplementados.

De fato, quando se projeta o crescimento de todos os tecidos adiposos corporais a uma taxa constante igual à taxa da primeira fase experimental, desde o início até o final do período experimental, obtêm-se valores semelhantes aos previstos pelos modelos para os animais suplementados. Este mesmo cálculo realizado para os animais do grupo controle, chega a valores maiores que os projetados pelos modelos desenvolvidos para este grupo, provavelmente devido à falta de tempo para que os animais pudessem recuperar todos o tecido mobilizado na fase de restrição nutricional.

Apesar da falta de significância estatística da diferença entre os grupos controle e suplementados no crescimento da gordura visceral durante a fase de restrição nutricional ($P < 0,10$), esta fase parece ser a maior responsável pela diferença observada quando se avalia o modelo como um todo. Quando os animais do grupo controle entraram nesta fase eles

começaram perdendo cerca de 1 g/ dia, enquanto os animais suplementados ganhavam, em média, cerca de 6 g/ dia deste depósito de gordura.

Ambos os grupos apresentaram decréscimo na taxa de crescimento deste tecido durante a fase de restrição nutricional (parâmetro d – Tabela 4 negativo). A pequena amplitude deste efeito, no entanto, garantiu que houve apenas uma ligeira redução na velocidade de crescimento deste tecido nos animais suplementados, e uma mobilização a uma taxa quase contínua nos animais do grupo controle.

Como consequência, ao final do período de restrição nutricional, os animais suplementados apresentavam quantidades ligeiramente maiores de gordura visceral que no início desta fase, enquanto os animais do grupo controle reduziram a quantidade deste tecido em proporção bem maior (Figura 2). Segundo esta figura, os outros depósitos corporais de gordura (gordura da carcaça e gordura interna da carcaça) mostraram comportamento semelhante.

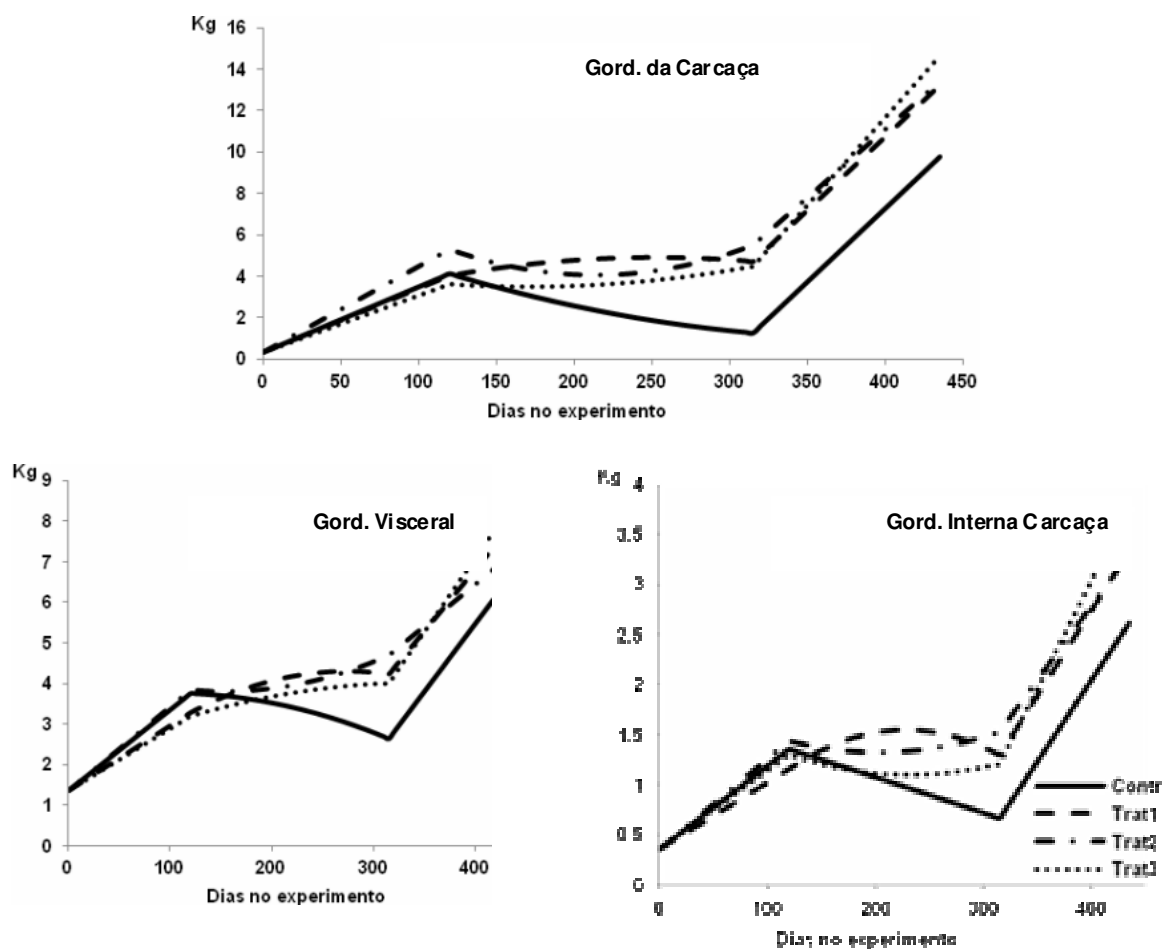


Figura 2 - Curvas de crescimento projetadas para os tecidos adiposos da carcaça, interno da carcaça e visceral dos animais dos três tratamentos suplementados com concentrado e do tratamento controle

Chama a atenção, no entanto, o fato de que a gordura da carcaça parece ter apresentado pequena redução no tamanho proporcional nos animais suplementados após o período de restrição nutricional.

Ao se considerar as médias projetadas pelos modelos para os animais suplementados durante esta fase (média entre os dias 120 e 315 do experimento), pode-se observar um aumento projetado de 870 g de gordura visceral e de 48 g na gordura interna da carcaça. Este mesmo exercício, projeta um aumento de apenas 580 g no conteúdo de gordura da carcaça destes animais. Estes resultados parecem apontar que, em situação de restrição nutricional, os

animais tendem a mobilizar primeiro os tecidos adiposos da carcaça, em detrimento da mobilização dos tecidos adiposos internos. Isto é reforçado também pela mobilização de cerca de 1,110 kg de gordura visceral, 690 g de gordura interna da carcaça e de 2,840 kg de gordura da carcaça pelos animais do grupo controle no mesmo período.

Berg & Butterfield (1976) observaram que todos os tecidos adiposos são mobilizados durante a fase de perda de peso, em proporção semelhante à observada na deposição destes tecidos adiposos naquele momento da vida do animal. Este raciocínio, explica porque, dependendo da fase de vida em que ocorre a restrição alimentar, a maior velocidade relativa de mobilização pode ser do tecido adiposo da carcaça ao invés do visceral. Estes autores destacaram ainda, que, quando um dos depósitos de gordura atinge um nível mínimo, a mobilização de gordura dos outros depósitos é aumentada de forma a suprir as exigências do organismo. Isto parece mais coerente com pequena idade e conteúdo de gordura corporal dos animais neste fase (que depositavam prioritariamente gordura da carcaça, como discutido aqui).

Estes resultados levantam um questionamento sobre a qualidade da carcaça dos animais durante esta fase de restrição nutricional. Mesmo em situações onde a restrição não seja severa, e que cause apenas pequena necessidade de mobilização corporal, esta prioridade de mobilização do tecido adiposo da carcaça pode reduzir o acabamento e a própria quantidade de gordura disponível no produto final produzido. Este aspecto pode ser melhor visualizado pela participação percentual do tecido adiposo da carcaça no total de tecidos adiposos corporais (Tabela 5 e Figura 3).

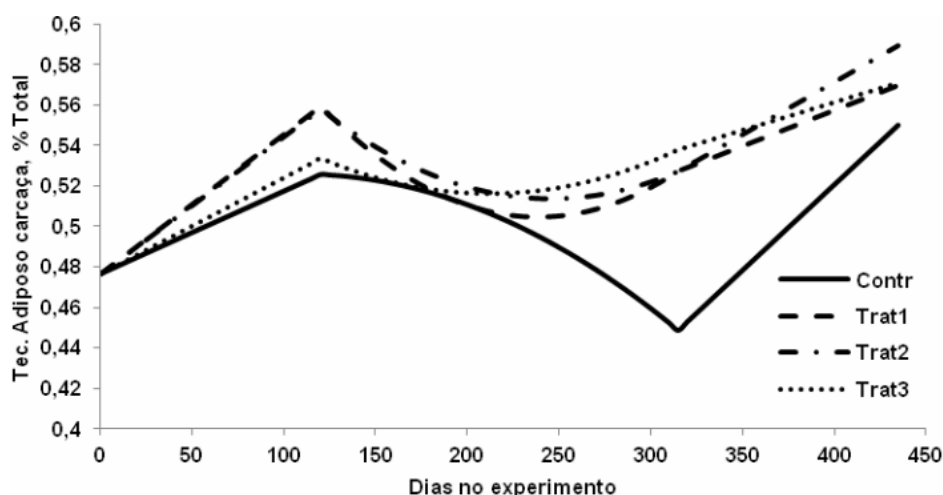


Figura 3 - Curvas de evolução da participação do tecido adiposo da carcaça no total de tecidos adiposos corporais projetadas para os animais dos três tratamentos suplementados com concentrado e do tratamento controle.

Na Figura 3 mostra-se exatamente esta situação, onde, durante o período de restrição nutricional, uma menor proporção da gordura corporal dos animais encontrava-se nas carcaças. Isto leva a uma redução do valor das carcaças, ao mesmo tempo em que uma quantidade de gordura ainda permanece no corpo dos animais, em locais sem valor. No Capítulo 7, havia-se evidenciado ainda que, dentro da carcaça, a mobilização prioritária de tecidos adiposos se deu na gordura subcutânea.

Na Tabela 5 evidencia-se que, em todos os tratamentos, durante a primeira fase do experimento a gordura da carcaça aumentou sua participação na gordura total do corpo a uma razão média em torno de 0,06 pontos percentuais por dia. Por outro lado, durante a fase de restrição nutricional, esta participação reduziu-se em todos os tratamentos. Destaque deve ser dado à taxa de redução desta participação no grupo de animais controle, cerca de sete vezes maior que a dos animais suplementados. Isto pode ser associado à maior mobilização corporal destes animais, e vem reforçar o maior ímpeto de mobilização da gordura da carcaça em relação aos demais depósitos de gordura corporal.

Tabela 5 - Parâmetros das curvas da participação do tecido adiposo da carcaça no total de tecidos adiposos do corpo para os três tratamentos suplementados com concentrados e para o tratamento controle durante o período experimental

| Parâmetros ¹ | n | Suplementos ² | | | | Efeito de suplem. ³ | Efeito na recria ⁴ |
|---------------------------|----|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | | Controle | T1 | T2 | T3 | | |
| Modelo | 49 | | | | | 0,0052 | |
| b, %/d | 49 | 4,10 x 10 ⁻⁰⁴ | 6,92 x 10 ⁻⁰⁴ | 6,80 x 10 ⁻⁰⁴ | 4,74 x 10 ⁻⁰⁴ | 0,263 | |
| c, %/d | 49 | -41,9 x 10 ⁻⁰⁴ | -9,24 x 10 ⁻⁰⁴ | -7,06 x 10 ⁻⁰⁴ | -3,76 x 10 ⁻⁰⁴ | 0,462 | |
| d, %/d² | 49 | -1,82 x 10 ⁻⁰⁶ | 3,90 x 10 ⁻⁰⁶ | 2,81 x 10 ⁻⁰⁶ | 2,04 x 10 ⁻⁰⁶ | 0,281 | 0,118 |
| f, %/d | 49 | 8,48 x 10 ⁻⁰⁴ | 3,54 x 10 ⁻⁰⁴ | 5,19 x 10 ⁻⁰⁴ | 2,74 x 10 ⁻⁰⁴ | 0,059 | |

¹ Modelo: $S = a + b * dE$ enquanto $dE \leq 120$, $S = a + b * 120 + c * (dE - 120) + d * (dE - 120)^2$ enquanto $120 < dE \leq 315$, e, $S = a + b * 120 + c * (315 - 120) + d * (315 - 120)^2 + f * (dE - 315)$ se $dE > 315$, Onde: "S" é a participação percentual do tecido adiposo da carcaça no total de tecidos adiposos corporais à idade no experimento dE, % decimal; "a" é a participação inicial (conforme Tabela 1); "b" é a taxa de crescimento diária da participação na fase de amamentação, % decimal/d; dE é a idade no experimento, d; "c" é a taxa linear inicial de crescimento diário da participação no período de baixa disponibilidade forrageira, % decimal/d; "d" é o parâmetro quadrático do crescimento no período de baixa disponibilidade forrageira, ou seja a taxa de aceleração do crescimento nesta fase, % decimal/d²; e, "f" é a taxa de crescimento diária da participação na fase de terminação, % decimal/d.

² Tratamentos eram diferentes padrões de proteína nos suplementos concentrados e controle era sal mineral.

³ Valor-P para a comparação do modelo completo e dos parâmetros do modelo entre os animais controle x suplementados.

⁴ Valor-P para a comparação dos parâmetros "c" e "d" juntos entre os animais controle x suplementados.

Na fase final do experimento, durante o período das águas após a fase de restrição nutricional, todos os grupos de animais voltaram a aumentar a participação da gordura da carcaça na gordura total do corpo. Nesta fase, no entanto, enquanto os animais que consumiam suplemento concentrado apresentavam taxas de aumento menores que na fase inicial (em torno de 0,04 pontos percentuais por dia), os animais controle apresentaram taxa quase duas vezes maior que na fase inicial (em torno de 0,08 pontos percentuais por dia).

Este parâmetro (parâmetro f – Tabela 5) parece ser o maior responsável pela diferença entre as curvas de participação da gordura da carcaça na gordura total do corpo dos animais entre os animais controle e os suplementados (P<0,01). Além disto, ele vem reforçar a teoria de que estes animais tenham realizado um ganho compensatório nesta fase.

Este maior ímpeto de crescimento pode estar diretamente associado à tentativa dos animais de recuperar a composição corporal (proporção entre os componentes corporais) perdida durante a restrição nutricional. Wright & Russell (1991) mostraram que a

recuperação da composição corporal após restrição alimentar é mais evidente com a deposição de proteína nos componentes corporais não pertencentes à carcaça e com a deposição de gordura na carcaça.

Na Figura 3 evidencia-se a pequena quantidade de tecido adiposo na carcaça de todos os animais deste experimento, pela dificuldade de se atingir o percentual em torno de 70 % de participação da gordura da carcaça no total de tecidos adiposos corporais predito por Ferrell & Jenkins (1984). Esta pequena quantidade de tecidos adiposos na carcaça destes animais também havia sido discutida no Capítulo 7, ao se avaliar a composição da carcaça no período experimental como um todo.

Crescimento do conteúdo de energia e proteína do corpo e exigências para ganho de peso

Crescimento de proteína e energia corporais. A análise das curvas de crescimento da proteína e da energia corporais mostrou efeito significativo ($P < 0,01$) da suplementação (Tabela 6). Nenhum parâmetro isoladamente ou mesmo a análise conjunta dos parâmetros que modelam o crescimento durante a fase de baixa disponibilidade forrageira do ano foram capazes de explicar estas diferenças.

Tabela 6 - Parâmetros das curvas de crescimento do conteúdo de proteína e de energia do corpo para os animais dos três tratamentos suplementados com concentrados e para o tratamento controle

| Parâmetros ¹ | n | Suplementos ² | | | | Efeito de suplem. ³ | Efeito na recria ⁴ |
|-------------------------------|----|--------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | | Controle | T1 | T2 | T3 | | |
| <i>Proteína Corporal, kg</i> | | | | | | | |
| Modelo | 50 | | | | | < 0,0001 | |
| b, kg/d | 50 | 0,139 | 0,114 | 0,146 | 0,117 | 0,669 | |
| c, kg/d | 50 | -0,041 | 0,134 | 0,034 | 0,046 | 0,358 | 0,081 |
| d, kg/d² | 50 | 1,81 x 10 ⁴ | -4,04 x 10 ⁴ | 1,69 x 10 ⁴ | 0,82 x 10 ⁴ | 0,702 | |
| f, kg/d | 50 | 0,217 | 0,272 | 0,213 | 0,293 | 0,322 | |
| <i>Energia Corporal, Mcal</i> | | | | | | | |
| Modelo | 49 | | | | | 0,0002 | |
| b, Mcal/d | 49 | 1,43 | 0,958 | 1,40 | 1,15 | 0,486 | |
| c, Mcal/d | 49 | -0,189 | 1,72 | 0,451 | 0,205 | 0,482 | 0,068 |
| d, Mcal/d² | 49 | -0,19 x 10 ³ | -5,75 x 10 ³ | 1,05 x 10 ³ | 1,39 x 10 ³ | 0,900 | |
| f, Mcal/d | 49 | 2,65 | 2,96 | 2,26 | 3,40 | 0,613 | |

¹ Modelo: $S = a + b * dE$ enquanto $dE \leq 120$, $S = a + b * 120 + c * (dE - 120) + d * (dE - 120)^2$ enquanto $120 < dE \leq 315$, e, $S = a + b * 120 + c * (315 - 120) + d * (315 - 120)^2 + f * (dE - 315)$ se $dE > 315$, Onde: “S” é a quantidade do componente à idade no experimento dE, kg ou Mcal; “a” é a quantidade inicial do componente (conforme Tabela 1); “b” é a taxa de crescimento diária na fase de amamentação, kg ou Mcal/d; dE é a idade no experimento, d; “c” é a taxa de crescimento diário linear inicial no período de baixa disponibilidade forrageira, kg ou Mcal/d; “d” é o parâmetro quadrático do crescimento no período de baixa disponibilidade forrageira, ou seja a taxa de aceleração do crescimento nesta fase, kg ou Mcal/d²; e, “f” é a taxa de crescimento diária na fase de terminação, kg ou Mcal/d.

² Tratamentos eram diferentes padrões de proteína nos suplementos concentrados e controle era sal mineral.

³ Valor-P para a comparação do modelo completo e dos parâmetros do modelo entre os animais controle x suplementados.

⁴ Valor-P para a comparação dos parâmetros “c” e “d” juntos entre os animais controle x suplementados.

Uma análise visual do crescimento destes componentes (Figura 4), no entanto, mostra que a maior divergência destas curvas apresentou-se exatamente durante o período de restrição nutricional. Ambos os componentes corporais mantiveram um crescimento positivo nos animais que recebiam suplemento concentrado durante esta fase, enquanto apresentavam decréscimo (ainda que ligeiro) nos animais controle (parâmetros c – Tabela 6).

Outro aspecto a ser destacado é que os animais que recebiam o suplemento T2 apresentaram um maior teor de energia retida diariamente no corpo (derivada primeira dos

parâmetros c e d – Tabela 6) no final da fase de transição seca-águas. Isto havia sido elencado no Capítulo 3, quando se discutiu o consumo de energia destes animais.

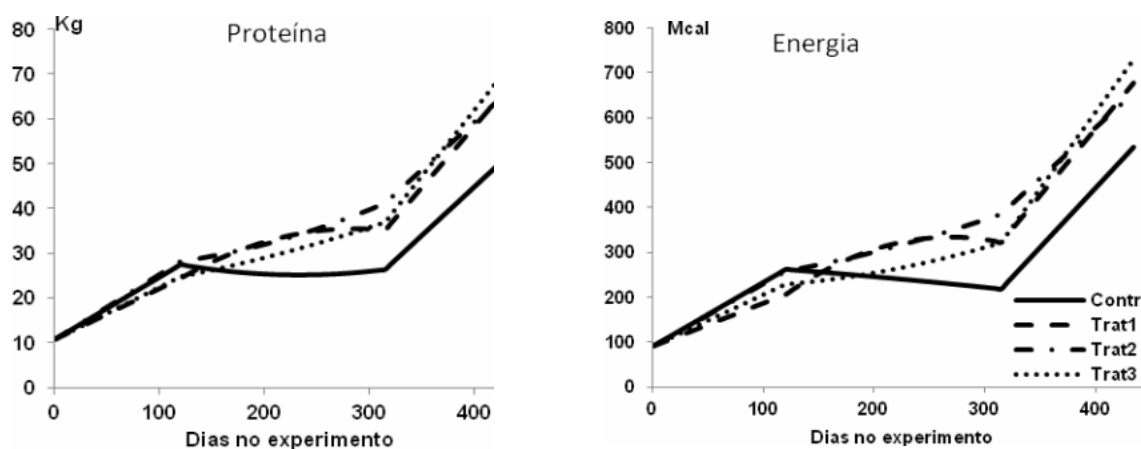


Figura 4 - Curvas de crescimento projetadas para o conteúdo de proteína e energia no corpo dos animais dos três tratamentos suplementados com concentrado e do tratamento controle

O maior teor de proteína e de energia depositados diariamente na fase final do experimento (parâmetro f – tabela 6) são reflexos diretos do maior tamanho corporal e maiores ganhos de pesos dos animais.

Deve-se destacar que o aumento da deposição diária de proteína ocorreu em proporção menor que a de energia. Isto aponta para uma menor participação da proteína no crescimento corporal em estágios mais avançados da vida do animal, como predito por diversos autores (Berg & Butterfield, 1976; NRC, 2000; Valadares Filho et al., 2006).

O decréscimo da participação da energia derivada da proteína depositada no ganho de peso tem sido observado na literatura e associado ao amadurecimento dos animais. A relação entre a participação da energia oriunda da proteína depositada no total de ER diariamente foi avaliada a partir de um modelo exponencial:

$$ER_p = 42,99 + 66,3 \times e^{(-0,656 \times \frac{ER}{GPECV})}$$

Esta equação mostrou bom ajuste aos dados observados (Figura 5).

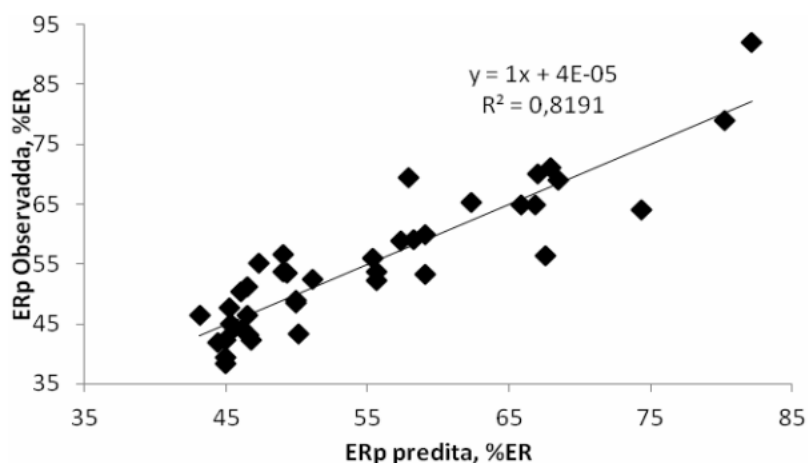


Figura 5 - Dados preditos e observados para o percentual de energia retida como proteína em função da energia total retida por dia no corpo.

Apesar disto, os parâmetros aqui estimados, em especial o intercepto, são bastante distintos dos observados por Chizzotti et al. (2008), que analisou dados de diversos experimentos brasileiros com animais Nelore. Os dados destes autores, no entanto eram oriundos de estudos com animais confinados. Nestes experimentos, a disponibilidade de energia para ganho de peso é geralmente muito maior do que quando se trabalha com animais a pasto. Isto leva a um amadurecimento fisiológico mais rápido dos animais, o que se reflete em maior quantidade de gordura e menor deposição de proteína no ganho de peso.

Isto é reforçado pela observação dos dados apresentados por aqueles autores, que mostram valores de ER por kg de PCVZ variando de 2 a 9 Mcal/Kg. Nos dados aqui observados (Figura 6), esta amplitude foi de 0,6 a 7,2 Mcal ER/kg PCVZ, sendo que apenas uma observação foi maior que 4,5 Mcal/kg. Além disto, quando se observa o grupo de dados em torno de 4 Mcal ER/kg PCVZ naquele estudo, observa-se uma variação em torno de 15 a 35 % de ERp. Nos dados do presente experimento, na mesma densidade energética de ganho, a proporção de ERp variou entre 40 e 60%.

Um amadurecimento mais tardio dos animais deste experimento havia sido elencado quando da avaliação das variações da forma corporal (Capítulo 6) e do crescimento cárneo (Capítulo 8).

Estes dados apontam para que nas exigências para ganho de peso de animais produzidos a pasto possa ser necessária mais proteína que naquelas de animais confinados.

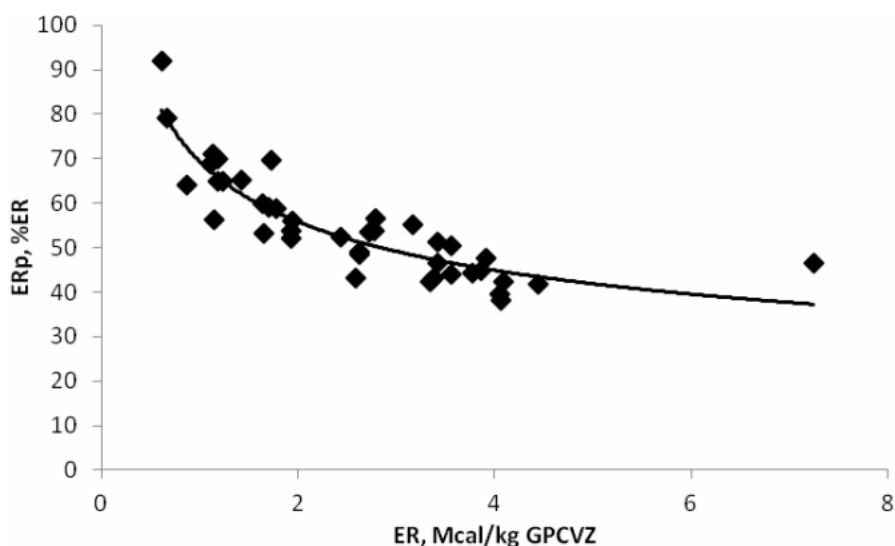


Figura 6 - Energia retida como proteína em função da energia retida por kg de GPCVZ no corpo dos animais.

Exigências para ganho de peso. As equações ajustadas para predição da energia e da proteína retidas no ganho de peso, que representam as exigências líquidas destes nutrientes para ganho de peso, apresentaram bom ajuste aos dados observados (Figura 7).

As inclinações das equações de regressão dos dados preditos pelos observados encontram-se próximas a um e o intercepto a zero (indicadores de ajuste perfeito entre os dados preditos e observados). Também o alto R^2 destas equações indica que os dados observados não se dispersaram muito em torno dos dados preditos. Estes indicadores apontam para altas precisão e acurácia destas equações.

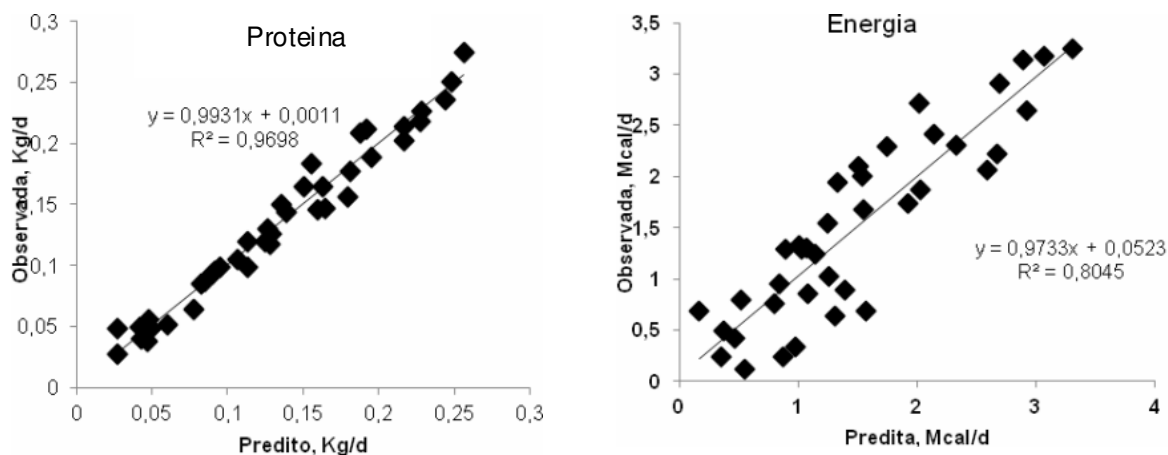


Figura 7 - Dados preditos e observados para a proteína e a energia retidas no corpo.

As equações ajustadas para predição das exigências líquidas de proteína e de energia para ganho com base nos dados deste experimento foram:

$$PR = GPCVz \times \left(69,6 + 61,1 \times \frac{ER}{GPCVz} \right)$$

$$ER = 0,0552 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVz^{1,174}$$

Em ambas as equações, existem parâmetros estimados que divergem daqueles da literatura. Dois destes, no entanto, merecem maior atenção.

Primeiramente, na estimativa da PR, o parâmetro que multiplica a densidade energética do ganho, independente de seu valor, é positivo. Isto contraria não só trabalhos prévios (NRC, 2000; Valadares Filho et al., 2006; Chizzotti et al., 2008), mas os próprios princípios de crescimento corporal. O valor positivo para este parâmetro prediz um aumento da PR à medida que se aumenta a densidade energética do ganho.

Também a estimativa da ER no ganho apresentou um coeficiente exponencial do GPCVz cerca de 10% maior que o normalmente observado pela literatura (Valadares Filho et al., 2006; Chizzotti et al., 2008). Isto indica um efeito mais pronunciado do GPCVz sobre a ER, o que aponta para uma maior resposta de aumento da densidade energética do ganho, para cada unidade de aumento de GPCVz.

Ambas as situações além de contradizerem a literatura, parecem ainda serem incoerentes com o aqui discutido anteriormente. Mostrou-se que a proteína reduziu sua participação na ER à medida que se aumentou a densidade energética, então como pode a PR aumentar à medida que esta densidade aumenta? Por outro lado, já foi discutido também que a densidade energética dos ganhos aqui observados foi menor que o normalmente relatado na literatura, então como o ganho de peso teve efeito mais intenso sobre a ER que o normalmente relatado?

Os dados mostrados na Figura 8 esclarecem ambas as situações. Pode-se observar que, à medida que se aumenta a densidade energética do ganho, o que pode ser associado a maiores ganhos diários e a ganhos em animais mais maduros, a quantidade de PR no ganho aumentou, porém a uma taxa de incremento exponencialmente menor que 1,0, ou seja, a taxas cada vez menores. Por outro lado, a quantidade de gordura neste ganho também aumentou, mas a uma taxa de incremento exponencialmente maior que 1,0, ou seja, a taxas cada vez maiores.

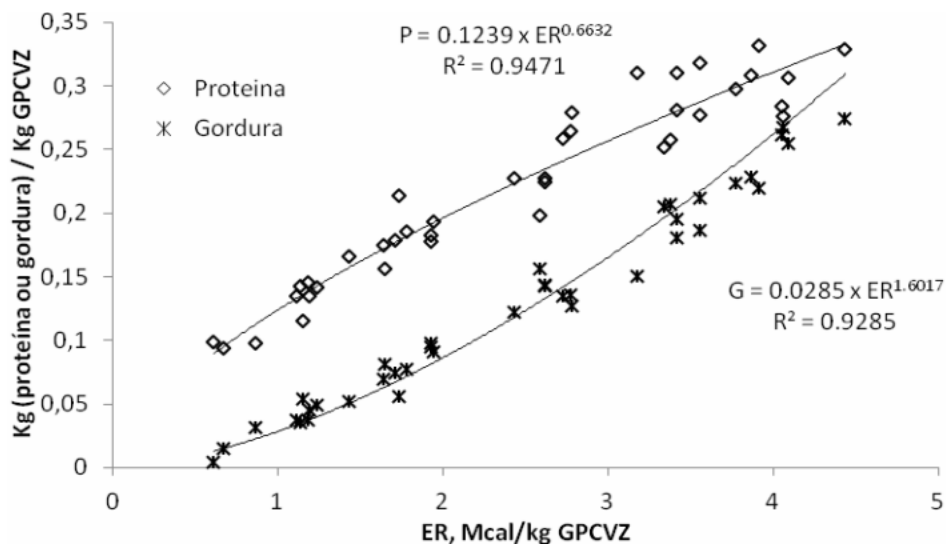


Figura 8 - Proteína e gordura retidas no ganho de 1,0 kg de PCVZ em diferentes concentrações energéticas de ganho de PCVZ.

Então, à medida que aumenta a concentração energética do ganho, a contribuição da proteína para a ER vai ficando cada vez menor, uma vez que a gordura retida, passa a ser, cada vez mais, o componente mais importante desta ER, aumentando sua participação no ganho a taxas cada vez maiores, enquanto a PR também aumenta sua participação no ganho, mas a taxas cada menores.

Por outro lado, até os níveis de densidade energética de ganho aqui avaliados, nas condições nutricionais de animais produzidos a pasto, o aumento da concentração energética de ganho deve-se não só ao aumento do conteúdo de gordura neste ganho, mas também ao aumento da proteína (ainda que em proporção cada vez menor), com a consequente redução do conteúdo de água e minerais neste ganho.

Isto pode ser visualizado na Figura 8 quando se observa que, em pequenas concentrações energéticas do ganho, água e minerais representavam mais de 80% do conteúdo do ganho. Por outro lado, em condições de maior densidade de ganho, estes componentes representavam menos de 50% do conteúdo de cada quilograma ganho. Isto explica a maior influência do GPCVZ na estimativa das exigências energéticas para ganho aqui observada.

Conclusões

Para a conversão do PV em PCVZ em animais produzidos a pasto deve-se utilizar dados obtidos nos próprios animais ou em situação de pastagem e fornecimento de suplemento semelhantes.

O tecido adiposo da carcaça é de mobilização prioritária em situações de restrição nutricional a pasto em animais jovens, e esta mobilização, bem como a curva de crescimento dos tecidos adiposos são influenciadas pelo fornecimento de suplemento concentrado, mas não pelo perfil de proteína deste suplemento.

Nas condições aqui avaliadas, a participação da energia derivada de proteína retida na ER total reduz-se à medida que aumenta a concentração energética do ganho de peso, apesar do aumento, em taxas cada vez menores, da PR em cada kg de peso ganho.

As exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso, nas condições aqui avaliadas, podem ser estimadas por:

$$PR = GPCV_z \times (69,6 + 61,1 \times ER/GPCV_z)$$

$$ER = 0,0552 \times PCV_z^{0,75} \times GPCV_z^{1,174}$$

Literatura Citada

- ANDRADE, D.K.B.; VÉRAS, A.S.C.; FERREIRA, M.A. et al. Body composition and net protein and energy requirements for weight gain of crossbred dairy cattle in grazing. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.4, p.746-751, 2009.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock**. London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980. 351p
- BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. **New concepts of cattle growth**. 1.ed. Sydney: Sydney university press, 1976. 240p.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979. 384p.
- CHIZZOTTI, M.L.; TEDESCHI, L.O. e VALDARES FILHO, S.C. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nellore Cattle. **Journal of Animal Science**. v.86, n.7, p.1588-1597, 2008
- FERNANDES, H. J.; PORTO, M.O.; AZEVEDO, J.A.G. et al. Biometria de bezerros de corte a pasto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2007]. (CD-ROM)
- FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Relationships among various body components of mature cows. **Journal of Animal Science**, n.58, p.222-233, 1984.
- FRANCE, J.; KEBREAB, E. **Mathematical modeling in animal nutrition**. Oxfordshire, UK: CABI, 2008. 574p.
- FREITAS, J.A.F.; QUEIROZ, A.C.; DUTRA, A.R. et al. Composição do ganho e exigências de energia e proteína para ganho de peso em bovinos Nelore puros e mestiços. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.886-893, 2006.

- MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, M.F.; KLING DE MORAES, K.A. et al. Exigências de energia de bovinos de corte em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.933-940, 2009.
- LAWRENCE, T.J.; FOWLER, V.R. **Growth of farm animals**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 2002. 347p.
- MCPHEE, M. J.; OLTJEN, J.W.; FADEL, J.G.; PERRY, D. et al. Development and evaluation of empirical equations to interconvert between twelfth rib fat and kidney, pelvic, and heart fat respective fat weights and to predict initial conditions of fat deposition models for beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.86, p.1984-1995, 2008.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. 243p.
- REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista Ceres**, v.50, p.9-26, 2003.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS system: SAS/STAT**. version 9.0 (software), Cary: SAS Institute, 2004. (CD-ROM).
- TEDESCHI, L. O.; FOX, D.G.; GUIROY, P.J. A decision support system to improve individual cattle management. 1. A mechanistic, dynamic model for animal growth. **Agricultural Systems**. n.79, p.171-204. 2004.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos – BR CORTE**. ed: 1.ed. Viçosa : UFV, Suprema Gráfica Ltda. 2006, 142p.
- WALDMAN, R.C.; TYLER, W.J.; BRUNGARDT, V.H. Estimation of body composition in young calves. **Journal of Animal Science**, v.29, p.426-428. 1969.
- WRIGHT, I.A.; RUSSEL, A.J.F. Changes in the body-composition of beef-cattle during compensatory growth. **Animal Production**, n.52, p.105-113. 1991.

Capítulo 10

Determination of carcass and body fat compositions of grazing crossbred bulls using body measurements

Abstract - The objectives of this study were to analyze body measurements of 40 crossbred bulls, grazing low quality forage with different supplementation strategies, to estimate inter-relationships among those measurements and carcass and body compositions and to develop systems of equations to predict body fat using body and carcass measurements. Eight animals were harvested at the beginning of the experiment and the remaining animals were harvested at 90 or 220 d. The biometric measures (**BM**) were obtained the day before the harvest and included hooks width, pins width, pelvic girdle length, rump depth, rump height, abdomen width, body length, height at withers, rib depth, girth, and body diagonal length. Other measurements included full, shrunk, and empty BW, internal physical and chemical fats, body volume, body area, carcass weight, 9 to 11th rib section weight and composition, fat thickness, subcutaneous fat, intermuscular fat, carcass chemical fat, and empty body physical and chemical fats. The relationships between BM and body components were evaluated and equations to predict body area, body volume, subcutaneous fat, and carcass and body physical and chemical fat were developed. Biological interpretations of the parameter estimates of equations were similar to those found in the literature such as a ratio of 1 kg of subcutaneous fat to 1.6 kg of intermuscular fat and a deposit of 72 to 76% of body fat in the carcass. The first system used to predict carcass and empty body physical and chemical fat was devised using in vivo information whereas the second system used BW and the 9 to 11th rib fat weight. Our results indicated the combination of BW, carcass traits, and BM was precise and accurate in estimating carcass and body fat composition of backgrounding bulls. The second system had better adequacy statistics ($r^2 > 0.92$, concordance correlation coefficient (CCC) > 0.957 , and root mean square

error (RMSE) < 14.4% of the average observed value) compared to the first system. The first system had acceptable adequacy statistics ($r^2 > 0.767$, CCC > 0.866, and RMSE varying from 15.8 to 22.3 % of the average observed value). For both systems, the simultaneous *F*-test of the linear regression of observed on model-predicted values indicated intercepts were equal to zero and slopes were equal to one ($P > 0.246$). We concluded that BM can improve the accuracy and precision of the predictions of body composition of grazing animals.

Keywords: biometrics, cattle, composition, modeling, simulation, prediction

Introduction

Changes in body composition have long been recognized (Lawes and Gilbert, 1861) to affect nutritional requirements, animal performance, and the cost of production of beef cattle (Tedeschi et al., 2004) partially because the quantity and the distribution of body fat influences the quality of meat produced by animals (Garcia et al., 2008, Webb and O'Neill, 2008). The estimate of the body composition of live animals is essential to develop more efficient production systems that use less resources and to increase the accuracy of the prediction of the energy required for maintenance, the composition of the gain, the feed intake needed for a particular ADG, and the ideal point of harvest to achieve a certain carcass grade, such as USDA Low Choice (Baker et al., 1991, Gerrits and Dijkstra, 2000; Tedeschi et al., 2004). The initial body composition is important to predict energy requirement for growth, but its assessment is deficient and not trivial in live animals (Brethour, 2004; Tedeschi et al., 2004).

The use of biometric measures (**BM**) as an indicator of animal type or as a predictor of specific aspects of body composition has been proposed for a long time (Brody, 1945, Fisher, 1975). Its great advantage involves the low cost of the measurements. Its limitation is associated with the accuracy of the measures such as correct identification and location of reference points, anatomical distortion produced due to changes in either position or posture

or by changing muscle tone, and errors involved in taking measurements at any position, which can vary depending on the tool used (Fisher, 1975).

The objectives of this study were: (1) to analyze body physical measurements of crossbred bulls grazing grass forage and harvested at different BW, (2) to estimate inter-relationships among BM and carcass and body fat compositions, and (3) to develop systems of equations (models) that could be used to predict body fat composition using body physical measurements.

Materials and Methods

Standard procedures for animal care and handling of the Federal University of Viçosa were followed in this study.

Dataset Description

Animal Description. The dataset used in this study was selected to contain broad information of backgrounding animals, different genetic composition, grazing low quality forage with different supplementation strategies, and at different maturity degrees. This variation was necessary to account for different production variables when predicting body composition. Treatments applied to the animals were not accounted for when developing our equations and were considered random variation associated with production systems. The data used in this study were obtained from 40 bulls, from different crossbred genetic groups (at least 50 % Nellore cross) with initial age of 346 ± 30 d and BW of 248 ± 40 kg. These animals were in four groups, housed in *Brachiaria decumbens* Stapf. pastures for 217 d, between October of 2007 and May of 2008 at the Federal University of Viçosa, Brazil. Animals within a group were supplemented either with three levels of urea-based supplements or only mineral salt. Eight animals (two animals from each dietary group) were harvested at the beginning of the experiment. The remaining animals were harvested 90 d

(three animals from each supplementation group) and 220 d (five animals from each dietary group) after the beginning of the experiment. Animals were weighted at each 28 d. The ADG was calculated as the BW difference of an animal divided by the period.

Biometric Measurements. The day before the harvest, animals were weighed to obtain the full BW and BM were taken. As shown in Figure 1, BM included hooks width, pins width (**PW**), pelvic girdle length, rump depth, rump height, abdomen width (**AW**), body length (**BL**), height at withers, rib depth, girth (**GC**) and body diagonal length. The hooks width and the PW were measured as the distance between the two ventral points of the tuber coxae and the two ventral tuberosity of the tuber ischii, respectively. The rump depth was measured as the vertical distance between the ventral point of the tuber coxae and the ventral line. The rump height was measured from the ventral point of the tuber coxae, vertically to the ground. The BL was measured as the distance between the dorsal point of the scapulae and the ventral point of the tuber coxae. The rib depth was measured vertically from the highest point over the scapulae to the end point of the rib (at the sternum). The GC was taken as the smallest circumference just posterior to the anterior legs, in the vertical plane. The body diagonal length was measured as the distance between the ventral point of the tuber coxae and the cranial point of shoulder. The AW was measured as the widest horizontal width of the abdomen (paunch) at right angles to the body axis. The height at withers was measured from the highest point over the scapulae, vertically to the ground. Finally, the pelvic girdle length was measured as the distance between the ventral point of the tuber coxae and the ventral tuberosity of the tuber ischii. All BM, except the GC, were taken with a large caliper (Hipômetro Bengala, Walmur, Porto Alegre, Brazil). The GC was obtained with a flexible tape.

Animal Harvesting Procedure. Immediately before the harvest, animals were weighed following 16 h without feed to obtain shrunk BW (**SBW**).

Blood was collected during exsanguination, weighed, and sub-sampled. All body components were weighed separately at the harvest. Included were all internal organs (liver, heart, lungs, trachea, kidneys, reproductive tract, tongue, and spleen), cleaned viscera (rumen, reticulum, omasum, abomasum, small and large intestines, esophagus, bladder, KPH, and visceral fat), skin, head, feet, and carcass. The hide was removed using knives to avoid damage to the subcutaneous fat. Viscera was cleaned by emptying and flushing with water, and physically stripped. Weights of all body components were summed to calculate the empty BW (**EBW**). Internal physical fat (**IF**) was calculated by summing the KPH and the visceral fat.

Body Volume and Area. After animals were stunned, the body (except neck and head) were submerged into a cylindrical water tank to determine the body volume (**BV**) using the water displacement technique. The level of water before and after the animal submersion was recorded, and the volume was computed based on the water level difference and the area of the basis of the water tank.

The body area (**BA**) was estimated by collecting 400 cm² of the skin from the top, back left region of the animal's body. A ratio of 1:2 between shaded and not shaded hide area was respected in this sample to account for variability in the thickness of the hide. The BA was calculated by dividing the skin weight by the weight of the skin sample and this value was multiplied by the area (400 cm²) of the sample.

Carcass Measurements. The carcass of each animal was split into two similar halves. These halves were chilled at -5°C for 24 h. Half carcasses were weighed and the 9 to 11th rib section was collected on the left side of the split carcass as suggested by Hankins and Howe (1946). This rib section was weighed and dissected. Physical separated components were weighed, including: muscle, rib fat (**RF**), and bone. The fat thickness (**FT**) of the 12th rib was measured on the right side of the split carcass. After these measures were taken, the right

half-carcass was physically dissected and their components (muscle; subcutaneous fat, **ScF**; intermuscular fat, **ImF**; and bones) were weighed and sampled for chemical analyses. The sum of ScF and ImF was assumed to represent the total carcass physical fat (**CF**). Empty body physical fat (**EBF**) was calculated by summing IF and CF weights. Organs and viscera were ground, thoroughly mixed, sampled, and frozen. Similarly, samples of blood, skin, and the physical components of the head and of two feet (one front and one back) were collected and frozen. These samples were analyzed for DM and chemical fat content.

Chemical Analysis and Laboratorial Procedures

Except for blood samples, which were dried at 60°C for 72 h, all other samples were preliminary dried at 105°C for 48 h and partially defatted by washing with petroleum ether. The amount of fat was computed by weight difference. All pre-dried samples (including blood samples) were ground using a ball mill and analyzed for ether extract and DM by further drying the samples at 105°C for 24 h. The ether extract was calculated by loss in weight of the dried sample upon extraction with diethyl ether in Soxhlet extraction apparatuses for 6 h (AOAC, 1990).

The total chemical fat content of each sample was the sum of the partial fat (washed with petroleum ether) and the ether extract (washed with diethyl ether). The chemical fat content of the carcass (**CFc**) and the empty body (**EBFc**) were estimated by multiplying each component weight by its fat content. The CFc and EBFc were expressed as total DM basis.

Model Development

Predicting Body Area and Volume. Theoretical equations were developed to predict BA and Bv. It was considered that the animal's body has the shape of a frustum, beginning at the thorax and ending at the pin bones. The BA was calculated as the area of the frustum as shown in Eq. [1] and the BV was computed as the volume of the frustum as shown in Eq. [2]. The radius of the thorax (radius of the basis of the frustum) was calculated from the GC as

shown in Eq. [3]. The next step was to calculate the radius of rump (radius of the top of the frustum). This measure was estimated as the PW divided by 2 as shown in Eq. [4]. The total body length was used as the height of the frustum as shown in Eq. [5].

$$BA_{\text{Frustum}} = \frac{\pi \times (RTx + RRp) \times \sqrt{(TBL)^2 + (RTx - RRp)^2}}{10^4}$$

Eq. [1]

$$BV_{\text{Frustum}} = \frac{\pi \times TBL \times (RTx^2 + RTx \times RRp + RRp^2)}{3 \times 10^6}$$

Eq.

[2]

$$RTx = \frac{GC}{2 \times \pi}$$

Eq. [3]

$$RRp = \frac{PW}{2}$$

Eq.

[4]

$$TBL = BL + PGL$$

Eq. [5]

where BA_{Frustum} is the body area, m^2 ; RTx is the radius of the thorax, cm; RRp is the radius of rump, cm; TBL is the total body length, cm; BV_{Frustum} is the body volume, m^3 ; GC is the girth circumference, cm; PW is the pin width, cm; BL is the body length, cm; and PGL is the length of pelvic girdle, cm.

The predicted BA or BV using the theoretical equations (Eq. [1] and [2]) were regressed on observed BA and BV, respectively, to adjust for parts of the BA or BV that were not considered in the theoretical model. Additionally, an empirical equation was developed for BA and BV using the SBW and all BM using multiple regression analysis.

Empirical Predictions of Subcutaneous, Body, and Carcass Fat. The BW of an animal is the main predictor of body development and growth; BW, therefore, is expected to have high correlations with size and weight of all body components (Lawrence and Fowler, 2002). Thus, the first step in this study was to develop equations to predict physical ScF,

physical and chemical CF, and physical and chemical EBF using SBW as the only independent variable. In the second step, SBW and ScF were used to predict CF and SBW and CF were used to predict EBF. The objective was to include variables to predict CF and EBF that were directly associated with fat deposition in the carcass and body; respectively, and to account for variation in CF and EBF that was not accounted for by SBW alone.

The 9 to 11th rib section fat content has been used for decades to predict the fat content of the carcass (Hankins and Howe, 1946) due to the high costs and labor associated with the direct measurement of carcass fat. Generally, the percentage of RF is used to predict the percentage of the CF. In the third step, the RF amount was used to estimate CF and EBF that were not explained by SBW alone. The reasons for using the amount rather than the content were to avoid the loss of normality when dividing variables (the ratio follows a Cauchy distribution rather than a normal distribution) and to obtain a direct prediction of the sought value. In this context, the adjustment of equations using the amount of RF and the SBW can be easily accomplished because all variables have the same unit.

The fourth step was to empirically develop equations to predict ScF, and physical and chemical CF and EBF using BM, FT, and SBW as possible predictors. It was hypothesized that BM variables included in these equations should theoretically have the highest correlation with body types (frame and structure) and to be able to differentiate body and carcass fat compositions among animals at a given BW.

Theoretical Prediction of Subcutaneous Fat. Equations [6] to [7] were developed to mechanistically predict ScF based on BA, FT, and body density (**BD**, kg/m³). Equation [6] combines these measurements to estimate physically separable subcutaneous fat based on the average fat thickness. The predicted ScF was further regressed on observed ScF to adjust for subcutaneous fat that was not accounted for by Eq. [6].

$$\text{ScF} = \frac{\text{BA} \times \text{FT} \times \text{BD}}{100} \quad \text{Eq. [6]}$$

[6]

$$\text{BD} = \frac{\text{SBW}}{\text{BV}} \quad \text{Eq. [7]}$$

where ScF is the subcutaneous fat, kg; FT is the fat thickness, cm; BD is the body density, kg/m³; SBW is the shrunk BW, kg; and BV is the body volume, m³.

Statistical Analyses

An exploratory survey of the data was performed by calculating descriptive statistics using the PROC MEANS of SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Due to non-anticipated problems during the collection of the data, 1 record of internal fat, carcass fat, and rib fat, 5 records of body volume, and 8 records of body diagonal length were unavailable. The Pearson correlation between SBW, BA, BV, RF, CF, EBF, and BM were evaluated using PROC CORR of SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). This analysis was used to decide which variables could be used to explain variation of CF and EBF based on the significance of the partial correlation.

All regressions were developed with PROC REG of SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). The options STEPWISE and Mallows' Cp were used in the SELECTION statement to identify important independent variables. Outliers were tested by plotting the studentized residual against the statistical model predicted values. Data points were removed if the studentized residual was outside the range of -2.5 to 2.5. All interactions between the variables used and their quadratic effects were evaluated and removed from the statistical model when they were not significant at $P > 0.10$. The goodness-of-fit of the regression was assessed by the root of the mean square error (**RMSE**) and the r^2 .

Model Evaluations

The prediction equations for CF, EBF, CFc, and EBFc were compared with observed values in the following way. For each body fat deposit, two prediction systems were evaluated. In the first prediction system, only information that can be obtained in vivo either by direct measurement (SBW, BM) or by ultrasound measurements (FT) was used. The second prediction systems used SBW and RF, which can only be obtained after the harvest. The estimates of CF and CFc using the equations proposed by Hankins and Howe (1946) and EBFc using the equation devised by Garret and Hinman (1969) were also evaluated as reference systems to predict these body components.

The model adequacy evaluation was followed as discussed by Tedeschi (2006). The linear regression of observed on model-predicted values was performed and the r^2 and the simultaneous F -test for intercept equal to zero and slope equal to one were evaluated. Other testing criteria included the generalized concordance correlation coefficient (CCC) and the root of the mean square error of prediction (RMSEP). Finally, comparisons among models' predictions were performed for accuracy using the pairwise mean square error of prediction (pMSEP) analysis (Wallach and Goffinet, 1989) and for precision using the delta Akaike's Information Criterion (AIC) (Burnham and Anderson, 2002). All calculations of model adequacy statistics were obtained with the Model Evaluation System (<http://nutritionmodels.tamu.edu/mes.htm>, College Station, TX, USA; Tedeschi, 2006).

Results and Discussion

The animals had an ADG of 0.499 ± 0.44 kg/d. This expected large variability of growing rate was attributed to the long duration of the experiment and the different nutritional supplementation strategies used. These factors caused negatives ADG as small as -0.625 kg/d in animals receiving only mineral supplement at the end of the dry season and

ADG as great as 1.55 kg/d for animals receiving concentrate supplementation during the rainy season.

Descriptive and Correlation Analyses. Table 1 shows the descriptive statistics of the data used in this paper. The data varied considerably with ages ranging from 306 to 605 d and full BW ranging from 177 to 550 kg. Another aspect to be emphasized is the low percentage of EBF in these animals. This low fat content may be associated with the young age of the animals (Berg and Butterfield, 1976) and with the low concentration of dietary energy (typically found in grazing animals) that usually results in a slower rate of deposition of fat even in larger BW animals (Owens et al., 1993). This data was selected to simulate the typical variation of animals arriving at a feedyard and fed with different supplementation strategies during the backgrounding phase.

The average ratio between EBW and SBW was 0.894. This ratio is nearly identical to that suggested by the NRC (2000) of 0.891. The large variability observed in this ratio is likely due to the differences in the full BW (Berg and Butterfield, 1976) of the animals and in the filling effect of the gastro-intestinal tract. This last factor could have a larger variability due to the variations in pasture availability between dry and rainy seasons.

The average carcass yield (carcass weight divided by the SBW) of 54.7 %, despite being low, is consistent with the data in the literature (Berg and Butterfield, 1976; Holloway et al., 1990; Gilbert et al., 1993). This low dressing percent can be associated with the low fat content of the animals in our dataset and to the removal of the KPH fat from the carcass prior to weighing the carcass.

The correlations between BM and the physical characteristics indicated significant correlations ($P < 0.01$) among BM, SBW, BA, BV, RF, and the physical and chemical CF and EBF (Table 2). Allometric growth curves used to describe the growth of body parts as a proportion of the growth of the body as a whole (represented by BW) predict exactly this

high correlation (Lawrence and Fowler, 2002). This is likely due to the fact that animal's body grows as a whole, including all body parts in this growth. So, only a part of the growth can vary between the body components or BM. Those high correlations expressed exactly the part of growth common between the body parts.

Only the BD had low correlations with the body characteristics of animals. This low correlation could be explained by the loss of normality associated with the division of variables (in this case, the SBW and BV) as discussed above. All other correlations were highly significant. It is important to emphasize here the high correlations between the GC and all body characteristics. The GC is a measure traditionally used to estimate BW. This relation may explain its high correlation with the other body characteristics because the BW is the main predictor of the body growth (Lawrence and Fowler, 2002). The AW showed high correlation with body components and characteristics, indicating that, although not widely used, this measure provides a good indication of growth of the animal's body.

Predicting Body Area and Body Volume. Equation [1] underpredicted the observed BA (Eq. [1] in Table 3). Despite this underestimation, the proper fitness of this equation, as shown by the high r^2 of 0.918 and the low RMSE of 0.290 m^2 , indicated that Eq. [1] was able to account for most of the variation among animals; systematic and mean biases, however, were observed as shown by the significant intercept and slope. The empirical model for predicting BA was adjusted using SBW and BL (Eq. [2] in Table 3). The absence of a significant intercept, the low RMSE, and the high r^2 indicated SBW and BL can accurately predict the BA of the animals. The stepwise selection of BL suggested that this is the most important BM affecting the BA in animals with similar SBW.

The equation to predict BV using the frustum shape (Eq. [2]) was more efficient to predict BV than the theoretical prediction of BA (Eq. [3] in Table 3). This equation predicted an extra BV (about 1.7 times) that represents the volume not accounted for by the frustum,

such as head, neck, legs, and other lateral dimensions. This lack of accuracy has to be further evaluated with different types of animals under several feeding conditions. The best empirical model to predict body volume was developed using SBW alone (Eq. [4] in Table 3) with a high coefficient of determination ($r^2 = 0.999$). The lack of a significant intercept and BM in this equation can be explained by the high correlation between the BV and the SBW of animals in this study. This relationship, however, may be linked to the low variation in body composition of these animals, especially body fat.

Predicting Subcutaneous Fat. All equations developed to predict ScF had high r^2 , but high RMSE (around 20 % of the observed average ScF). Equation 1 in Table 4 estimated an increase of 40 g of ScF for each increase in SBW. The empirical equation using various body characteristics (Eq. [3] in Table 4) had slightly better goodness of fit and included FT and AW in addition to SBW. Thus, FT and AW may be good estimators of the variation in the ScF that was not explained by the SBW. The reduction of 0.43 kg in the RMSE and the increase of r^2 from 0.83 to 0.91 when compared to the Eq. [1] in Table 4 indicated that FT and AW improved the predictions of ScF. According to the estimated parameters of Eq. [3] in Table 4, only 22 g of ScF would be directly correlated with an increase in SBW; the remaining change in ScF would be explained by individual variations in animal frame. Equation [6] also accounted for a large variation (r^2 of 0.773) of ScF (Eq. [2] in Table 4). Despite the significant slope of Eq. [2] in Table 4 indicating a possible overprediction of ScF, the predicted values were offset by the significant intercept and the average prediction was accurate. The fitness parameters indicated this equation had greater RMSE.

Predicting Carcass Physical Fat. The predictions of CF were more precise and had lesser RMSE (around 10 % of the observed average CF) compared to those obtained for ScF (except for Eq. [4] in Table 4). Because Eq. [4] in Table 4 had an r^2 of 0.90 and used SBW as the only estimator, there was a high relationship between the fat deposition in the carcass and

the SBW. This equation indicated an average carcass fat increase of about 108 g of CF for each increase in SBW. This value is lesser than the 364 g, observed by Anderson et al. (1988) that worked with animals receiving corn silage and concentrate, likely due to the low energy density of the ration used in our study. This low value is also consistent with fatness of the animals in this study (Table 1).

No quadratic effects of the SBW on CF or EBF were observed. This is contrary to the predictions by Berg and Butterfield (1976), Owens et al. (1993), and Lawrence and Fowler (2002). These authors evidenced changes in the rate of deposition of fat tissue as the animal grows. Our dataset, likely due to the small content of animal's body fat, did not allow this behavior to be observed.

The ScF was the best estimator of the variation in the CF that was not explained by SBW (Eq. [5] in Table 4). According to the parameter estimates of this equation, 40 g of CF might be associated to each unit increase in SBW and about 1.62 kg of extra CF may be associated to each unit increase of ScF. Eqs. [1] and [5] in Table 4 indicated that the change in CF related to SBW would be entirely associated to the ScF and; the factor 1.62, therefore, would imply changes in ImF for each kg of ScF. Berg and Butterfield (1976) indicated the relationship between ScF and ImF can vary from 1 kg ScF:1.3 to 4 kg of ImF. The slopes of the models proposed by McPhee et al. (2008) to assess the distribution of body fat also indicated a ratio of 1 kg ScF to 1.68 kg ImF, which is nearly identical to our estimate.

The RF was indeed a good estimator of the variance of the CF not explained by the SBW. Equation 6 in Table 4 had a slightly lesser precision than Eq. 5 in the same table, but accuracy decreased considerably. Nonetheless, the goodness of fit was similar to that reported by Hankins and Howe (1946). The parameter estimates of this equation would project a growth of 73 g of CF for each kg of SBW plus 19 kg of CF for each kg of fat deposited in the 9 to 11th rib section.

The AW was the only BM selected as adjustment factor to predict the CF not explained by the SBW (Eq. [7] in Table 4). This empirical equation had similar fitness to that obtained by Eq.[6] in Table 4. Interestingly, the deposition of CF associated to the SBW was similar to that shown by Eq. [6] in Table 4 (78 g of CF per kg of SBW), indicating that regardless of the estimator used, SBW was consistently related to CF deposition that was not affected by individual variation. When this equation was compared with Eq. [4] in Table 4, it was possible to identify a significant improvement in the fitness likely because AW accounted for body structure differences not associated with BW and correlated with the CF.

Predicting Empty Body Physical Fat. The Eq. [8] in Table 4 predicted EBF as well as Eq. [4] in Table 4 estimated CF, both using SBW as the only independent variable. These results are similar to those observed by Gil et al. (1970), who used EBW as a single estimator to predict EBF. The slope of the Eq. [8] in Table 4 projected a deposit of 142 g of EBF for each increase in SBW. This estimate is almost 70 % of that observed by Rompala et al. (1985) of 210 g of EBF/kg of SBW in animals consuming corn silage and concentrate. Similar to CF, this difference was probably linked to the low energy density of the ration. When compared to the estimate of 108 g of CF/kg of SBW (Eq. [4] in Table 4), this projection corresponded to a deposit of 76% of body fat in the carcass. This value is closer to the true average value observed value (70.2 ± 4.30 %) and it is consistent with the data reported by Ferrell and Jenkins (1984). These authors reported a range of 71 to 74 % of body fat deposited in the carcass with an increase as the nutritional level of animals was reduced. This estimate is close to the average values used by McPhee et al. (2008) of about 71% of EBF.

The Eq. [9] in Table 4 had the highest precision and accuracy in predicting EBF likely due to the part to the whole relationship of CF and EBF; leaving small variability to be accounted for by the SBW. This equation projected 11 g of EBF/kg of SBW in addition to

1.22 kg of EBF/kg of CF. Because EBF is CF plus IF, these values suggest a deposit equivalent to 11 g of IF/kg of SBW plus 0.22 kg of IF/kg of CF. Assuming this approach and the CF predicted by Eq. [4] in Table 4 for an animal with average SBW of 311 kg, we can compute 19.7 kg of CF and 7.76 kg of IF, which are very similar to the values observed in this study. These values suggest that approximately 72% of EBF was deposited as CF and 28% was deposited as IF, which also is in agreement with the discussion above.

As expected, the RF as an estimator of the variation in the EBF not explained by the SBW (Eq. [10] in Table 4) was effective in predicting the variability ($r^2 = 94\%$) and the absolute values of EBF (RMSE around 12 % of the average EBF).

The empirical equation developed to predict EBF using SBW, FT, and BM as possible predictors (Eq. 11 in Table 4) had similar goodness of fit to that developed to predict EBF using SBW and RF (Eq. 10 in Table 4). In the Eq. 11 in Table 4, the AW was also selected to predict the EBF variation not explained by SBW alone. This emphasizes the strong relationship between AW and fat deposition. In addition, the deposition of EBF associated with SBW predicted by this equation was similar to that predicted by the Eq. 10 in Table 4, suggesting that SBW consistently affected EBF.

Predicting Carcass Chemical Fat. All equations shown in Table 5 had good fitness in predicting CF_c with r^2 ranging from 87 to 99 % and RMSE ranging from 11.6 to 16.8 % of the average observed CF_c. Equation [1] in Table 5 predicted an average deposit of 93 g of CF_c/kg of SBW, Eq. [2] in Table 5 projected a deposit of 29 g of CF_c/kg of SBW and 1.58 g of CF_c/kg of ScF, and Eq. [3] in Table 5 had 51 g of CF_c/kg of SBW and 22.7 kg of CF_c/kg of RF. The last two equations had the greatest precision (as shown by the high r^2) in predicting CF_c. Similarly to predicting physical CF, Eq. [3] in Table 5 had similar fitness as that reported by Hankins and Howe (1946).

The AW was also selected as the main body characteristic to predict CFc not explained by the SBW (Eq. [4] in Table 5). Although significant, AW slightly increased the fitness obtained with Eq. [1] in Table 5; the RMSE was reduced by only 0.19 kg and the r^2 increased only 1.8 percentage units.

Predicting Empty Body Chemical Fat. As shown in Table 5, prediction equations were able to explain more than 90 % of the variability in EBFc with high accuracy (RMSE values ranging from 4.61 to 14.4 %). Equation 5 in Table 5 was the least adequate one: it had greater RMSE values. This equation projected a deposit of 162 g of EBFc for each kg of SBW. This figure is similar to the 155 g observed by Rompala et al. (1985) for animals showing compensatory gain and similar BW to our animals. Because the growth of grazing animals was restricted during part of the year due to low forage availability, this might have influenced their composition of gain. The relation between the slopes of SBW in Equations [1] and [5] in Table 5 predicted a deposit from 57.4 % of the EBFc in the carcass, which is also quite close to 64.4 ± 4.31 % observed in these data. This estimate is much lesser than the 87.9 % projected by Cianzio et al. (1982) to concentrate fed animals and the 70.8 % in the initial data of McPhee et al. (2008). It is important to note that these studies as several others estimates EBFc took into account only the lipid contents of IF tissues to estimate the chemical IF. Equation [6] in Table 5 suggested that 64.1 % of EBFc was deposited as CFc, which is also fairly consistent with the data above. This equation had the best fitness in predicting EBFc. As for the other deposits of body fat evaluated, using RF to estimate the variability in EBFc not explained by SBW (Eq. [7] in Table 5) led to high accurate predictions.

The empirical Eq. [9] in Table 5 was developed to estimate EBFc based on SBW, PW, and AW. This equation confirmed the strong relationship between AW and body fat deposits

as observed in other empirical regression, but it also emphasized a negative relationship between PW and chemical EBF.

Model Evaluations

Systems to Predict Carcass Physical Fat. The first system to predict CF using information obtained in vivo (Eq. [1] in Table 6) combined Eq. [5] in Table 4, which uses the SBW and ScF to predict the CF. Equation [2] in Table 4 was used to predict the ScF from the BA, FT, and BD in which BA was estimated using the Eq. [1] in Table 3, BD was calculated using the Eq. [7] and BV was computed using Eq. [3] in Table 3. The second system to predict CF used Eq. [6] in Table 4, which needs RF estimates. Finally, a third system to estimate the amount of CF (Eq. [3] in Table 6), based on the equation proposed by Hankins and Howe (1946), was obtained by multiplying the percentage of fat in the carcass by the carcass weight. The r^2 of the regression of observed on predict CF values was high (> 0.85) for these systems, showing a similar ability to predict the observed variability in CF data in this experiment. The adequacy of systems 1 and 2 (Eqs. [1] and [2] in Table 6, respectively), however, were equivalent and greater than system 3 (Eq. [3] in Table 6). In addition to the high RMSEP of system 3, there was an overestimation of CF. The P -value of the simultaneous F -test (intercept equals to zero and slope equals to one) indicated the predictions of system 3 cannot be considered statistically similar to the observed CF values. Several authors (Nour and Thonney, 1994; Bonilha et al., 2008) evaluated the equations proposed by Hankins and Howe (1946) to predict physical and chemical fat and concluded it is needed to adjust the parameter estimates according to the cattle population in which they will be applied. Despite a slightly better fit of Eq. [2] in Table 6 compared to Eq. [1] in Table 6, both predictions were appropriate ($P > 0.10$) with low RMSEP (< 4 kg). The comparison of the accuracy among these systems by the pMSEP showed that systems 1 and 2 had similar accuracy ($P = 0.078$) but had greater accuracy than system 3 ($P < 0.001$). According to the

analysis of AIC, however, systems 2 and 3 had the same precision ($P = 0.088$) and were more precise than system 1 ($P < 0.001$).

Systems to Predict Empty Body Physical Fat. Systems 1 and 2 (Eqs. [4] and [5] in Table 6) used Eq. [9] in Table 4 to predict physical EBF. The CF was obtained with Eqs. [1] and [2] in Table 6, respectively. Both systems had good fitness statistics and the estimates were consistent with the observed data. The low RMSEP (< 4.4 kg) and high CCC (> 0.90) indicated high accuracy and precision. The accuracy, evaluated by the pMSEP, was similar ($P = 0.127$) among systems, but system 2 had a precision (AIC) significantly ($P < 0.001$) greater than the system 1.

Systems to Predict Carcass Chemical Fat. The first system to compute CF_c using data obtained in vivo (Eq. [6] in Table 6) used Eq. [2] in Table 5. The prediction of ScF was performed using the Eq. [2] in Table 4, Eq. [1] in Table 3, Eq. [7], and Eq. [3] in Table 3. The second system to calculate CF_c using data from RF (Eq. [7] in Table 6) used Eq. [3] in Table 5. The third system to compute CF_c was estimated by calculating the CF_c, % using the equation suggested by Hankins and Howe (1946) and multiplying it by carcass weight (Eq. [8] in Table 6). Similar to the results observed for CF, the predictions of system 3 (Eq. [8] in Table 6) had unacceptable predictions of CF_c ($P < 0.001$). Despite the high r^2 , accuracy was compromised by the high RMSEP statistic. This is likely due to an overestimation of the values observed, evidenced by the mean of the predictions. The low CCC (0.575) strengthened this lack of adequacy in predicting CF_c. The Eq. [6] in Table 6 showed lesser precision ($< r^2$), but the P -value of the parameters, low RMSEP and high CCC indicated acceptable adequacy in estimating CF_c. The Eq. [7] showed the best fitness parameters to estimate CF_c. The analysis of the pMSEP indicated the accuracy of system 2 was greater than that of the system 1 ($P < 0.001$), which was greater than that of the system 3 ($P < 0.001$). These results emphasize the great accuracy deficiency of the model 3. System 3 was more

precise (by the AIC analysis) than the system 2 ($P = 0.0194$), which was more precise than the system 1 ($P < 0.001$).

Systems to predict empty body chemical fat. Systems 1 and 2 (Eqs. [9] and [10] in Table 6, respectively) used Eq. 6 in Table 5 to compute EBFc assuming the CFc predicted with Eqs. [6] and [7] in Table 6, respectively. Equation [11] in Table 6 (system 3) estimated the EBFc, % using the equation proposed by Garret and Hinman (1969) and multiplied this by EBW to estimate the EBFc. Similar to previous analyses, the use of system 3 proved to be inadequate (P -value < 0.001). The average of the predicted values and the high RMSEP indicated a tendency of this equation to overestimate EBFc, even though there was a high r^2 , indicating high precision. Predictions of Eq. [10] in Table 6 had the highest precision and accuracy. In addition, all the evaluation parameters of Eq. [9] in Table 6 showed a good ability to predict the variability and the value of individual EBFc. Similar to the CFc system comparison, the pMSEP analysis indicated the system 2 had greater accuracy than the system 1 ($P = 0.005$), which had a greater accuracy than the system 3 ($P < 0.001$). The AIC showed that systems 2 and 3 had similar precision ($P = 0.602$) and were more precise than the system 1 ($P < 0.001$).

Our study indicated that combining body measurements either obtained in vivo (using non-invasive methods) or post-mortem is sufficient to estimate carcass and body fat composition under these conditions. Both systems (in vivo or post mortem) had similar prediction adequacy of physical and chemical amounts of CF and EBF. Biological interpretations of the parameter estimates of the equations were consistent with literature data. These systems may be used to enhance the estimates of fat content of background/grazing calves, which in turn can be used to improve projections of body and carcass composition and establish strategies for more efficient production systems. Further

work should assess the implementation of these systems in other productive situations and re-design and re-parameterize these equations in accordance with specific needs.

Literature Cited

- Anderson, P. T., W. G. Bergen, R. A. Merkel, W. J. Enright, S. A. Zinn, K. R. Refsal, and D. R. Hawkins. 1988. The relationship between composition of gain and circulating hormones in growing beef bulls fed three dietary crude protein levels. **J. Anim. Sci.**, v.66, p.3059-3067, 1988.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Assoc. Offic. Anal. Chem., Arlington, VA.
- BAKER, J. P., B. A. BUCKLEY, G. E. DICKERSON AND J. A. NIENABER. Body composition and fasting heat production from birth to 14 month of age for three biological types of beef heifers. **J. Anim. Sci.**, v.69, p. 4406-4418, 1991.
- BAKER, M. J., L. O. TEDESCHI, D. G. FOX, W. R. HENNING, AND D. J. KETCHEN. Using ultrasound measurements to predict body composition of yearling bulls. **J. Anim. Sci.**, v.84, p.2666-2672, 2006.
- BERG, R. T.; R. M. BUTTERFIELD. New concepts of cattle growth. Macarthur Press, Sydney, Australia, 1976.
- BONILHA, S. F. M. L. O.; TEDESCHI, I. U.; PACKER, A. G.; RAZOOK, G. F.; ALLEONI, R. F.; NARDON, AND F. D. RESENDE. Evaluation of carcass characteristics of *Bos indicus* and tropically adapted *Bos taurus* breeds selected for postweaning weight. **J. Anim. Sci.**, v.86, p.1770-1780, 2008.
- BURNHAM, K. P.; D. R. ANDERSON. **Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach** (2nd ed.). Springer-Verlag, New York, 2002.

- BRETHOUR, J. R. The relationship of average backfat thickness of feedlot steers to performance and relative efficiency of fat and protein retention. **J. Anim. Sci.**, v.82, p.3366-3372, 2004.
- BRODY, S. Bioenergetics and growth with special reference to the energetic efficiency complex in domestic animals. Reinhold Publ., New York, 1945.
- CIANZIO, D. S., D. G.; TOPEL, G. B.; WHITEHURST, D. C.; BEITZ, H. L. S. Adipose tissue growth in cattle representing two frame sizes: distribution among depots. **J. Anim. Sci.**, v.55, p.305-312, 1982.
- FERRELL, C. L. T. G. JENKINS. Relationships among various body components of mature cows. **J. Anim. Sci.**, v.58, p.222-233, 1984.
- FISHER, A. V. The accuracy of some body measurements on live beef steers. **Livest. Prod. Sci.**, v.2, p.357-366, 1975.
- GARCIA, F., R. D. SAINZ, J. AGABRIEL, L. G. BARIONI, J. W. OLTJEN. Comparative analysis of two dynamic mechanistic models of beef cattle growth. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.143, p. 220-241, 2008.
- GARRETT, W. N.; N. HINMAN. Re-evaluation of the relationship between carcass density and body composition of beef steers. **J. Anim. Sci.**, v.28, p.1-5, 1969.
- GERRITS, W. J. J.; J. DIJKSTRA¹. 2000. Modeling growth and wool production in ruminants. Page 343-361. In *Feeding Systems and Feed Evaluation Models*. M.K. Theodorou and J. France, ed. CAB International, Wallingford, UK.
- GIL, E. A. R. R.; JOHNSON, V. R.; CAHILL, K. E.; MCCLURE E. W.; KLOSTERMAN. An evaluation of carcass specific volume, dye dilution and empty body parameters as predictors of beef carcass composition over a wide range of fatness. **J. Anim. Sci.**, v.31, p.459-469, 1970.

- GILBERT, R. P.; D. R. BAILEY, N. H.; SHANNON. Body dimensions and carcass measurements of cattle selected for postweaning gain fed two different diets. **J. Anim. Sci.**, v.71, p.1688-1698, 1993.
- HANKINS, O. G.; P. E. HOWE. **Estimation of the composition of beef carcasses and cuts. Techn. Bull.** No. 926. USDA, Washington, DC, 1943.
- HOLLOWAY, J. W.; SAVELL, J. W.; HAMBY, P. L.; BAKER, J. F.; STOUFFER, J. R. Relationships of empty-body composition and fat distribution to live animal and carcass measurements in *Bos indicus*-*Bos taurus* crossbred cows. **J. Anim. Sci.**, v.68, p.1818-1826, 1990.
- LAWES, J. B.; GILBERT, J. H. On the composition of oxen, sheep and pigs and of their increase whilst fattening. **Journal of the Royal Agricultural Society of England**, v.21 p.433-488, 1861.
- LAWRENCE, T. L. J.; FOWLER, V. R. Growth of farm animals. 2nd ed. CAB Publishing, New York, NY. USA, 2002.
- MCPHEE, M. J.; OLTJEN, J. W.; FADEL, J. G.; PERRY, D.; SAINZ, R. D. 2008. Development and evaluation of empirical equations to interconvert between twelfth rib fat and kidney, pelvic, and heart fat respective fat weights and to predict initial conditions of fat deposition models for beef cattle. **J. Anim. Sci.**, v.86, p.1984-1995.
- NOUR, A. Y.; THONNEY, M. L. Technical note: chemical composition of Angus and Holstein carcasses predicted from rib section composition. **J. Anim. Sci.**, v.72, p.1239-1241, 1994.
- NRC. Nutrient Requirements of Beef Cattle. **Updated 7th ed. Natl. Acad. Press**, Washington, DC, 2000.
- OWENS, F. N.; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **J. Anim. Sci.**, v.71, p.3138-3150, 1993.

- ROMPALA, R. E.; JONES, S. D. M.; BUCHANAN-SMITH, J. G.; BAYLEY, H. S. Feedlot performance and composition of gain in late-maturing steers exhibiting normal and compensatory growth. **J. Anim. Sci.**, v.61, p.637-646, 1985.
- TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; GUIROY, P. J. A decision support system to improve individual cattle management. 1. A mechanistic, dynamic model for animal growth. **Agric. Syst.**, v.79, p.171-204, 2004.
- TEDESCHI, L. O. Assessment of the adequacy of mathematical models. **Agric. Syst.**, v.89, p.225-247, 2006.
- WALLACH, D.; GOFFINET, B. Mean squared error of prediction as a criterion for evaluating and comparing system models. **Ecological Modelling**, v.44, p.299-306, 1989.
- WALDMAN, R. C.; TYLER, W. J.; BRUNGARDT, V. H. Estimation of body composition in young calves. **J. Anim. Sci.**, v.29, p.426-428, 1969.
- WEBB, E. C.; O'NEILL, H. A. The animal fat paradox and meat quality. **Meat Sci.**, v.80, p.28-36, 2008.

E-2009-1919. Figure 1.

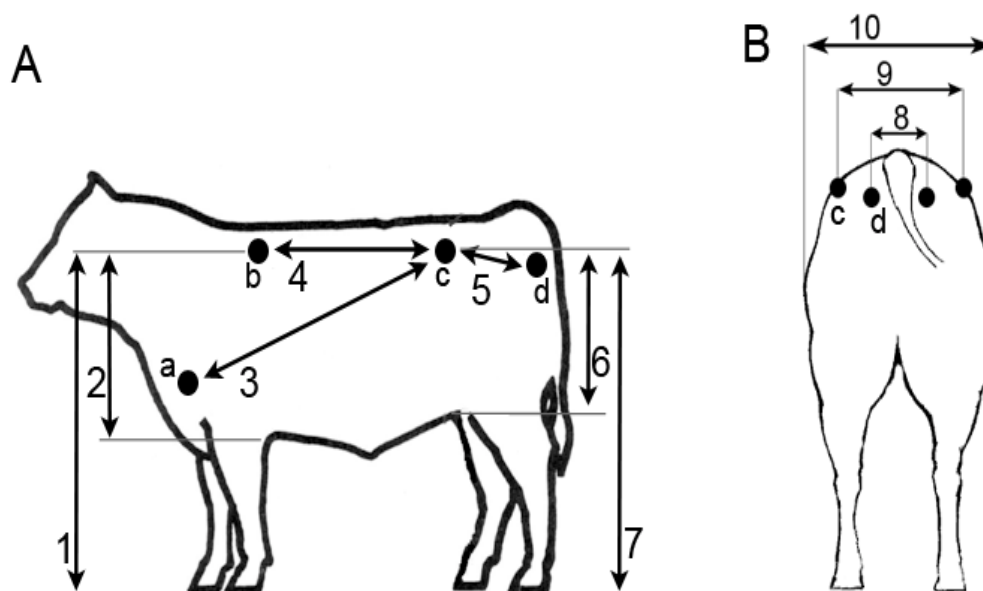


Figure 1 - Schematic representation of (A) lateral and (B) posterior views of a steer showing the relative locations of biometric measurements, including (1) height at withers, (2) rib depth, (3) body diagonal length, (4) body length, (5) pelvic girdle length, (6) rump depth, (7) rump height, (8) pin bones width, (9) hook bones width, and (10) abdomen width. The girth circumference (not shown in panel A) was taken as the smallest circumference just posterior to the anterior legs in the vertical plane. Points a, b, c, and d are relative locations of point of shoulder, withers, hook bones, and pin bones; respectively.

Table 1 - Descriptive analysis of the data

| Variables | Description | N | Mean | SD | Minimum | Maximum |
|---------------------------------|----------------------|----|-------|-------|---------|---------|
| Age at harvest, d | | 40 | 490 | 102 | 306 | 605 |
| BW, kg | | | | | | |
| Full | | 40 | 339 | 101 | 177 | 550 |
| Shrunk | | 40 | 311 | 89.7 | 169 | 494 |
| Empty | | 40 | 278 | 86.3 | 136 | 461 |
| Biometrical measures, cm | | | | | | |
| HW | Hook bones width | 40 | 37.4 | 4.30 | 28.0 | 48.0 |
| PW | Pin bones width | 40 | 14.3 | 1.99 | 11.0 | 22.0 |
| AW | Abdomen width | 40 | 50.5 | 5.83 | 39.0 | 61.0 |
| PGL | Pelvic girdle length | 40 | 38.8 | 4.03 | 30.5 | 47.0 |
| BL | Body length | 40 | 60.5 | 4.93 | 50.0 | 70.0 |
| HeR | Rump height | 40 | 132 | 9.40 | 117 | 150 |
| HeW | Height at withers | 40 | 127 | 9.38 | 112 | 148 |
| RiD | Rib depth | 40 | 57.6 | 5.37 | 48.0 | 68.0 |
| GC | Girth | 40 | 159 | 14.9 | 132 | 188 |
| RuD | Rump depth | 40 | 50.8 | 4.15 | 42.0 | 59.0 |
| BDL | Body diagonal length | 32 | 91.8 | 4.28 | 82.5 | 100 |
| Body characteristics | | | | | | |
| BA, m ² | Body area | 40 | 4.26 | 1.00 | 2.60 | 6.04 |
| BV, m ³ | Body volume | 35 | 0.254 | 0.076 | 0.138 | 0.405 |
| BD, kg/m ³ | Body density | 35 | 1.24 | 20.6 | 1.21 | 1.29 |
| Body components | | | | | | |
| Carcass, kg | | 40 | 170 | 57 | 82.4 | 300 |
| FT, cm | Fat thickness | 40 | 0.153 | 0.095 | 0.001 | 0.380 |
| Separable fat, kg | | | | | | |
| Internal | | 39 | 7.98 | 3.23 | 2.82 | 15.2 |
| Carcass | | 39 | 19.6 | 9.89 | 3.30 | 40.2 |
| Subcutaneous | | 39 | 6.67 | 3.87 | 0.93 | 15.3 |
| Empty body | | 38 | 27.7 | 13.0 | 6.13 | 52.1 |
| Rib | | 39 | 0.374 | 0.196 | 0.095 | 0.815 |
| Chemical fat, kg | | | | | | |
| Carcass | | 39 | 19.2 | 9.15 | 5.88 | 40.6 |
| Empty body | | 38 | 30.6 | 15.1 | 8.53 | 61.3 |

Table 2 - Pearson correlation coefficients among the measurements used in the development of the equations^a

| Items ^b | EBW | BA | BV | BD | ScF | CF | EBF | CFc | EBFc | RF | FT | AW | GC | PW | HW | BL | PGL |
|--------------------|-------|-------|-------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| SBW | 0.996 | 0.904 | 0.980 | -0.048 ^d | 0.904 | 0.939 | 0.926 | 0.926 | 0.932 | 0.845 | 0.696 | 0.840 | 0.982 | 0.738 | 0.942 | 0.804 | 0.846 |
| EBW | -- | 0.913 | 0.979 | -0.058 ^d | 0.897 | 0.936 | 0.918 | 0.920 | 0.924 | 0.841 | 0.689 | 0.824 | 0.981 | 0.760 | 0.943 | 0.809 | 0.846 |
| BA | | -- | 0.898 | -0.105 ^d | 0.779 | 0.827 | 0.826 | 0.827 | 0.8317 | 0.762 | 0.547 | 0.720 | 0.889 | 0.805 | 0.840 | 0.822 | 0.805 |
| BV | | | -- | -0.242 ^d | 0.914 | 0.939 | 0.934 | 0.935 | 0.940 | 0.878 | 0.693 | 0.841 | 0.956 | 0.749 | 0.908 | 0.783 | 0.827 |
| BD | | | | -- | -0.174 ^d | -0.133 ^d | -0.170 ^d | -0.174 ^d | -0.174 ^d | -0.286 [*] | -0.09 ^d | -0.120 ^d | -0.015 ^d | -0.157 ^d | 0.044 ^d | -0.026 ^d | -0.009 ^d |
| ScF | | | | | -- | 0.975 | 0.958 | 0.957 | 0.964 | 0.912 | 0.817 | 0.873 | 0.885 | 0.707 | 0.856 | 0.692 | 0.746 |
| CF | | | | | | -- | 0.997 | 0.967 | 0.962 | 0.898 | 0.778 | 0.882 | 0.915 | 0.716 | 0.881 | 0.744 | 0.774 |
| EBF | | | | | | | -- | 0.965 | 0.978 | 0.900 | 0.799 | 0.886 | 0.924 | 0.717 | 0.878 | 0.735 | 0.778 |
| CFc | | | | | | | | -- | 0.970 | 0.931 | 0.725 | 0.854 | 0.895 | 0.701 | 0.866 | 0.715 | 0.782 |
| EBFc | | | | | | | | | -- | 0.911 | 0.775 | 0.872 | 0.906 | 0.715 | 0.845 | 0.698 | 0.775 |
| RF | | | | | | | | | | -- | 0.728 | 0.856 | 0.854 | 0.654 | 0.808 | 0.624 | 0.697 |
| FT | | | | | | | | | | | -- | 0.723 | 0.700 | 0.483 | 0.675 | 0.470 ^{**} | 0.575 |
| AW | | | | | | | | | | | | -- | 0.826 | 0.578 | 0.801 | 0.647 | 0.740 |
| GC | | | | | | | | | | | | | -- | 0.741 | 0.935 | 0.756 | 0.813 |
| PW | | | | | | | | | | | | | | -- | 0.720 | 0.673 | 0.642 |
| HW | | | | | | | | | | | | | | | -- | 0.788 | 0.882 |
| BL | | | | | | | | | | | | | | | | -- | 0.741 |

^a Correlations followed by no superscript indicate $P < 0.001$.

^b SBW is the shrunk BW, EBW is the empty BW, BA is the body area, BV is the body volume, BD is the body density, ScF is the subcutaneous fat, CF is the carcass fat, EBF is the empty body fat, CFc is the chemical fat in carcass, EBFc is the chemical fat in the empty body, RF is the rib fat, FT is the fat thickness, AW is the abdomen width, GC is the girth circumference, PW is the pins width, HW is the hooks width, BL is the body length, and PGL is the pelvic girdle length.

^d $P > 0.10$

^{*} $P = 0.077$

^{**} $P = 0.0022$

Table 3 - Equations developed to predict body area and body volume

| Eq. # | Equations ⁽¹⁾ | Statistics ⁽²⁾ | | |
|------------------|---|---------------------------|-------|----------------|
| | | n | RMSE | r ² |
| Body area | | | | |
| 1 ⁽³⁾ | $BA = -1.17 (\pm 0.27^{***}) + 5.20 (\pm 0.256^{***}) \times BA_{Frustum}$ | 39 | 0.290 | 0.918 |
| 2 | $BA = 9.23 \times 10^{-2} (\pm 7.01^{***} \times 10^{-4}) \times SBW + 0.022 (\pm 3.75^{***} \times 10^{-2}) \times BL$ | 39 | 0.307 | 0.995 |
| Body volume | | | | |
| 3 ⁽³⁾ | $BV = 2.70 (\pm 0.029^{***}) \times BV_{Frustum}$ | 34 | 0.017 | 0.996 |
| 4 | $BV = 8.06 \times 10^{-4} (\pm 2.51^{***} \times 10^{-4}) \times SBW$ | 35 | 0.005 | 0.999 |

⁽¹⁾ BA is the body area, m²; SBW is the shrunk BW, kg; BL is the body length, cm; and BV is the body volume, m³. Values within parenthesis are SE of the parameter estimate and *** indicate P-value < 0.001. The intercept of Eq. 2, 3, and 4 were not different from zero and removed from the final equation; the r² when an intercept was used was 0.916, 0.851, and 0.996, respectively.

⁽²⁾ RMSE is the root mean square error.

⁽³⁾ $BA_{Frustum} = \frac{\pi \times (RTx + RRp) \times \sqrt{(TBL)^2 + (RTx - RRp)^2}}{10^4}$ and $BV_{Frustum} = \left(\frac{(\pi \times TBL \times (RTx^2 + RTx \times RRp + RRp^2))}{3} \right) \times 10^{-4}$; where RTx is the radius of the thorax, cm; RRp is the radius of rump, cm; and TBL is the total body length, cm.

Table 4 - Equations developed to predict subcutaneous, carcass, and empty body physical fat depots

| Eq. # | Equations ⁽¹⁾ | Statistics ⁽²⁾ | | |
|-------------------------------|---|---------------------------|-------|----------------|
| | | n | RMSE | r ² |
| Physical subcutaneous fat, kg | | | | |
| 1 | $ScF = -5.76 (\pm 0.990^{***}) + 0.04 (\pm 3.06 \times 10^{-2^{***}}) \times SBW$ | 38 | 1.65 | 0.827 |
| 2 ⁽³⁾ | $ScF = 2.15 (\pm 0.514^{***}) + 0.513 (\pm 0.046^{***}) \times ScF_{TH}$ | 38 | 1.89 | 0.773 |
| 3 | $ScF = -10.1 (\pm 2.41^{***}) + 0.022 (\pm 4.21 \times 10^{-2^{***}}) \times SBW + 12.1 (\pm 3.07^{***}) \times FT + 0.159 (\pm 0.066^*) \times AW$ | 38 | 1.22 | 0.911 |
| Carcass physical fat, kg | | | | |
| 4 | $CF = -13.9 (\pm 2.02^{***}) + 0.108 (\pm 0.006^{***}) \times SBW$ | 37 | 3.22 | 0.897 |
| 5 | $CF = -3.96 (\pm 1.21^{**}) + 0.040 (\pm 0.006^{***}) \times SBW + 1.62 (\pm 0.146^{***}) \times ScF$ | 37 | 1.44 | 0.980 |
| 6 | $CF = -9.8 (\pm 1.81^{***}) + 0.073 (\pm 0.009^{***}) \times SBW + 19.0 (\pm 4.00^{***}) \times RF$ | 37 | 2.53 | 0.938 |
| 7 | $CF = -31.13 (\pm 4.86^{***}) + 0.078 (\pm 0.009^{***}) \times SBW + 0.523 (\pm 0.137^{***}) \times AW$ | 38 | 2.71 | 0.931 |
| Empty body physical fat, kg | | | | |
| 8 | $EBF = -16.8 (\pm 2.68^{***}) + 0.142 (\pm 0.008^{***}) \times SBW$ | 36 | 4.17 | 0.897 |
| 9 | $EBF = 0.011 (\pm 0.002^{***}) \times SBW + 1.22 (\pm 0.024^{***}) \times CF$ | 35 | 0.689 | 0.999 |
| 10 | $EBF = -11.4 (\pm 2.38^{***}) + 0.096 (\pm 0.012^{***}) \times SBW + 24.5 (\pm 5.16^{***}) \times RF$ | 36 | 3.26 | 0.940 |
| 11 | $EBF = -39.0 (\pm 6.05^{***}) + 0.102 (\pm 0.011^{***}) \times SBW + 0.682 (\pm 0.169^{***}) \times AW$ | 36 | 3.31 | 0.938 |

⁽¹⁾ ScF is the subcutaneous fat, kg; SBW is the shrunk BW, kg; FT is the fat thickness, cm; AW is the abdomen width, cm; RF is the rib fat, kg; CF is the carcass fat, kg; and EBF is the empty body fat, kg. Values within parenthesis are SE of the parameter estimate and symbols *, **, and *** indicate *P*-value < 0.05, *P*-value < 0.01, and *P*-value < 0.001, respectively. The intercept of Eq. 9 was not different from zero and removed from the final equation; the r² when an intercept was used was 0.997.

⁽²⁾ RMSE is the root mean square error.

⁽³⁾ $ScF_{TH} = BA \times FT \times BD / 100$; where BA is body area, m²; FT is the fat thickness, cm; and BD is the body density, kg/m³.

Table 5 - Equations adjusted to predict the carcass and empty body chemical fat depots

| Eq. # | Equations ⁽¹⁾ | Statistics ⁽²⁾ | | |
|-----------------------------|--|---------------------------|------|----------------|
| | | n | RMSE | r ² |
| Carcass chemical fat, kg | | | | |
| 1 | $CF_c = -9.28 (\pm 1.97^{***}) + 0.093 (\pm 0.006^{***}) \times SBW$ | 37 | 3.23 | 0.871 |
| 2 | $CF_c = 0.029 (\pm 0.004^{***}) \times SBW + 1.58 (\pm 0.174^{***}) \times ScF$ | 37 | 2.25 | 0.990 |
| 3 | $CF_c = -4.63 (\pm 1.55^{**}) + 0.051 (\pm 0.008^{***}) \times SBW + 22.7 (\pm 1.80^{***}) \times RF$ | 37 | 2.22 | 0.941 |
| 4 | $CF_c = -22.1 (\pm 5.73^{***}) + 0.074 (\pm 0.010^{***}) \times SBW + 0.373 (\pm 0.158^{**}) \times AW$ | 37 | 3.04 | 0.889 |
| Empty body chemical fat, kg | | | | |
| 5 | $EBF_c = -18.9 (\pm 2.81^{***}) + 0.162 (\pm 0.009^{***}) \times SBW$ | 35 | 4.41 | 0.913 |
| 6 | $EBF_c = 1.56 (\pm 0.012^{***}) \times CF_c$ | 34 | 1.41 | 0.998 |
| 7 | $EBF_c = -12.3 (\pm 2.50^{***}) + 0.106 (\pm 0.013^{***}) \times SBW + 28.7 (\pm 5.68^{***}) \times RF$ | 35 | 3.34 | 0.952 |
| 8 | $EBF_c = 0.199 (\pm 0.010^{***}) \times SBW - 1.43 (\pm 0.229^{***}) \times PW + 0.453 (\pm 0.154^{**}) \times AW$ | 35 | 3.47 | 0.991 |

⁽¹⁾ CF_c is the carcass chemical fat, kg; ScF is the subcutaneous fat, kg; SBW is the Shrunken BW, kg; FT is the fat thickness, cm; AW is the abdomen width, cm; RF is the rib fat, kg; EBF_c is the empty body chemical fat, kg; and PW is the pin bones width, cm. Values within parenthesis are SE of the parameter estimate and symbols ** and *** indicate P-value < 0.01 and P-value < 0.001, respectively.

⁽²⁾ RMSE is the root mean square error.

Table 6 - Evaluation of the predictions of physical and chemical fat depots in the carcass and body

| Eq. # | Equations ⁽¹⁾ | Parameters of the predictions | | | Adequacy statistics ⁽²⁾ | | | |
|-------------------|---|-------------------------------|------|----------------|------------------------------------|----------------|-------------------|-------|
| | | n | X | σ ² | RMSEP | r ² | F-test P-value | CCC |
| Physical fat, kg | | | | | | | | |
| Carcass | | | | | | | | |
| 1 ⁽³⁾ | $CF_p = -3.96 + 0.04 \times SBW + 1.62 \times ScF_{(2)}$ | 38 | 19.4 | 77.5 | 3.66 | 0.860 | 0.589 | 0.920 |
| 2 | $CF_p = -9.80 + 0.073 \times SBW + 19.0 \times RF$ | 38 | 20.0 | 94.4 | 2.83 | 0.916 | 0.730 | 0.957 |
| 3 ⁽⁴⁾ | $CF_p = \left(CF, \% \frac{\square}{100} \right) \times CW$ | 38 | 25.1 | 133 | 6.37 | 0.905 | <0.0001 | 0.838 |
| Empty body | | | | | | | | |
| 4 | $EBF_p = 0.011 \times SBW + 1.22 \times CF_{p(1)}$ | 37 | 27.3 | 137 | 4.40 | 0.885 | 0.428 | 0.934 |
| 5 | $EBF_p = 0.011 \times SBW + 1.22 \times CF_{p(2)}$ | 37 | 28.2 | 164 | 3.52 | 0.924 | 0.743 | 0.961 |
| Chemical fat, kg | | | | | | | | |
| Carcass | | | | | | | | |
| 6 ⁽³⁾ | $CF_{c_p} = 0.029 \times SBW + 1.58 \times ScF_{(2)}$ | 38 | 19.6 | 60.1 | 4.29 | 0.767 | 0.982 | 0.866 |
| 7 | $CF_{c_p} = -4.63 + 0.051 \times SBW + 22.7 \times RF$ | 38 | 19.6 | 72.7 | 2.35 | 0.930 | 0.907 | 0.963 |
| 8 ⁽⁵⁾ | $CF_{c_p} = \left(CF_c, \% \frac{\square}{100} \right) \times CW$ | 38 | 31.5 | 185 | 13.1 | 0.943 | <0.0001 | 0.575 |
| Empty body | | | | | | | | |
| 9 | $EBF_{c_p} = 1.56 \times CF_{c_p(6)}$ | 37 | 30.6 | 147 | 6.45 | 0.814 | 0.454 | 0.883 |
| 10 | $EBF_{c_p} = 1.56 \times CF_{c_p(7)}$ | 37 | 30.8 | 177 | 4.01 | 0.930 | 0.246 | 0.958 |
| 11 ⁽⁶⁾ | $EBF_{c_p} = \left(EBF_c, \% \frac{\square}{100} \right) \times EBW$ | 37 | 46.1 | 364 | 16.1 | 0.932 | <0.0001 | 0.671 |

⁽¹⁾ CF_p is the carcass fat predicted, kg; SBW is the shrunk BW, kg; RF is the rib fat, kg; CW is the carcass weight, kg; EBF_p is the empty body fat predicted, kg; CF_{p(1)} is the carcass fat predicted using Eq. [1] in Table 6, kg; CF_{p(2)} is the carcass fat predicted using Eq. [2] in Table 6, kg; CF_{c_p(6)} is the carcass chemical fat predicted using Eq. [6] in Table 6, kg; and EBF_{c_p} is the empty body chemical fat predicted, kg;

⁽²⁾ RMSEP is the root mean square error of the prediction and CCC is the concordance correlation coefficient.

⁽³⁾ ScF₍₂₎ is subcutaneous fat predicted using Eq. [2] in Table 4, where BA was predicted using Eq. [1] in Table 3 and BD was predicted using Eq. [7] where the BV was predicted using Eq. [3] Table 3.

⁽⁴⁾ $CF, \% = 3.06 + 0.82 \times RF, \%$; where CF,% is the carcass fat expressed as % of the carcass weight and RF,% is the rib fat expressed as % of the rib weight (Hankins and Howe, 1946).

⁽⁵⁾ $CF_c, \% = 6.38 + 0.85 \times RF, \%$; where CF_c,% is the chemical carcass fat expressed as % of the carcass weight and RF,% is the rib fat expressed as % of the rib weight (Hankins and Howe, 1946).

⁽⁶⁾ $EBF_c, \% = -0.647 + 0.9246 \times CF, \%$; where EBF_c,% is the empty body chemical fat expressed as % of the empty BW and CF,% is the carcass fat expressed as % of the carcass weight (Garret and Hinman, 1969).

CONCLUSÕES GERAIS

A partir dos resultados obtidos nesta Tese, destacam-se como principais conclusões e implicações:

1. Na fase de amamentação o consumo de concentrado pelos bezerros substituiu parte do pasto ingerido, o que melhorou a digestibilidade da dieta (da mesma forma que o aumento do nível de proteína neste concentrado) e o aproveitamento metabólico da proteína dietética.
2. Durante a recria no período da seca e da transição seca-águas, o consumo de concentrado reduziu a ingestão de pasto.
3. Durante a recria no período da transição seca-águas, o consumo de concentrado melhorou a digestibilidade da dieta.
4. Níveis muito altos de NNP neste concentrado prejudicaram o aproveitamento metabólico da proteína da dieta na transição seca-águas, o que aponta para a necessidade de se equilibrar os teores de NNP do suplemento e do pasto.
5. No período seco, o consumo de concentrado melhorou ainda a produção e a eficiência de síntese de proteína microbiana.
6. Na fase de terminação durante o período das águas, apesar de reduzir o consumo de pasto, o consumo de concentrado melhorou a digestibilidade da dieta.
7. O aumento do nível de NNP no suplemento prejudicou a produção de proteína microbiana nesta fase.

8. Nesta fase do ano, o tipo de proteína no suplemento deve ser avaliado considerando-se a velocidade de degradação da proteína disponível no pasto.
9. O modelo multifásico mostrou-se mais eficiente que os demais em todos os aspectos da descrição do crescimento de bovinos de corte a pasto.
10. As principais medidas biométricas a explicar as diferenças entre a forma do corpo dos animais variavam de acordo com a fase de vida dos animais.
11. Na fase de amamentação os tratamentos não foram capazes de afetar a forma do corpo dos animais. Nas demais fases, as alterações na forma dos animais são compatíveis com um menor tamanho adulto e um amadurecimento mais lento dos animais controle.
12. A curva de crescimento dos animais controle foi afetada principalmente pela época de baixa produção forrageira do ano.
13. O efeito do período de baixa disponibilidade nutricional anual sobre a curva de crescimento dos tecidos da carcaça foi mais pronunciado nos animais que não recebem suplementação concentrada e não foi afetado pelo perfil protéico deste suplemento.
14. O tecido da carcaça mais susceptível às variações nutricionais foi a gordura subcutânea, e o mais resistente os ossos das vértebras.
15. Os cortes mais sensíveis às variações nutricionais durante o ano foram o Contra-Filé e a Picanha, e os mais resistentes, o Filé e as Costelas.
16. O fornecimento de concentrado e a presença de uréia interferiram no crescimento dos cortes cárneos, especialmente durante a fase de restrição nutricional.
17. Para a conversão do PV em PCVZ em animais a pasto deve-se utilizar dados obtidos em situação de pastagem e suplementação semelhantes.
18. As exigências nutricionais de crescimento devem ser avaliadas com base no GPCVZ e não no GPv.
19. O tecido adiposo da carcaça é de mobilização prioritária durante restrição nutricional.
20. A curva de crescimento dos tecidos adiposos é influenciada pelo fornecimento de concentrado, mas não pelo perfil protéico deste.
21. A participação da energia da proteína na energia retida total reduz-se e a proteína retida no ganho aumenta à medida que aumenta a concentração energética do ganho nas condições aqui avaliadas.

22. A combinação de medidas biométricas, peso corporal e características da carcaça foram precisas e acuradas em predizer a composição de gordura da carcaça e do corpo dos animais.
23. O uso de medidas biométricas pode melhorar a acurácia e a precisão das predições da composição corporal de animais a pasto.